

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº [●]/[●]**

**ANEXO III**

**PROJETOS REFERENCIAIS DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE E ORÇAMENTOS -  
SISTEMAS FIXOS**

# 1 SISTEMA DE ENERGIA

O Sistema de energia tem como objetivo principal suprir todos os Sistemas envolvidos, como: Material Rodante, Sistemas, Estações de Passageiros e todos os dispositivos ou Sistemas pertinentes à perfeita operação do VLT, devendo ser garantido os níveis de segurança, rapidez no atendimento em situações normais e de emergência, garantir o desempenho operacional e estruturado de modo a permitir uma interação dinâmica entre os diversos sistemas que estarão implantados, como: Centro de Controle Operacional (CCO), Pátio de Manutenção, embarcados nos VLTs, nas Estações de passageiros e inclusive nas próprias Subestações de energia e nas vias por onde tráfegará o VLT, em torno dos 16,5Km, aproximadamente.

Os equipamentos do Sistema de Energia deverão enviar os alarmes de falhas para o Sistema de Apoio à Manutenção (SAM) que deverá ser instalado na sala do Centro de Informação e Manutenção- CIM, no Centro de Controle Operacional-CCO (O SAM é escopo de fornecimento do Sistema de Controle Centralizado - SCC).

O Sistema de Energia será composto pelos seguintes sistemas:

- Sistema de Alimentação Elétrica de Alta Tensão (SAT)
- Sistema de Alimentação Elétrica de Média Tensão (SMT)
- Sistema de Alimentação Elétrica de Baixa Tensão (SBT)
- Sistema de Alimentação Elétrica de Tração (STR)

## 1.1 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA DE ALTA TENSÃO (SAT)

O sistema de Energia – Alta Tensão será responsável por suprir o Veículo Leve sobre Trilhos – VLT, nas tensões de 138Kv/13,8Kv, tendo como parâmetros as Normas Técnicas pertinentes e, principalmente, as Normas e Padrões da CEB Distribuição S/A, bem como, as exigências de qualidade e confiabilidade requeridas para atendimento ao novo modal de transporte a ser implantado na avenida W-3 Sul e Norte e Aeroporto da cidade de Brasília – Distrito Federal.

O Sistema de Energia deverá ser concebido e implantado para atender aos requisitos de projeto de alta confiabilidade, disponibilidade e segurança, em sistemas de missão crítica.

### 1.1.1 Concepção do Sistema de Alimentação

- **CONEXÃO AO SISTEMA ELÉTRICO DA CONCESSIONÁRIA**

A conexão da infraestrutura de energia elétrica do sistema elétrico do VLT ao sistema elétrico da concessionária de distribuição de energia elétrica se dará em 138 kV, nas subestações VLT-1 e VLT-2, por meio de linhas subterrâneas de distribuição, cujas condições de projetos serão definidos pela CEB Distribuição à época da consulta da forma de atendimento, por se caracterizarem instalações da concessão, uma vez que os pontos de entrega de energia se localizam nas subestações SE VLT-1 e SE VLT-2.

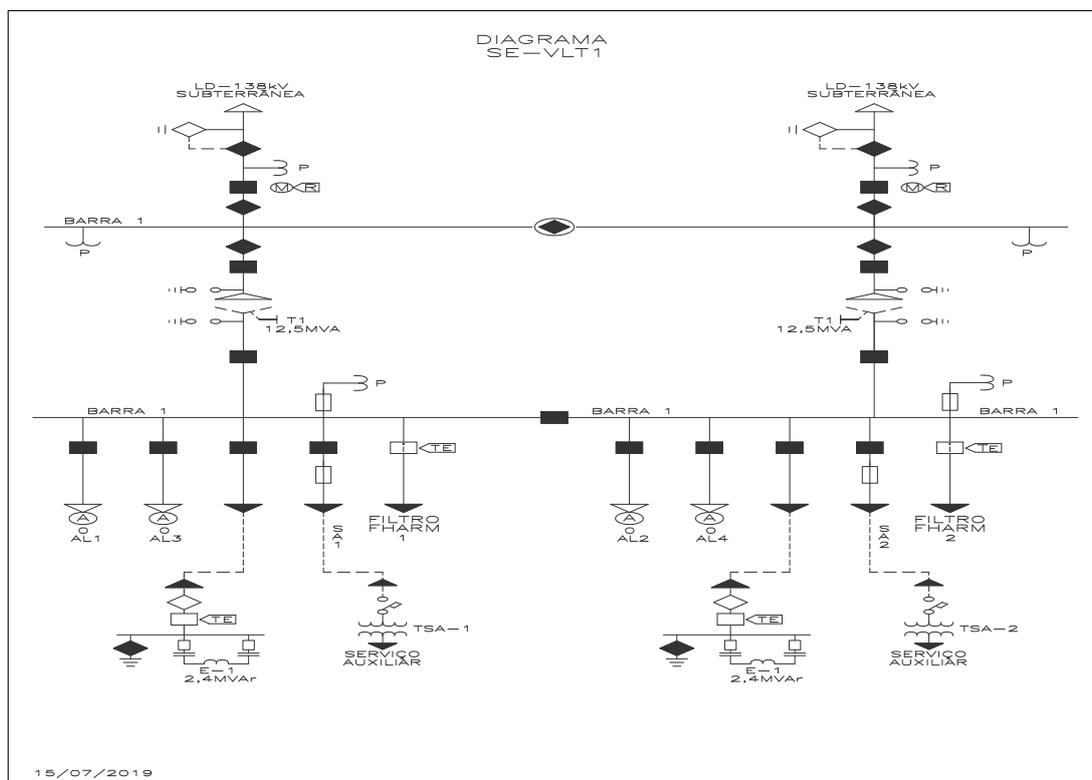
Diante disso e como ainda não há um posicionamento formal da concessionária quanto à forma de atendimento, as características e definições adotadas para

a proposição do sistema supridor estão baseadas nos padrões e normas da CEB e, também, nas características das instalações existentes e de igual natureza localizadas no Distrito Federal.

- **REGIME DE CONTINGÊNCIA ADOTADO**

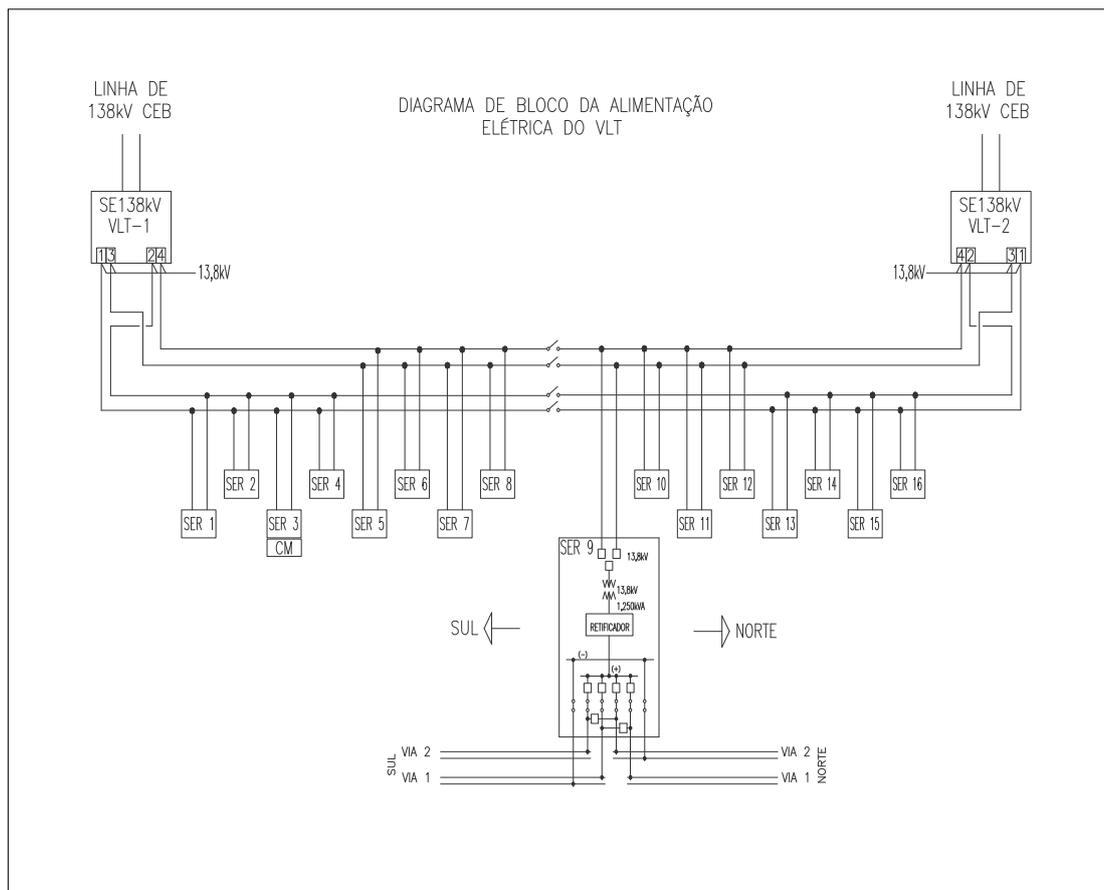
Adotou-se o regime de contingência “n-1” tanto para as linhas de distribuição em 138 kV, quanto para o barramento e para a transformação 138/13,8kV, o que garante a continuidade dos serviços no caso de falha de um trecho de linha ou de um transformador.

A subestação terá 2 (dois) barramentos de 138 kV interligados por chave motorizada, alimentados por linhas de 138 kV provenientes de 2 (duas) barras distintas do sistema CEB, conforme desenho esquemático indicativo a seguir:

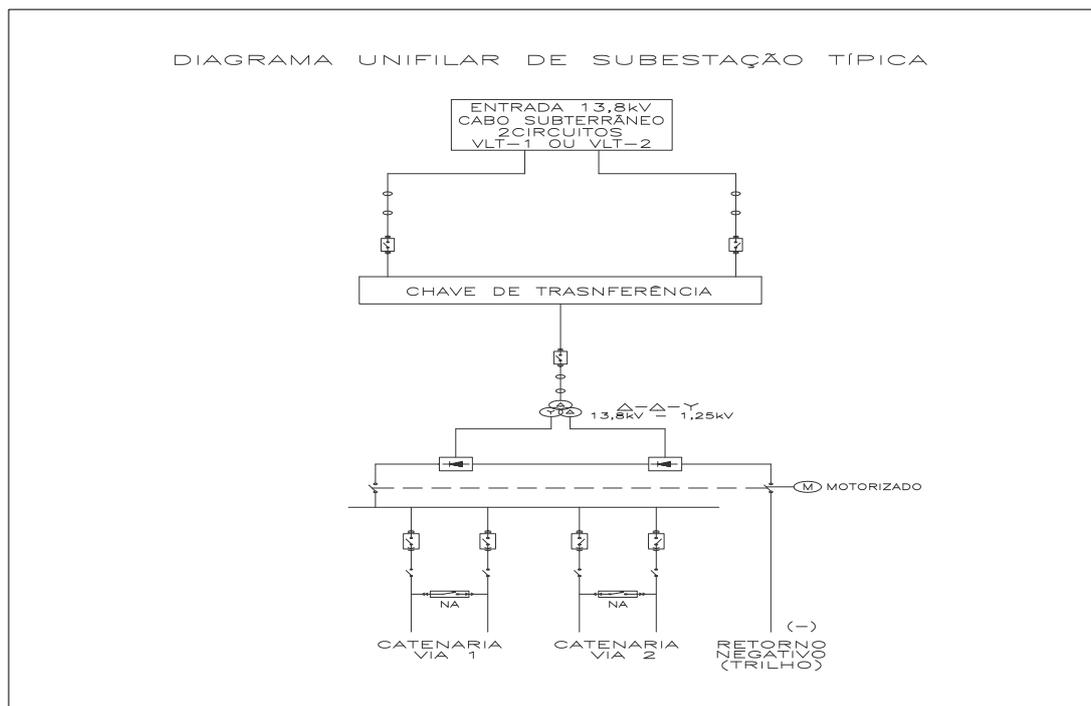


O barramento de 13,8 kV (cubículos), também terá contingência “n-1”, com 2 (duas) barras de 13,8 kV, interligadas por disjuntor instalado no cubículo de interligação de barras, suprido alternativamente as Estações Transformadoras – SR’s que alimentarão o sistema de tração.

O fornecimento de energia elétrica à SR será em arranjo tipo Primário Seletivo, por meio de 2 (dois) ramais em 13,8 kV, derivados de 2 (dois) circuitos alimentadores provenientes das barras 1 e 2 da SE VLT-1 ou da VLT-2, assegurando dessa forma o regime de contingência n-1, para a alimentação das SR’s em 13,8 kV, conforme indicado no desenho indicativo a seguir:



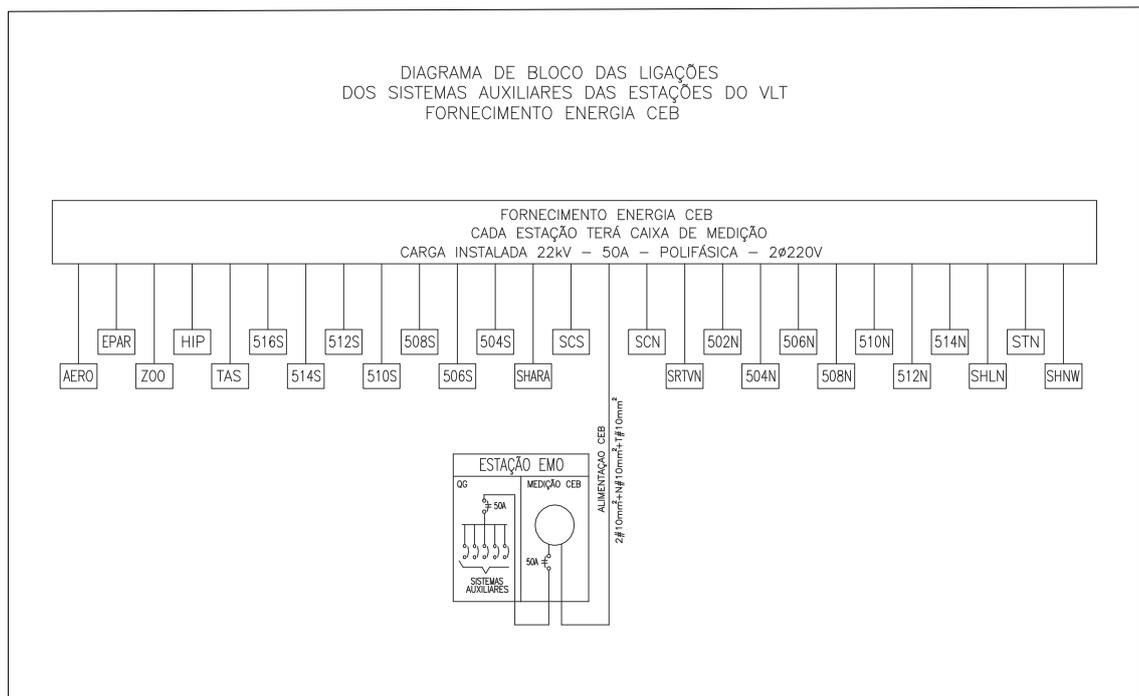
Na SR será instalado somente 1 (um) transformador de força de 1250 kVA - seco. Dessa forma, não haverá a contingência para a transformação, o que recomenda a aquisição de 2 (dois) transformadores reserva, para a utilização numa eventual perda do citado equipamento, em qualquer das 16 (dezesesseis) Estações Transformadoras, ou no caso de ocorrências que exijam sua retirada para fins de manutenção. Item de fornecimento de sobressalente, devendo estar incluso na proposta. Esta proposição está fundamentada na possibilidade de uma SR atender as cargas elétricas do sistema de tração da SR adjacente, quando esta estiver indisponível, conforme mostrado no desenho indicativo a seguir:



Porém, caso se decida aumentar ainda mais a confiabilidade do sistema de 13,8 kV, poderão ser instaladas chaves seccionadoras interligando os circuitos de 13,8 kV das SE's VLT-1 e VLT-2. Essas chaves deverão ser mecânica e eletricamente intertravadas com os disjuntores dos cubículos alimentadores, de forma que não haja condições de paralelismo dos circuitos de 13,8 kV. Estudos específicos deverão ser feitos para estabelecer as condições da possibilidade ora descrita, quando do projeto executivo.

**• FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA AS ESTAÇÕES DE PASSAGEIROS**

Para as estações de passageiros, o fornecimento de energia elétrica será pela concessionária de energia elétrica local, na tensão comercial de 388/220V, conforme mostrado no desenho indicativo a seguir. Não está prevista contingência de alimentação, porém será instalado “no break” para sustentação e garantia dos sistemas essenciais, principalmente o de sinalização e comunicação conforme mostrado no desenho indicativo a seguir:



### 1.1.2 Infraestrutura de Energia Elétrica em 138Kv

O Sistema de Tração do VLT será constituído de duas subestações (VLT – 1 e VLT -2), alimentadas pelas duas linhas subterrâneas de distribuição – 138 kV circuito duplo, denominadas LD1 (SE HÍPICA x **SE VLT-1**) e LD2 (SE NOROESTE x SE VLT-2), com extensões de 400 e 3.000 metros, respectivamente.

- **LINHAS SUBTERRÂNEAS DE DISTRIBUIÇÃO EM 138 KV - CIRCUITO DUPLO**

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA LD 138 KV - SUBTERRÂNEA – CIRCUITO DUPLO

- a) Comprimento aproximado – LD1 de 2 X 400 m e LD2 de 3.000 m;
- b) Condutores: Cabos Isolados XLPE, alumínio, seção 95 mm<sup>2</sup> compatível com potência de 25 MVA da SE, em circuito simples, em regime contínuo (fc=100%) com blindagem metálica de fios de cobre, com NBI 650kV;
- c) Disposição dos cabos: Horizontal, em vala subterrânea dentro de eletrodutos corrugados de PEAD, em leito de areia estabilizada (backfill) com proteção mecânica de lajotas de concreto armado 20 MPA, e instalação de estacas (marcos) de concreto com indicação do traçado e informações sobre a tensão elétrica e profundidade dos cabos da linha;
- d) Aterramentos: Nas blindagens nos extremos.

- **SUBESTAÇÕES TRANSFORMADORAS 138 kV/13,8kV - VLT-1 E VLT-2**

A SE VLT-1, a ser construída nas proximidades do Centro de Manutenção do VLT, localizado no Setor Hípico, e a SE VLT-2, a ser construída no final da Asa

Norte, serão conectadas ao sistema elétrico da concessionária de distribuição energia elétrica em 138 kV por meio de 2 (dois) circuitos subterrâneos em 138 kV em cada subestação.

As subestações terão a capacidade instalada suficiente para atender as cargas das Estações Transformadoras – SR's, localizadas na Av. W3 Sul e Norte e no Ramal Aeroporto, bem como a Estação Transformadora do Centro de manutenção.

## 1.2 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA DE MÉDIA TENSÃO (SMT)

O sistema de Energia – Alta Média será responsável por suprir o Veículo Leve sobre Trilhos – VLT, nas tensões de 13,8Kv, tendo como parâmetros as Normas Técnicas pertinentes e, principalmente, as Normas e Padrões da CEB Distribuição S/A e, as exigências de qualidade e confiabilidade, para atendimento ao novo sistema de transporte a ser implantado na avenida W-3 Sul e Norte e ramal Aeroporto da cidade de Brasília.

O Sistema de Energia deverá ser concebido e implantado para atender aos requisitos de projeto de alta confiabilidade, disponibilidade e segurança, em sistemas de missão crítica.

### Dados da Rede

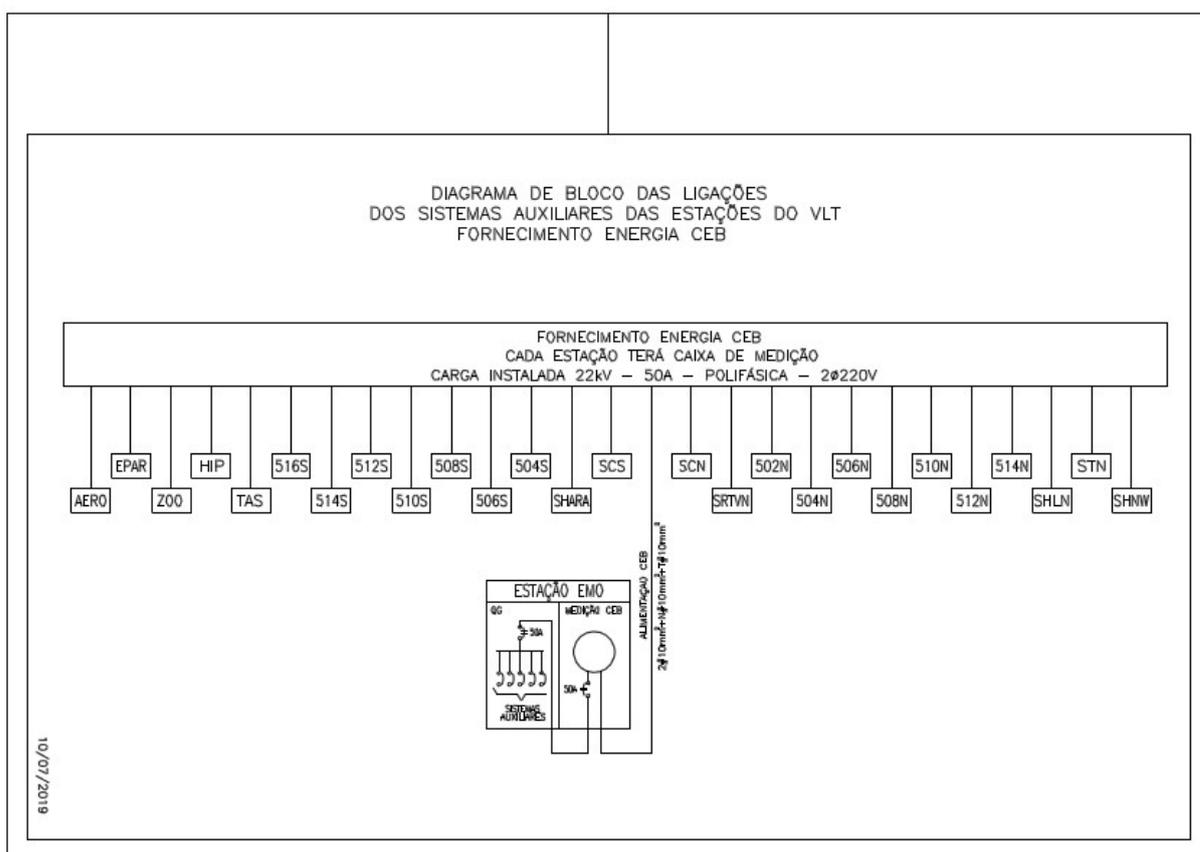


Diagrama Unifilar das SRs

- **PREMISSAS**

Objetiva estabelecer as premissas básicas conceituais e os requisitos técnicos e operacionais mínimos que deverão ser obedecidos na elaboração de do Projeto Executivo, referente ao fornecimento e implantação do Sistema de Alimentação Elétrica de Média Tensão (SMT) para a linha do Veículo Leve sobre Trilhos VLT na Via W3 do DF – Trecho W3 Sul e Norte e ramal Aeroporto.

- **SISTEMA RADIAL**

O Sistema de Alimentação Elétrica-Média Tensão, a ser utilizado nas Linhas de Média Tensão 13,8kV, é o Sistema Radial.

O Sistema de Alimentação Elétrica de Média Tensão (SMT) a ser detalhado no projeto executivo deve levar em consideração principal a segurança, qualidade na fabricação e a colocação em condições operacionais de todos os cubículos de 13,8kVac com tecnologias atualizadas e consagradas no mercado. Os cubículos devem ser compactos a fim de atender as dimensões e layouts das salas técnicas das subestações. Os quadros, painéis de Baixa tensão, painel de distribuição, carregadores de baterias deverão utilizar o ar como meio isolante.

Esta Especificação Técnica foi elaborada identificando os requisitos que devem ser cumpridos durante todas as etapas de fornecimento e implantação do Sistema de Alimentação Elétrica, contemplando: Descritivo, Normas, a Descrição Geral do Sistema de Alimentação Elétrica, as Subestações Retificadoras das Estações e Pátio e a Malha de Terra.

- **PRODUTOS**

#### **Equipamentos Específicos**

- 15 (quinze) Subestações Retificadoras (SR) completas, uma delas alimentando o Pátio de manutenção e as demais ao longo da Linha, desde os cubículos de média tensão em 13,8 kV até os cubículos de saída em 750 Vcc, abrangendo os contadores de paralelismo e incluindo o sistema de controle e supervisão. Pode ocorrer alteração deste quantitativo de SRs, quando da obtenção dos resultados da simulação elétrica, de marcha;
- Dispositivos de curto-circuito entre os terras para instalação nas estações de passageiros e no Pátio de Manutenção, incluindo os cabos de interligação;
- Todos os equipamentos e materiais de montagem e instalação necessários, correspondentes às alimentações em média tensão e subestações citadas.

#### **Outros Equipamentos**

Deverão ser fornecidos quaisquer equipamentos, materiais e acessórios que compõem o SMT, não explicitamente citados, porém necessários para garantir um bom desempenho operacional e ao perfeito funcionamento do Sistema como um todo.

#### **Armários, Painéis, Quadros e Bastidores**

Deverão ser fornecidos todos os armários, painéis, quadros e bastidores completos e montados, incluindo toda a fiação, os conectores e o acabamento interno necessário ao seu perfeito funcionamento integrado no sistema, de acordo com os requisitos técnicos especificados nesta especificação técnica e nas normas técnicas aplicáveis.

#### **Fios e Cabos (Alimentação e Controle)**

Deverá ser fornecido e instalar todos os fios e cabos necessários à interligação dos equipamentos do SMT.

Deverá ser fornecido e instalar todos os fios e cabos de alimentação dos equipamentos do SMT.

Deverá ser fornecido e instalar todos os fios e cabos necessários à interligação dos equipamentos do SMT a todos equipamentos e/ou subsistemas com os quais o SMT realize interface.

### **Módulos e Cartões Eletrônicos**

Deverão ser fornecidos todos os módulos e cartões eletrônicos, completos, para os equipamentos do SMT, de acordo com as configurações específicas de cada instalação.

### **Miscelâneas de Instalação**

Deverão ser fornecidos os materiais, ferramentas e outros acessórios de instalação necessários à montagem, instalação e configuração dos equipamentos, módulos e acessórios do SMT.

### **Dispositivos e Equipamentos de Manutenção**

Deverão ser fornecidos os instrumentos, ferramentas de “hardware” e “software”, dispositivos e equipamentos de manutenção padrão de mercado e os especialmente desenvolvidos para este fornecimento, necessários ao atendimento dos requisitos de manutenção do sistema.

### **Conectores e Acessórios**

Deverão ser fornecidos todos os conectores e acessórios para os equipamentos do SMT, bem como para realizar a interface com equipamentos de outros sistemas, quando aplicável.

### **Aterramento e Proteções**

Deverão ser fornecidos todos os dispositivos necessários à proteção dos equipamentos do SMT contra sobretensão, surtos de tensão e descargas atmosféricas.

Deverá conectar os equipamentos do SMT a malha de terra.

### **Software**

Deverão ser fornecidos dispositivos eletrônicos (CD-ROM, DVD ou pen-drive) que contenham os programas completos (executáveis) de todos os softwares que compõem o fornecimento do SMT em sua versão final instalada.

### **Sobressalentes**

Deverão ser fornecidos os equipamentos e materiais sobressalentes necessários para o atendimento da manutenção conforme definido no documento ET - Especificação Técnica de Requisitos Gerais de Fornecimento.

- **Características gerais do sistema de alimentação elétrica**

O projeto do sistema de alimentação elétrica da Linha do VLT orientou-se, na sua concepção, pela otimização da relação custo-benefício das instalações, dentro dos padrões de confiabilidade, requeridos por um sistema de transporte de massa com as características de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT).

Serão previstas subestações retificadoras, que receberão alimentação da Rede de alimentação elétrica de Alta Tensão (SAT) na tensão de 13,8kV. A localização das subestações foi feita considerando a disponibilidade de área para instalação próxima ao traçado da linha.

Deverá prever no seu fornecimento a eventual necessidade de instalação de filtros para minimização os níveis harmônicos gerados pelos grupos retificadores, os quais poderão afetar o desempenho dos componentes/equipamentos elétricos de baixa tensão do lado da corrente alternada.

Desse estudo resultaram as soluções de subestações abrigadas em edifícios, localizadas nos canteiros centrais das avenidas ou abrigadas nas proximidades, em que se desenvolverá a linha do VLT. As subestações deverão empregar cubículos blindados e construção compacta

(metalclad com disjuntor extraível) e os transformadores construídos para atender os requisitos desse tipo de instalação deverão ser isolados em todo o seu perímetro de forma a impedir o acesso de pessoas não autorizadas.

Essas subestações retificadoras serão responsáveis pelo suprimento confiável e seguro da energia de tração, necessária à circulação de trens na Linha e no Pátio de Manutenção. As cargas de serviços auxiliares do Pátio e do CCO serão alimentadas através de uma subestação auxiliar, que por sua vez deverá ser alimentada através de uma subestação de 13,8 kV da Rede de Alta Tensão.

Deverá levar em consideração quando a elaboração do projeto executivo de fabricação as facilidades para execução das atividades de manutenções preventivas e/ou corretivas, e principalmente na eventual necessidade de isolar de um circuito elétrico não implique na interdição total do conjunto de cubículos – 13,8 kV.

Atenção especial deverá ser dada no projeto e fabricação do conjunto de cubículos 13,8 kV, destinado ao Pátio de Manutenção. Dentro deste conjunto deverão ser previstos:

- um subconjunto destinado a abrigar os equipamentos conectados ao barramento destinado alimentação do retificador;

- um subconjunto destinado a abrigar o disjuntor de interligação dos barramentos (retificador e auxiliar); e

Deverá ser previsto um sistema de automático de transferência da alimentação entre os setores elétricos no caso de subtensão em uma das entradas da Rede de Alta Tensão, bem como os intertravamentos entre os disjuntores de entrada da concessionária afim de se evitar o paralelismo entre SE.

O Sistema de alimentação Elétrica será dividido em 5 setores a saber:

O suprimento de energia para alimentação dos trens deverá ser efetuado por um total de 15 subestações retificadoras, localizadas preferencialmente nas proximidades de estações. O nível de tensão de tração será 750 Vcc.

Em cada subestação Retificadora está prevista a instalação de um único grupo retificador e será composto por apenas um barramento de 13,8 kV e um barramento de 750 Vcc.

O regime de operação para o dimensionamento dos grupos retificadores seguirá a condição de operação do tipo " Heavy Traction" (norma IEC 60146).

Para atendimento aos critérios operacionais acima deverão ser previstas lógicas de intertravamentos e automatismos entre os disjuntores das entradas de energia provenientes da Rede de Alta Tensão, entradas de cada uma das subestações ao longo do trecho e os das interligações dos setores.

O projeto executivo de fabricação dos equipamentos do sistema elétrico deve ser baseado nos estudos e simulações elétricas, deve-se adequar as características de todos os equipamentos propostos com o objetivo de garantir seu perfeito funcionamento.

Os transformadores dos retificadores deverão possuir tap's e comutadores apropriados para permitir a variação do nível de tensão de 13,8 kV, de maneira a otimizar o fluxo de potência, levando em consideração a regeneração de energia do sistema de tração, na configuração normal e com contingência.

Os transformadores dos retificadores deverão possuir 2 enrolamentos secundários, um com ligação em triângulo e o outro em estrela de forma a resultar um efeito dodecafásico na retificação.

A alimentação do APS, na saída da subestação Retificadora deverá ser efetuada por dois disjuntores extra rápidos com proteções di/dt, todos instalados em cubículos na área da subestação.

O regime de tração será do tipo “Heavy Traction”, Classe VI, de acordo com as recomendações da norma IEC 60146.

Uma das subestações retificadoras será instalada no interior do Pátio de Manutenção, que alimentará as linhas internas ao Pátio, com seccionamentos independentes para a Linha e para o Pátio.

O fornecimento de energia para os trens é feito por APS e rede aérea em corrente contínua na classe de tensão de 750 Vcc, alimentada conforme descrito nos parágrafos imediatamente anteriores por intermédio dos disjuntores extra rápidos e contatores das subestações retificadoras. O retorno da corrente será efetuado pelos trilhos de rolamento com a interligação dos quatro trilhos das duas vias em paralelo.

A distribuição da corrente retificada é realizada separadamente por sentido de via, de modo que se possa desligar ou alimentar um dos sentidos das vias sem fazê-lo na outra. Entretanto, em caso de necessidade operacional, ambos os sentidos podem permanecer eletricamente ligados, através dos contatores de equalização.

O sistema de APS e rede aérea deverá ser projetado, seguindo diretrizes de simplicidade construtiva, fácil manutenção e alta confiabilidade. O conceito operacional principal consiste em dividir a rede em vários trechos, delimitados por seccionamentos através de lâmina de ar ou isoladores de seção, mantidos interligados ou não por meio de chaves seccionadoras, monitoradas pelo CCO. O comprimento ideal dos trechos deve ser feito de modo a adaptar a resistência linear da rede, para permitir boa detecção, pelos dispositivos de proteção extra rápidos, de curtos-circuitos na linha.

As operações são orientadas com vistas à necessidade de conectar ou isolar eletricamente seções dos trilhos APS e da rede aérea, dentro de sequências preestabelecidas. Deste modo, permite-se, com segurança, a busca e isolamento de defeitos permanentes na linha, execução de serviços provisórios na rede ou liberação da circulação temporária dos trens em via única, por ocasião de operação degradada.

As alimentações elétricas das estações serão diretamente da rede de distribuição de Baixa Tensão da Concessionária de energia elétrica local (CEB). Essas alimentações não fazem parte do escopo desta Especificação. Está prevista tensão secundária de distribuição, com fornecimento em tensão secundária de distribuição em 380/220 Vac.

As estações receberão alimentação diretamente da Concessionária de Distribuição Elétrica de Brasília (CEB) em baixa tensão (380/220 Vac), alimentará o Quadro de Distribuição Geral (QDG) que por sua vez alimentará somente as cargas destas estações. No Pátio de Manutenção deverá ser também prevista a entrada do Grupo Gerador Diesel (GGD) que assumirá as cargas essenciais em caso de falha na alimentação principal. Essas alimentações não fazem parte do escopo desta Especificação.

A operação do sistema de alimentação elétrica deverá ser baseada numa concepção de centralização total com todas as subestações Retificadoras. Para tanto, será previsto um Posto de Controle Centralizado de Alimentação Elétrica no Centro de Controle Operacional (CCO), em edifício instalado no Pátio de Manutenção, munido de console com teclado e monitor de vídeo, reunindo todas as informações necessárias para o controle, supervisão e comando das subestações. As seccionadoras de APS e rede aérea não possuirão comando remoto pelo CCO apenas a supervisão. Esse posto de controle do CCO não faz parte do escopo desta Especificação.

Deverá existir também um Posto de Supervisão e Controle Local das subestações retificadoras, no complexo de manutenção, integrado ao sistema de proteção, que permitirá o comando e supervisão dos estados dos equipamentos de manobra, o armazenamento da sequência de eventos, o diagnóstico e o levantamento de estatísticas.

Todo o sistema de aquisição de dados responsáveis pela automação, supervisão e controle das Subestações deverão ser integrados pelo Sistema de Transmissão de Dados da Linha.

Portanto, o processo de comunicação entre os equipamentos das Subestações distintas deverá possuir compatibilidade com o Sistema de Transmissão de Dados no que se refere a requisitos de velocidade, disponibilidade e taxa de erros definidos pelas necessidades do sistema.

Já para os sistemas de proteções emergenciais de Média tensão e Tração (intertripping) deverão ser interligadas, através de cabos ópticos.

- **Sistema de controle e supervisão**

As Subestações Retificadoras deverão ser dotadas de um Sistema coordenado e dedicado de comando, controle, proteção e de supervisão digital, estruturado de forma a permitir o comando, controle e supervisão de toda a Subestação a partir do Centro de Controle Operacional (CCO).

O sistema deverá possuir arquitetura funcional distribuída, conforme exposto a seguir:

Deverão existir dois níveis de controle e supervisão para as Subestações a saber: a nível de bay (Baia/Compartimento/Linha de entrada ou saída de um circuito elétrico) e a nível de subestação. Todas as funções de comando, controle, proteção e supervisão, bem como as de intertravamento deverão ser efetuadas por unidades autônomas em nível de bay, que deverão manter suas funções independentemente da perda de outras unidades em nível de bay ou da unidade de nível hierárquico superior que controla e supervisiona a subestação como um todo.

- **SUBESTAÇÕES RETIFICADORAS DAS ESTAÇÕES E PÁTIO**

As Subestações Retificadoras terão seus equipamentos instalados em edifício, conforme apresentado no Diagrama Unifilar das SRs. Serão instaladas 15 subestações retificadoras ao longo da linha e uma subestação retificadora no interior do Pátio de Manutenção, que suprima a energia para o APS e rede aérea de tração.

Os equipamentos das Subestações Retificadoras compreendem desde os cubículos de 13,8 kV, até os contadores de equalização dos trilhos APS rede aérea de tração, estando todos estes equipamentos instalados no interior da Subestação.

Deverá ser executado o lançamento dos cabos alimentadores, desde as chaves seccionadoras e os contadores de equalização dos alimentadores, até os trilhos APS e rede aérea de tração.

- **MALHA TERRA**

A finalidade da malha de terra é a de possibilitar que as correntes de falha entre as partes energizadas dos circuitos e a massa dos equipamentos, ou componentes metálicos das instalações, escoem para a terra sem provocar danos a equipamentos e sem oferecer risco de acidentes provocados por choques elétricos a pessoas que estejam dentro da área da subestação e na região externa à mesma, próxima da cerca que a circunda.

Para tanto, a malha de terra deverá conduzir para o solo as correntes citadas acima até que as proteções da subestação atuem no sentido de interrompê-las. Para que a malha de terra cumpra corretamente as suas funções, o seu projeto e instalação deverão ser executados de forma que o valor de sua resistência ôhmica bem como os potenciais de toque e de passo na região de influência da malha, esteja dentro de limites prescritos e aceitáveis por Normas técnicas de reconhecida aplicação. Deverão ser ligados à malha de terra da subestação:

- Todos os elementos metálicos não destinados à condução de corrente nas condições normais de operação da subestação.
- Os cabos guarda destinados à proteção dos equipamentos da área externa da subestação contra descargas atmosféricas.

- Os para-raios, tanto dos circuitos de corrente alternada quanto dos circuitos de corrente contínua.
- As massas de todos os equipamentos da subestação na área externa e na área abrigada.

### **1.3 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO (SBT)**

As alimentações elétricas das estações serão diretamente da rede de distribuição de Baixa Tensão da Concessionária de Energia Elétrica de Brasília (CEB). Essas alimentações não fazem parte do escopo desta Especificação, exceto a fixação da caixa de medição. Está prevista tensão secundária de distribuição, com fornecimento em tensão secundária de distribuição em 380/220 Vac, que alimentará o Quadro de Distribuição Geral (QDG) de cada estação, que por sua vez, alimentará somente suas cargas.

As alimentações elétricas do Complexo Operacional e de Manutenção e Pátios serão alimentadas pelo Sistema de Alimentação Elétrica de Alta Tensão (SAT), por tal motivo teremos transformadores trifásicos de força, abaixadores nas tensões de 13,8 kV – 380/220 V – 60 Hz, para distribuição.

Todos os equipamentos e circuitos do sistema de alimentação das Estações, CCO e Pátio deverão, onde não mencionados explicitamente em contrário, obedecer às seguintes características.

#### **Corrente Alternada**

- Sistema trifásico com neutro aterrado (ou monofásico) – TN-S: 5 condutores (a 2 ou 3 condutores);
- Classe de tensão de isolamento nominal: 600V;
- Tensão nominal entre fases (fase/neutro): 380V (220V);
- Tensão máxima de operação (fase/neutro): 418 V (242V);
- Tensão mínima de operação (fase/neutro): 342 V (198V);
- Frequência nominal: 60 Hz;
- Nível de curto-circuito máximo: 30kA;
- Neutro do sistema: aterrado.

#### **Corrente Contínua**

- Sistema: a 2 condutores;
- Classe de tensão de isolamento nominal: 250 V;
- Tensão nominal: 125 Vcc;
- Tensão mínima de operação: 106 V;
- Tensão máxima de operação: 135 V;
- Nível de curto-circuito: 10 kA.

#### **Sistema de Controle**

- Tensão nominal de BT: 127 Vca (+/- 10%)

A fabricação das caixas de entrada dos tipos CEM – Caixa de Entrada e Medição de Energia em 220 V e transformação em 220/127 V deverão seguir os padrões definidos nas Normas da Concessionária.

## **Pátio de Manutenção**

No Pátio de Manutenção teremos um transformador trifásico de força tipo seco de 1000 kVA com tensão primária de 13,8 kV e secundária de 380/220 V - 60 Hz.

Em caso da falta de energia da SAT, teremos 1 Grupo Motor Gerador Diesel de 260 kVA - 3Ø- 380/220 Vca, para alimentar as cargas prioritárias do Pátio, pelo barramento no quadro QPD-D-E-SUB.(ESSENCIAL).

No barramento de baixa tensão QPD-D-N-SUB.(NORMAL), teremos 1 circuito que deverá alimentar o retificador 1 de 65 kVA, e no barramento de baixa tensão QPD-D-E-SUB.(ESSENCIAL) teremos 1 circuito que deverá alimentar o retificador 2 de 65 kVA, esses dois circuitos retificadores alimentarão em paralelo o barramento de 125 Vcc (USCC+UDQ) desse barramento sairão 2 circuitos que alimentarão os bancos de baterias (Baterias 1 e 2), 1 circuito para o quadro de distribuição de corrente contínua (QDCC-D-CC-SUB.) e 1 circuito para alimentar 1 sistema inversor que deverá alimentar o painel de força PDF-D-NB-SUB, este circuito deverá ter uma chave reversora para manter a continuidade elétrica deste sistema pelo Grupo Motor Gerador Diesel de Emergência. Do barramento do PDF-D-NB-SUB. sairão 4 circuitos bifásicos de 380 Vca, sendo que 1 dos circuitos deverá alimentar o painel PDF-B-NB-CCO, outro circuito o painel PDF-B-NB e 2 circuitos serão de reserva.

## **Estações**

As alimentações elétricas das estações serão diretamente da rede de distribuição de Baixa Tensão da Concessionária de energia elétrica local (CEB). A configuração elétrica das estações receberá alimentação direta do sistema secundário trifásico + neutro da CEB em 380/220V – 60 Hz que deverá alimentar o barramento do QGD-N-ESTAÇÃO, que por sua vez, alimentará somente suas cargas. As cargas essenciais ou emergenciais deverão ser supridas pelo sistema de alimentação ininterrupta de energia – Nobreak.

### **1.4 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA DE TRAJÃO (STR)**

As alimentações elétricas dos trens (veículos) serão obtidas diretamente da rede de distribuição das subestações retificadoras, através dos transformadores para os grupos retificadores e cubículos de 750Vcc, conforme abaixo descrito:

Composto pelos grupos transformadores retificadores a diodos de silício, seccionadoras bipolares, disjuntores extra rápidos, seccionadoras de isolação, contadores de equalização, seccionadoras de retorno, entre outros destinados à alimentação das vias operacionais, isso contemplado nas SRs e vias. Além, dos dispositivos de comando, proteção, controle, sinalização, transdutores, cabos de força e controle, conectores, chumbadores, eventuais filtros harmônicos que se façam necessários etc., desde as muflas terminais e/ou conectores necessários no primário do transformador até o cabeamento para conexão com os trilhos APS e as catenárias e as vias, incluindo os cabos de força em 750 Vcc entre cubículos de retorno (alimentadores negativos) e trilhos de rolamento, bem como cabos de força em 750 Vcc e conexão entre cubículos de saídas positivas (alimentadores positivos), trilhos APS e catenárias.

Este sistema deverá contemplar, também, todos os relés de proteção e auxiliares do sistema 750 Vcc, equipamentos de comando e supervisão dos cubículos, a fiação interna, os bornes terminais para ligação com circuitos externos, vias ópticas e/ou elétricas de comunicação digital entre equipamentos dos cubículos e externamente a eles. Contemplando ainda os cabos de alimentação elétrica em, 380 Vca e 220Vca, bem como todos os acessórios e serviços de instalação, emendas, terminações, identificações, testes de aceitação dos circuitos e demais serviços que se façam necessários para que o fornecimento possa ser considerado apto à operação comercial.

Contemplando o sistema de curto-circuitamento entre negativo e terra estrutural, atendendo aos requisitos de proteção dos passageiros e funcionários contra tensões de passo e toque nas estações e nas salas técnicas.

Contemplando o Sistema Digital da Retificadora (SDR), a ser desenvolvido e implementado baseado nas normas IEC-61850, para cada uma das subestações, sendo constituído pelo conjunto das unidades de comando, controle, proteção e aquisição de dados distribuídos nos cubículos de tração e por um painel específico para abrigar interfaces de comunicação e lógicas de intertravamento do sistema 750 Vcc e estando conectado ao Painel de Comando e Controle de Energia (PCE) da subestação e através dele permitir o envio e recebimento de informações às instâncias de supervisão remota.

Sendo as interfaces ópticas da rede IEC 61850 com o PCE da subestação com o CCO, estabelecida através do Sistema de Transmissão de Dados – STD, bem como as interligações elétricas e/ou ópticas entre os cubículos e os painéis de interface, incluindo as terminações ópticas no Distribuidor Geral Óptico (DIO) para utilização de aquisição de dados.

A fibra óptica para o sistema de proteção (intertripping), também, será de responsabilidade do STD e sendo de responsabilidade deste fornecimento, as conexões e testes para garantir todo o sistema de proteção (intertripping) entre as Subestações Retificadoras, isolando o trecho onde ocorrer à falta ou falha. Esses cabos ópticos são independentes e serão passados diretamente de cubículo local para cubículo externo nas SE Retificadoras.

Especial atenção deverá ser dada para que não ocorram interligações de potenciais diferentes (cubículos 13,8 kV, cubículos 750 Vcc, painel do SDR, PCE) através dos cabeamentos, providenciando o devido isolamento galvânico entre esses potenciais nas interligações que se fizerem necessárias.

O SDR deverá contemplar todos os “softwares”, licenças de utilização e demais acessórios necessários ao funcionamento adequado e garantir a manutenção das subestações retificadoras.

#### **Notas:**

Nas estações existirão Distribuidores Intermediários Ópticos (DIO), que proverão os pares de fibras ópticas para aquisição de dados (Supervisão e telecomando) do sistema de tração para o CCO. A função intertripping não passará pelos DIO's das estações, preferencialmente.

Composição básica do Sistema de Alimentação Elétrica de Tração (STR);

- **Transformador**

Os transformadores deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme a norma as normas ABNT NBR 5356, NBR 9070, NBR 9112 e normas IEC, NEMA ou IEEE, sempre que aplicável.

Os transformadores deverão formar conjuntos com os retificadores, formando grupos perfeitamente acoplados e balanceados, num projeto integrado de forma a atender as necessidades de potência solicitadas, e com um nível de tensão dentro dos padrões admissíveis.

Deverão ser trifásicos a seco, com três enrolamentos, com resfriamento natural, com potência nominal compatível com o ciclo de carga especificado.

A potência do transformador e a tensão dos secundários deverão ser estabelecidas após estudos das simulações elétricas.

- **Retificador**

Os retificadores a diodo deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme a norma IEC 60146.

As pontes retificadoras (estrela e triângulo) deverão estar contidas em cubículos metálicos e com os barramentos positivo e negativo interligados e previstos para instalação abrigada.

Para a interligação entre a seccionadora bipolar de isolação do grupo retificador e o barramento positivo dos disjuntores extra rápido, deverá ser utilizado barramento, não sendo permitido o uso de cordoalhas.

O resfriamento dos retificadores deverá ser feito naturalmente, pelo próprio ar ambiente

- **Grupo Transformador-Retificador**

Os grupos retificadores destinam-se à conversão de corrente alternada em contínua para o serviço de tração. O projeto deverá prever o perfeito acoplamento entre o transformador e o retificador.

Deverão ser tomados todos os cuidados necessários com as harmônicas características injetadas no sistema, tanto do lado de corrente alternada como do lado de corrente contínua.

O nível de ruído produzido pelo grupo transformador-retificador não deverá ultrapassar o valor de 64 dB e atender a norma NBR 7277.

O rendimento a carga nominal (100%), deverá ser não inferior a 98,4% para os transformadores e não inferior a 98,5% para os retificadores. A componente de defasamento (fasor) do fator de potência deverá ser maior ou igual a 96%, calculado conforme as normas NBR 9070 e IEC 60146.

- **Cubículos 750 Vcc**

Os dados técnicos a seguir deverão ser observados.

- Tensão nominal –750 V
- Tensão máxima - 900 V
- Tensão mínima - 500 V
- Nível de isolamento - 1,2 kV
- Tensão máxima suportável entre os circuitos principais e a massa durante 1 min. a 60 Hz (Ua) - conforme norma EN 50123
- Tensão de impulso (Uni) - conforme norma EN 50123
- Corrente de curto-circuito no barramento por 0,5 seg. - 80 kA

- **Transdutores de Tensão**

Os transdutores deverão estar localizados no cubículo do grupo retificador, em um dos cubículos do disjuntor extra rápido e no cubículo do curto-circuitador negativo-terra. Deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme Normas NEMA, IEEE e EN 50123, onde aplicáveis, garantindo uma adequada separação galvânica entre o circuito de força e o secundário para medição. A corrente secundária e a carga nominal dos transdutores deverão ser compatíveis com os medidores e equipamentos de interface.

Deverão possuir, no mínimo, as seguintes características:

- Tensão primária nominal – 750 Vcc
- Corrente secundária - a ser definido no projeto executivo
- Carga nominal - compatível com a carga
- Erro de relação - 1%
- Tensão de alimentação dos transdutores - 220Vca para estações

- **Transdutores de Corrente**

Os transdutores de corrente deverão estar localizados no cubículo do grupo retificador, nos cubículos dos disjuntores extra rápidos e no cubículo do curto-circuitador negativo-terra.

Deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme Normas NEMA, IEEE e EN 50123, onde aplicáveis, garantindo uma adequada separação galvânica entre o circuito de força e o secundário para medição. A corrente secundária e a carga nominal dos transdutores deverão ser compatíveis com os medidores e SDR.

Deverão possuir, no mínimo, as seguintes características:

- Corrente primária nominal: 750 Vcc
  - Tipo I (retificador) - 2.000 A
  - Tipo II (disjuntores e curto-circuitador negativo-terra) - 1.500 A
  - Corrente secundária - a ser definido no projeto executivo
  - Carga nominal - compatível com a carga
- **Relé de Tensão 750 Vcc**

Os relés de tensão deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme normas NEMA, IEC, IEEE e EN 50123, onde aplicáveis, garantindo uma adequada separação galvânica entre o circuito de força e o secundário para medição, devendo ser do tipo foto-acoplador e prever operação “em condição segura” (fail-safe).

Deverá ser previsto um relé de tensão em cada lado da seccionadora bipolar e das seccionadoras de isolamento positivas. Deverão possuir contatos auxiliares suficientes para sinalização e intertravamentos.

Os cabos de ligação do relé deverão estar isolados das demais fiações de controle.

Cada relé ligado aos circuitos de força (750 Vcc) deverá possuir fusível com sinalização mecânica (para indicação local) e elétrica (para indicação remota).

Os relés de tensão deverão possuir, no mínimo, as seguintes características técnicas:

- Tensão primária nominal - 750 Vcc
  - Tensão máxima - 1.000 Vcc
  - Tensão máxima suportável entre os circuitos principais e a massa durante 1 min. a 60 Hz (Ua) - conforme norma EN 50123
  - Tensão máxima suportável entre os circuitos secundários e a massa durante 1 min. a 60 Hz -2 kV
  - Tensão de impulso (Uni) - conforme norma EN 50123
  - Sinalização no relé:
    - Com tensão 750 Vcc - LED vermelho
    - Sem tensão 750 Vcc - LED verde
- **Relé de Proteção (76)**

Deverá ser previsto relés de corrente, a serem ligados entre as estruturas dos cubículos e o terra da via (polaridade negativa), para proteção contra fuga do positivo para a estrutura.

Deverão ser previstos quatro relés para cada subestação retificadora.

O relé deverá ser de baixa impedância e ter sensibilidade para detectar qualquer corrente de defeito, possuindo capacidade de suportar a corrente de curto-circuito durante a abertura dos disjuntores. Deverá possuir também contatos suficientes para bloqueios, intertravamentos e sinalizações.

O tempo de atuação do relé e dos equipamentos para isolar o defeito deverá ser suficiente para evitar danos físicos ou materiais.

- **Dispositivo de Proteção das Blindagens dos Cabos**

Deverão ser previstos dispositivos para supervisionar a blindagem dos cabos, ou seja, defeito no cabo com aparecimento de tensão na blindagem em relação ao negativo de 750 Vcc.

Os cabos que serão supervisionados são os seguintes:

- cabos entre os cubículos dos disjuntores extra rápidos e os cubículos das seccionadoras de isolação positivas;
- cabos entre os seccionadores de isolação positivas os trilhos APS e as catenárias;
- As blindagens dos cabos deverão ser ligadas em barramentos isolados das carcaças dos cubículos.

- **Proteção por detecção de arco elétrico interno aos cubículos**

Deverá ser fornecido dispositivos para proteção contra a ocorrência de arco elétrico interno nos cubículos (barramentos e conexão de cabos).

Esta proteção deverá ser capaz de detectar e identificar a ocorrência de arcos elétricos, devendo atuar no desligamento do disjuntor de 13,8 kVca e, se for o caso, dos disjuntores extra rápidos (acionando o sistema “intertripping” também), de modo que o tempo total (detecção e desligamento) de atuação seja o mais curto possível.

O sistema deverá ser capaz de identificar o cubículo onde ocorreu a falta e enviar sinalização local e remota da ocorrência de arco elétrico interno.

Os detectores ópticos de arco deverão estar posicionados de forma a não atuar indevidamente com a luz ambiente ou direta solar.

Os detectores ópticos deverão apresentar isolação elétrica adequada, bem como a fiação até as suas centrais. Deverão dispor de quantidade suficiente para a detecção em quaisquer regiões possíveis de aparecimento de arco dos cubículos.

Os grupos de detectores serão distribuídos de forma que seja garantida a seletividade da proteção, ou seja, deverá isolar a falta adequadamente atuando apenas nos elementos de manobra e proteção pertinentes.

- **Disjuntores Extrarrápidos E Contatores De Equalização**

Os disjuntores de corrente contínua do tipo extra rápidos e os contatores de equalização deverão ser projetados, construídos e testados conforme as normas EN 50123, IEC 6077 e 60947-2.

As características abaixo deverão ser observadas para o fornecimento destes equipamentos.

- Tensão nominal - 750 V
- Tensão máxima - 900 V
- Tensão mínima - 500 V
- Corrente nominal eficaz - 1.500 A
- Nível de Isolamento - 1,2 kV
- Tensão máxima suportável entre os circuitos principais e a massa durante 1 min. a 60 Hz (Ua) - conforme norma EN 50123
- Tensão de impulso (Uni) - conforme norma EN 50123
- Gradiente de corrente (Amperes/microssegundos) - entre 5 e 15

- Faixa de calibração para disparo por sobrecorrente – 1,8 a 3,6 kA
- Valor da corrente de curto-circuito prevista a jusante do disjuntor - 70 kA
- Proteção di/dt

- **Chaves Seccionadoras**

As chaves seccionadoras deverão ser previstas para instalação interna aos cubículos. Deverão ser projetadas, construídas e ensaiadas conforme norma EN 50123. Deverão ser dimensionadas para atendimento ao ciclo de carga previsto para o grupo retificador (IEC 60146, classe VI) e para atendimento às condições descritas abaixo.

a) Seccionadora Bipolar de Isolação do Grupo Retificador

- Corrente nominal eficaz - 2.000 A
- Corrente de curto-circuito - 70 kA
- Comando motorizado e manual

b) Seccionadora de Isolação Positiva

- Corrente nominal eficaz - 1.500 A
- Corrente de curto-circuito - 70 kA
- Comando motorizado e manual

c) Seccionadora de Isolação Negativa

- Corrente nominal eficaz – 2.000 A
- Corrente de curto-circuito – 70 kA
- Comando motorizado e manual

- **Curto-Circuitadores Negativo-Terra**

Deverá ser fornecido o sistema para interligação entre negativo- terra a ser instalada nas estações.

Os equipamentos pertencentes ao sistema de curto-circuitamento negativo-terra deverão efetuar a proteção dos passageiros e dos funcionários contra tensões de passo e toque conforme critérios estabelecidos pela norma EM 50122 da CENELEC.

Os equipamentos deverão curto-circuitar o negativo com o terra externo estrutural sempre que o potencial do negativo do sistema de tração atingir níveis perigosos em relação ao potencial do terra, ou potencial da armadura da plataforma de embarque e desembarque de passageiros.

Para o dimensionamento do sistema, a Contratada deverá estudar e decidir sobre os pontos mais adequados para conexão dos cabos de potência.

O sistema de tração, bem como a circulação de trens, não deverá sofrer interrupção da operação durante a intervenção dos dispositivos de proteção.

Cada cubículo deverá possuir no mínimo os seguintes elementos:

- transdutores de tensão;
- voltímetro;
- transdutor de corrente;
- amperímetro;
- semicondutor para chaveamento instantâneo;

- contator;
- IED e/ou controlador lógico programável (CLP).

- **Sistema Digital da Retificadora (SDR)**

O Sistema Digital da Retificadora (SDR) é o sistema constituído pelas unidades de comando, controle, proteção, medição e aquisição de dados do sistema de tração elétrica. Serão constituídos pelos IED's, pelos dispositivos digitais de controle dos disjuntores, relés de proteção e demais elementos necessários para execução destas funções. Deverá possuir arquitetura distribuída, associadas aos diferentes "bays" das subestações consideradas.

As unidades associadas a cada "bay", denominadas IED's, deverão possuir interface óptica para formação de um barramento serial comum à rede IEC 61850, a qual estará conectada o PCE da estação.

Deverão ser instaladas unidades IED's nos compartimentos de baixa tensão dos seguintes cubículos/painel:

- cubículos da seccionadora bipolar de isolamento do grupo retificador;
- cubículos dos disjuntores extra rápidos;
- cubículos das seccionadoras de isolamento positivas e contadores de equalização;
- cubículo da seccionadora de isolamento negativa;
- cubículo do curto-circuitador negativo-terra.

É permitido o fornecimento de IED's que englobem as funções dos dispositivos digitais de controle dos disjuntores, desde que tais IED's possuam todas as funções e características citadas nos itens específicos.

Os dispositivos digitais de controle dos disjuntores, relés de proteção e demais dispositivos que não se enquadrem no padrão IEC 61850, deverão ser inseridos na rede de "switches" ópticos através de "gateways" ou terminais remotos inteligentes (RTU's) adequados, de padrão industrial, sendo que o sistema de tração não poderá apresentar perda de desempenho.

Todos os equipamentos/dispositivos pertencentes ao SDR deverão apresentar sincronismo com relação à base horária disponibilizada pelo gerador de sincronismo descrito no Os IED's, que deverão estar nos compartimentos de baixa tensão dos cubículos, deverão ser projetados, construídos e ensaiados de acordo com as prescrições desta especificação e das normas ABNT NBR IEC 60529 e NBR 7116, e das normas IEC-61850, IEC 60255-5, 60255-6, 60255-21-1, 60255-21-2, 60255-22-1, 60255-22-2, 60255-22-3 e 60255-22-4, IEC 60297, IEC 60870-5-101, 60870-5-103 e 60870-5-104, IEC 61131, IEC 61508, IEEE C37.20.2, NBR 14565 e IEEE 273, além de outras normas NBR e IEC onde aplicáveis, todas nas suas versões mais atualizadas.

## 2 SISTEMA DE APS

### 2.1 DEFINIÇÕES, ABREVIATURAS, REFERÊNCIAS

#### 2.1.1 Definições

Expressão	Definição
Grupo de PBs ou meio-trecho	Grupo de PBs associado a um Armário de APS.
Veículo	Significa o Trem
Pré-posicionamento	Função da PB que identifica as PBs defeituosas, preparando-a para isolamento do APSC associado.

#### 2.1.2 Abreviaturas

Abreviatura	Texto	Significado
AC	CA	Corrente Alternada
APS		Suprimento Estético de Energia (“Alimentação pelo Solo”)
APSC		Armário de APS
BJ		Caixa de Junção
BR		Caixa de Ramificação
CAMS		Sistema de Manutenção Assistida por Computador
CS		Sapata Coletora
CSI		Interface da Sapata Coletora
DC	CC	Corrente Contínua
E		Antena emissora instalada no chassi do trem
EOL		Fim de Linha
HVAC		Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
IGBT		Transistor Bipolar de Porta Isolada
IS		Chave Isoladora
kmst		Quilómetro de via única
km/h		Quilómetro/hora
LCB		Disjuntor de Linha
MFC		Cabo Multifuncional
MSC		Cubículo de Chaveamento Principal
MTBF		Tempo Médio Entre Falhas
OCC	CCO	Centro de Controle Operacional

Abreviatura	Texto	Significado
OCS		Sistema de Contato Aéreo
PB		Caixa de Energia
PES		Sistema Eletrônico Programável
RS	MR	Material Rodante
SL		Linha de Segurança
SLR		Receptor de Linha de Segurança
SRD		Dispositivos de Curto Alcance
STR		Subestação de Energia de Tração
+Va		Tensão do sistema de alimentação (valor nominal: 750V)
0Vr		Referência de tensão zero (= trilho de circulação)

## 2.2 PRINCÍPIOS GERAIS DO APS

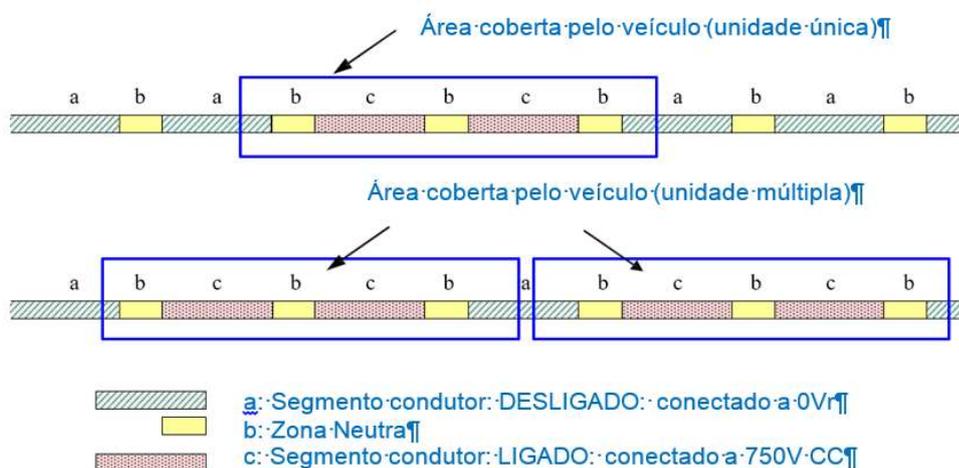
O Sistema de Suprimento Estético (APS) visa substituir o Sistema de Contato Aéreo (OCS) dos sistemas de transporte urbano eletrificados, através de trilhos de APS segmentados totalmente integrados à plataforma da via. O princípio do APS consiste em fornecer tensão apenas aos trilhos APS que estão fisicamente fechados dentro da área ocupada pelo veículo. Quando alcançados, os trilhos do APS nunca são energizados e não apresentam perigo para pessoas ou equipamentos.

O sistema APS permite desempenhos idênticos ao OCS, tais como a partida dos veículos em qualquer ponto ao longo da linha, possibilidade de retorno dos veículos, compatibilidade com todas as linhas de veículos leves sobre trilhos existentes, incluindo cruzamentos e desvios.

O sistema APS pode ser combinado com todos os equipamentos de suprimento de energia por OCS (normal e rígido).

O trilho APS é formado por uma sequência de segmentos condutores e zonas neutras conforme indicado na figura abaixo.

**Figura 2-1 - Segmentos de trilho APS**



Em um trecho em linha reta, o trilho APS está localizado no centro da via entre os dois trilhos de circulação. Em uma curva, o trilho APS é deslocado lateralmente, sendo a sua posição determinada pelo caminho das sapatas coletoras do APS localizadas embaixo do veículo.

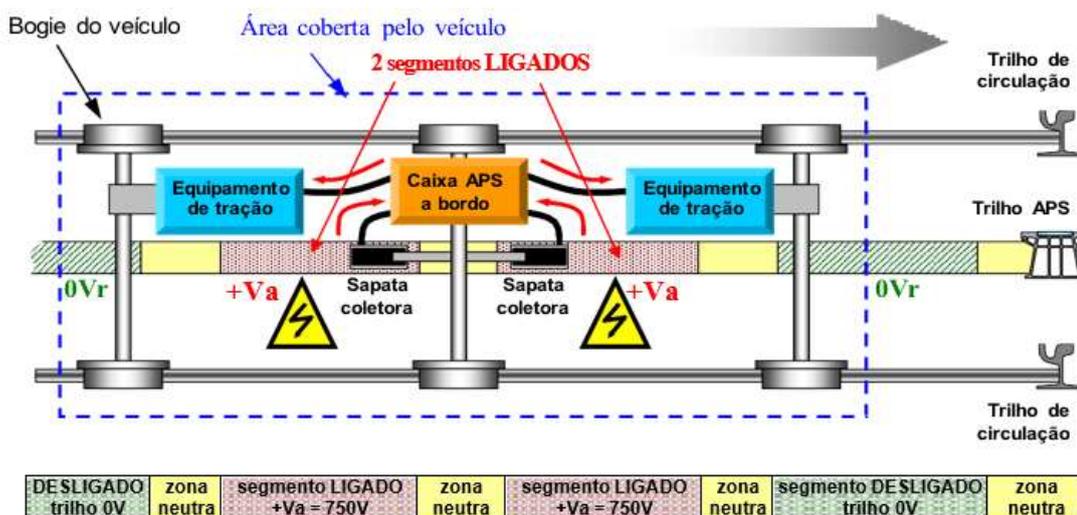
O veículo indica que está presente emitindo um sinal codificado para o solo. Este sinal é gerado por um dispositivo eletrônico de bordo, e transmitido através de uma antena integrada na sapata coletora. Este sinal codificado é detectado de forma contínua e segura acima de um segmento para autorizar e manter o suprimento de energia desse segmento.

Com base neste princípio, somente podem ser ligados os segmentos condutores situados inteiramente na área de abrangência do veículo. Assim, todas as superfícies energizadas no solo ficam totalmente protegidas pelo veículo, não sendo acessíveis.

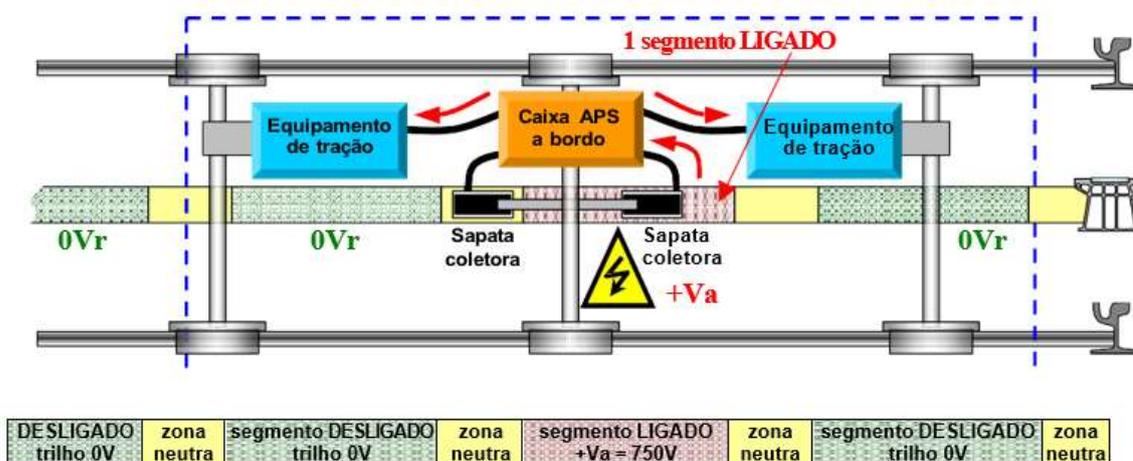
O veículo coleta a corrente através de sapatas coletoras situadas embaixo do veículo. A distância entre essas sapatas coletoras é maior que o comprimento da zona neutra; portanto, pelo menos uma sapata coletora está sempre em contato com um segmento condutor energizado. O retorno da corrente de tração é garantido pelas rodas e a via.

O princípio de alimentação de um veículo que recebe energia é ilustrado nas figuras abaixo.

**Figura 2-2 - Alimentação de tração por 2 segmentos condutores**



**Figura 2-3 - Alimentação de tração por apenas 1 segmento condutor**



Toda a infraestrutura do APS está embutida no solo e, portanto, não apresenta estrutura aparente fora da superfície da rua. Assim permite reduzir os inconvenientes do sistema de alimentação do trem no espaço público, eliminando todos os obstáculos aéreos ao longo da linha.

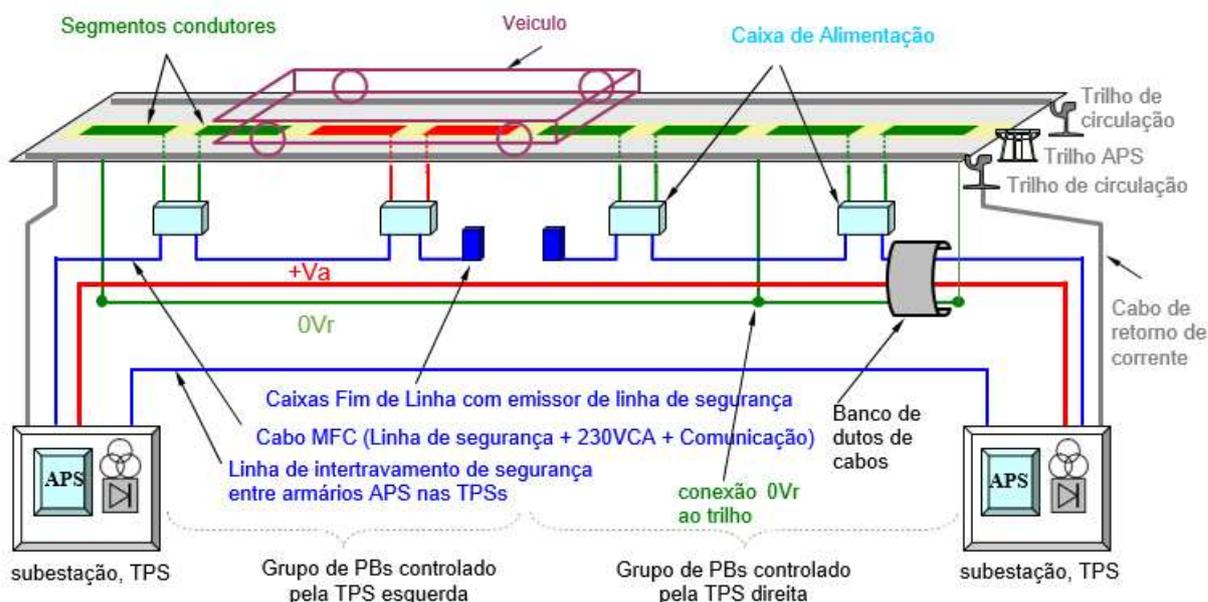
Além disso, o sistema APS tem a vantagem de não apresentar partes condutoras energizadas em um volume de espaço público aberto.

### 2.3 ARQUITETURA SIMPLIFICADA

A instalação do sistema APS na infraestrutura inclui os seguintes elementos:

- Sucessão de trilhos APS localizados entre os trilhos de circulação de cada via,
- Poços de visita do APS, a cada 20m aproximadamente, localizados entre as vias na configuração de via dupla, e via externa na configuração de via única,
- Banco de dutos de cabos APS, localizado entre os trilhos na configuração de via dupla, e via externa na configuração de via única, conectando todos os poços de visita do APS,
- Canos flexíveis conectando os poços de visita do APS aos trilhos do APS associados, através das caixas de ramificação (BR).

**Figura 2-4 - Arquitetura do APS simplificada**



Quando é seguro fazê-lo, as Caixas de Alimentação (PB) conectam segmentos condutores do APS aos 750VCC (+Va), alimentados desde a Subestação de Energia de Tração (STR).

O retorno da corrente de tração é garantido pelos trilhos e conexões equipotenciais da via, como é feito nos sistemas padrão.

O cabo 0Vr é conectado ao trilho mais próximo em intervalos regulares (a cada 180m no máximo), próximo a uma conexão equipotencial entre trilhos e entre vias. Permite fornecer uma referência de tensão na Caixa de Alimentação igual à tensão do trilho de circulação. De nenhuma forma será usado este cabo 0Vr para permitir o retorno da corrente de tração.

Os segmentos condutores do APS localizados fora da área coberta pelo veículo serão sempre, e obrigatoriamente, conectados a este cabo 0Vr pela PB.

Um circuito de controle, chamado Linha de Segurança (SL), permite o estado seguro do circuito APS em todo momento, mesmo com uma falha detectada que afete a segurança. Nesse caso, a SL é aberta para que o estado seguro seja mantido, até que a falha seja eliminada ou isolada. Isso permite reagir antes que essa falha possa criar uma situação perigosa. Esta SL é feita através de um emissor de Fim de Linha (EOL) e monitorado pelo armário APS associado na TPS.

Como lembrete, a situação segura de um segmento é definida da seguinte forma:

- um trem é detectado sobre um segmento condutor
- ou este segmento está conectado ao cabo 0Vr.

Somente quando o circuito APS está em condições seguras, o sistema permite o isolamento de uma PB defeituosa. Uma vez que a PB defeituosa é isolada, a operação do sistema APS pode ser retomada sem esperar pela substituição da PB defeituosa e sem ser afetado:

Se a área sem energia for curta (ex. 22m), o trem cruza o trecho por inércia. Assim que o trem detecta o retorno do suprimento de energia, a tração é retomada e o trem volta ao “modo normal”.

Se a área sem energia não puder ser atravessada por inércia (ex.: área muito longa sem suprimento, em uma subida com o trem em baixa velocidade, na estação, etc.), o trem para, sendo que o maquinista deverá comutar manualmente o modo de tração para a bateria de bordo do APS, por um tempo limitado. A tração desde os trilhos do APS é retomada imediatamente quando for detectada uma área alimentada pelo APS.

## 2.4 EQUIPAMENTOS DE APS NO SOLO

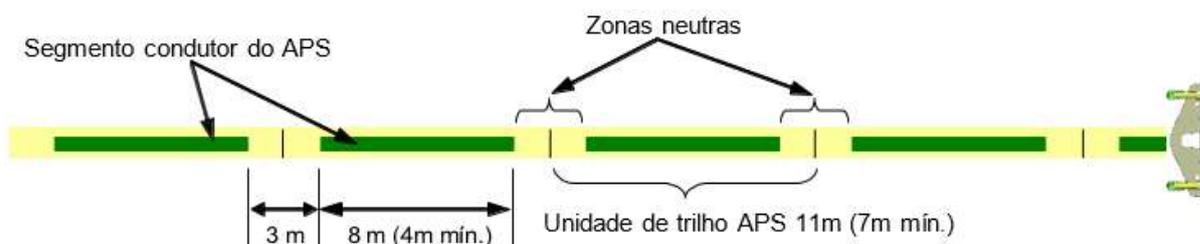
### 2.4.1 Trilhos do APS

Um trilho APS é composto por um segmento condutor e zonas neutras, colocados em uma estrutura de suporte isolada. Os trilhos APS podem ser embutidos em uma viga de concreto (reforçados quando necessário) ou ancorados diretamente na estrutura da via.

O comprimento nominal do segmento condutor é de 8m, mas pode ser reduzido até 4m para acomodar restrições de inserção urbana (cruzamento de ruas, pontos baixos) ou outras restrições. O comprimento da zona neutra é de 3m.

Um laço de detecção conectado à PB é embutido na estrutura de suporte do trilho APS para receber o sinal codificado enviado pelo trem.

Figura 2-5 - Arranjo do trilho APS



Nas áreas de troca, são instalados trilhos inertes do APS na extremidade do trilho APS para garantir uma superposição adequada entre o APS e o OCS.

#### **2.4.2 Caixas de Ramificação (BR) ou Caixas de Junção (BJ)**

Cada trilho APS é conectado a outro, alternativamente, por Caixas de Ramificação (BR) e Caixa de Junção (BJ):

- Caixa de Junção: garante a conexão entre dois trilhos APS e permite o puxamento do cabo de antena,
- Caixa de Ramificação: garante as mesmas funções de uma BJ, mas também permite a conexão da Caixa de Alimentação ao trilho APS através de tubo flexível.

#### **2.4.3 Poços de Visita do APS**

Os poços de visita do APS são instalados ao longo da via, sendo o local onde são instaladas as PBs. Nesses poços são colocadas as PBs e conectadas aos alimentadores da fonte de alimentação do APS. Os alimentadores correm dentro do banco de dutos, conectando cada poço de visita do APS.

Cada poço de visita do APS pode conter:

- Caixas de alimentação (máximo de 2 PBs por poço),
- Equipotenciais positivos,
- Equipotenciais negativos,
- Caixas de conexão (PBs até os alimentadores de energia).

Na via dupla, os poços do APS estão localizados entre as vias. Na via única, os poços estão normalmente localizados fora da via.

Tanto quanto possível, os poços de visita do APS estão localizados na frente das caixas de ramificação para reduzir o comprimento dos cabos de conexão.

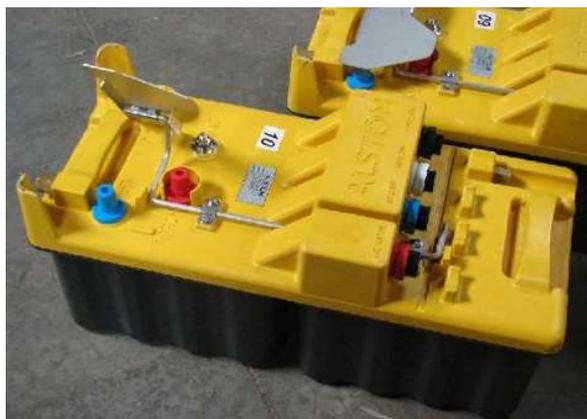
#### **2.4.4 Caixas de Alimentação do APS**

As Caixas de Alimentação (PB) são instaladas em poços de visita do APS, podendo cada uma fornecer energia para 2 (dois) segmentos APS.

Cada PB contém todos os dispositivos de chaveamento e alimentação dos segmentos a montante e a jusante.

A PB foi projetada a prova de falhas: Qualquer avaria ou falha não afeta o nível de segurança do sistema APS, que permanece seguro em todo momento devido à falta de energia. Além disso, o equipamento de reserva é seguro, sendo que apenas os circuitos ativos podem fornecer tensão aos segmentos de energia.

**Figura 2-6 - Ilustração da Caixa de Alimentação do APS**

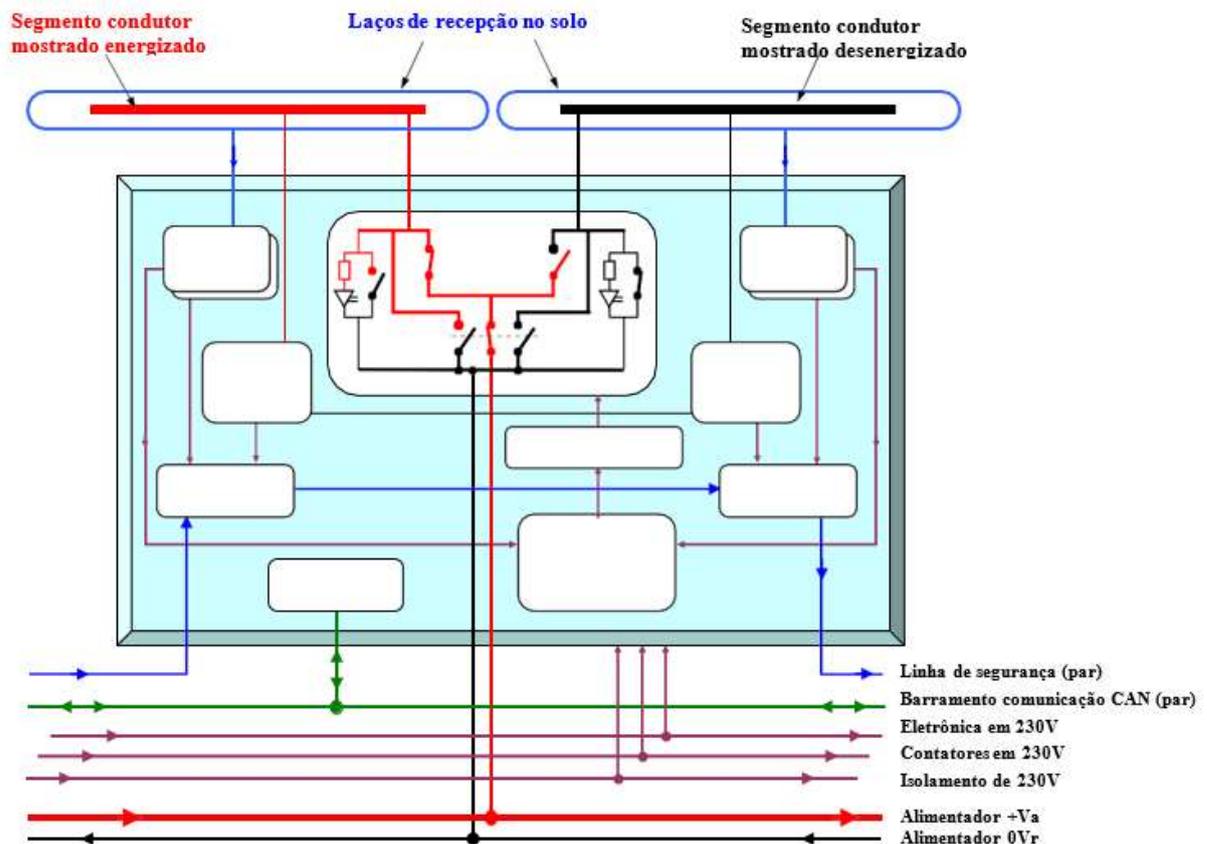


Cada caixa de alimentação inclui os seguintes componentes:

- Um invólucro IP68 à prova de água e poeira (imersão em água por pelo menos 2 horas a 1m de profundidade), usado para:
  - Proteger os equipamentos eletrônicos e de alimentação contra a poeira e líquidos,
  - Proteger o entorno exterior contra o perigo elétrico,
  - Fazer da caixa de alimentação uma unidade substituível como um todo,
  - Proteger contra o contato direto com partes e equipamentos energizados.
- Um contator de potência (Co) por segmento: utilizado para conectar o segmento APS ao +Va.
- Um contator (Cm) por segmento: utilizado para conectar o segmento APS ao 0Vr.
- Um IGBT por segmento, e sua resistência de proteção associada ao Cm: utilizado para monitorar a conexão do segmento APS ao 0Vr através de medição de corrente.
- Um dispositivo de medição de corrente: utilizado para proteger o Co contra abertura em carga.
- Uma unidade eletrônica: utilizada para controlar:
  - A detecção segura da presença de um Trem,
  - comando do contator de potência (Co),
  - controle do IGBT e Cm para conexão a 0Vr,
  - A verificação de segurança de retorno a 0Vr do segmento na ausência de Trem,
  - A abertura da linha de segurança quando uma ou mais condições de segurança não forem atendidas, fazendo com que as fontes de alimentação principais sejam desligadas na TPS circundante.
- Uma chave isoladora (IS): utilizada para mudar a PB para o estado “fora de serviço”. Uma vez isolada a PB defeituosa, permite restabelecer o funcionamento do trecho elétrico do APS sem aguardar a substituição da PB defeituosa pela equipe de Manutenção:
  - Essa chave isoladora é ativada pelo armário do APS, quando uma PB está com defeito, ou manualmente pelo CAMS.
  - Essa chave isoladora isola totalmente a entrada de 750V da PB.

- Essa chave isoladora conecta os segmentos a montante e a jusante ao 0Vr.
- Essa chave isoladora coloca a PB em modo de “monitoramento permanente”. Quando está nesse modo, a PB verifica continuamente se os segmentos estão conectados ao 0Vr.
- Essa chave isoladora inibe a detecção do veículo e o comando do contator.
- Após o isolamento, a IS deve ser rearmada manualmente durante as atividades de manutenção. As funções da PB defeituosa são então testadas, devendo ser aprovadas antes de retornar ao serviço.
- Uma unidade de comunicação: utilizada para relatar o estado da PB para a TPS e transmitir os comandos de pré-posicionamento até a PB para isolamento ou inibição da PB.

**Figura 2-7 - Esquema da Caixa de Alimentação do APS**



#### 2.4.5 Caixas de Fim de Linha do APS

As caixas de Fim de Linha (EOL) são conectadas à última PB de um meio-trecho de APS. A caixa EOL contém:

- Um invólucro à prova de poeira e água,
- Um emissor para o sinal de onda quadrada transportado pela Linha de Segurança.
- Um cabo embutido diretamente na caixa para ser conectado a uma PB através de um conector MFC.

- Uma unidade de monitoramento e comunicação fornecendo o nível de alimentação de 230V na extremidade do cabo MFC.

Os componentes eletrônicos da caixa EOL são alimentados através da fonte de alimentação da eletrônica em 230V CA do cabo MFC.

**Figura 2-8 - Ilustração da Caixa de Fim de Linha do APS**



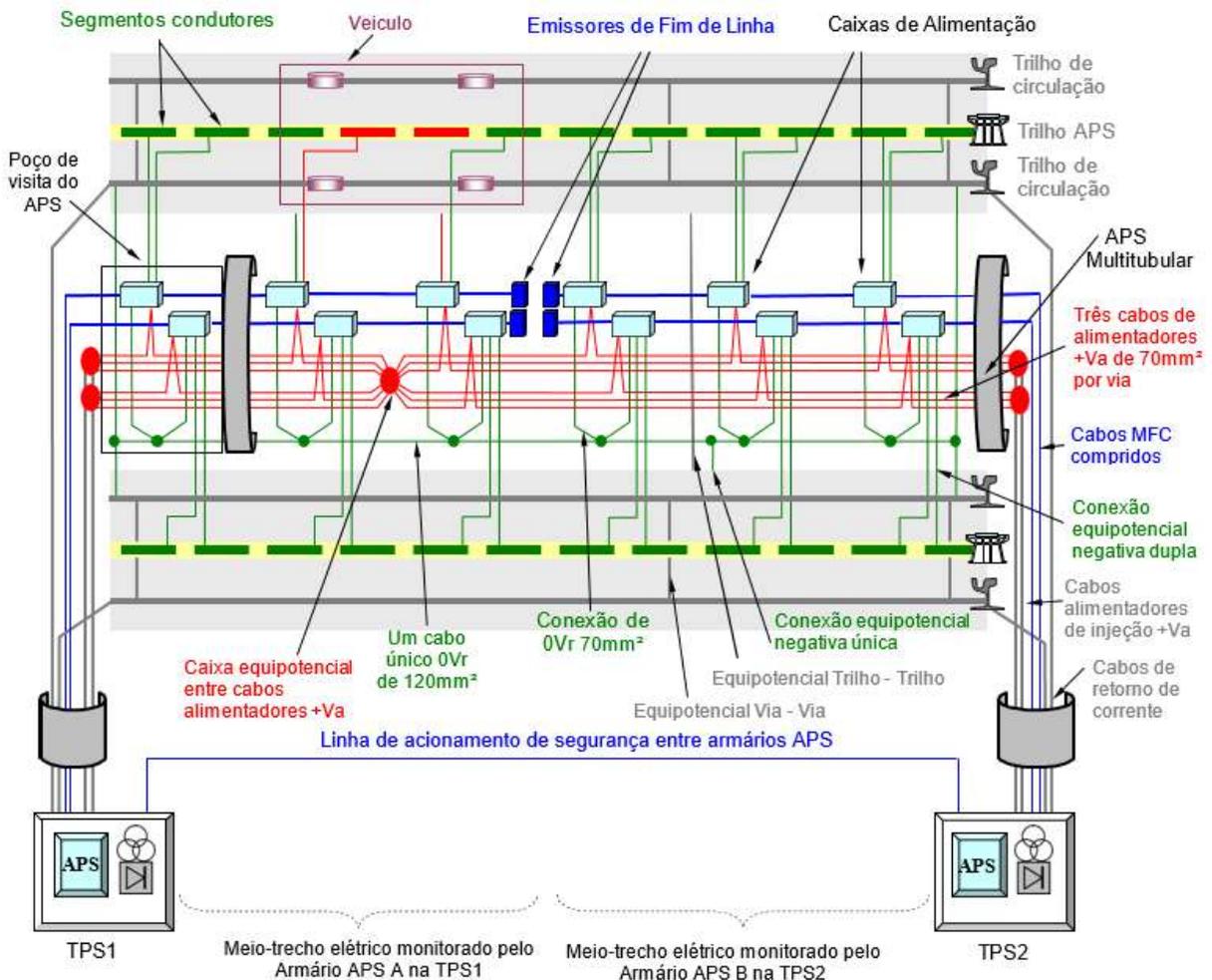
#### **2.4.6 Cabos de Energia do APS**

O sistema APS contém os seguintes cabos de alimentação:

- Corrente suprida pelo alimentador positivo ("Alimentadores +Va")
- Cabo de proteção que garante a conexão ao trilho de circulação de "referência 0 Volt" (0Vr)
- Cabos de conexão entre os Alimentadores +Va e a PB.
- Cabos de conexão entre o 0Vr e a PB ("conexão 0Vr").
- Cabos de conexão entre a PB e o segmento condutor ("segmento +Va").

Nota: será fornecida uma nota de cálculo [R7] do cabo APS para todos os cabos de alimentação do APS.

**Figura 2-9 - Cabos APS**



#### 2.4.7 Cabos do Alimentador +Va

Os cabos do Alimentador +Va são alimentados através de cabos de “injeção +Va” provenientes da TPS. Os cabos do Alimentador +Va são utilizados para fornecer energia de tração às PBs.

O cabo Alimentador +Va é um cabo de cobre flexível de 70mm<sup>2</sup>. São necessários 3 (três) cabos de alimentador +Va por via.

Esses cabos percorrem toda a linha no banco de dutos do APS.

#### 2.4.8 Cabo OVR

O cabo 0Vr é utilizado para fornecer, através de cabos de conexão 0Vr, uma referência de tensão para as PBs igual à tensão local do trilho de circulação. Este cabo 0Vr é conectado em intervalos regulares ao trilho de circulação.

Este cabo 0Vr é um cabo de cobre flexível de 120mm<sup>2</sup>. Apenas 1 (um) cabo 0Vr é utilizado para ambas as vias.

Este cabo percorre toda a linha no banco de dutos do APS.

### **2.4.9 Cabos de Conexão**

São necessários os seguintes cabos de conexão:

- Cabos de conexão 0Vr: para conectar o cabo 0Vr às PBs.
- Cabos de segmento +Va: para conectar as PBs aos segmentos relativos.

Estes cabos de conexão são cabos flexíveis de cobre de 70mm<sup>2</sup>

Todos os cabos que vão para as PBs passam pelo banco de dutos do APS e são conectados às PBs no poço de visita do APS.

Todos os cabos que vão para os segmentos do APS passam por tubos flexíveis.

### **2.4.10 Outros Cabos do APS**

Além dos cabos de alimentação, o sistema APS contém os seguintes cabos:

- Cabo MFC de uma PB para outra.
- Cabos de medição entre as PBs e os segmentos condutores.
- Cabos de antena entre as PBs e as BRs.
- Cabo de laço de antena no próprio trilho do APS (como uma continuação do cabo de Antena).

### **2.4.11 Cabo MFC**

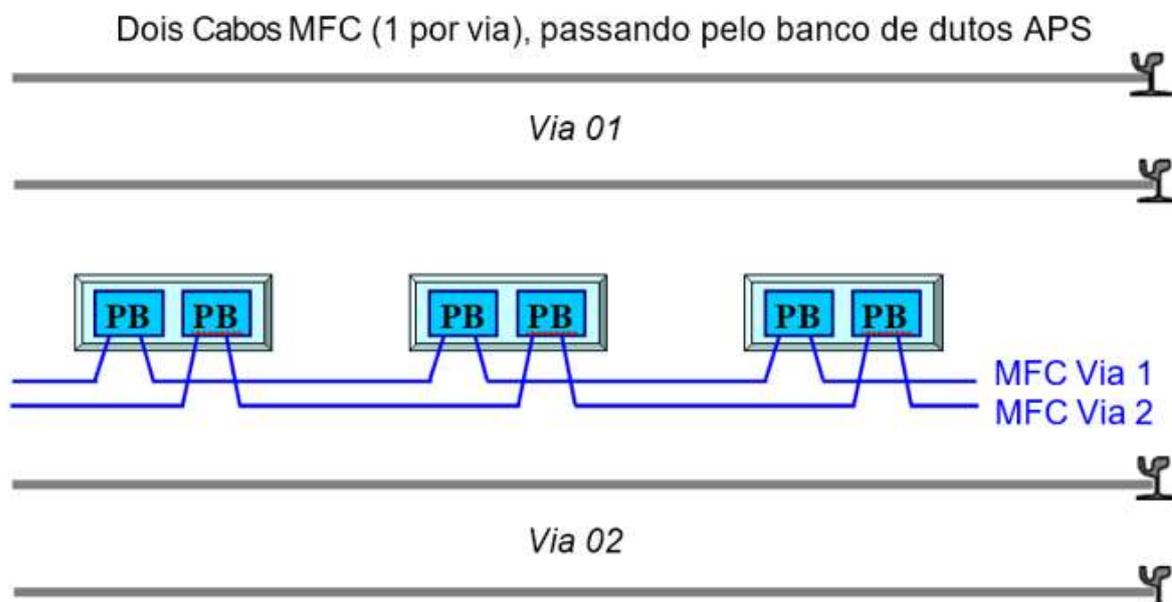
O cabo multifuncional (MFC) conecta o armário APS com todas as PBs conectadas, até a última do grupo de PBs. A última PB também está conectada a uma caixa EOL. Este cabo controla e monitora as PBs.

O cabo MFC realiza as seguintes funções:

- Circuito de controle de segurança denominado Linha de Segurança,
- Fonte de alimentação 230V para os componentes eletrônicos da PB.
- Fonte de alimentação 230V para os contactores da PB,
- Fonte de alimentação 230V para a chave isoladora da PB,
- Circuito de comunicação com o Armário do APS e o COO (através do Armário do APS).

O cabo MFC é multifilar, composto por 4 (quatro) cabos de cobre de 2,5mm<sup>2</sup>, 1 (um) cabo de cobre de 1mm<sup>2</sup> para alimentação 230VCA, e 4 (quatro) cabos de cobre de 0,6mm<sup>2</sup> para comunicação e Linha de Segurança.

**Figura 2-10 - Cabos MFC**



### **Linha de Segurança**

A Linha de Segurança (SL) é uma conexão independente de baixa tensão integrada no cabo MFC. Esta liga a caixa EOL ao Armário APS localizado na TPS, conectando cada PB do grupo de PBs. A caixa EOL contém o emissor do sinal transmitido através da linha de segurança.

Este circuito é utilizado para acionar o estado restritivo seguro do trecho elétrico associado do APS.

O sinal transmitido pela linha de segurança é interrompido quando uma falha for detectada em uma PB. Isto é causado por um evento indesejado, tal como um segmento não protegido pelo veículo enquanto não estiver conectado ao 0Vr.

Quando o sinal transmitido pela linha de segurança deixa de ser recebido pelo Armário do APS (APSC), esse APSC ordena a abertura dos Disjuntores de Linha (LCB) e logo em seguida curto-circuita o +Va com o 0Vr dentro das duas TPS vizinhas. Este curto-circuito é realizado com segurança (em conformidade com a norma EN 50126) por um conjunto curto-circuitador no APSC. Isto ocorre antes que a falha possa levar a qualquer situação insegura.

### **Fonte de alimentação de 230V CA**

Todas as PBs são alimentadas a partir do Armário APS associado, através de dois circuitos de 230V CA no cabo MFC:

- Um par de 230V CA para os componentes eletrônicos da PB,
- Um par de 230V CA para as bobinas do contator. O neutro deste circuito é comum com o neutro de controle do isolamento.

Nota sobre o dimensionamento: O cabo MFC é dimensionado para um número limitado de PBs (aproximadamente 50 PBs por grupo) e um comprimento limitado de cabos. Acima deste comprimento de cabos, é necessário um cabo de reforço. Esse cabo de reforço consta de um par de 230V, conectado somente no APSC, e em uma caixa de ramificação específica localizada no meio do Grupo de PBs.

### **Circuito de comando do isolamento em 230V**

O circuito de comando de isolamento é uma linha no cabo MFC composta por 1 (um) par em 230V CA (neutro comum com o neutro de alimentação da bobina do contator Co).

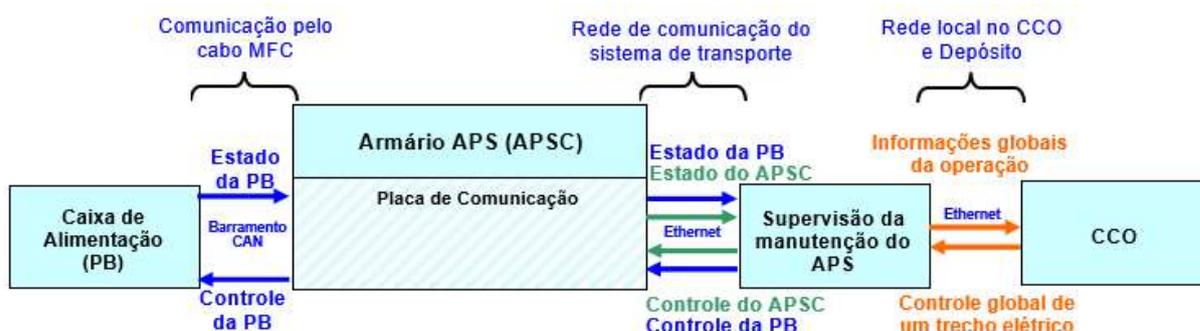
Ao energizar este par são atuadas as chaves isoladoras, que estão preparadas para o isolamento. Este comando se aplica a todas as PBs do Grupo de PBs.

### **Circuito de comunicação com o CCO**

O cabo MFC contém um circuito de comunicação. Este circuito garante que o estado da PB seja informado ao Armário do APS. Na sequência é encaminhado para o sistema de supervisão de manutenção do APS (CAMS) através da rede de comunicação. O sistema de gerenciamento técnico centralizado no CCO pode receber e usar a informação sobre o estado das PBs a partir do CAMS.

Este circuito também transmite alguns comandos para as PBs, principalmente inibição temporária ou pré-posicionamento para isolamento final. No caso de isolamento final, este torna-se efetivo quando o comando de isolamento recebe tensão de isolamento em 230V CA.

**Figura 2-11 - Roteamento de um evento**



#### **2.4.12 Cabo de Medição**

O cabo de medição vai da PB até o trilho do APS através de um tubo flexível, sendo utilizado para controlar a tensão do trilho do APS.

O cabo de medição é um cabo de cobre flexível de 4 mm<sup>2</sup>.

#### **2.4.13 Cabo de Antena**

O cabo da antena é utilizado para conectar a PB até cabo de laço da antena (localizado na estrutura interna do trilho do APS) e vai da PB até a caixa de ramificação através de um tubo flexível.

Este cabo de antena é um cabo de cobre flexível de 1mm<sup>2</sup> de dois núcleos.

#### **2.4.14 Cabo de Laço de Antena**

O cabo de laço da antena é a continuação do cabo da antena. Este cabo corre dentro do trilho do APS.

Este cabo de laço de antena é um cabo de cobre flexível de 1,5 mm<sup>2</sup>.

#### 2.4.15 Cabo de Informe da Linha de Segurança entre TPS's

O cabo de "Informe da Linha de Segurança" é utilizado para transferir o comando de segurança entre os armários do APS localizados na TPS que alimenta o mesmo trecho elétrico. Ele permite que o sistema APS controle a abertura dos Disjuntores de Linha (LCB) e o fechamento seguro dos circuitos curto-circuitadores do APS associados.

Este cabo passa dentro do banco de dutos de Baixa Tensão (não no banco de dutos do APS).

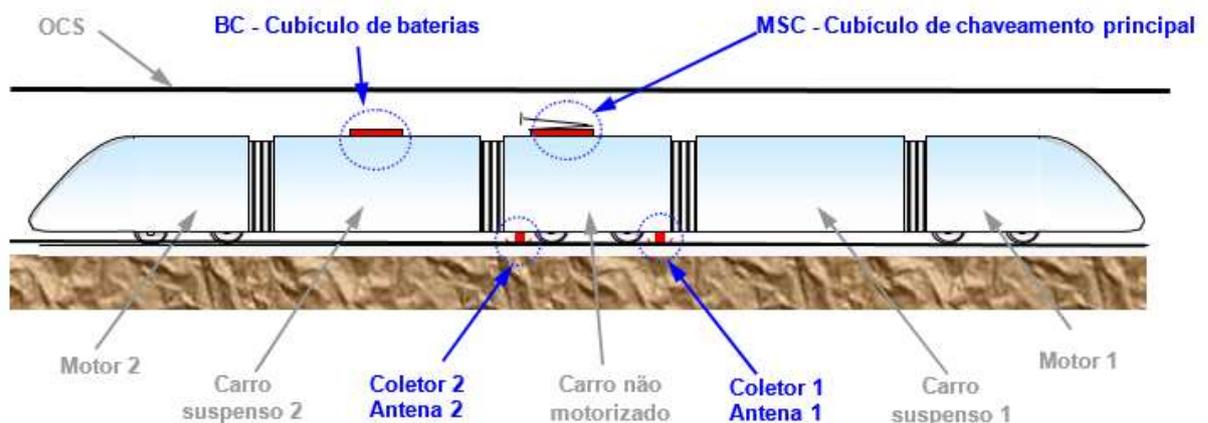
Este cabo de Informe de Linha de Segurança é formado por 4 (quatro) pares trançados. Um par, dedicado à medição, é usado para testar e pesquisar o sistema.

#### 2.5 EQUIPAMENTO DO APS DE BORDO

O equipamento do APS de bordo consiste em:

- Equipamento de Teto (localizado no teto do trem):
  - 1 Cubículo de Chaveamento Principal (MSC) contendo a Interface da Sapata Coletora (CSI)
  - CBAT
- Equipamento de chassi (localizado na estrutura inferior do trem):
  - 2 Sapatas Coletoras (CS)
  - 2 Antenas emissoras (E)
- Equipamento do maquinista (localizado na cabine do maquinista):

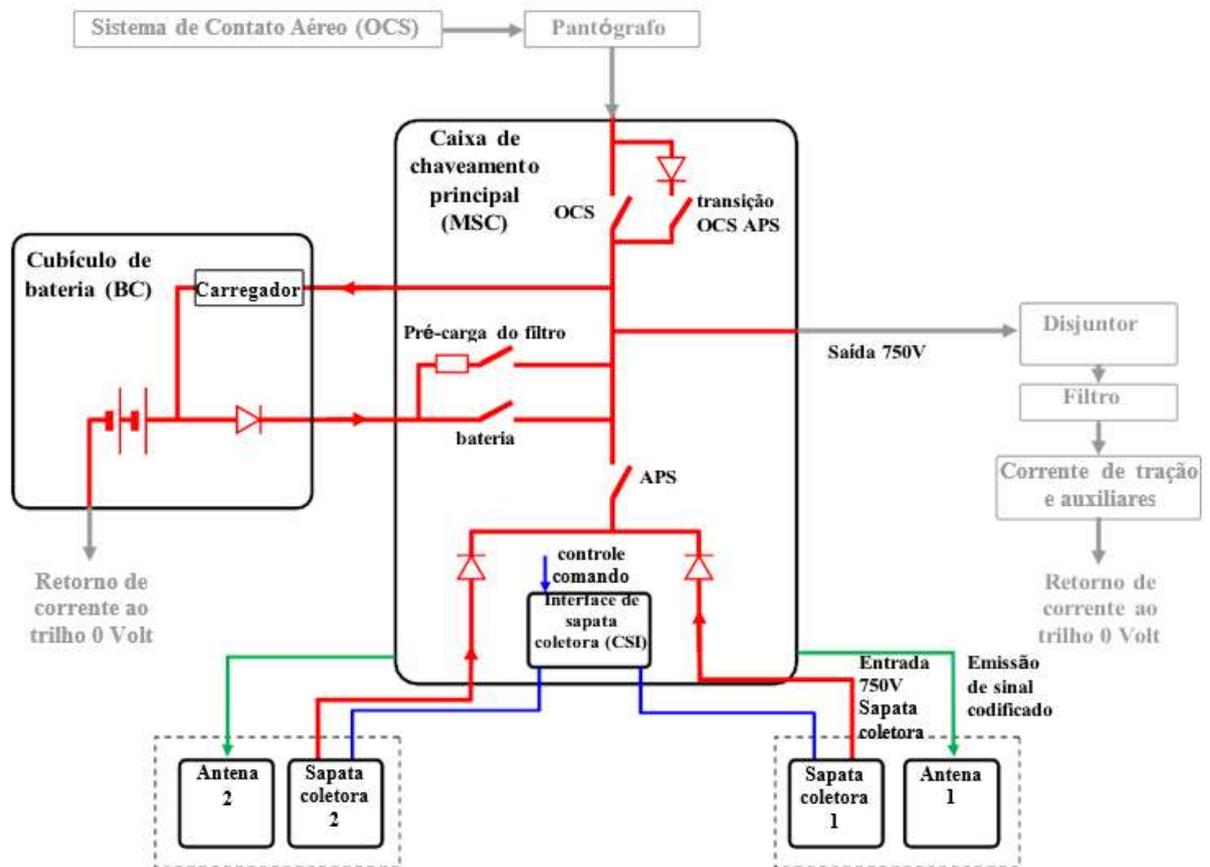
**Figura 2-12 - Localização dos equipamentos do APS de bordo no veículo**



Os equipamentos do APS de bordo são sempre localizados em uma área acessível à equipe de manutenção. Os equipamentos embaixo da carroçaria não devem interferir com a bitola definida para o chassi do trem, exceto as sapatas coletoras em sua posição mais baixa.

O esquema a seguir apresenta o princípio do equipamento do APS de bordo:

Figura 2-13 - Esquema do equipamento do APS de bordo



### 2.5.1 Sapatas Coletoras

O veículo está equipado com 2 (duas) sapatas coletoras para conectar a corrente de tração. As sapatas coletoras são contatos deslizantes sem limitantes de direção.

A distância entre duas sapatas coletoras é superior aos 3 m de comprimento da zona neutra que separa cada segmento do APS.

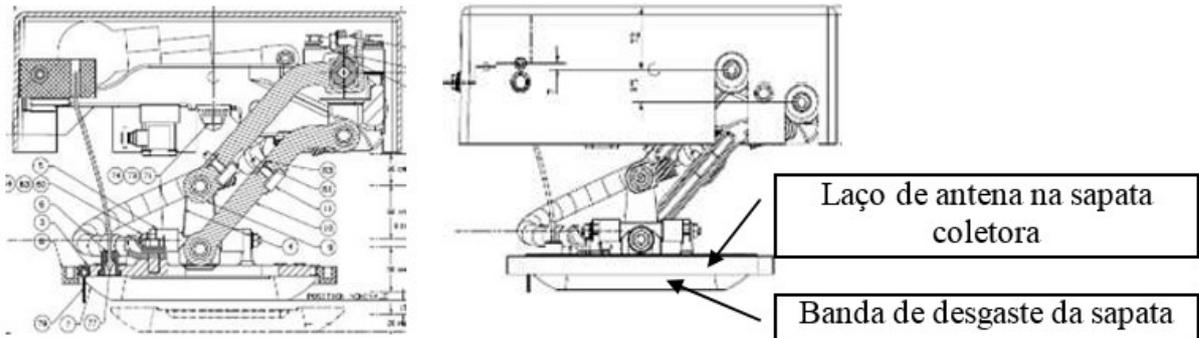
A caixa da sapata coletora inclui a sapata coletora (banda de fricção), o laço para a antena de emissão e recepção, e demais componentes periféricos que são protegidos pela carcaça protetora:

- Um dispositivo elétrico de levantamento e abaixamento da sapata coletora (guincho elétrico de duplo efeito),
- Um dispositivo de travamento mecânico (utilizado para travar na posição levantada),
- Um laço de sapata coletora, compreendendo bobinas de cobre e um cabo coaxial de conexão,
- Um fim de curso que indica a posição superior das sapatas coletoras,
- Um guincho reserva que permite levantar manualmente as sapatas coletoras em caso de falha do dispositivo elétrico.

Dimensões:

- Banda de fricção: Comprimento sem desgaste = 200 mm, Comprimento desgastada = 260 mm, Largura: 124 mm
- Distância entre centros da sapata: nos mais próximos 3260 mm, nos mais distantes 3420 mm.

**Figura 2-14 - Sapata coletora com seções de antena**



O veículo indica sua presença emitindo um sinal codificado para o solo. Esse sinal é criado por um dispositivo eletrônico localizado no Cubículo de Chaveamento Principal (MSC).

Existe 1 (uma) antena para cada sapata coletora, e ela emite este sinal para o solo.

O uso da largura de banda será protegido contra perturbações externas por meio de uma solicitação de reserva de Frequência.

A antena fica em torno da faixa de desgaste na sapata do coletor. O comprimento total da sapata coletora e da antena circundante é de 320 mm.

**Figura 2-15 - Sapata coletora com ilustração da antena**



### 2.5.2 Cubículo de Chaveamento Principal

O Cubículo de Chaveamento Principal é o componente central do equipamento do APS de bordo. Ele controla e comanda os modos de operação. O MSC é instalado no carro não motorizado.

O MSC contém os seguintes componentes:

- Um circuito de alimentação para selecionar a fonte, seja APS / OCS / Autonomia de bordo, sendo a seleção controlada da cabine do maquinista.
- Um módulo de interface da sapata coletora,
- Um dispositivo de controle dos modos de operação, comutação, e controle e monitoramento da sapata coletora.
- Um emissor de segurança, gerando o sinal codificado emitido pelas antenas.
- Um módulo de resfriamento.

### **2.5.3 Cubículo da Bateria**

O veículo está equipado com um Cubículo de Bateria (BC) usado como reserva de energia de tração. Esta bateria permite que um veículo parado em áreas não energizadas reinicie ou assegure a alimentação contínua dos auxiliares ao passar por uma área não energizada.

A bateria é carregada continuamente a partir da corrente de linha do pantógrafo ou das sapatas coletoras. O BC contém os seguintes componentes:

- Um conjunto de baterias de acumuladores montadas em módulos, cada qual desconectável individualmente,
- Um dispositivo de chaveamento operado desde o sistema hidráulico, localizado no material rodante (no carro não motorizado ou diretamente desde um controle localizado atrás da borda lateral do carro não motorizado),
- Um carregador que utiliza energia elétrica das sapatas coletoras ou do pantógrafo, controlando a supervisão e a segurança elétrica dentro do cubículo,
- Um diodo de potência anti corrente de retorno,
- Um fusível de proteção do conjunto de baterias,
- Uma caixa de proteção que permite que as caixas das baterias sejam desconectadas antes de serem abertas,
- Um indicador de bateria calcula continuamente o nível de carga da bateria.
- Um módulo de resfriamento.

As baterias foram projetadas com as seguintes restrições:

- Capacidade da bateria de pelo menos 5 Amperes-hora (Ah)
- Não será possível o acesso de passageiros ou pessoas não autorizadas (ex.: o maquinista).
- conjunto de baterias deve ser fisicamente desconectado do restante do equipamento de bordo antes das ações de manutenção no veículo,
- Partes da bateria agrupadas por tensão < 48V,
- A autonomia a bordo não deve emitir gases tóxicos.
- A autonomia de reserva é protegida contra sobrecorrentes de curto-circuito que podem danificar as baterias.

### **2.5.4 Equipamento do APS na Cabine do Maquinista**

As cabines do maquinista incluem os seguintes controles e sinais:

- Um botão luminoso de modo APS
- Um botão luminoso de modo OCS
- Um botão luminoso de modo de isolamento do APS
- Um botão luminoso do modo de Bateria do APS
- Um botão luminoso de reconhecimento de falha do APS

Os botões do modo APS e do modo OCS estão localizados no painel do maquinista, e os demais botões estão localizados no quadro elétrico na cabine do maquinista.

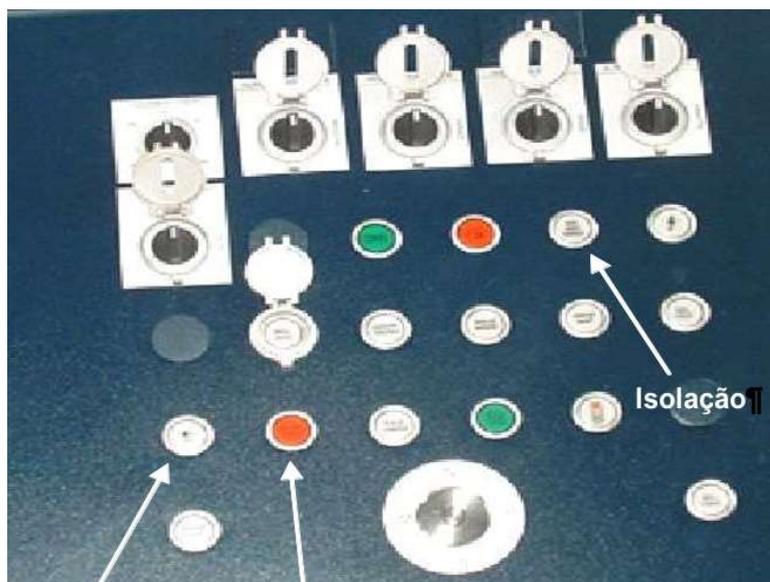
Na cabine do maquinista existe ainda um monitor com informações sobre as sapatas coletoras, a posição e a mudança de estado do pantógrafo, presença de tensão de alimentação, e nível de carga da bateria.

As figuras a seguir mostram a localização dos botões luminosos na console do maquinista e no quadro elétrico, e as informações disponíveis no monitor:

**Figura 2-16 - Botões luminosos dos modos APS e OCS**



**Figura 2-17 - Bateria, Reconhecimento de falhas e Modo de isolamento**



**Figura 2-18 - Informação disponível no monitor da cabine do maquinista**



Os componentes de controle/comando na cabine do maquinista são fornecidos e montados pelo subsistema de Material Rodante. A sua posição no painel de comando depende da configuração da cabine do maquinista, de acordo com os requisitos do Cliente e do Operador.

O APS possui um controle de abertura do disjuntor do trem, utilizado quando há discrepância entre as posições do pantógrafo e das sapatas coletoras em velocidade diferente de zero (pantógrafo ACIMA + uma sapata coletora ABAIXO + velocidade  $\neq 0$  km/h).

Uma chave, localizada no painel do salão de passageiros no carro não motorizado, permite a manobra deste comando de abertura do disjuntor. Essa chave isola os 750V do Cubículo de Bateria (BC). Antes de qualquer intervenção no circuito de alimentação do BC, deverá ser

desconectada uma bateria em cada duas mediante esta chave para retornar os níveis de tensão no trem em níveis não perigosos.

## **2.6 EQUIPAMENTO DO APS NA TPS**

### **2.6.1 Armários do APS**

Os Armários do APS (APSC) estão localizados nas Subestações de Energia de Tração.

No caso de uma TPS totalmente equipada com APS para via única, existe 1 (um) APSC para a configuração T, 2 (dois) APSCs para a configuração TT, e 3 (três) APSCs para a configuração TTT.

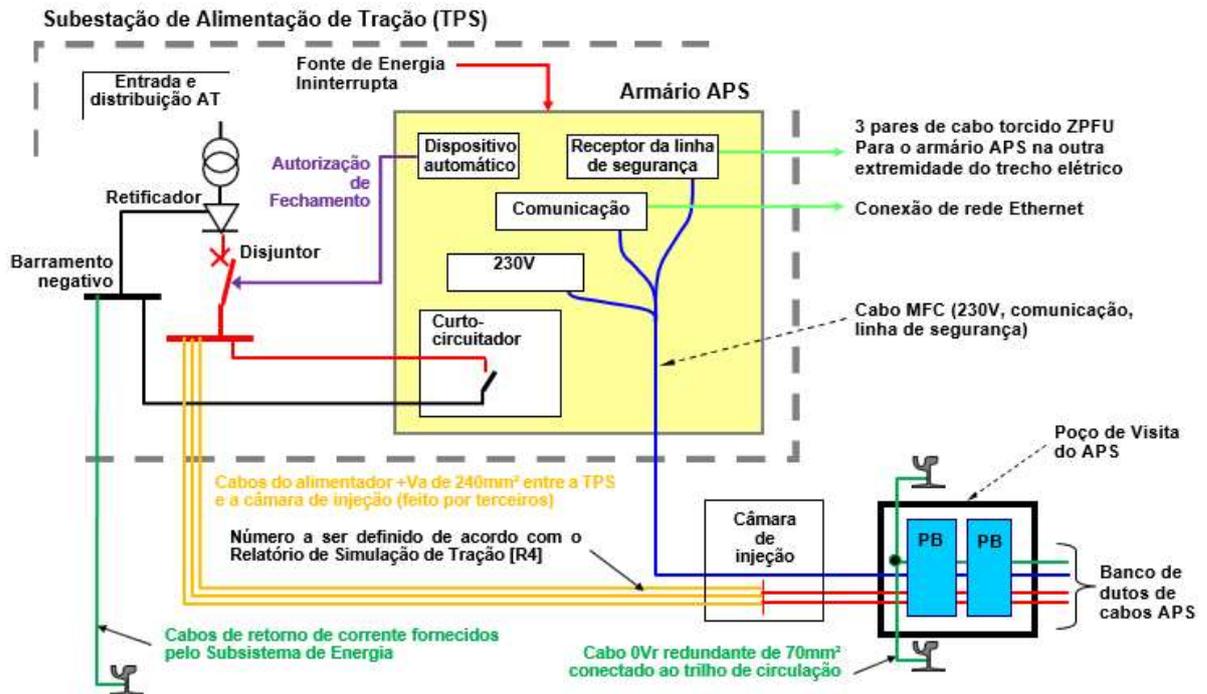
Cada armário de APS contém:

- Um receptor de linha de segurança,
- Um conjunto curto-circuitador,
- Um sistema de gerenciamento do Armário,
- Um sistema de comunicação do Armário, conectado ao CCO através da rede de comunicação dos sistemas de transporte,
- Um sistema de comunicação com as PBs controladas pelo APSC.
- Um sistema de automação local, baseado em um computador de supervisão dedicado, que permitirá o controle total do meio-trecho (incluindo as PBs e o Armário APS), somente para pessoal de manutenção autorizado. Isto é especialmente útil em caso de perda de comunicação entre o CCO e a TPS.

Este armário APS executa as seguintes funções:

- Controle e monitoramento de um Grupo de PBs
- Decodificação segura do sinal da linha de segurança,
- comando de abertura dos disjuntores de linha mediante um comando de Autorização de Fechamento,
- Curto-circuito entre as saídas de +Va e 0Vr,
- A linha de intertravamento de segurança com o armário APS na TPS adjacente, que alimenta o mesmo trecho elétrico do comando de curto-circuito,
- Alimentação da PB em 230V CA,
- Gerenciamento das PBs,
- Gerenciamento das funções de comunicação entre a PB e o CCO.

**Figura 2-19 - Armário APS na TPS e injeção**



Do ponto de vista operacional, a escala de gerenciamento da instalação é o trecho elétrico do APS.

Do ponto de vista de controle e monitoramento, a escala de gerenciamento da instalação é o meio-trecho do APS. Um meio-trecho é definido por todas as PBs em uma via conectadas ao mesmo Armário APS na TPS. Cada meio-trecho gera a informação para autorizar o fechamento do disjuntor para iniciar a alimentação local. Uma autorização de fechamento contínua permite que os disjuntores de proteção sejam fechados.

O curto-circuitador permite assegurar a tensão 0Vr no alimentador +Va quando os disjuntores estão abertos.

Os armários APS no mesmo trecho elétrico (750V) estão ligados entre si para transferir a solicitação de curto-circuito. Estas linhas de intertravamento de segurança também causam a interrupção da autorização de fechamento e, portanto, o disparo do disjuntor associado.

As luzes indicadoras e os botões que permitem o comando do meio-trecho elétrico em modo local estão juntos no painel frontal do armário APS, como mostra a figura abaixo:

**Figura 2-20 - Painel de controle do armário APS**



- Luzes indicadoras:
  - Luz indicadora verde (Sistema em funcionamento)
    - LIGADA: Funcionamento normal
  - Luz indicadora vermelha (Falha do sistema)
    - PISCA: Falha do sistema eliminada, mas não reconhecida
    - LIGADA: Falha do sistema presente
  - Luz indicadora azul (estado seguro restritivo)
    - LIGADA: Estado seguro restritivo - Curto-circuitadores fechados
- Botões de acionamento
  - Botão de ligar
  - Botão de desligar
  - Botão de reconhecimento de falhas.

### **2.6.2 Fonte de Alimentação Ininterrupta**

Uma Fonte de Alimentação Ininterrupta (UPS) é necessária em cada TPS (feita por terceiros) para garantir a autonomia em 230V CA dos Armários APS. O tempo de fornecimento de energia garantido será definido posteriormente.

Isto é especialmente importante no caso de uma perda total de energia na TPS. Nesse caso, a energia de tração será fornecida pelas TPS adjacentes, mas o monitoramento seguro das PBs permanece obrigatório e, como tal, não deve ser interrompido.

Esta UPS pode ser combinada com outra UPS (Subsistema de energia, por exemplo) para reduzir o espaço ocupado na TPS.

## **2.7 SISTEMA DE CONTROLE CENTRALIZADO DO APS**

O sistema APS inclui um sistema de supervisão de manutenção denominado CAMS (Sistema de Manutenção Assistida por Computador). O objetivo do CAMS é facilitar a manutenção do sistema APS.

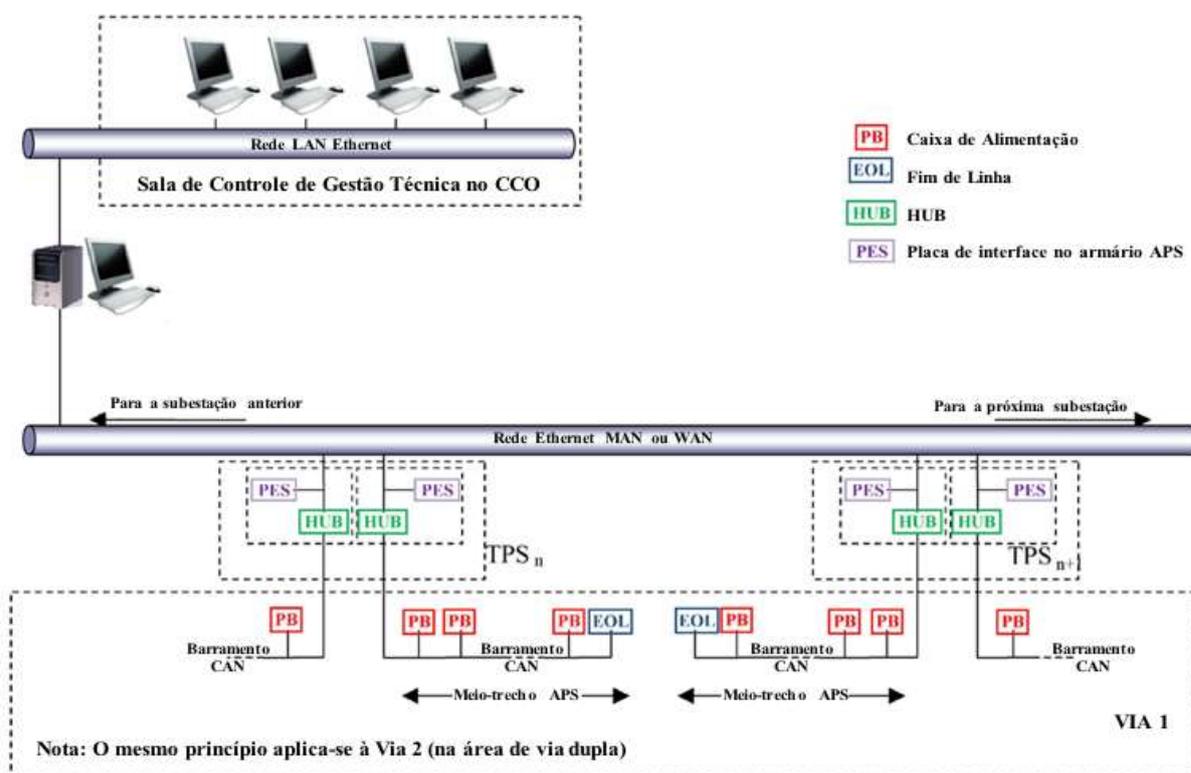
Ele grava continuamente os dados de estado das caixas PB, EOL e dos armários APS na TPS.

Esses dados ficam imediatamente acessíveis para a análise do CAMS, para o seu módulo de processamento e para o sistema de Base de Dados Técnica Centralizada no CCO.

Os controles de inibição e isolamento podem ser enviados pelo CAMS do APS, mas somente os controles de inibição podem ser enviados a partir do Banco de Dados Técnico Centralizado (CCO) através do CAMS.

Cada armário APS da TPS é dotado de equipamentos de verificação e supervisão, que devem ser conectados à rede de telecomunicações do sistema de transporte para comunicação com o sistema de manutenção CAMS do APS.

**Figura 2-21 - Arquitetura do CAMS**



## 2.8 DESCRIÇÃO FUNCIONAL DO APS

### 2.8.1 Operação Padrão

As figuras abaixo mostram a operação do sistema com o veículo em movimento.

As sapatas coletoras dianteiras e traseiras são identificadas apenas em relação ao sentido de circulação (mesmo princípio para o movimento do veículo da direita para a esquerda).

Quando o trem está parado, os segmentos isolados adjacentes até os segmentos condutores energizados não são acessíveis ao público. Ao mover-se, na parte traseira do veículo, a extremidade do último segmento condutor energizado permanece coberta pela parte traseira do veículo. O segmento isolado após este segmento condutor pode ser descoberto pelo veículo.

Para garantir que um segmento condutor não permaneça energizado uma vez que a última sapata coletora saia do laço de detecção associado, a supervisão segura dentro da PB e na TPS controla o fornecimento de energia (removendo a tensão e conectando a 0Vr) de todo o trecho elétrico entre duas TPS's.

A verificação a prova de falhas na ligação a 0Vr com o segmento na PB, significa que este estado seguro do segmento é efetivado antes que o segmento potencialmente energizado fique descoberto na parte traseira do veículo, incluindo uma margem de tempo. Por este motivo, o veículo deve respeitar a velocidade máxima autorizada.

Figura 2-22 - Ciclo de Funcionamento

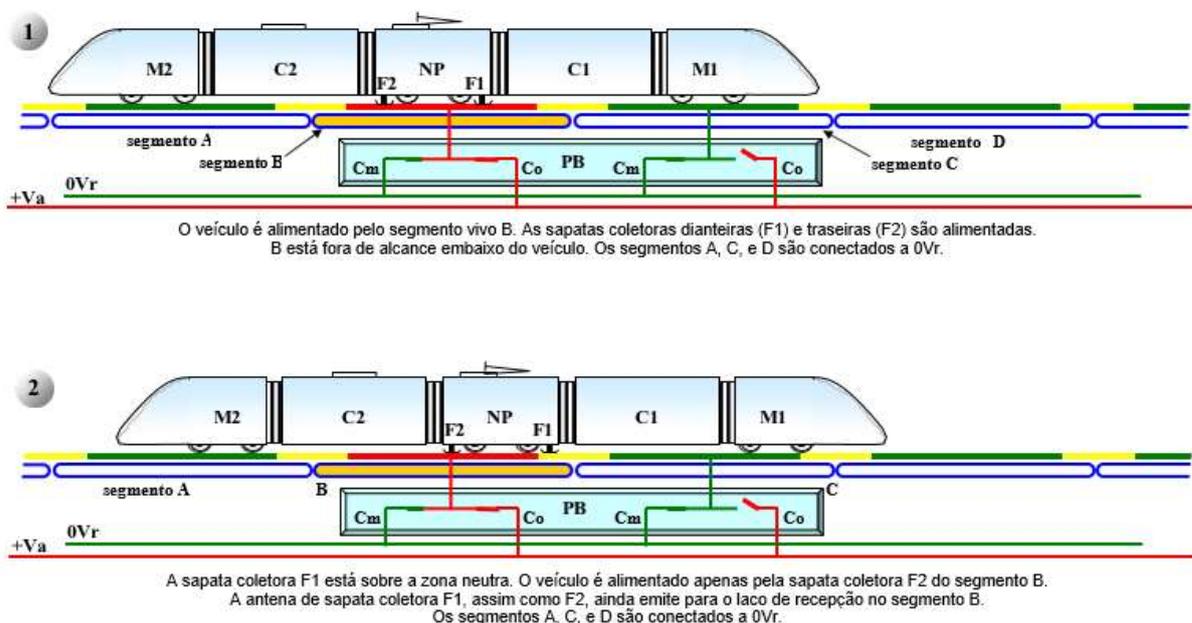
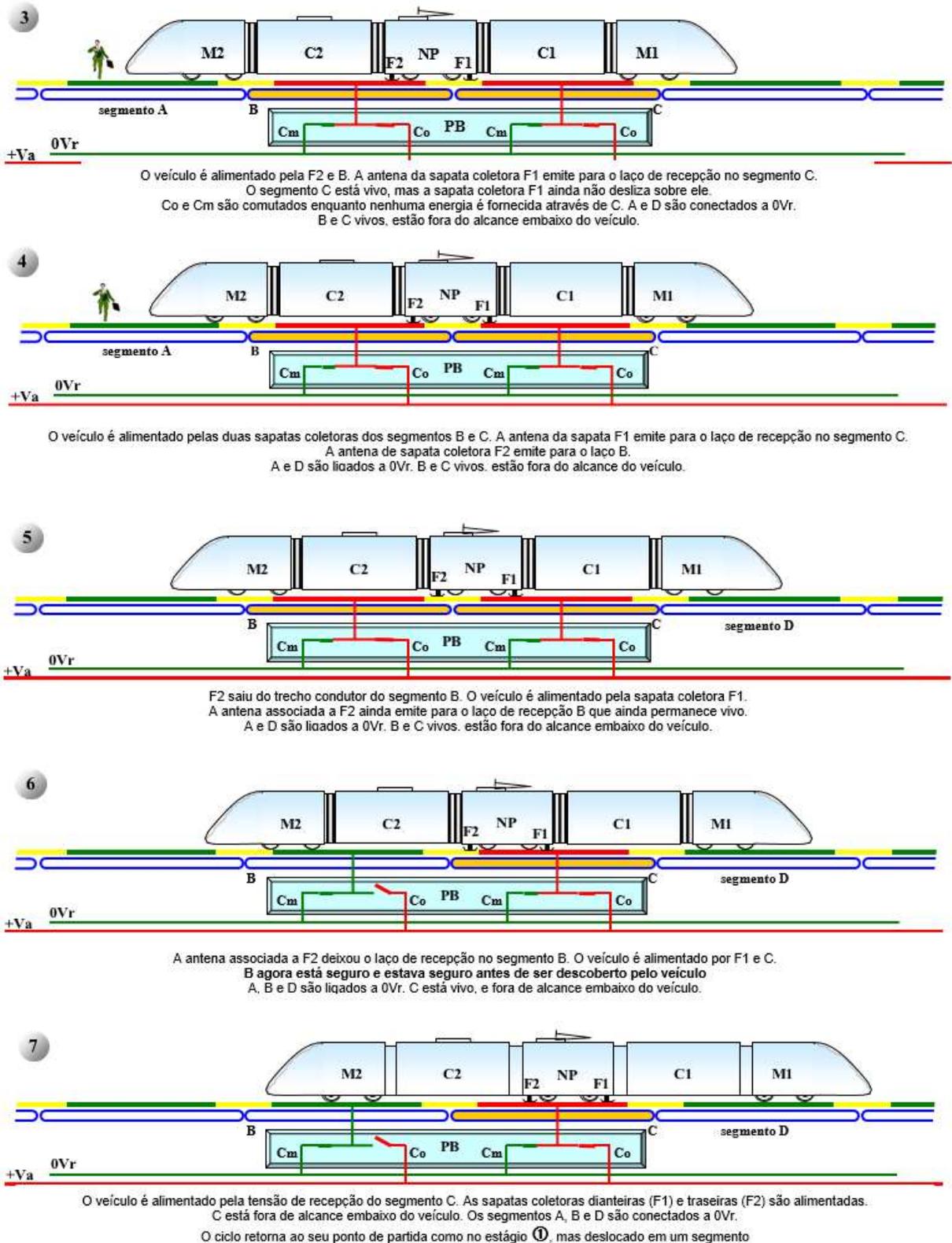


Figura 2-23 - Ciclo de Funcionamento (continuação)



Nota: A operação do veículo acoplado segue os mesmos princípios da unidade única.

A tabela abaixo mostra os diferentes estados do sistema durante a circulação, em uma sequência completa no segmento APS.

	Segmento A				Segmento B				Segmento C				Segmento D			
	Proteção pelo veículo	Deteção do veículo	Sapata coletora traseira	Sapata coletora dianteira	Proteção pelo veículo	Deteção do veículo	Sapata coletora traseira	Sapata coletora dianteira	Proteção pelo veículo	Deteção do veículo	Sapata coletora traseira	Sapata coletora dianteira	Proteção pelo veículo	Deteção do veículo	Sapata coletora traseira	Sapata coletora dianteira
Estágio 1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 1 B	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 2 B	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 3 B	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
etc.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Segmento energizado     
 Segmento em 0Vr  
 Indica o estado do referido segmento nesse estágio

### 2.8.1.1 Sinal de Presença do Veículo

O veículo indica sua presença emitindo um sinal codificado para o equipamento de APS no solo.

Esta presença é detectada continuamente pelos trilhos do APS enquanto o segmento é totalmente coberto pelo veículo. Qualquer perda deste sinal significa que o segmento não deve ser energizado, ou deve ser desligado imediatamente se já estiver vivo.

### **2.8.1.2 Energização de um Segmento**

O comando dos contatores Co na PB é feito quando o sinal de presença do veículo é decodificado e identificado com segurança.

Este sinal, coletado pelo laço de recepção do APS no solo, é analisado de forma segura por um sistema eletrônico localizado na PB, a fim de preparar a informação de “presença de veículo”.

Esta informação aciona o fechamento do contator de energia (Co). O tempo de resposta desta função é menor do que o tempo que a sapata coletora leva para passar da zona neutra no topo do laço de recepção e alcançar o segmento condutor.

Os requisitos que antecedem a isto são:

- contator de energia de um segmento não deve receber um comando sem a presença efetiva de um veículo nesse segmento.
- Para evitar danos no contator, o chaveamento é feito somente sem carga/corrente.

### **2.8.1.3 Desativação de um Segmento**

Quando a antena associada com a sapata coletora deixa o laço de recepção associado com um segmento, o sistema de detecção na PB deixa de receber o sinal de presença do veículo. O Co é desligado apenas quando a sapata coletora estiver na zona neutra, protegendo-o assim contra o funcionamento sob carga.

Uma vez que o contator Co é aberto, o segmento energizado retorna ao 0Vr fechando o contator Cm e a chave estática por IGBT associada.

O retorno ao 0Vr é verificado à prova de falhas através da Linha de Segurança. O termo à prova de falhas está definido nas normas EN50126 e EN50129.

Nota: Isto é o mesmo para falha de transmissão veículo/solo ou falha do sistema de aterramento do APS: o projeto de segurança do sistema garante assim que a alimentação seja removida do comando do contator.

### **2.8.1.4 Áreas com Configuração Específica**

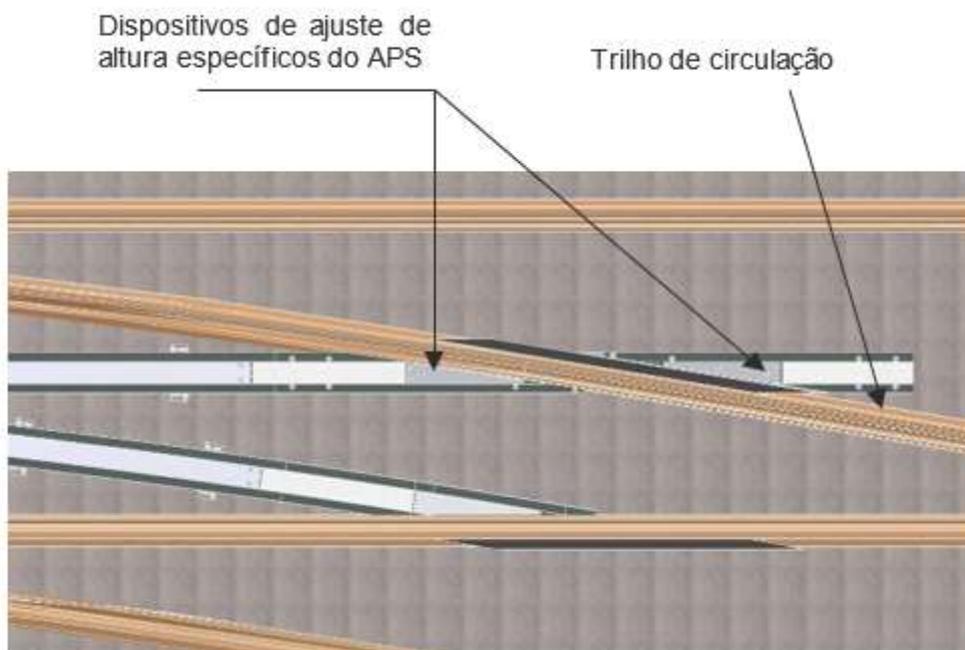
O sistema é totalmente compatível com a operação normal (sem restrição de velocidade relacionada ao equipamento APS) em áreas específicas, como cruzamento de vias em diamante, desvios ou segmentos isolados.

#### **Continuidade mecânica**

O sistema APS garante a continuidade mecânica da faixa de contato, mesmo no cruzamento de áreas especiais (desvios, cruzamentos de diamante, etc.). Na realidade, em um cruzamento, o trilho APS é interrompido o mais próximo possível do trilho de circulação para garantir a maior guia mecânica possível das sapatas coletoras ao longo do alinhamento.

Além disso, um dispositivo de ajuste específico da altura do trilho APS no cruzamento permite tomar em consideração o desgaste do trilho de circulação (o ajuste será definido no plano de manutenção do APS).

**Figura 2-24 - APS em desvio/cruzamento do trilho de circulação**



### **Continuidade elétrica**

Em locais onde o trilho APS ou os eletrodutos entre vias são interrompidos por equipamentos de via, os cabos e alimentadores são encaminhados para dentro dos eletrodutos. Isto permite garantir a continuidade elétrica em todos os locais.

Na medida do possível, as áreas específicas devem ser adaptadas para permitir a implantação de uma zona neutra entre segmentos condutores com pelo menos uma sapata coletora sendo alimentada. Se essas áreas forem maiores que a distância entre as sapatas coletoras, elas serão atravessadas por inércia.

Se o veículo parar em uma área sem energia (áreas específicas ou segmentos isolados), a bateria de autonomia integrada permitirá ao veículo reiniciar e passar por essa área.

#### **2.8.1.5 Posição da Sapata Coletora**

As sapatas coletoras têm duas posições:

- **Ativa** na posição BAIXA
- **Inativa** na posição ALTA

Os comandos de levantar ou abaixar as sapatas coletoras são feitos através de botões de pressão nos modos APS e OCS, localizados na cabine do maquinista.

A Posição Alta é monitorizada por um sensor.

As luzes indicadoras de posição estão localizadas no console do maquinista.

#### **2.8.1.6 Mudança do Modo de Alimentação**

O sistema do VLT está equipado com dispositivos que permitem a operação com APS ou OCS.

O seletor de fonte no MSC permite alternar entre as diferentes fontes de energia (OCS, APS, bateria de autonomia de bordo).

Esse seletor de fonte é controlado pelos botões de modo APS, OCS e bateria, todos localizados na cabine do maquinista.

Os estados da seleção da fonte de alimentação podem ser verificados na cabine do maquinista. As trocas entre APS e OCS devem ser realizadas com o veículo totalmente parado e nas áreas de troca dedicadas.

Nas áreas de troca, a infraestrutura de alimentação do OCS e APS estão superpostas. Um intertravamento impede o fechamento simultâneo das chaves do APS e OCS.

O maquinista é responsável por verificar se a mudança foi realizada de forma adequada e completa antes da partida.

Um sistema que verifica se o modo de alimentação esperado está ativado, impede a partida do veículo se a comutação de modo não estiver totalmente concluída. Este sistema é feito por terceiros.

### **OCS -> Sequência de comutação da Fonte de Alimentação Estática**

O maquinista ao pressionar o botão luminoso “modo APS” ativa a seguinte sequência automática:

- Abaixa as sapatas coletoras na posição Ativa,
- Posiciona o seletor de corrente na fonte do APS,
- Inicia a emissão de sinal codificado APS para a infraestrutura no solo,
- Abaixa e trava o pantógrafo (a posição baixa é detectada no guincho do pantógrafo e enviada ao MSC).

### **Fonte de Alimentação Estática -> Sequência de comutação do OCS**

O maquinista ao pressionar o botão luminoso “modo OCS” ativa a seguinte sequência automática:

- Levanta o pantógrafo na posição Ativa,
- Posiciona o seletor de corrente na fonte do OCS,
- Detém a emissão de sinal codificado APS para a infraestrutura no solo,
- A elevação das sapatas coletoras e a verificação da posição ALTA são adquiridas por meio de sensor.

### **Mudança para a sequência de autonomia de bordo**

A bateria integrada fornece alimentação apenas por um tempo limitado:

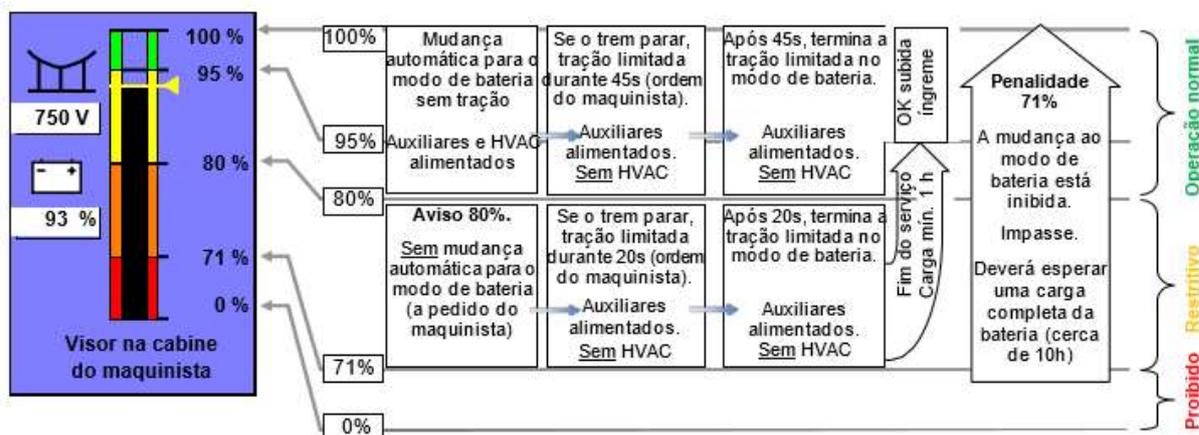
- Auxiliares do veículo (Eletrônica, rádio, sinalização, iluminação, freio magnético).
- Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (HVAC).
- Tração em curta distância (ex.: PB com defeito, cruzamento de diamante, etc.)
- Tração em circunstâncias excepcionais em longas distâncias ou em uma subida curta e íngreme.

A capacidade da bateria é dimensionada para permitir a passagem por áreas não energizadas do traçado da via, bem como por diversas áreas com falha (PBs isoladas, TPS com defeito, etc.), cujas ocorrências são definidas por meio de uma análise RAMS.

### 2.8.1.7 Indicador de Capacidade da Bateria

O indicador de bateria exibe a quantidade de energia disponível na bateria por meio de um gráfico de barras de 0 a 100% usando códigos de cores verde, amarelo, laranja e vermelho. O objetivo é não cair no amarelo. O uso recomendado é o seguinte:

Figura 2-25 - Níveis de carga da bateria e modos associados



### Chegar ou passar por uma área sem energia elétrica sem parar

Este modo de operação ocorre, por exemplo, em segmentos de APS com falha, zona neutra maior que 3 metros, etc.

As seguintes ações são iniciadas automaticamente assim que a perda de alimentação é detectada:

- MSC envia um comando ao equipamento de tração para inibir a tração (resposta imediata do veículo para evitar a tração pela bateria) e monitora a tensão da pré-carga do filtro.
- Enquanto a tensão de pré-carga do filtro (ver Figura 12) estiver acima de um limite predefinido, os auxiliares são alimentados por esta pré-carga do filtro.
- Se a tensão de pré-carga do filtro cair abaixo do limite predefinido, os auxiliares são alimentados pelas baterias de bordo.
- A tração é inibida e a luz indicadora da bateria no painel do maquinista pisca.
- trem circula por inércia com os auxiliares alimentados.
- Assim que a tensão das sapatas coletoras retorna, o Trem muda automaticamente para o modo APS com a remoção do comando de inibição da tração.

### Parada e partida em uma área sem energia

Este modo de operação ocorre excepcionalmente em longas distâncias sem energia.

Nesse caso, as seguintes ações são iniciadas automaticamente quando é detectada a perda de alimentação:

- MSC envia um comando ao equipamento de tração para inibir a tração (resposta imediata do veículo para evitar a tração pela bateria) e monitora a tensão da pré-carga do filtro.

- Enquanto a tensão de pré-carga do filtro (ver Figura 12) estiver acima de um limite predefinido, os auxiliares e o HVAC são alimentados por esta pré-carga do filtro.
- Se a tensão de pré-carga do filtro cair abaixo do limite predefinido, os auxiliares e o HVAC são alimentados pelas baterias de bordo.
- A tração é inibida e a luz indicadora da bateria no painel do maquinista pisca.
- trem circula por inércia com os auxiliares alimentados, até que toda a energia cinética se dissipa. O trem, portanto, fica parado em área sem energia.
- maquinista solicita tração das baterias mediante o botão de pressão do modo de bateria APS.
- HVAC é desligado e a tração é limitada a 150A. A luz da bateria no painel do maquinista já não pisca e permanece ligada.
- A tração das baterias é permitida durante 45s ou 20s, segundo o nível de carga da bateria.
- Além desse tempo, a tração é inibida e apenas os auxiliares são alimentados por baterias de bordo.
- maquinista pode pressionar novamente o botão do modo de bateria APS para retomar a tração das baterias.
- Assim que a tensão das sapatas coletoras retorna, o Trem muda automaticamente para o modo APS com a remoção do comando de inibição da tração.

Nota: Este modo de operação (tração pelas baterias) não é automático, por projeto. Uma ação do maquinista é sempre necessária, graças ao botão dedicado no painel do maquinista, para evitar o uso repetitivo e desnecessário da bateria.

Se um trem fica parado numa descida, sem tensão nas sapatas coletoras e com carga de bateria insuficiente para tração, os freios podem ser desbloqueados manualmente para permitir a descida do trem.

### **2.8.1.8 Controle e Monitoramento pelo Sistema Centralizado (CAMS) e CCO**

#### **Controle remoto dos equipamentos APS no solo**

O CAMS e sua interface de manutenção permitem:

- Aquisição de informações do APS sobre equipamentos de PBs, EOLs, armários APS.
- Emissão de comandos para os equipamentos do APS.
- Processamento por filtragem ou combinação das informações adquiridas.
- Supervisão dos estados das caixas de alimentação e controle do isolamento preventivo para aumentar a disponibilidade geral do sistema.
- Registro de informações do APS para permitir a análise posterior.
- Exibição ergonômica em tempo real ou cronologia dos estados do APS.
- Interface com o sistema de Banco de Dados Técnicos Centralizado no CCO.

A equipe de manutenção, através da mesma rede, terá acesso a parâmetros especiais de auxílio à manutenção.

É possível isolar uma PB defeituosa desde o sistema de supervisão de manutenção do APS (CAMS), mas não pelo CCO, entretanto é possível inibir uma PB defeituosa desde o CAMS ou do CCO:

- isolamento é definitivo. Ele aciona a chave de isolamento (IS) que conecta os segmentos ao 0Vr. A PB continua verificando de forma segura a conexão dos segmentos ao 0Vr.
- Para retomar a operação, a caixa isolada deve ser retirada do terreno, verificada numa bancada de teste, e recondicionada.
- A inibição é temporária. Uma vez inibida, a PB ignora a detecção do veículo, mas continua monitorando de forma segura a conexão dos segmentos ao 0Vr. Uma inibição da PB pode ser cancelada por um comando remoto.

### **2.8.1.9 Controle e Monitoramento dos Equipamentos a Bordo**

As restrições e requisitos listados nos parágrafos seguintes incluem requisitos de definição do sistema APS, e requisitos de definição do material rodante.

#### **Controle**

Os controles na cabine do maquinista permitem dirigir um veículo em configuração operacional. Como tal, os comandos devem integrar o funcionamento em unidades duplas e em cabinas de condução duplas.

Na cabine do maquinista existem 3 botões de controle dedicados à seleção da fonte de alimentação para evitar erros e minimizar a carga de trabalho do maquinista:

- Botão luminoso de modo OCS
- Botão luminoso de modo APS
- Botão luminoso do modo Baterias

Dependendo do modo selecionado, as luzes na cabine do maquinista indicam o estado de diferentes componentes: sapatas coletoras, pantógrafos, e seleção da fonte.

A tabela abaixo mostra os diferentes estados desses componentes, e as luzes associadas a cada modo:

<b>Modo</b>	<b>Sapatas Coletoras</b>	<b>Pantógrafos</b>	<b>Seleção da Fonte</b>
OCS	ACIMA bloqueadas inativas	ACIMA bloqueados ativos	Pantógrafo LIGADO e bloqueado
APS	ABAIXO bloqueadas ativas	ABAIXO bloqueados inativos	Sapata coletora LIGADA e travada
Bateria	ABAIXO bloqueadas ativas	Qualquer	Bateria LIGADA

#### **Monitoramento**

Qualquer que seja o modo de controle selecionado, os indicadores luminosos são exibidos na cabine do maquinista:

- Luz indicadora da sapata coletora na posição ACIMA,
- Luz indicadora de posição do pantógrafo ACIMA ou ABAIXO,
- Luz indicadora de posição do seletor da fonte de alimentação,
- Luz indicadora de presença de tensão,

- Indicador do nível de carga da bateria.

### **Detecção e sinalização de falhas**

As avarias que representam um risco para o equipamento ou para a segurança são comunicadas na cabina do maquinista, e também registradas no sistema de registro de avarias e de estado do veículo.

### **Trem parado**

O sistema APS permite alimentar os auxiliares de um trem parado através dos equipamentos do APS no solo. O consumo máximo é limitado a 150 A.

## **2.8.2 Funções Relacionadas à Segurança do APS**

### ***2.8.2.1 Isolamento de Uma Caixa de Alimentação***

#### **Descrição do modo de isolamento da PB**

Quando uma PB falha, ela abre a linha de segurança. Para garantir a alimentação LIGADA no resto do trecho, é necessário isolar a PB defeituosa.

Esta operação impede definitivamente que ambos os segmentos correspondentes sejam novamente LIGADOS, desconectando o +Va desde o alimentador e forçando a conexão dos segmentos correspondentes a 0Vr.

Além disso, são realizadas verificações seguras dos estados dos segmentos garantindo a continuidade da linha de segurança, desde que nenhum dano físico tenha comprometido os princípios de segurança da instalação.

Uma vez restabelecida a continuidade da linha de segurança em cada PB incluindo a PB isolada, o trecho elétrico pode ser religado, minimizando o distúrbio de operação e mantendo o nível de segurança do sistema.

Operacionalmente, ambos os segmentos condutores conectados à PB isolada não estão mais habilitados para alimentar um veículo. O trem atravessa a área por inércia ou no modo de bateria.

Uma vez isolada, a PB não pode retomar o serviço até que tenha sido aberta, diagnosticada, armada manualmente com todas as funções de segurança testadas, e depois fechada. Esta operação requer uma bancada de teste dedicada.

#### **Comando de isolamento da caixa de alimentação**

Existem duas formas de isolar uma PB:

- Automática:

Se uma PB falha e corta a linha de segurança, ela muda para um modo de pré-isolamento. Este modo de pré-isolamento conecta a “linha de comando de isolamento em 230V” à bobina de disparo da chave de isolamento.

A “linha de comando de isolamento em 230V” é controlada pelo armário APS, e energizada assim que o estado à prova de falhas estiver ativo (curto-circuitadores fechados). Assim que o APSC enviar este comando de isolamento, todas as PBs em modo de pré-isolamento serão isoladas automaticamente.

- Manual:

Envio de uma solicitação de isolamento pré-definida para uma PB através da linha de comunicação do sistema de supervisão CAMS do APS. A PB é então isolada.

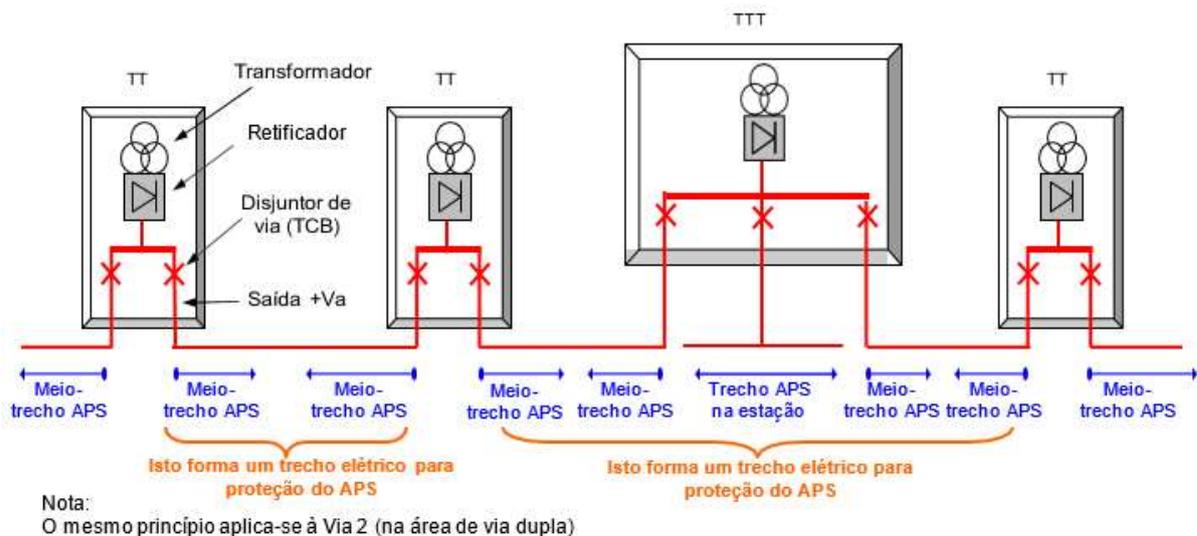
Quando uma ou várias PBs são isoladas (independentemente da forma de isolamento), o trecho elétrico correspondente é colocado no chamado estado seguro restritivo para acionar um comando de isolamento da PB. Este princípio impede, pelo mecanismo de corte (chave de isolamento), qualquer operação em carga. Uma chave de isolamento (IS) quebrada, que permanece em contato após um comando de isolamento, exigiria a interrupção de funcionamento do trecho elétrico correspondente e a substituição imediata dessa PB (tal evento é muito improvável).

### 2.8.2.2 Garantia de Segurança do APS

#### Trecho seguro

Tornar as instalações seguras é feito trecho elétrico por trecho elétrico. Um trecho corresponde, em geral, a uma seção de via entre dois pontos de injeção de corrente desde a TPS.

Figura 2-26 - Trechos e meios-trechos elétricos do APS



Um trecho está em um estado seguro sob a seguinte condição:

Na TPS do trecho, todas as saídas positivas +Va que alimentam o trecho são curto-circuitadas para os respectivos conjuntos de barramentos negativos em 0Vr.

Ao mesmo tempo, é retirada a autorização para fechar o disjuntor de linha (LCB) desde a TPS, para forçar a abertura do disjuntor antes do curto-circuito. No entanto, a abertura do disjuntor de linha não é uma operação à prova de falhas, por isso é necessário o uso de curto-circuitadores.

O curto-circuito é garantido pelos curto-circuitadores localizados nos armários APS da TPS. O estado não energizado corresponde ao estado de segurança (curto-circuitadores fechados).

Uma solicitação de estado restritivo seguro é processada pelo hardware de segurança em cada meio-trecho no receptor da linha de segurança (SLR). Uma solicitação de estado restritivo seguro é informada a todos os armários APS na TPS do mesmo trecho elétrico, para coordenar a segurança em todas as TPS que alimentam esse trecho.

#### Instalação em funcionamento

A instalação está pronta para operação do trem quando o sinal da linha de segurança é recebido pelo receptor da linha de segurança (SLR). O sistema é então colocado na seguinte configuração:

- Saídas +Va e 0Vr não curto-circuitadas pelo curto-circuitador.
- Autorização para fechar os disjuntores dada pelo receptor da linha de segurança.

Os curto-circuitadores são então mantidos em sua posição de funcionamento pelo receptor da linha de segurança do meio-trecho.

A autorização para fechar o disjuntor é fornecida na forma de um contato seco fechado quando o disjuntor de linha é autorizado a fechar.

### **Informação de Falha remota**

O equipamento APS em uma TPS (alimenta meio-trecho) monitora apenas parcialmente o trecho de alimentação elétrica.

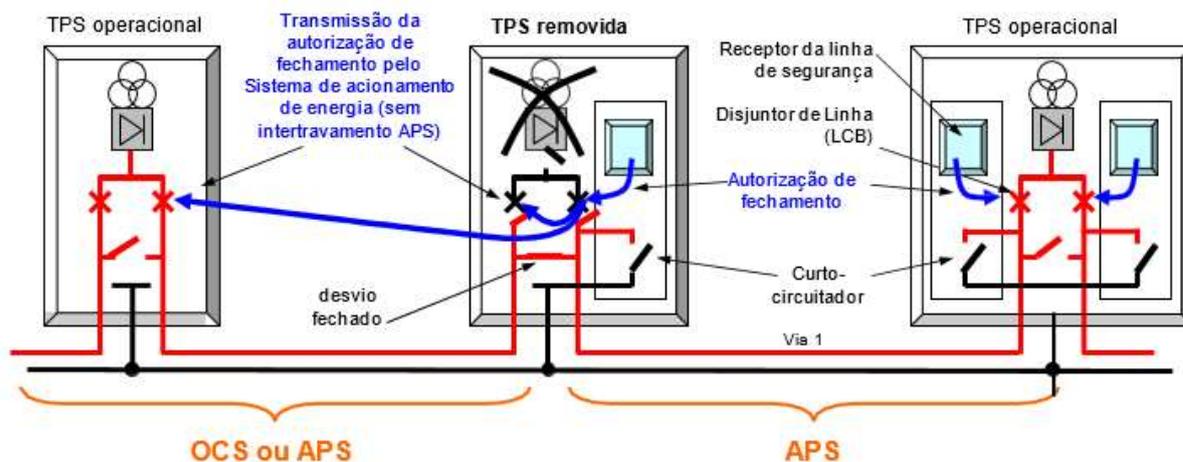
Para garantir a segurança, o fechamento dos curto-circuitadores é efetivo em cada entrada da fonte de alimentação (disjuntor de linha) em um mesmo trecho elétrico dedicado.

Para isso, é feito um sistema de intertravamento através da conexão de todos os receptores da linha de segurança do APS, verificando o mesmo trecho elétrico. Isso garante o fechamento com segurança dos curto-circuitadores em cada entrada de alimentação no circuito elétrico.

O equipamento APS permanece operacional no caso de uma falha da TPS. O trecho com energia deve transmitir autorização de fechamento através da Linha Piloto (feita por terceiros) para o disjuntor de linha na entrada da fonte de alimentação garantindo backup.

Na próxima TPS operacional, o fechamento do desvio (ver figura abaixo) só pode ser autorizado se os dois Disjuntores de Linha (LCB) estiverem abertos.

**Figura 2-27 - Informes de autorização de fechamento em caso de remoção da TPS**



### **Ativação do estado restritivo seguro**

Como lembrete, a Linha de Segurança (SL) é executada do emissor da SL no final do meio-trecho do APS até o Receptor da Linha de Segurança no armário APS na TPS. Qualquer interrupção do circuito de verificação contido na SL faz com que os curto-circuitadores fechem dentro de um determinado tempo máximo.

Quando o estado restritivo seguro da linha é ativado, ocorrem os seguintes comandos e eventos:

- Receptor de Linha de Segurança (SLR) não detecta mais o sinal da linha de segurança,
- SLR corta com segurança o sinal da linha de intertravamento enviado ao SLR de todos os armários APS localizados na TPS que alimentam o mesmo trecho elétrico,
- A sequência logo continua em todos os TPS no mesmo trecho elétrico:
- SLR aciona com segurança um dispositivo temporizador de segurança (atualmente um relé NS1),
- A saída do SLR transmite isto para o Sistema Eletrônico Programável (PES) do armário APS,
- Este temporizador permite que as falhas sejam removidas, para filtrar falhas curtas sem significância
- PES abre o contato seco para autorização de fechamento do Disjuntor de Linha,
- Os Disjuntores de Linha (LCB) abrem e extinguem o arco em cada TPS no referido trecho elétrico.
- dispositivo temporizador de segurança corta a fonte de alimentação das bobinas de manutenção dos curto-circuitadores,
- Os curto-circuitadores em cada TPS no trecho elétrico são então fechados.
- armário APS alimenta o circuito de isolamento em 230V, isolando assim todas as PBs, as quais não transmitem o sinal da linha de segurança.

O fechamento dos curto-circuitadores é temporizado para permitir que os Disjuntores das TPSs adjacentes sejam abertos. Este tempo não deve afetar a segurança do sistema ao estender excessivamente o tempo de resposta do estado restritivo seguro.

### **2.8.2.3 Dispositivo de Verificação, Linha de Segurança**

#### **Lógica de segurança na PB**

Cada caixa de alimentação (PB) e cada segmento possuem dois circuitos de verificação (circuito 1 e circuito 2), que verificam continuamente as seguintes configurações operacionais nominais:

1. segmento está conectado ao circuito de proteção 0Vr,
2. veículo é detectado no circuito de detecção associado ao segmento.
3. Harmonizando a detecção do veículo pelos dois circuitos de verificação na PB para o mesmo segmento.

O trecho elétrico deve ser colocado em estado restritivo seguro quando ambas as condições (1) e (2) não forem atendidas em um segmento.

		Veículo detectado (2)	
		Sim	Não
Segmento 0Vr (1)	Sim	Correto	Correto
	Não	Correto	estado restritivo

O trecho elétrico deverá ser colocado em estado restritivo seguro quando a condição (3) não for atendida.

		Detecção com o circuito 1 no segmento (3)	
		Sim	Não
Detecção com o circuito 2 no segmento (3)	Sim	Correto	estado restritivo
	Não	estado restritivo	Correto

Nestes casos, a PB que gerencia o segmento deixa de transmitir para a linha de segurança.

### **Lógica de segurança da TPS**

Em cada armário APS da TPS, o receptor da linha de segurança verifica continuamente a recepção do sinal esperado do par de fios da linha de segurança.

O receptor da linha de segurança segue a premissa à prova de falhas. Todos os modos de falha ou desvio resultam em um estado restritivo seguro.

Operacionalmente, o receptor garante que qualquer variação no sinal acima dos critérios predefinidos coloque o sistema em um estado restritivo seguro.

Os critérios verificados pelo receptor da linha de segurança são:

- Amplitude do sinal,
- Frequência do sinal,
- Ciclo de trabalho do sinal.

### **Circuito de verificação, linha de segurança**

O circuito de verificação chamado de linha de segurança (SL) é processado com segurança.

Este circuito é formado por um par de fios que transmitem um sinal de onda quadrada emitido pelo emissor da linha de segurança, localizado na caixa de Fim de Linha. O sinal é transmitido e amplificado em cada PB associada a um determinado armário APS, logo recebido pelo Receptor de Linha de Segurança (SLR) no armário APS da TPS.

Uma falha é sinalizada pelo circuito de verificação, ou seja, a ausência ou avaria do sinal na Linha de Segurança, significa que a instalação deve ser colocada no estado restritivo seguro.

### **Aparição e manejo de falhas da linha de segurança**

Uma detecção de falha é traduzida em uma solicitação (em segurança) de estado seguro restritivo à TPS. Isto desliga a energia do trecho afetado da linha.

Se foi detectada uma falha em um segmento e ainda permanece na área ocupada pelo veículo, o tempo para estabelecer o estado restritivo seguro é menor que o tempo necessário para que o veículo se afaste do segmento condutor. Este tempo é determinado com a velocidade máxima de circulação dos veículos que circulam na linha.

Além disso, cada falha detectada é enviada ao MSC pelo circuito de comunicação.

A detecção de uma falha que cause o estado restritivo seguro fica registrada, e o fechamento dos disjuntores correspondentes fica proibido. Se a falha persistir, aplica-se um procedimento de isolamento da PB correspondente.

A tensão retorna automaticamente à instalação assim que a falha é removida após o procedimento de isolamento da PB.

Uma vez realizada esta sequência, se aparece novamente uma falha durante o período de teste, o trecho do APS é bloqueado. Ele só pode ser religado após a intervenção de uma pessoa autorizada.

Estado do armário APS	Descrição	Condições de entrada e saída
Parada	Nesta condição, nenhum equipamento recebe tensão, ficando inativos.	A entrada e a saída neste estado são possíveis por ação manual.
Partida	As PBs são energizadas. O circuito de controle da Linha de Segurança ainda não está ativo.	A entrada é por comando de partida do operador. A saída é automática após o rearme do circuito de controle da linha de segurança.
Circulação em teste	O circuito de controle é fechado novamente, e os curto-circuitadores são abertos. É dada autorização de fechamento aos Disjuntores	A entrada é pelo fechamento do circuito de controle, o que significa que não há falha. A saída é após 30 segundos sem falha.
Tensão de recepção	Os Disjuntores são fechados	Este é um estado intermediário para um estado de teste de circulação.
Armado	É autorizado o processamento de uma falha.	O estado de teste de circulação passou sem falha.
Falha detectada	Uma falha foi detectada, o circuito de controle é aberto. É retirada a autorização de fechamento dos Disjuntores	A entrada neste estado é feita pela interrupção do circuito de controle da Linha de Segurança. A saída é automática após o rearme da autorização de fechamento dos Disjuntores.

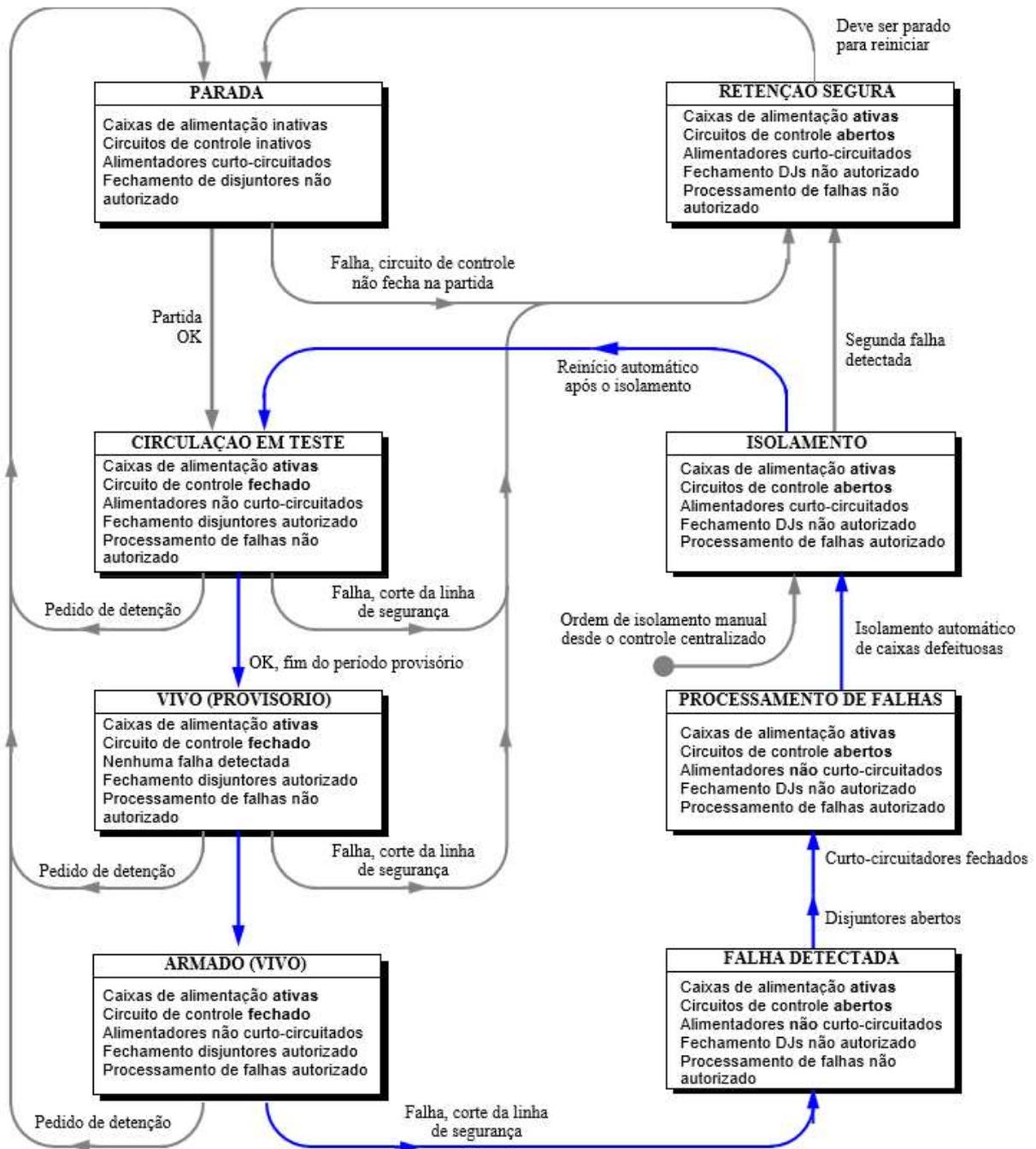
Estado restritivo seguro e Processamento de falhas	Os alimentadores +Va são curto-circuitados, e conectados à tensão do trilho.	
Isolamento	Emissão do comando de isolamento da PB.	O sistema retorna ao estado de segurança no final da sequência de isolamento.
Retenção segura	Somente com intervenção do operador se pode sair deste estado.	A entrada para este estado ocorre pela interrupção do circuito de controle da Linha de Segurança, durante o teste de circulação, ou se o circuito de controle permanece aberto após uma tentativa de isolamento.

É possível parar o sistema manualmente independentemente de seu estado, exceto em caso de “falha detectada”, “processamento de falha” ou “isolamento”.

O comando de fechamento dos Disjuntores vizinhos pode ser feito manualmente pelo operador ou automaticamente quando a autorização de fechamento dos Disjuntores é habilitada. Isso depende do esquema de seccionamento de energia.

O fluxograma a seguir mostra os diferentes estados do sistema, associado ao princípio apresentado.

**Figura 2-28 - Fluxograma de reinício após falha no circuito de controle**



#### 2.8.2.4 Acionamento por Curto-Circuito

Assim como no sistema de alimentação OCS, um curto-circuito é detectado por  $I_{max}$  ou dispositivos de detecção remota de falhas associados ao Disjuntor de Linha no trecho de alimentação da TPS. A detecção faz com que os Disjuntores de Linha que alimentam o trecho elétrico se abram.

Os Disjuntores de Linha devem ser dotados de dispositivo de detecção remota de falhas para detectar qualquer curto-circuito com os alimentadores, ou quando fecha um curto-circuitador remoto da TPS.

Nota importante: o acionamento dos Disjuntores de Linha é uma parte importante da definição do sistema APS. No entanto, o desempenho da detecção de curtos-circuitos não faz parte do sistema APS, e deve ser tratado ao definir a arquitetura de suprimento de energia de tração do próprio sistema de transporte.

Foram considerados vários casos de curto-circuito, cujas respostas são dadas a seguir:

- Curto-circuito dentro da caixa de alimentação do APS:

Quando ocorre um curto-circuito entre um circuito 0Vr e um circuito +Va na PB, o curto-circuito é enviado para a TPS através do trilho de circulação e através do cabo 0Vr conectado à PB.

A detecção e remoção de curtos-circuitos é feita por equipamentos convencionais fora do sistema APS. Para uma Detecção de Falha distante (DFD), a proteção às vezes pode ser acelerada fazendo com que o sistema APS acione o estado restritivo seguro com uma falha na PB.

Este cabo 0Vr é dimensionado para que:

- A tensão resultante na PB fique abaixo do valor máximo autorizado pela norma EN50122-1 (1997) parágrafo 7.3.1 tabela 4,
- A temperatura do cabo permaneça dentro da faixa definida pelo fabricante durante os curtos-circuitos.
- Curto-circuito na plataforma pelo OCS caindo em um segmento conectado ao 0Vr:

A possibilidade disso existe em áreas de zona de transição entre OCS e APS. Como o segmento APS está em 0Vr através do Contator Cm e IGBT, o fusível comum aos dois segmentos da PB dispara. Os dois segmentos permanecem sob tensão a partir do OCS.

O segmento não está mais em 0Vr, portanto o APS aciona o estado restritivo seguro. A PB fica isolada porque tem uma falha permanente. Os dois segmentos da PB são então colocados em 0Vr pela chave de isolamento que cria um curto-circuito repentino.

Normalmente, o curto-circuito acionaria o Disjuntor de Linha associado ao OCS. Se isso não acontecer, os dois segmentos da PB permanecem com a tensão do OCS. Como não há indicação no solo da associação entre segmentos através de uma PB, todo segmento contíguo que toca o OCS deve ser considerado como recebendo tensão. Ou seja, além de 8+3+8 m do ponto de contato, em ambas as direções.

- Curto-circuito na plataforma pelo OCS caindo em um segmento da PB isolado:

Este caso é o mesmo que o caso acima a partir do isolamento da PB.

Normalmente, o curto-circuito acionaria o Disjuntor de Linha associado ao OCS. Se isso não acontecer, os dois segmentos da PB permanecem com a tensão do OCS. Não havendo indicação para o solo da associação entre segmentos através de uma PB, todo segmento contíguo que toca o OCS deve ser considerado como recebendo tensão. Ou seja, além de 8+3+8 m do ponto de contato, em ambas as direções.

- Curto-circuito entre um segmento recebendo tensão e a carroçaria do trem:

isso pode ser possível por objetos de metal na via. Esses curtos-circuitos acontecem embaixo do trem, e não afetam a segurança.

A ocorrência de curtos-circuitos é reduzida pela proteção de material isolante embaixo do trem, colocado em áreas localizadas acima do segmento que recebe tensão.

#### **2.8.2.5 Teste de Linhas do APS**

A energização dos alimentadores +Va deve ser feita após a verificação de que nenhum alimentador esteja conectado a um segmento condutor através de uma PB defeituosa.

Esta verificação permite manejar o caso de uma falha dupla:

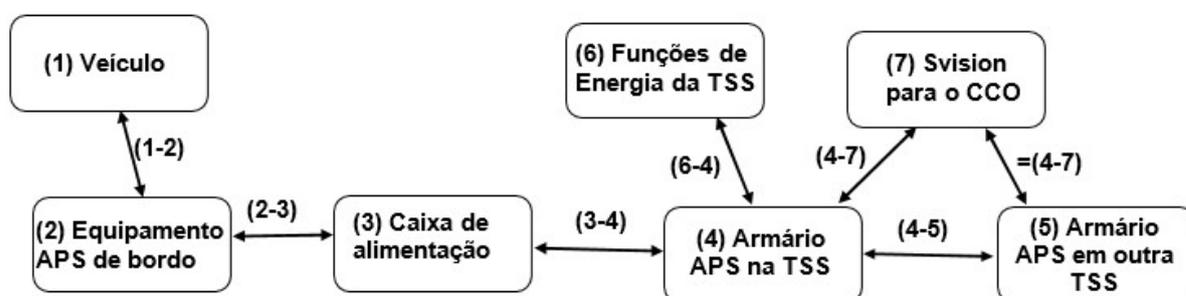
- Contator principal permanece fechado,
- Falha no circuito de controle de estado do segmento condutor.

Nesse caso, a segurança do sistema APS provoca um curto-circuito no trecho elétrico em um tempo inferior a 200ms. O teste de linha antes do fechamento do LCB evita qualquer energização eventual não intencional.

Quando o teste é positivo, o sistema APS dá a autorização de fechamento do LCB. Quando o teste é negativo, o sistema APS não autoriza o fechamento do LCB até a intervenção da manutenção.

### 2.8.3 Modos Degradados

O contexto simplificado do ambiente APS é indicado a seguir:



Os modos de operação normal e degradado são descritos abaixo:

Descrição dos cenários de operação do APS	Modo de operação APS	Modo de operação do sistema de transporte
Sem falha: Todos os armários APS da TPS e todas as PBs estão funcionando	NORMAL	NORMAL
(6) Falha de alimentação 750V da TPS, e TPS removida: O APS funciona normalmente, ver parágrafo 4.3.3		
3) A PB foi isolada ou inibida, mas ainda pode transmitir a Linha de segurança. O trecho sem energia é cruzado em inércia, com os auxiliares RST alimentados pela bateria do APS. Para limitar o uso da bateria, é permitido um número limitado de PBs defeituosas na linha. 1 PB inativa na linha por km de via única, e 1 PB inativa na zona de parada (estação, cruzamento) por 10 km de via única.	DEGRADADO	NORMAL
(3-4) ou (4-7) falhas de comunicação: A PB continua alimentando os segmentos.		

Descrição dos cenários de operação do APS	Modo de operação APS	Modo de operação do sistema de transporte
(1) e (1-2) falhas de alimentação 24V e de comando no veículo impedindo o funcionamento do equipamento APS de bordo 2) Qualquer avaria demorada a bordo leva à retirada do veículo: Fim do período: falha no nível da bateria Empurrar-rebocar com veículo rodoferroviário ou outro trem: falha de sapatas coletoras, MSC, emissor, contator	ALTAMENTE DEGRADADO	DEGRADADO (rebocar/empurrar ou serviço temporário)
(3) PB defeituosa não transmitindo a linha de segurança: trecho elétrico sem energia entre 2 TPSs com defeito.		
(3-4) Falha na linha de segurança: trecho elétrico sem energia entre 2 TPS isoladas.		
(4-5) Falhas de intertravamento da linha de segurança: trecho elétrico entre 2 TPS.		
(6-4) Falha na fonte de alimentação 230V CA do APS: trecho elétrico sem energia entre 2 TPS.		
(4) Falha do armário APS da TPS (Receptor da linha de segurança, curto-circuitador, dispositivo automatizado, fonte de alimentação): trecho elétrico sem energia entre 2 TPS.		

### 2.8.3.1 Modos Degradados por Falha de PB

O número de PBs isoladas por quilômetro de linha afeta a vida útil da bateria, os contadores do cubículo MSC, e a qualidade da operação. Na realidade, isso multiplica as situações em que o maquinista não tem energia de aceleração total.

As recomendações para a troca antecipada da PB isolada incluem três parâmetros:

- número de PBs isoladas por quilômetro de via única (1 PB por 1 km)
- A localização dessas PBs isoladas em relação à condução do veículo (zona de aceleração onde a bateria seria mais necessária).
- número de PBs isoladas contíguas.

A troca da PB isolada pode ser feita à noite, durante o Horário de Engenharia (quando a energia é desligada) entre o fim da operação e o início do próximo período de operação. Isto afeta a seguinte PB:

- PB localizada em subida íngreme (de acordo com o perfil da linha),
- PB localizada em uma zona de aceleração, como uma partida de estação ou em um cruzamento crítico,
- PB localizada em uma estação (geralmente uma única PB),
- PB isolada contígua.

### **2.8.3.2 Modo Degradado por Falha Permanente do APS**

Algumas falhas impedem alimentar novamente um trecho elétrico entre 2 TPS. Por exemplo, falha grave do armário APS ou PB danificada que não seria resolvido com o isolamento da PB.

Neste caso de falha, o sistema fica fora de serviço até a intervenção de manutenção.

#### **Intervenção de manutenção:**

- Em caso de falha em um armário APS na TPS, os alarmes são exibidos no CAMS.
- Em caso de falha da PB que já não transmita o sinal da linha de segurança, mesmo após comando de isolamento, a PB deverá ser substituída no local. A PB defeituosa é identificada através do CAMS. Como de costume, o trecho elétrico deverá ser protegido desde a subestação, mediante procedimentos normais de bloqueio, antes que a PB seja desconectada e substituída.

#### **Intervenção da operação:**

As ações a serem realizadas pelo Operador serão definidas caso a caso, levando em consideração as particularidades da linha (subida íngreme, cruzamento crítico, longa distância entre estações, procedimentos do Operador, etc.):

Excepcionalmente, para distâncias curtas entre estações, os trens podem atravessar trechos defeituosos usando bateria, sem o HVAC.

A recomendação é conduzir o trem até a estação mais próxima em modo de bateria (se a distância e a subida não forem muito longas/inclinadas) e aguardar o religamento da linha antes de sair daquela estação.

O diagnóstico de manutenção deve ser fornecido rapidamente para configurar um serviço temporário, se necessário.

### **2.8.3.3 Modo Degradado por Falha da TPS**

Se uma TPS falhar, a TPS vizinha assume o suprimento de energia de tração.

As consequências no sistema APS são as seguintes:

- sistema APS deverá aceitar este modo de operação durante duas horas, em horário de pico (CEI 146 - Classe de serviço VI). Os cabos e outros componentes elétricos devem permanecer dentro dos limites térmicos admissíveis.
- Se o barramento e o LCB da TPS estiverem ativos: O APS mantém o controle no LCB e o sistema funciona normalmente,
- Se a TPS for completamente removida e se a continuidade dos cabos do APS e OCS for feita via chave de isolamento: A abertura remota do Disjuntor de Linha do APS, exigida pelo sistema APS, é fornecida por outros.

### **2.8.3.4 Modo Degradado por Falha a Bordo do Veículo**

Uma falha que pode afetar parcial ou totalmente a motorização do veículo é exibida a bordo, na cabine do maquinista.

Em caso de avaria a bordo, e se não for possível recuperar rapidamente uma situação normal de funcionamento, o Operador deverá organizar o reboque do trem avariado, sem passageiros, em todo o trecho afetado do APS. Se outro trem empurrar ou rebocar, este pode ser alimentado pelo sistema APS.

Antes de rebocar/empurrar um trem, o maquinista deve sair do modo APS para o modo Isolado. Quando este modo for ativado, o pantógrafo é abaixado, as sapatas coletoras levantadas para a posição Inativa, o emissor que aciona a alimentação dos segmentos condutores embaixo do trem é inibido.

Se o atuador da sapata coletora estiver com defeito, isto impede o resgate do veículo. Um dispositivo de elevação manual está disponível dentro do trem para levantar a sapata manualmente e iniciar o resgate do trem.

#### **2.8.3.5 Falha de Telecomunicações**

As telecomunicações entre a PB e a TPS não são informações relacionadas à segurança. Uma falha de telecomunicação PB-TPS é informada ao CCO via CAMS.

As telecomunicações entre os equipamentos de via (armário APS, PB) e o sistema CAMS do APS não são informações relacionadas à segurança. Uma falha de telecomunicações entre o equipamento de via e o CAMS é exibida no CAMS do APS.

Em qualquer caso, o nível de segurança do sistema não é degradado. A PB continua a alimentar os segmentos e o isolamento automático da PB continua normalmente quando necessário. Os informes de estados da PB e os comandos remotos da PB não estarão disponíveis, em particular o isolamento manual da PB e os comandos de inibição da PB não serão possíveis.

### **2.8.4 Operação de um Sistema de Trânsito em APS**

A operação de um sistema de transporte que inclui áreas de APS é semelhante à operação de um sistema completo em OCS. As diferenças estão principalmente ligadas aos modos degradados, como são detalhadas neste Item.

#### **2.8.4.1 Intervalo entre Veículos**

O sistema APS é projetado para um intervalo mínimo de 2 minutos com todas as TPS funcionando, ou com uma TPS fora de operação com alimentadores de reforço necessários ao longo da linha.

O intervalo bem como a alimentação do trem são parâmetros fundamentais para o dimensionamento dos cabos +Va e dos contadores de potência nas PBs:

- Os cabos +Va estão nos dutos APS entre as vias. O cabo +Va é dimensionado utilizando uma simulação global de energia do sistema com todos os trens em operação.
- limite térmico dos contadores nas PBs exige uma limitação de corrente máxima de 1500A por trem.

#### **2.8.4.2 Perfil de Operação**

O sistema e a PB devem permanecer alimentados 24h/24h em 230 V.

### **2.8.5 Mudança de Modo / Transição entre Zonas de APS e OCS**

A transição de uma zona APS híbrida pode ser feita de forma estática ou dinâmica. Em ambos os casos a transição é feita de forma idêntica a partir de uma zona APS híbrida (trilhos de energia) ou de uma zona de autonomia (sem trilho de energia).

#### **2.8.5.1 Modos de Operação dos Veículos**

Como já foi dito anteriormente, a fonte de alimentação selecionada pode ser:

- OCS: alimentação do trem fornecida pelo OCS,
- APS: alimentação do trem fornecida por segmentos APS no solo,
- BATERIA: alimentação do trem fornecida pela bateria 750V do APS a bordo.
- RESERVA: os 3 contadores MSC estão abertos. O trem não está alimentado.

A mudança do modo de alimentação é feita com o trem totalmente parado, exceto a comutação automática para o modo de bateria (consultar o modo de funcionamento por inércia).

As particularidades para cada modo APS são indicadas a seguir:

### **Modo de funcionamento nominal do APS**

O modo de funcionamento nominal é usado para circulação normal em áreas APS. Este modo é selecionado pelo maquinista na cabine do trem. Uma vez concluído o ciclo de comutação, o maquinista pode partir no modo APS. O maquinista deverá:

- Respeitar a velocidade máxima de operação.
- Respeitar o intervalo para evitar o superaquecimento dos cabos e componentes elétricos do APS.

### **Modo de operação de manobra**

O modo de operação de manobra é descrito no manual do maquinista (feito por terceiros) e aplica-se também quando o trem está em uma área APS.

### **Modo de operação autônomo (bateria)**

O modo de operação autônomo é específico do sistema APS, e pode ser ativado manualmente pelo maquinista ou automaticamente quando for detectada uma perda de tensão nas sapatas coletoras do APS.

Ao mudar para o modo de autonomia (usando bateria para tração), o HVAC é desligado para minimizar o consumo da bateria. Assim que a tensão de 750V retorna, o modo de bateria é desativado automaticamente. O modo de autonomia deverá ser usado para cruzar áreas APS não alimentadas.

### **Modo de operação isolado**

O modo ISOLADO é específico do modo APS, podendo ser acionado qualquer que seja o modo atual do APS, OCS ou RESERVA.

Ao pressionar o botão “Modo isolado”, abaixa o pantógrafo, levanta as sapatas coletoras e abre os 3 contadores principais do OCS, APS, Bateria no MSC.

### **Modo de operação de velocidade excessiva**

Este modo de operação é descrito no manual do maquinista (feito por terceiros). Nenhuma restrição adicional relacionada ao APS é exigida pelo sistema APS neste modo.

### **Modo de operação Reboque/Empurra**

O modo de operação Reboque/Empurra é descrito no manual do maquinista (feito por terceiros), sendo aplicável ao APS sem modificação.

Em modo de bateria, há uma restrição da capacidade de empurrar/rebocar devido ao consumo máximo de bateria de 150A que limita a energia disponível, e devido à capacidade da bateria que limita a distância possível de deslocamento.

Em todos os casos, as sapatas coletoras do trem com defeito devem ser levantadas eletricamente ou manualmente.

### **Modo de operação por inércia**

Operação por inércia significa que não há comando de tração nem de frenagem na alavanca de tração do maquinista.

Quando as duas sapatas coletoras do APS embaixo do trem entram em uma área sem energia APS, a tração é automaticamente inibida e a alimentação do trem passa automaticamente para a energia da bateria.

### **Modo de RESERVA**

O modo de RESERVA é selecionado quando o trem é ligado ou após uma liberação de falha pelo maquinista, mas não permite que o trem se mova. Este modo é, portanto, temporário. Para sair deste modo, o maquinista deve selecionar outro modo de operação: OCS, APS, Bateria (somente na área de APS).

### **Modo de operação OCS**

Este modo inclui todos os modos de operação clássicos: Nominal, Manobra, Velocidade Excessiva, Reboque/Empurra (feito por terceiros).

#### ***2.8.5.2 Procedimentos de Segurança do APS***

Estes procedimentos devem ser seguidos pelo maquinista nos modos degradados. O cumprimento adequado desses procedimentos permite o estado restritivo seguro do trem antes de retornar ao depósito, e ser assumido pelas equipes de manutenção.

### **Levantamento manual das sapatas coletoras**

Em uma situação normal, o levantamento das sapatas coletoras é realizado automaticamente quando o modo APS não está selecionado. Se a elevação automática não funcionar, o maquinista deverá levantar manualmente a sapata coletora, e o trem deverá ser devolvido ao depósito.

A elevação manual de uma sapata coletora é realizada por uma alça isolada eletricamente, localizada embaixo de uma das bordas da carroceria do trem próxima à referida sapata coletora. Há uma alça por sapata coletora em cada trem. A operação da alça elevará totalmente a sapata coletora, travando-a na posição levantada.

### **Desconexão manual da bateria**

Quando um trem está sendo preparado para manutenção ou reboque, é necessário cortar manualmente a alimentação da bateria de 750V localizada no teto. Esta desconexão manual é feita graças a uma roda localizada no salão de passageiros, no teto interno do trem.

Ao cortar a energia da bateria aparece automaticamente um sinal no teto indicando que a energia da bateria foi fisicamente desconectada, e que nenhuma tensão de 750V pode fluir dela.

O retorno da bateria ao serviço é realizado executando manualmente a operação anterior no sentido inverso.

O trem é então chamado de seguro, em termos de energia da bateria, para serem realizadas as operações de manutenção.

#### ***2.8.5.3 Monitoramento do APS desde o CCO***

O funcionamento em modo nominal de um trecho APS é idêntico ao funcionamento em modo nominal de um trecho OCS.

A organização da rotatividade dos trens, maquinistas, e paradas nas estações é idêntica à dos sistemas OCS.

Nos painéis de controle no CCO, a presença ou falta de indicadores de tensão são os mesmos do sistema OCS. As informações sobre os estados do armário APS estão disponíveis no console de supervisão das instalações elétricas.

Não há necessidade de mostrar informações sobre as PBs CCO, pois isso não afeta a operação.

Os modos degradados que afetam a operação do APS são descritos no capítulo 4.3 - Modos degradados. É responsabilidade do CCO tomar as decisões necessárias:

- Organização do retorno de um trem ao depósito,
- Usar um veículo de resgate rodoferroviário,
- Organização dos serviços temporários.

#### **2.8.5.4 Diagrama de Segmentação Elétrica no APS**

##### **Fundamentos da segmentação elétrica do APS**

O sistema APS é fundamentalmente diferente do sistema OCS, uma vez que não há cabos desencapados ativos na rede.

Em áreas OCS, o isolamento elétrico é necessário nos seguintes casos:

- Intervenção em torno da área de OCS,
- Intervenção no próprio OCS
- Intervenção na TPS.

##### **Intervenção na área de APS**

Podem ser necessárias várias intervenções no ambiente urbano: brigada de incêndio, transporte de cargas largas, corte de árvores, manutenção da iluminação pública, acidentes de trânsito, obras civis, intervenção no teto de um trem avariado, etc.

Todas as intervenções, sem risco de comprometer a integridade da plataforma da via ao redor do APS, podem ser realizadas sem isolar o APS e os alimentadores do APS na área. Todas as tarefas pesadas, como obras civis executadas nas proximidades da plataforma, exigirão isolamento e bloqueio do trecho APS.

##### **No próprio APS**

Os equipamentos APS são alimentados com tensão de 230V e 750V. Assim, nenhuma intervenção pode ser realizada na plataforma sem:

- Isolamento e bloqueio da tensão de tração da TPS circundante
- Isolamento e bloqueio das fontes de alimentação em 230V no armário APS

Se essas intervenções devem ser realizadas mantendo-se trechos da via em funcionamento, deverão ser implantados armários APS temporários e Disjuntores de Linha associados.

Esta configuração deve ser levada em consideração no projeto da linha, pois é mais fácil criar essas zonas próximas às subestações.

##### **Na TPS**

As intervenções podem ser realizadas quando o Disjuntor do trecho elétrico está aberto. Isso é semelhante à intervenção do sistema OCS na TPS, e não requer um seccionamento elétrico.

##### **A dupla segmentação não é permitida no APS**

A segurança do APS depende do curto-circuito simultâneo de todos os pontos de suprimento de energia no mesmo trecho elétrico. É essencial que cada trecho do alimentador APS esteja em contato direto com o curto-circuitador do armário APS.

Portanto, diferentemente do OCS, não podem ser realizados 2 seccionamentos em alimentadores APS no meio de um trecho. Haveria uma área onde a tensão não é controlada.

**Figura 2-29 - Diagramas de segmentação elétrica proibida no APS**



### Segmentação individual no APS

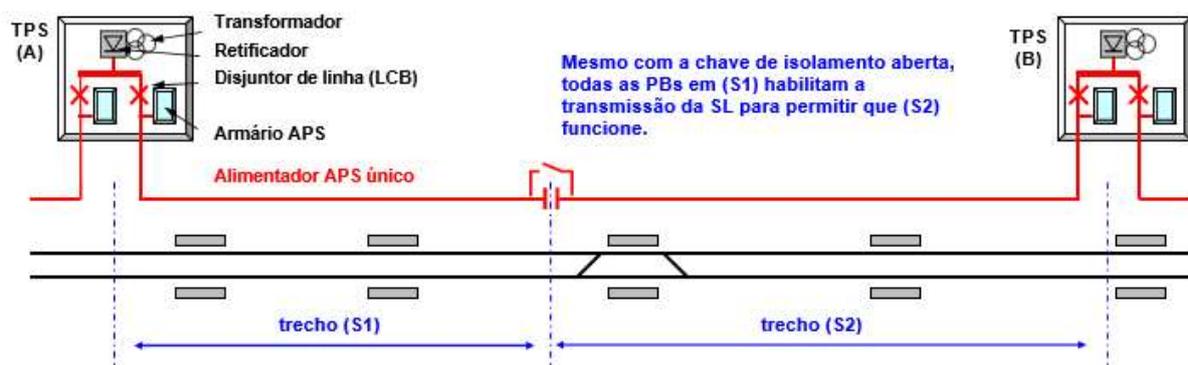
Estabelecer o estado restritivo seguro entre as TPSs do sistema APS significa que um trecho elétrico completo está desligado.

Portanto, localizar uma chave no meio de um trecho APS não permite que um meio-trecho funcione independentemente do outro trecho.

Para fazer funcionar o trecho (S1), todas as PBs do trecho completo (S2) devem permitir a transmissão da Linha de Segurança (SL). Na realidade, se uma PB no trecho (S2) estiver fora de serviço e não puder transmitir a Linha de Segurança (a SL está quebrada), a SL acionará o estado restritivo seguro dos trechos elétricos em 750V (S1) e (S2).

Em seguida, o Armário APS na TPS (B) ordena a abertura do Disjuntor de Linha (LCB). Imediatamente depois, o LCB curto-circuita o +Va para o 0Vr dentro das duas TPSs vizinhas. O uso dessa chave, portanto, é muito limitado porque as PBs não são totalmente independentes.

**Figura 2-30 - Diagramas da segmentação elétrica do APS com chave**



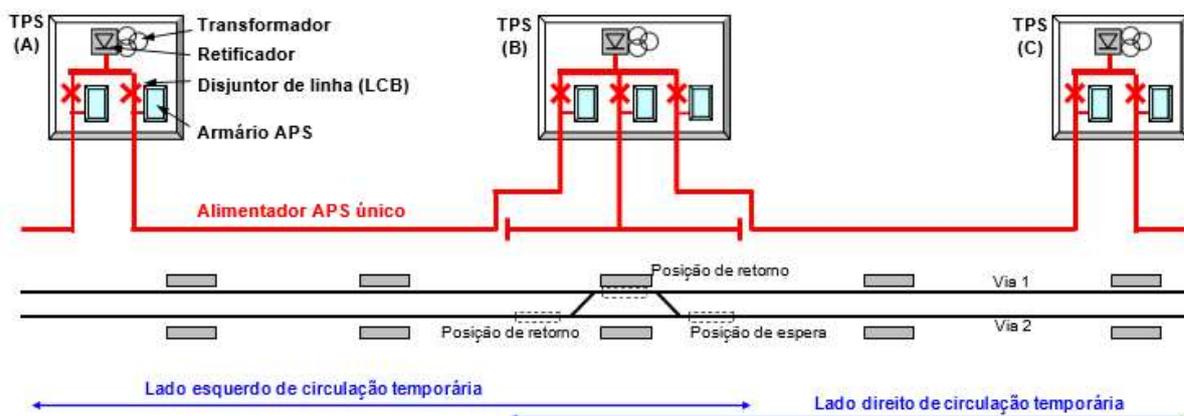
Nota:  
O presente esboço serve apenas para fins de seccionamento elétrico proibido no APS.  
A estratégia de alimentação das vias no APS não é detalhada neste esboço, sendo esta representação somente ilustrativa.

### Segmentação do APS para melhorar o serviço temporário

O diagrama a seguir permite uma independência total entre os diferentes trechos do APS, para o funcionamento temporário do sistema. Nas áreas que não estão sendo utilizadas, tanto os alimentadores como as PBs não são alimentados.

O meio-trecho alimentado pelo APSC do meio tem MTBF teórico maior do que qualquer outro trecho do APS, uma vez que inclui um número limitado de PBs, e apenas um APSC.

**Figura 2-31 - Diagramas de separação elétrica com APS**



### 2.8.5.5 Intervenções

A documentação do sistema APS fornecerá todas as informações relevantes para definir os princípios de operação em relação às intervenções.

Isto incluirá:

- Intervenções das equipes de operação para situações já apresentadas neste documento,
- Intervenções dos serviços de resgate e policiais,
- Intervenções dos representantes da cidade.

### 2.8.5.6 Manutenção

Um Plano de Manutenção do APS detalhará as atividades de manutenção do sistema APS.

Na medida do possível, o sistema APS leva em consideração os princípios de operação em relação à manutenção.

Em qualquer caso, o sistema APS permite isolar e bloquear com segurança os trechos no solo, bem como os equipamentos de bordo antes das operações de manutenção.

Se forem necessárias modificações no Plano de Manutenção do APS, elas devem ser revisadas e aprovadas pelo fornecedor do sistema APS, o gerente de segurança do sistema APS, o gerente de segurança do sistema de transporte, o gerente de operações, e o gerente de manutenção.

A natureza do equipamento APS de bordo é semelhante ao equipamento eletromecânico de bordo convencional, exceto por:

- As peças de desgaste das sapatas coletoras (bandas de atrito) estão sujeitas a substituição periódica. A bateria de 750V, que deve ser desconectada antes de qualquer intervenção de manutenção.

#### **Manutenção a bordo:**

Após cada tarefa de manutenção concluída no equipamento APS de bordo, deverá ser concluído e aprovado um teste funcional no modo APS na zona de troca do depósito.

#### **Manutenção no solo:**

Todas as operações de manutenção no solo em um trecho APS exigem que a fonte de alimentação desse trecho seja isolada e bloqueada. Nesse caso, são identificadas 3 categorias de operações:

### Substituição de uma PB do APS

Cada caixa de alimentação defeituosa ou isolada é substituída realizando uma operação simples de troca de peças: desconectar, remover, colocar uma peça nova, e reconectar. Nenhum teste deverá ser feito como comprovação de falhas físicas ou funcionais (por projeto e construção) para evitar situações não seguras. No entanto, uma vez concluída a substituição da PB e restabelecida a alimentação, deve-se verificar o bom funcionamento do trecho elétrico.

### Intervenções na infraestrutura do APS (cabos, trilhos, instalações APS na subestação, etc.).

Neste caso, é obrigatório realizar testes funcionais e/ou relacionados à segurança antes de religar o trecho (consultar o manual de manutenção).

***As operações em instalações não APS, mas em interface com este, requerem testes ou verificação antes do religamento do trecho elétrico:***

- Disjuntor de Linha, seu comando e a ativação coordenada,
- Conexões da corrente de retorno de tração,
- Conexões +Va e 0Vr no Curto-Circuitador,
- Rede de comunicação do sistema de transporte.

## 2.8.6 Ambiente

### 2.8.6.1 Temperatura E Luz Solar

As temperaturas a seguir foram extraídas dos requisitos do Cliente. Esta tabela é usada como informação para o projeto do APS.

Equipamento	Critérios	Em operação
Equipamentos APS ao lado da via (superfície do trilho APS, tampa de poço de visita, PB.)	Temperatura ambiente operacional	-30°C / +55°C
	Luz solar	850W/m <sup>2</sup>
	Temperatura na superfície	-30°C / +85°C
Equipamentos APS na TPS (armário APS, UPS, etc.)	Temperatura ambiente operacional	-5°C / +40°C
Equipamento APS de bordo (MSC, BC, CS, antenas, etc.)	Temperatura ambiente operacional	-20°C / +55°C
	Luz solar	850W/m <sup>2</sup>

### 2.8.6.2 Corrosão

Todos os equipamentos APS instalados ao tempo, seja instalação fixa ou em veículos com superfícies metálicas, deverão cumprir 96 horas de ensaios de névoa salina de acordo com a NF ISO 9227.

Os equipamentos localizados em poços de visita com drenagem não estão sujeitos a esta exigência.

### 2.8.6.3 Produtos Químicos

Todas as partes do sistema, com uma superfície em contato com o exterior, podem suportar o produto utilizado pelos serviços de manutenção rodoviária:

Herbicidas e fertilizantes atuais,

Produtos de limpeza atuais.

### 2.8.6.4 Luz Solar

Os equipamentos de via, e em particular o trilho do APS, não serão degradados sob o efeito prolongado da luz solar.

### 2.8.6.5 Locais De Instalação E Inserção No Ambiente Urbano

O trilho APS pode ser embutido no revestimento da rua e na terra com grama.

O trilho de circulação e o trilho APS não perturbarão os carros ou o tráfego de duas rodas nos cruzamentos rodoviários.

As PBs estão projetadas para instalação em poços de visita subterrâneos. As caixas das PBs estão equipadas com um sistema de bloqueio que impede o acesso de pessoas não autorizadas.

O sistema APS foi projetado para ser instalado nos seguintes locais:

- Ao longo da beira do mar,
- Em espaço aberto ou em um túnel ou viaduto.
- Em local segregado ou compartilhado,
- Altitude máxima: 2000m (isto está relacionado com as seguintes distâncias de isolamento conforme a EN 50124 e IEC 60947).

### **2.8.6.6 Compatibilidade Eletromagnética e Radioelétrica**

A compatibilidade eletromagnética está sujeita a um documento específico que define as regras a serem observadas para a suscetibilidade EM, as emissões EM, e os regulamentos a serem seguidos para a atribuição de frequências emitidas.

O sistema APS em geral está em conformidade com as seções 1 a 5 da EN 50121.

Os emissores intencionais do APS são:

- sinal emitido pela antena na sapata coletora.
- sinal emitido pela Caixa de Alimentação (se aplicável).

Esses sinais permanecem abaixo do nível de EMC autorizado emitido por todo o trem, e se enquadram na categoria de Dispositivos de Curto Alcance (SRD). No entanto, como são emissores voluntários, as faixas de frequência devem ser reservadas para essas emissões:

- Para a antena: a frequência está centrada em 483 kHz com uma largura de banda de 14 kHz (+/- 7kHz).
- Para a PB: Para a antena: a frequência está centrada em 38 kHz com uma largura de banda de 4kHz kHz (+/- 2kHz).

## **2.9 NORMAS APLICÁVEIS**

<b>Referência</b>	<b>Título</b>
IEC 60077	Regras aplicáveis em equipamentos elétricos para material rodante
EN 50327,50328,50329	Harmonização dos valores nominais para grupos conversores
IEC 1287-1: (IEC 61287-1 (1995-07))	Conversores de potência a bordo de material rodante ferroviário – Seção 1: Características e métodos de ensaio
EN 50126	Aplicações ferroviárias. Especificação e demonstração da confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança (RAMS)
EN 50129	Aplicações ferroviárias. Comunicação, sinalização e sistemas de processamento. Sistemas eletrônicos de sinalização relacionados com a segurança
EN 50121 seção 1 a 5	Aplicações ferroviárias, compatibilidade eletromagnética.

EN 300330-1 (V1.5.1) 2006	Compatibilidade eletromagnética e Assuntos do Espectro Radioelétrico (ERM) - Dispositivos de Curto Alcance (SRD) - Equipamentos de rádio na faixa de frequência de 9 kHz a 25 MHz e sistemas de laço indutivos na faixa de frequências de 9 kHz a 30 MHz - Parte 1: Características técnicas e métodos de ensaio
EN 300 330-2 (V1.3.1) 2006	Compatibilidade Eletromagnética e Assuntos do Espectro Radioelétrico (ERM); Dispositivos de Curto Alcance (SRD); Equipamentos de Rádio na Faixa de Frequências de 9 kHz a 25 MHz e Sistemas de Laço Indutivos na Faixa de Frequências de 9 kHz a 30 MHz
EN 50122-1	Aplicações ferroviárias. Instalações fixas. Medidas de proteção relativas à segurança elétrica e aterramento
EN 50122-2	Aplicações ferroviárias. Instalações fixas. Medidas de proteção contra os efeitos de correntes parasitas provocadas por sistemas de tração em corrente contínua
EN 50123	Aplicações ferroviárias. Instalações fixas. Equipamento de manobra em corrente contínua Para-raios e limitadores de baixa tensão para uso específico em sistemas de corrente contínua
EN 50124 -1A1 e A2	Aplicações ferroviárias, Coordenação de isolamento, Regras essenciais
EN 50125-1	Aplicações ferroviárias. Condições ambientais dos equipamentos. Equipamentos a bordo de material rodante
EN 50125-2	Aplicações ferroviárias. Condições ambientais dos equipamentos. Instalações elétricas fixas
EN 50153	Aplicações ferroviárias. Material rodante. Medidas de proteção relativas a riscos elétricos.
EN 50163	Aplicações ferroviárias. Tensões de alimentação dos sistemas de tração
EN 60529	Especificação dos graus de proteção fornecidos pelos invólucros (código IP).
NF C15-100	Instalações elétricas de baixa tensão
NF C20-040 seção 1	Coordenação de isolamento de equipamentos em sistemas de baixa tensão (redes). Princípios, regras e testes
NF ISO 9227	Teste de corrosão em atmosferas artificiais - Testes de névoa salina

NF F16-101	Material Rodante Ferroviário - Comportamento ao fogo - Escolha de materiais
NF F16-102	Material Rodante Ferroviário - Comportamento ao fogo - Escolha de materiais, aplicação em equipamentos elétricos
NF F 63-808	Material Rodante Ferroviário - Condutores e cabos elétricos livres de halogênio com proteção de paredes finas
NF F 63-826	Material Rodante Ferroviário - Condutores e cabos elétricos livres de halogênio
Nota: IEC 60 364-4	Instalações elétricas de baixa tensão, proteção para garantir a segurança. --> Não aplicável para aplicações ferroviárias

## **3 SISTEMA SEMAFÓRICO**

### **3.1 SISTEMA DE CONTROLE SEMAFÓRICO - SCS**

O Sistema de Controle Semafórico tem como objetivo principal controlar e gerenciar a movimentação de: veículos/veículos, veículos/pedestres, veículos/VLT e VLT/pedestres nas intersecções relacionadas ao projeto VLT, permitindo a passagem dos VLTs pelas regiões de cruzamento de forma a não prejudicar o escoamento dos veículos do viário, garantindo a segurança, tanto dos usuários do sistema, quanto dos envolvidos indiretamente (motoristas de outros veículos e pedestres).

A condução do VLT se dará obedecendo ao princípio de Marcha à Vista, sendo realizada pelo seu condutor, o qual será responsável por todos os comandos de aceleração, frenagem, abertura e fechamento de portas do VLT.

O Sistema de Controle Semafórico deve ser desenvolvido de maneira que garanta alta disponibilidade e confiabilidade de seus componentes e do sistema em si.

Deverão ser observadas e atendidas às normas e regulamentação que envolve esse tipo de fornecimento e também em relação à execução dos serviços em vias públicas.

O SCS deverá permitir o gerenciamento e a operação dos cruzamentos em tempo real e também em tempo fixo (em caso de ausência de comunicação entre controladores semafóricos e o sistema de controle semafórico centralizado).

O SCS deverá ser composto basicamente por um sistema de controle semafórico centralizado completo, incluindo:

- servidores,
- interfaces e software aplicativo;
- controladores semafóricos microprocessados;
- detectores veiculares;
- detectores de pedestres;
- detectores de VLT;
- conjuntos ópticos semafóricos rodoviários, ferroviários e de pedestres;
- sistema de fornecimento de energia ininterrupta (nobreak). Este nobreak deverá ter a capacidade para alimentar o controlador local, os grupos semafóricos e os detectores, garantindo a disponibilidade operacional destes equipamentos quando da falta de energia da fonte principal, por pelo menos 2 (duas) horas.

A alimentação elétrica dos equipamentos de campo do SCS deverá ser através da estação mais próxima da zona de controle, isto é, do equipamento controlador.

O Sistema de Controle Semafórico deverá ser estruturado em dois níveis, sendo:

- Primeiro nível representado pelos controladores semafóricos;
- Segundo nível representado pelo Sistema de Controle Semafórico Centralizado.

### **3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS**

#### **3.2.1 Primeiro nível**

Representado pelos controladores semafóricos, os quais, dentre outras funções, respondem pelo acionamento dos grupos focais dos semáforos nas intersecções. Estão também aqui

incluindo os detectores dos veículos (VLTs), detectores de veículos e de pedestres, assim como os conversores, acessórios e a rede de fibra óptica dedicada que deverá ser instalada nos trechos de controle e interligada ao Sistema de Transmissão de Dados (STD). Através do STD se dará a comunicação entre o controlador semafórico e o sistema de controle semafórico centralizado (Segundo Nível).

O sistema deverá operar os semáforos correspondentes às interseções que há princípio foram estabelecidos em 100 interseções nos trechos da avenida W3 (Sul e Norte) – trecho1 e 20 interseções no trecho Aeroporto – trecho2. Sendo essas quantidades definidas no projeto executivo. Basicamente, cada uma dessas interseções deverá ser operada por um controlador semafórico. Porém, em alguns casos, um mesmo controlador poderá vir a operar mais de uma interseção.

Os controladores semafóricos, responsáveis pela operação dos semáforos, deverão basear-se no estado do trânsito de veículos em sua área de abrangência e nas informações de posicionamento de VLTs nas vias. As informações desses detectores deverão chegar ao sistema semafórico centralizado possibilitando que o aplicativo os processe e, para cada região configurada, estabeleça em tempo real e os tempos para cada controlador de forma a otimizar a circulação no local. Esses tempos devem priorizar a passagem do VLT e evitar sua parada, mas sem deixar de atender também ao trânsito rodoviário.

Para a detecção de veículos deverão ser utilizados sensores (laços indutivos) instalados sob o pavimento, numa profundidade mínima de 5 cm, em cada faixa de rolamento, em distância adequada para cada intersecção, a ser definida durante a fase de projeto de execução.

Para passagem dos pedestres deverão ser utilizadas botoeiras instaladas nas colunas semafóricas, em locais de travessia de pedestres, utilizados para solicitar ao controlador de tráfego a travessia em faixas de pedestres.

Para a detecção de VLT deverão ser utilizados 3 sensores com tecnologia de rádio frequência (RFID) para cada intersecção ou faixa de travessia de pedestres (por sentido de circulação de VLT), sendo aqui definidos: detector de solicitação de passagem (DSP), detector de reativação de passagem (DRP) e detector de finalização de passagem (DFP).

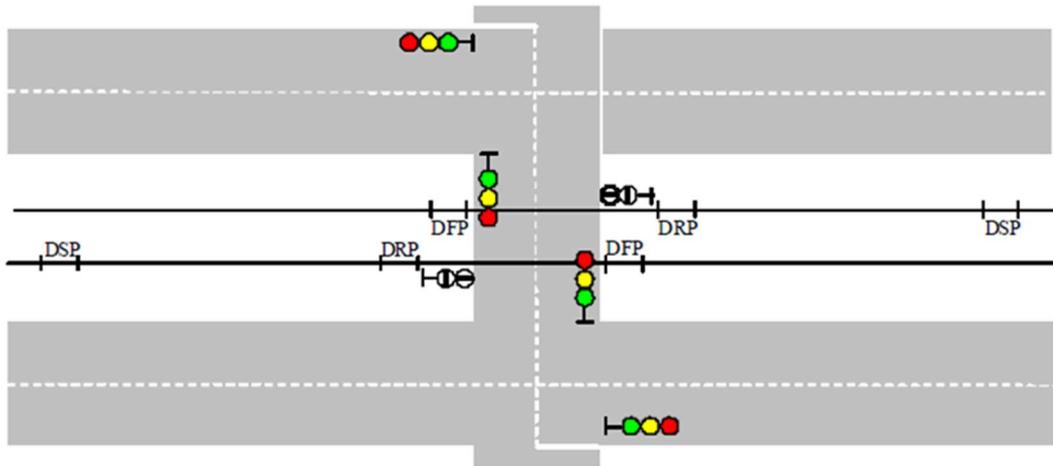
Deverão ser fornecidos os grupos semafóricos veiculares, grupos semafóricos de pedestres e grupos semafóricos ferroviários (estes últimos deverão ser do mesmo padrão dos utilizados no Sistema de Sinalização e Controle – SSC). Os semáforos rodoviários e de pedestres deverão atender as normas ABNT em sua última versão.

### **3.2.2 Segundo nível**

O segundo nível deverá ser representado pelo Sistema de Controle Semafórico Centralizado, a ser localizado no Centro de Controle Operacional (CCO). O hardware deverá ser acondicionado em bastidor e instalado na sala técnica de equipamentos do CCO. A operação do sistema deverá ser realizada através de um posto de controle, localizado na Sala do CCO, que conterá a aplicação específica do sistema de controle semafórico e possibilitará ao operador o monitoramento e controle de todas as áreas de interesse (áreas de controle semafórico).

### **3.3 CRUZAMENTO TÍPICO**

Esquema de um cruzamento típico, juntamente com a localização esquemática relativa de todos dispositivos de detecção necessários para que os Controladores de Tráfego possam programar a lógica de controle dos semáforos.



## INTERFACES

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o sistema de controle semafórico e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

## 4 SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

O Sistema de Telecomunicações tem como objetivo principal dar suporte às comunicações de voz, dados e imagens para suporte à operação, manutenção e administração do Sistema VLT, garantir os níveis de segurança, rapidez no atendimento em situações normais e de emergência, garantir o desempenho operacional e estruturar os meios de comunicação para permitir uma interação dinâmica entre os diversos sistemas que estarão implantados no Centro de Controle Operacional (CCO), Pátio de Manutenção, embarcados nos VLTs, nas Estações de passageiros, nas Subestações de energia e nas vias por onde tráfegará o VLT.

A alimentação dos equipamentos do STC deverá ser de responsabilidade do Sistema de Alimentação Elétrica. Deverão ser alimentados a partir de um Sistema Ininterrupto de Energia para garantir sua disponibilidade operacional quando da falta de energia da fonte principal.

Os equipamentos do Sistema de Telecomunicações deverão enviar os alarmes de falhas para o Sistema de Apoio à Manutenção (SAM) que deverá ser instalado na sala do Centro de Informação e Manutenção- CIM, no Centro de Controle Operacional-CCO (O SAM é escopo de fornecimento do Sistema de Controle Centralizado - SCC). O protocolo de comunicação deverá ser definido na especificação técnica de requisito dos sistemas, podendo ser SNMP, IEC104, WebServer, OPC, entre outros.

O Sistema de Telecomunicações será composto pelos seguintes sistemas:

- Sistema de Transmissão de Dados – STD
- Sistema de Comunicações Fixas – SCF
- Sistema de Radiocomunicação – SRC
- Sistema de Monitoração Eletrônica – SME
- Sistema de Multimídia – SMM

### 4.1 SISTEMA DE TRANSMISSÃO DADOS - STD

O sistema de Transmissão de Dados (STD) será responsável por interligar todas as localidades do Sistema VLT de modo a viabilizar e dar suporte a todas as comunicações de

dados, voz e imagens necessárias e ele próprio e aos sistemas usuários. Para isso o STD será composto pela Rede de Dados, Rede de Fibra Óptica e Rede Wi-Fi.

O Sistema de Transmissão de Dados (STD) deverá ser concebido e implantado para atender aos requisitos de projeto de alta confiabilidade, disponibilidade e segurança, em sistemas de missão crítica.

### Rede de Dados

A rede de dados deverá atender às necessidades dos sistemas usuários em uma alta velocidade de transferência de dados, devendo utilizar tecnologia TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). O projeto deverá prever uma arquitetura com 2 camadas (Core e Acesso), sendo a princípio na topologia lógica radial (estrela).

**Camada Core:** Composta por equipamento Core modular totalmente redundante, prevendo sua instalação em sala de equipamentos do CCO, com ligações full duplex de 10 Gbps para os equipamentos de acesso. Este equipamento deverá possuir redundância de fontes de alimentação, dos módulos centrais e das interfaces de rede.

**Camada de Acesso:** Composta por stacks (pilhas) de equipamento de Acesso de camada 3 (layer 3) do modelo OSI, com ligação redundante de 10 Gbps à camada Core e com redundância dos principais componentes. Deverá fornecer Interface de Acesso (ETH 10/100/1000) e Power over Ethernet (PoE) a cada sistema usuário e em todas as localidades (estação de passageiros, subestação de energia, pátio de manutenção e CCO), conforme requerido, sendo que a ligação física do sistema usuário à interface de acesso deverá ser feita sempre através de Patch Panel e nunca diretamente ao equipamento de acesso.

A rede deverá prever a utilização de equipamento Firewall para segregar logicamente as ligações físicas entre sistemas internos e externos, dando a devida segurança à rede do Sistema VLT (por exemplo: uma ligação a Internet).

Além disso, a rede de dados deverá prover os serviços de autenticação de usuários e de distribuição dinâmica de endereços IP (DHCP) para os sistemas usuários, sendo os equipamentos responsáveis por esses serviços instalados em sala de equipamentos do CCO.

### Rede de Fibra Óptica

A Rede de Fibra Óptica deverá contemplar cabos com fibras ópticas tipo monomodo para a rede lógica IP e fibra apagada para os sistemas usuários do Sistema VLT.

Deverão ser previstos 2 cabos de fibras ópticas distintos, lançados ao longo do trecho do VLT e que ligam o CCO as demais localidades passando por todas as estações de passageiros e subestações. Estes cabos ópticos deverão ser instalados em banco de dutos separados, assegurando a redundância e confiabilidade dos diversos sistemas.

Também faz parte os cabos de fibra óptica monomodo que interligarão os prédios administrativos e oficinas do pátio de manutenção.

As fibras necessárias em cada local deverão ser terminadas num Distribuidor Intermediário Óptico (DIO). Às restantes fibras deverá ser dada continuidade por “splicing” no DIO, que terá funções de Bastidor de Emenda Óptica (BEO). A ligação aos equipamentos deverá ser feita através de cordões ópticos. Os DIOs deverão ser dimensionados de acordo com o número de chegada e saída de fibras de cada trecho.

### Rede Wi-Fi

A Rede de comunicação sem fio (Wi-Fi) deverá utilizar padrão IEEE 802.11 e IP e deverá ser do tipo Mesh (rede em malha) e será responsável pela cobertura Wi-Fi ao longo da via de circulação do VLT e na região do Pátio de Manutenção.

Esta Rede Wi-Fi deverá utilizar equipamentos que trabalham em frequência não licenciada, ou seja, em 2.4 GHz e 5 GHz.

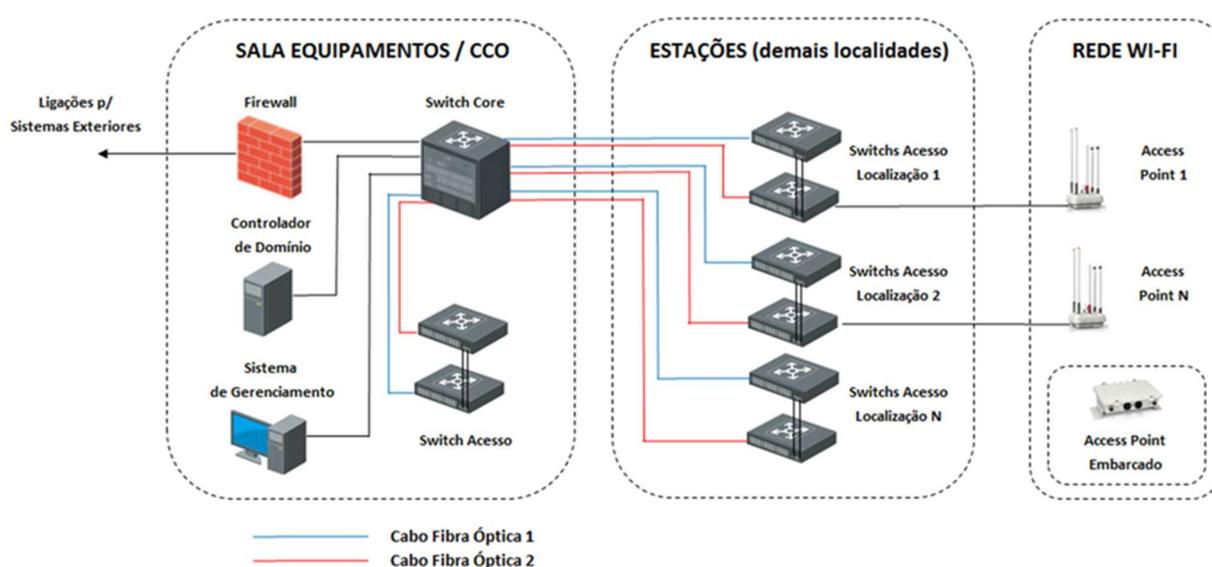
A Rede Wi-Fi será constituída por equipamentos (Access Point - AP) distribuídos ao longo da via de forma a prover cobertura em tempo real e em 100% (cem por cento) do trecho, nas estações de passageiros, subestação de energia e pátio de manutenção (vias do pátio, salas administrativas e oficinas). Como preferência esses equipamentos deverão ser instalados nas estações de passageiros e ou nas subestações de energia, evitando a instalação de equipamentos entre estações, além da instalação nas áreas do Pátio de Manutenção.

Esta rede será responsável pela comunicação bidirecional Terra-VLT, entre o Centro de Controle Operacional (CCO) e o VLT, sendo que para isso deverá ser instalado em cada VLT um Access Point (AP) deste sistema. Este AP deverá estar interligado a rede embarcada, sendo esta rede do escopo do material rodante (VLT).

A rede Wi-Fi deverá ser projetada para atender aos requisitos de alta confiabilidade, disponibilidade e segurança provendo a troca de dados entre o CCO e o VLT, como por exemplo: a seleção e visualização de imagens das câmeras internas do VLT em posto de monitoramento de imagem no CCO, fazer download das imagens gravadas e armazenadas em equipamento de gravação embarcado.

O STD deverá possuir um sistema de gerenciamento com posto de trabalho para gestão do sistema.

#### Arquitetura Geral - STD



## 4.2 SISTEMA DE COMUNICAÇÕES FIXAS - SCF

O Sistema de Comunicações Fixas (SCF) deverá viabilizar as comunicações de voz internas ou externas, tanto administrativas como operacionais, no CCO, no Pátio de Manutenção, nas Estações de passageiros e Subestações de energia do Sistema VLT.

O Sistema de Comunicações Fixas também deverá incluir as funcionalidades de Gravações de Comunicações de voz fixas. Todas as comunicações do SCF cuja origem ou destino seja a Sala de Controle do CCO deverão ser gravadas e armazenadas para posterior verificação.

O SCF deverá utilizar tecnologia de voz sobre IP (VOIP) e composto por Central Telefônica VoIP, media gateway, telefones IP, sistema de gravação, sistema de caixa postal e sistema

de tarifação. Os equipamentos do SCF deverão estar interligados entre si através do Sistema de Transmissão de Dados (STD).

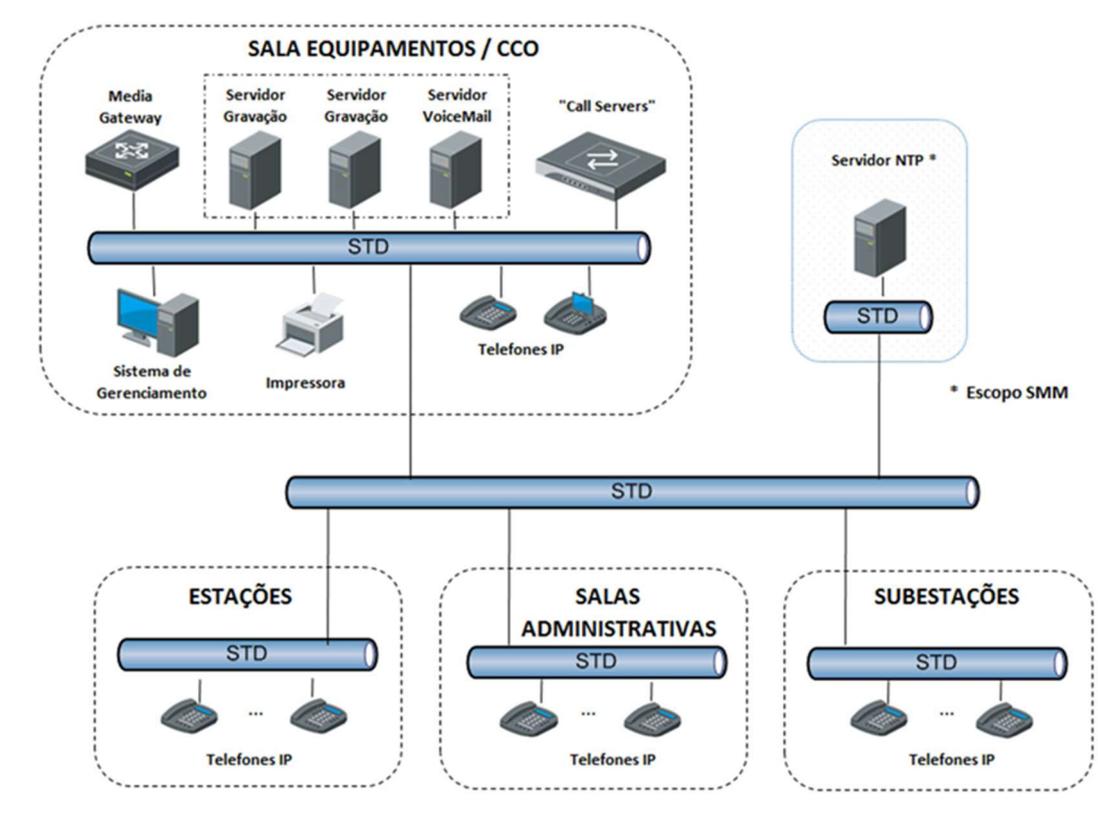
Deverá ser previsto a instalação de telefones IP nas estações de passageiros, subestações de energia, salas administrativas do pátio de manutenção e sala do CCO.

O SCF deverá estar preparado com interface adequada para se ligar a rede pública de telefonia fixa e móvel, de forma a prover às comunicações externas ao Sistema VLT. A ligação física à rede pública de telefonia deverá ser feita no Pátio de Manutenção.

O SCF deverá possuir um sistema de gerenciamento com posto de trabalho para gestão do sistema.

O SCF deverá estar sincronizado com o Sistema de Sincronismo Horário, com ligação através do STD, de acordo com o protocolo NTP.

#### Arquitetura Geral - SCF



### 4.3 SISTEMA DE RADIOCOMUNICAÇÃO - SRC

O Sistema de Radiocomunicação será responsável pela comunicação entre funcionários, numa área de cobertura que se estende por todo o trecho percorrido pelos VLTs, incluindo a Sala do CCO, Pátio de Manutenção (vias do pátio, oficinas e áreas administrativas), as estações de passageiros, subestações de energia e interior dos VLTs.

Este sistema deverá utilizar tecnologia Terrestrial Trunked Radio (TETRA), padrão desenvolvido pela ETSI (European Telecommunications Standards Institute).

O SRC deverá prever o fornecimento de console de despacho para a sala do CCO e para o centro de manutenção, de rádios móveis e antenas para os VLTs e veículos auxiliares de manutenção e de rádios portáteis para o pessoal da operação e manutenção.

Este sistema deverá permitir a formação de grupos de comunicação, permitindo a comunicação de voz e trocas de mensagens curtas de dados (SDS) entre os envolvidos.

Os rádios portáteis do pessoal da manutenção e os móveis dos veículos de manutenção deverão possuir o serviço de GPS (Global Position System) para que possam ser rastreados e localizados através da console do centro de manutenção, possibilitando assim dar agilidade no deslocamento das equipes de manutenção.

Deverão ser previstas a implantação de Estações Rádio Base (ERB) ao longo do trecho de via que percorrem os VLTs, que inclui a instalação dos equipamentos de rádio e da infraestrutura irradiante (torre e antenas). A localização das ERBs deverá ser definida durante o desenvolvimento do projeto executivo e deverão atender a legislação ANATEL.

O SRC Tetra deverá prever o Nó central na sala de equipamentos do prédio do CCO e distribuição das estações de rádio base nas diferentes localidades e que deverão estar interligadas através do Sistema de Transmissão de Dados (STD).

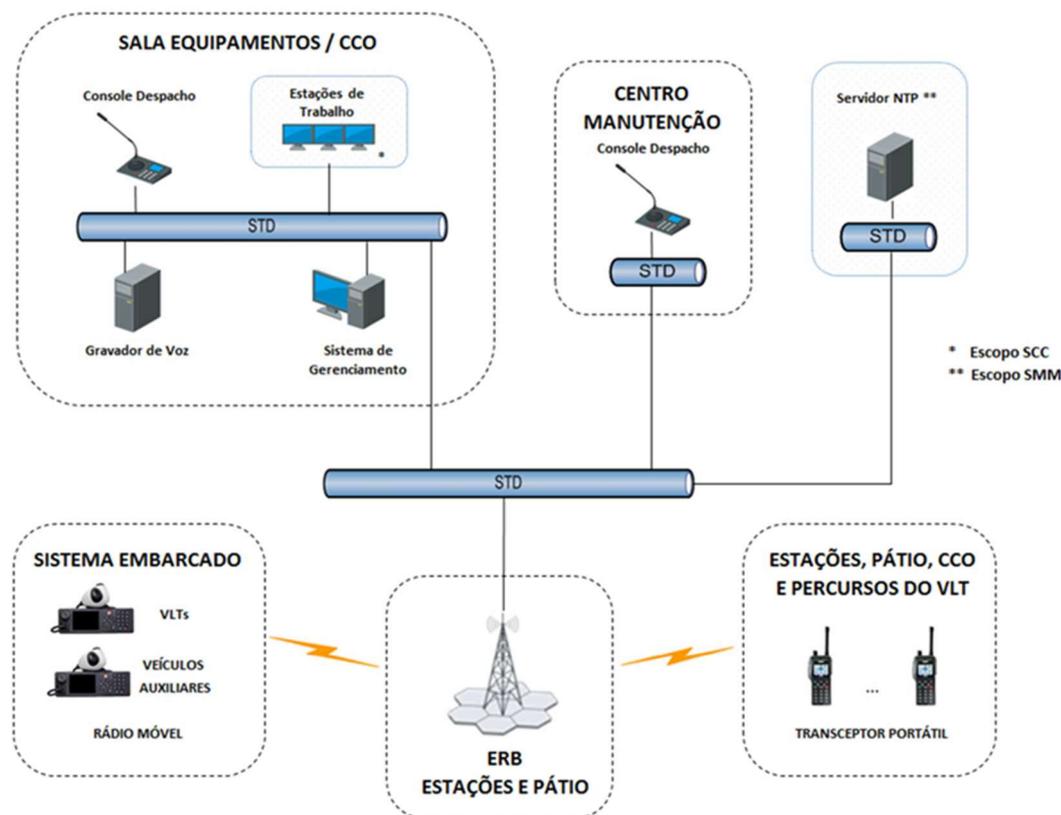
Todas as comunicações do SRC cuja origem ou destino sejam a Sala do CCO deverão ser gravadas e armazenadas e poderão ser acessadas posteriormente através do posto de trabalho do sistema.

O SRC poderá ser utilizado como via de comunicação da posição do VLT na via principal e no pátio de manobras, para informação ao Sistema de Sinalização e Controle (SSC).

O SRC deverá possuir um sistema de gerenciamento com posto de trabalho para gestão do sistema.

O SRC deverá estar sincronizado com o Sistema de Sincronismo Horário, com ligação através do STD, de acordo com o protocolo NTP.

### Arquitetura Geral – SRC



#### **4.4 SISTEMA DE MONITORAÇÃO ELETRÔNICA - SME**

O Sistema de Monitoração Eletrônica (SME) corresponde ao sistema de monitoramento por imagem dos diversos espaços das estações de passageiros, subestações de energia, pátio de manutenção, ao longo da via e cruzamentos com a via pública, servindo ao pessoal operativo, pessoal da manutenção e pessoal da segurança do Sistema VLT. No item 3.9.3 (pág 47) detalha esse sistema no material rodante.

Todas as câmeras deverão ser baseadas em Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP). As câmeras devem possuir característica de IP nativo, serem Full HD e possuir sistema de alimentação elétrica PoE para aquelas que utilizam cabo UTP, ou mediante alimentação externa para locais onde o comprimento do cabo de dados seja superior a 100 metros. Nesta situação deverá ser utilizada ligação por fibra óptica e conversores eletro-ópticos para transmissão do sinal de vídeo.

As câmeras deverão poder operar com baixíssima luminosidade sem que haja qualquer deficiência na visualização da imagem, mesmo nos casos das imagens em preto e branco, geradas nestas condições. Para localidades onde houver necessidade comprovada, por deficiência na iluminação, as câmeras deverão possuir dispositivo IR integrado.

As câmeras do SME deverão estar associadas a uma determinada localidade de acordo com sua proximidade e as imagens deverão ser gravadas localmente e digitalmente 24 horas por dia, 7 dias por semana em equipamento NVR. A gravação do vídeo de cada câmera deverá ser identificada com o nome do local, data, hora, minuto e segundo, para posterior recuperação e análise da imagem de vídeo.

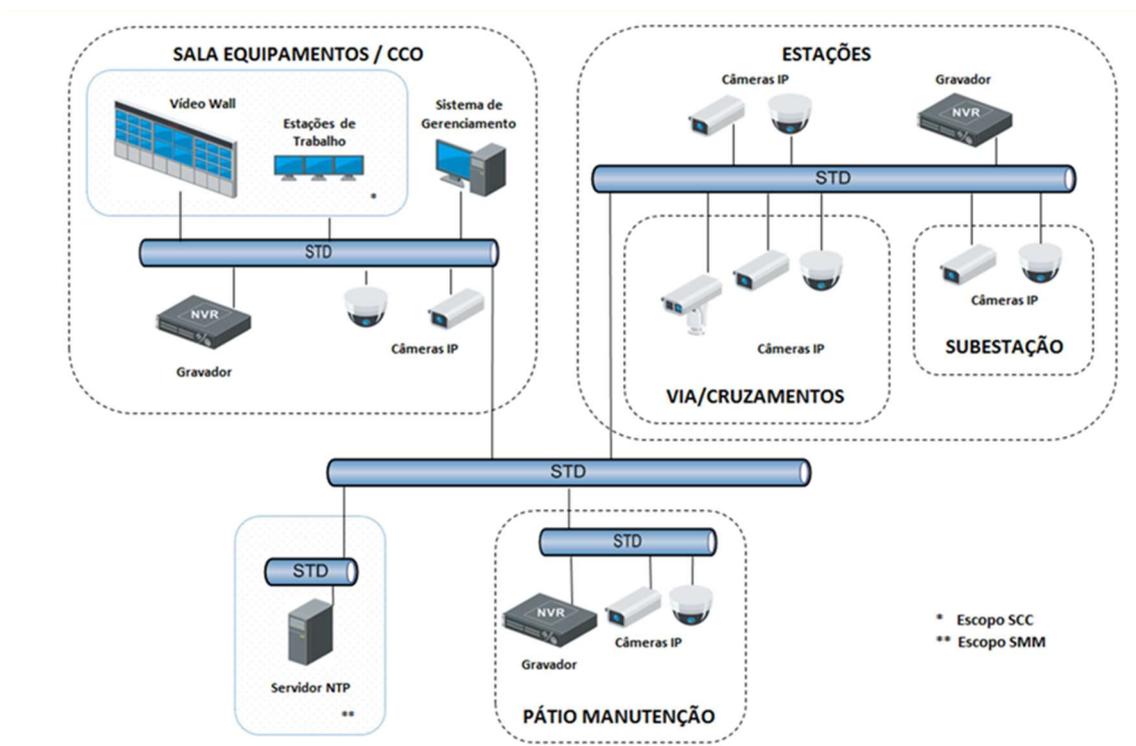
Todas as câmeras e os NVRs deverão estar interligados ao Sistema de Transmissão de Dados (STD) para o envio das imagens as estações de trabalho da sala do CCO, sendo que através destes postos será possível o acesso às imagens de todas as câmeras instaladas, comandos em câmeras móveis e visualização de imagens gravadas.

Deverá ser previsto interface entre o SME e o Sistema de Vídeo Wall de modo que imagens de determinadas das câmeras possam ser visualizadas em determinados monitores desse sistema.

O SME deverá possuir um sistema de gerenciamento com posto de trabalho para gestão do sistema.

O SME deverá estar sincronizado com o Sistema de Sincronismo Horário, com ligação através do STD, de acordo com o protocolo NTP.

## Arquitetura Geral - SME



### 4.5 SISTEMA DE MULTIMÍDIA - SMM

O Sistema de Multimídia será responsável por disponibilizar informação visual e sonora (de forma sincronizada ou não) aos usuários e funcionários, através de Sistema de Sonorização e dos Painéis de Informação Variável (painéis de LED). O controle e operação do sistema deverão ser efetuados através das posições de operação instalados na sala do CCO.

A arquitetura de hardware deste sistema abrangerá todas as estações de passageiros e o Pátio de Manutenção (neste caso somente o hardware do sistema de sonorização) e estarão interligados ao Centro de Controle Operacional (CCO) através do Sistema de Transmissão de Dados (STD).

O sistema encarrega-se do fornecimento de informações em tempo real (mensagens em viva voz ou pré-gravadas) aos usuários e funcionários, através de painéis de LED e alto-falantes instalados nas estações de passageiros e alto-falantes instalados no pátio de manutenção (vias do pátio e oficina). O sistema deverá ser baseada em uma arquitetura cliente-servidor, onde o servidor central deverá coordenar o envio da informação para as demais localidades.

A informação horária aos usuários deverá ser fornecida a partir dos painéis de LED, que devem ser instaladas em todas as estações de passageiros, dispostos em cada plataforma de embarque. Além do campo relacionado a informações institucionais e horárias, o painel de LED deverá prever um campo específico onde será apresentada as informações aos usuários relacionadas ao Sistema de Sinalização e Controle (por exemplo: previsão de partida/chegada e destino do VLT).

Parte integrante do Sistema de Multimídia (SMM) o Sistema de Sincronismo Horário (SSH) deverá ser projetado para fornecer a informação horária exata aos usuários e funcionários do Sistema VLT. Ele também deverá fornecer sincronismo horário, através de protocolo NTP aos demais sistemas usuários, através do STD.

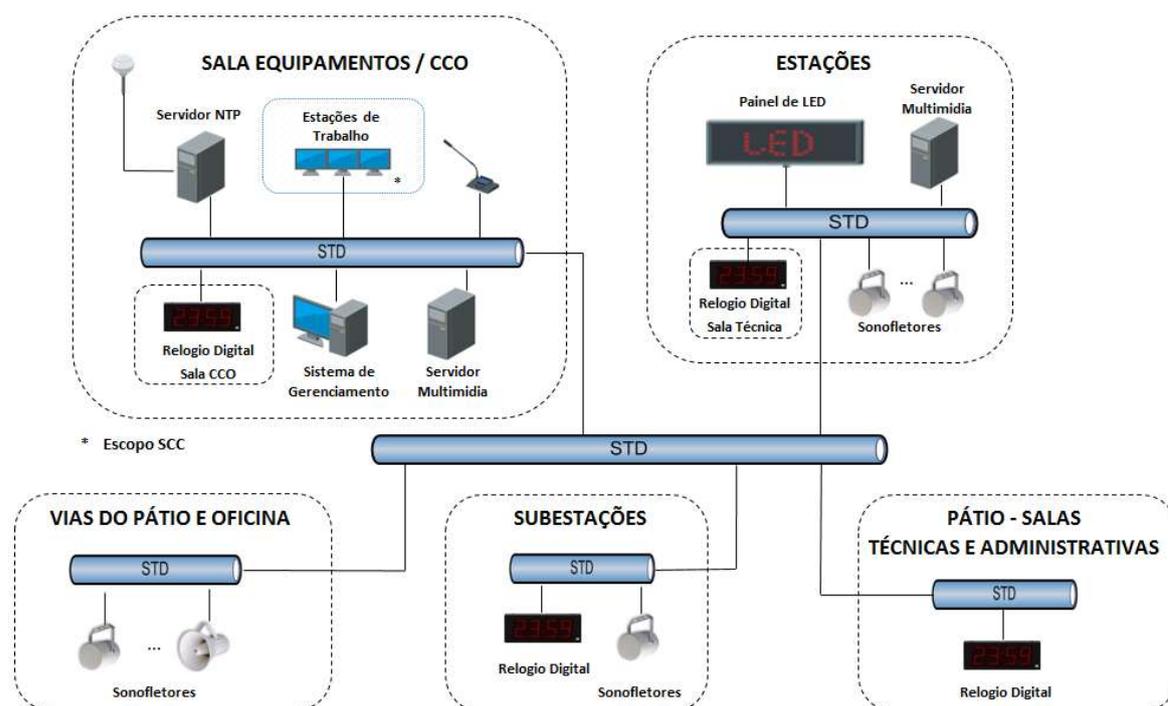
Para garantir uma informação uniforme e confiável, o sistema deverá utilizar sincronismo pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS – Global Position System) e trabalhar como relógio

mestre central, que terá a função de distribuir a informação horária padrão para todos os dispositivos de todos os sistemas usuários que requererem esta informação.

Como fonte de informação horária aos funcionários do Sistema VLT deverão ser utilizados relógios digitais, sincronizados pelo relógio mestre central, nas seguintes localidades: salas administrativas e salas técnicas nos prédios do pátio de manutenção; sala técnica da estação, subestações de energia e na sala do CCO.

O SMM devesse possuir um sistema de gerenciamento com posto de trabalho para gestão do sistema.

## Arquitetura Geral – SMM



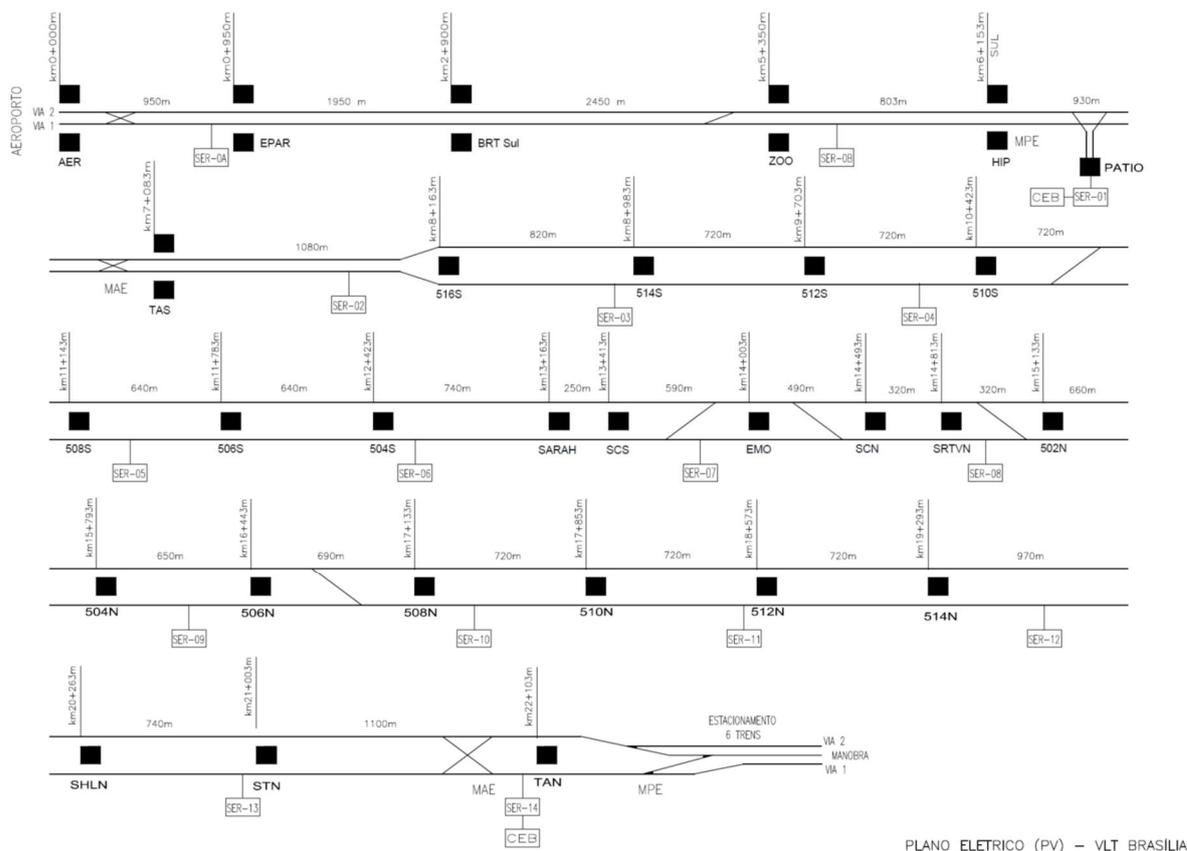
## INTERFACES

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o sistema de telecomunicações e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

## 5 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO

### SISTEMA DE SINALIZAÇÃO E CONTROLE CENTRALIZADO – SSCC

O Sistema de Sinalização e Controle será composto basicamente pelo seguinte Plano de Vias (PV). Sendo a elaboração do Plano de Vias Sinalizado – PVS, quando do projeto executivo:



O Sistema de Sinalização e Controle aqui apresentado será composto pelos seguintes Sistemas:

- Sistema de Sinalização e Controle (SSC);
- Sistema de Controle Centralizado (SCC).

### 5.1 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO E CONTROLE (SSC)

O Sistema de Sinalização e Controle tem como objetivo principal proporcionar um nível de automação compatível com operação em Marcha à Vista. Este Sistema deverá ser responsável por desempenhar funções de segurança (função do intertravamento) e de rastreamento não vital dos veículos ao longo da via principal e vias do pátio.

A condução do VTL deverá obedecer como premissa os princípios de Marcha à Vista, sendo o condutor do VLT o responsável pela condução segura ao longo de toda a via principal, nas zonas de manobras e nas via do Pátio de Manutenção.

Os principais componentes do Sistema de Sinalização e Controle estão descritos a seguir. Esses equipamentos devem ser concebidos de modo a atender ao padrão SIL 3 ou superior, conforme normas EN 50126, EN 50128 e EN 50129.

A alimentação dos equipamentos do SSC deverá ser de responsabilidade do Sistema de Alimentação Elétrica. Deverão ser alimentados a partir de um Sistema Ininterrupto de Energia para garantir sua disponibilidade operacional quando da falta de energia da fonte principal.

## **Intertravamentos**

O objetivo do intertravamento será o de controlar os elementos de via e permitir o alinhamento de rotas seguras nas regiões de AMV (função vital).

Cada área sinalizada possuirá o seu próprio módulo de intertravamento microprocessado (intertravamento local) que permitirá a independência do ponto de vista do controle. A solução deverá indicar as estações onde serão instalados (sala técnica de equipamentos) os equipamentos de controle local.

Nesta arquitetura também deverá estar previsto o intertravamento centralizado que se comunicará via rede de dados com os intertravamentos locais. Os equipamentos do intertravamento centralizado deverão ser instalados em sala de equipamentos nas dependências do Complexo Operacional e de Manutenção.

## **Equipamentos de Via**

### Sistema de detecção por contadores de eixos (CE)

Os contadores de eixos são um sistema de detecção de veículos vital e serão aplicados para dar segurança na movimentação do VLT nas regiões de AMV. A detecção de veículos nas plenas vias e nos pátios deverá ser assegurada por contadores de eixos (CE) em uma versão baseada em comunicações Ethernet entre o Avaliador de Contador de Eixos (ACE) e o intertravamento, e entre o ACE e os respectivos pontos de contagem.

### Sinais de LED

Os sinais deverão ser do tipo compacto, com módulos empilhados e focos com tecnologia de LED. Neste projeto poderão existir sinais de dois ou três focos, com uma barra de cor branca com os aspetos: Pare; Siga e Siga à Esquerda ou Siga à Direita.

Um sinal é formado pelos seguintes subconjuntos: Cabeça, Poste e Base em concreto.

### Máquinas de Chave

Para movimento de AMV's, a solução adotada deverá ser a máquina de chave elétrico-hidráulica comandadas com segurança e remotamente através do intertravamento.

Em caso de falha nestes equipamentos poderão ser utilizadas alavancas para movimentação manual das máquinas de chave.

Os dispositivos mecânicos, hidráulicos e elétricos deverão estar integrados de forma compacta e estruturados de forma modular de maneira a facilitar as ações de manutenção.

### Rede de Dados

A interligação entre os equipamentos do sistema de sinalização deverá ser realizada por uma rede de dados dedicada e composta por switches Layer 3, instaladas nas localidades onde se terão os equipamentos do sistema de sinalização. Esta rede deverá estar interligada por fibras ópticas dedicadas do cabo de fibra óptica da rede de fibras do Sistema de Transmissão de Dados (STD). A ligação da rede de dados da sinalização a rede de dados do STD deverá estar segregada logicamente por equipamento firewall de escopo do sistema de sinalização.

### Sistema Embarcado

O sistema embarcado (SE) consiste de equipamentos instalados nos VLTs de modo a proporcionarem uma interface com o sistema de sinalização e controle e a partir daí estabelecer as funcionalidades relacionadas à Localização Automática do Veículo (AVL) e Regulação de Serviço (funcionalidades não vital). Os principais equipamentos que deverão ser implementados para garantia desta funcionalidade são: o computador de bordo, Interface Homem Máquina (IHM) em cada cabine, as TAG de localização, os rádios móveis Tetra e as antenas (rádio e antena faz parte do fornecimento do sistema de telecomunicações), além do odômetro (odômetro faz parte do fornecimento do material rodante). Os equipamentos do

sistema embarcado deverão interligar-se através da rede embarcada (de fornecimento do material rodante).

## **5.2 SISTEMA DE CONTROLE CENTRALIZADO – SCC**

O SCC executará o controle global do processo do Sistema VLT, permitindo o acesso aos equipamentos dos sistemas controlados e instalados nas estações de passageiros, subestações de energia, vias, pátio e a bordo do VLT.

O SCC deverá ser funcionalmente composto pelos seguintes sistemas:

Sistema de Controle de Tráfego – SCT (Via e Pátio);

Sistema de Controle de Energia – SCE (Via e Pátio);

Sistema de Controle de Semafórico – SCS;

Sistema de Fluxo de Passageiros – SCP;

Sistema de Proteção Patrimonial – SPP;

Sistema de Apoio a Manutenção – SAM.

O SCC irá controlar o Sistema VLT por meio de comandos enviados para os equipamentos de campo, comandos estes que deverão ser definidos a partir de objetivos e características operacionais de cada sistema.

Os eventos ocorridos no campo geram indicações que são transmitidas ao SCC. Estas indicações, em conjunto com os objetivos preestabelecidos deverão nortear o controle efetivo do sistema.

A arquitetura do SCC deverá ser implementada utilizando-se de uma infraestrutura de TI (servidores e dispositivos de armazenagem de alta capacidade) e tendo os operadores acessos as funcionalidades (aplicações), por meio de postos de operação. Esta arquitetura de hardware deve levar em conta a utilização do sistema durante 24 horas por dia, 7 dias por semana e sem interrupção.

As funcionalidades do SCC são a somatória das funcionalidades dos sistemas que o compõem.

As aplicações SCT, SCE, SCS, SFP, SPP e SAM deverão estar disponíveis nos respectivos servidores e dispositivos de armazenamento, permitindo aos operadores o acesso específico a cada uma das suas aplicações clientes a partir dos postos de operação presentes na sala do CCO. A única exceção é o posto de operação do SAM que deverá ser instalado na Sala do CIM (Centro de Informação da Manutenção).

A comunicação dos equipamentos do SCC com os equipamentos em campo (nas estações de passageiros, subestações de energia e no pátio de manutenção) e com os equipamentos dos sistemas embarcados deverá ser efetuada por meio do Sistema de Transmissão de Dados - STD, suportando o protocolo TCP/IP.

A alimentação dos equipamentos do SCC no CCO deverá ser de responsabilidade do Sistema de Alimentação Elétrica. Deverão ser alimentados a partir de um Sistema Ininterrupto de Energia para garantir sua disponibilidade operacional quando da falta de energia da fonte principal.

Entre os recursos disponíveis na Sala do CCO deverá haver o painel de Videowall para a visualização, pelos operadores, dos painéis sinóticos do controle de circulação dos VLTs na via principal e nas vias do pátio, sinótico do sistema de energia e imagens das câmeras do sistema de monitoração eletrônica.

A supervisão e o controle do sistema de energia, do controle semafórico, do sistema de sinalização e telecomunicações, entre outros, serão exercidos prioritariamente, a partir do CCO, permitindo a execução das funções operacionais do Sistema VLT de forma centralizada. Por outro lado cada sistema deverá possuir recursos próprios para permitir o controle dos seus respectivos equipamentos/dispositivos, em função de estratégias e contingências operacionais ou determinados níveis de degradação.

Os equipamentos do SCC deverão estar distribuídos em ambientes distintos:

Sala do Centro de Controle Operacional, suportando pelo menos 6 (seis) postos de operação (SCT, SCE, SCS, SFP, SPP e Supervisor), compostos por mobiliário e demais equipamentos para uso dos operadores no desempenho de suas funções e painéis sinópticos apresentados em Videowall, composto por 32 (trinta e dois) monitores de 46 polegadas cada, formando um painel de 8 (oito) monitores na horizontal e 4 (quatro) na vertical.

Sala do Centro de Informação da Manutenção, suportando o posto de operação do SAM, compostos por mobiliário e demais equipamentos para uso dos operadores no desempenho de suas funções.

Sala técnica de equipamentos que abrigará os bastidores com os equipamentos de processamento dos sistemas que compõem o SCC e os bastidores do sistema de telecomunicações, entre outros.

Deverão ser previstos os seguintes postos de operação na sala do CCO. Cada posto deverá conter um conjunto de equipamentos pré-definidos de forma a possibilitar ao operador realizar suas funções operacionais diárias.

01 (um) posto de operação para o Sistema de Controle de Tráfego – SCT (via e pátio);

01 (um) posto de operação para o Sistema de Controle de Energia – SCE (via e pátio);

01 (um) posto de operação para o Sistema de Controle de Semafórico – SCS;

01 (um) posto de operação para o Sistema de Fluxo de Passageiros – SFP, composto por: Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros – SCAP, Sistema de Monitoração Eletrônica – SME e Sistema de Multimídia – SMM;

01 (um) posto de operação para o Sistema de Proteção Patrimonial – SPP, composto por: Sistema de Controle de Acesso – SCA e Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio – SDAI e Sistema de Monitoração Eletrônica – SME;

01 (um) posto de operação para o Supervisor.

Deverá ser previsto o seguinte posto de operação na sala do CIM:

01 (um) posto de operação para o Sistema de Apoio a Manutenção – SAM. Este posto deverá conter um conjunto de equipamentos pré-estabelecidos de forma a possibilitar ao operador realizar suas funções operacionais diárias.

#### **5.2.1.1 Sistema de Controle de Tráfego (SCT)**

O SCT é um sistema integrado de gerenciamento de veículos que consiste em uma aplicação instalada no CCO, capaz de trocar dados com os equipamentos/dispositivos embarcados e o sistema de sinalização, permitindo a supervisão e controle da movimentação do VLT na via principal e nas vias do pátio, além da regulação do serviço.

#### **Controle de Tráfego**

A partir do posto do SCT deverá ser possível supervisionar e controlar a movimentação dos VLTs ao longo da via principal e vias do pátio, bem como comandar e supervisionar as condições operacionais dos equipamentos de via (contadores de eixo, máquinas de chave, sinaleiros, entre outros).

Esta aplicação deverá, através do sistema de intertravamento, permitir a configuração de um modo padrão (normal) de alinhamento para cada AMV e das regiões de manobras. Este modo deve ser mantido quando não houver VLT's na região do intertravamento e suas adjacências.

Caso a rota alinhada, de forma automática, não satisfaça às necessidades operacionais, o operador do SCT deverá ter a possibilidade de solicitar a mudança, a partir de sua console de operação (a segurança da operação deverá ser garantida pelo sistema de intertravamento).

O condutor do VLT será o responsável pela condução segura do veículo ao longo de toda a via principal e vias do pátio, e deverá trafegar em marcha à vista, orientando-se pela sinalização lateral instalada à margem da via (semáforos, placas fixas de sinalização etc), adequando sua condução às condições operacionais que se apresentam, bem como às informações de regulação apresentadas na IHM de bordo.

#### Localização do Veículo

A localização do veículo será realizada de forma automática através do sistema de localização automática de veículos (AVLS) que deverá ser capaz de detectar e reconhecer veículos (VLTs) em todo o trecho de via e nas vias do pátio, servindo de base para a supervisão da movimentação dos VLTs no CCO.

A comunicação entre o sistema AVLS e o sistema embarcado deverá ser realizado pelo sistema de radiocomunicação (rádio Tetra).

#### Regulação do Serviço

A regulação do serviço deverá estar associada a uma função de gestão da frota de forma que se possam estabelecer os parâmetros de circulação dos veículos para cada dia de operação (números de veículos que serão utilizados, tempos de parada nas estações, tempo de percurso entre estações, entre outros parâmetros operacionais). A partir desta função deverá ser possível criar uma grade horária que será ativada antes da entrada dos veículos em operação.

Deverá existir uma troca de informação entre os equipamentos/dispositivos embarcados e o SCT, sendo que o veículo enviará ao SCT a sua posição e, por sua vez o SCT enviará ao Sistema Embarcado (SE) os dados de serviços, por exemplo: indicação de tempo de atraso/avanço e o tempo de parada nas estações, em função da grade horária preestabelecida e ativada.

Toda a informação de regulação deverá ser mostrada na IHM de bordo ao condutor, na cabine ativa, para que o operador do VLT possa tomar as devidas providências para garantir a regularidade do serviço.

Por sua vez no sinótico do videowall no campo referente ao controle da movimentação dos veículos, além da localização dos mesmos, também deverão ser apresentados o status dos VLTs em relação a sua condição operacional entre outras informações.

#### **5.2.1.2 Sistema de Controle de Energia (SCE)**

O SCE deverá possibilitar a partir da Sala do CCO realizar a supervisão e o controle centralizado do sistema de energia, abrangendo a rede de média tensão, a rede de tração e os automatismos presentes no sistema de energia a ser fornecido.

Tanto no posto de operação do SCE como no Videowall deverão ser apresentadas informações em tempo real do sistema de energia, com sinóticos apresentados em padrão universal IEC. A partir do posto de operação do SCE deverá ser possível atuar no sistema de

energia, através de comandos em determinados equipamentos/dispositivos, porém a segurança do sistema elétrico deverá ser garantida pelo intertravamento presente no próprio sistema de energia.

#### **5.2.1.3 Sistema de Controle Semafórico (SCS)**

O SCS deverá permitir a partir da Sala do CCO realizar a supervisão e o controle centralizado dos equipamentos do sistema de controle semafórico. Estas funcionalidades deverão ser executadas a partir do respectivo posto de operação, através de aplicação específica e deverá possibilitar o monitoramento das condições operacionais dos equipamentos/dispositivos de campo, bem como possibilitar comandar e alterar as condições operacionais dos mesmos.

#### **5.2.1.4 Sistema de Fluxo de Passageiros (SFP)**

O SFP deverá permitir a partir da Sala do CCO realizar a supervisão e o controle centralizado dos equipamentos do SCAP, SME e SMM. Estas funcionalidades deverão ser executadas a partir do respectivo posto de operação, através de aplicações específicas para cada sistema e deverá possibilitar o monitoramento das condições operacionais dos seus equipamentos/dispositivos de campo, bem como possibilitar comandar e alterar as condições operacionais dos mesmos.

#### **5.2.1.5 Sistema de Proteção Patrimonial (SPP)**

O SEA deverá permitir a partir da Sala do CCO realizar a supervisão e o controle centralizado dos equipamentos do SCA, SDAI e SME. Estas funcionalidades deverão ser executada a partir do respectivo posto de operação, através de aplicações específicas para cada sistema e deverá possibilitar o monitoramento das condições operacionais dos seus equipamentos/dispositivos de campo, bem como possibilitar comandar e alterar as condições operacionais dos mesmos.

#### **5.2.1.6 Sistema de Apoio a Manutenção (SAM)**

O SAM terá por objetivo dar suporte às atividades de manutenção preditiva, preventiva e corretiva a serem desempenhadas pelas equipes de manutenção.

O SAM deverá permitir a partir da Sala do CIM, realizar o gerenciamento e diagnóstico dos alarmes de falhas de todos os equipamentos/dispositivos elegíveis e instalados nas estações de passageiros, via principal e vias do pátio, pátio de manutenção e nos VLTs.

Deverá ainda possuir a função de gerenciamento de Ordens de Serviços de Manutenção (OSM) por meio de relatórios de abertura, acompanhamento e fechamento de falhas.

Estas funcionalidades deverão ser executadas a partir do respectivo posto de operação, através de aplicação específica desenvolvida a partir de protocolos pré- estabelecidos (SNMP, OPC, IEC 104, WebService etc.) dependendo do sistema a qual fará interface.

## **INTERFACES**

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o sistema de sinalização e controle centralizado e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

## **6 SISTEMA DE BILHETAGEM, CONTROLE E ARRECADAÇÃO DE PASSAGEIROS – SCAP**

O Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP), e de Bilhetagem, consiste do fornecimento de bloqueios eletrônicos, máquinas de venda automática de passagens, máquinas de venda assistida de passagens ou máquinas guichê, para as estações integradas ao sistema de transporte e necessárias para manter o fluxo de passageiros controlados.

O sistema deve ser capaz de executar o controle do fluxo dos passageiros nas estações, mantendo o padrão normativo dos equipamentos de alto fluxo de usuários e softwares das instalações integradas.

### **6.1 DEFINIÇÕES DO SISTEMA DE CONTROLE DE ARRECADAÇÃO E DE PASSAGEIROS (SCAP)**

A tecnologia do SCAP deverá permitir a total integração com os modais existentes (metro e ônibus – as diretrizes de integração e compatibilidade devem ser obrigatoriamente fornecidas por esses sistemas), compatibilizando os sistemas de arrecadação utilizados nos transportes públicos do Distrito Federal.

Fará o registro de todas as transações e operações realizadas nos pontos de venda e bloqueios. Também realizará a contagem eletrônica de usuários que entram e saem das estações através destas linhas de bloqueios.

As linhas de bloqueios devem ser constituídas de bloqueios eletrônicos com barreira de tripé, para corredores de 0,50 metro e bloqueios eletrônicos especiais com barreira de 2 portas basculantes (FLAP) para corredores de 0,92 metro. Todos os bloqueios devem possuir validadores de cartões eletrônicos e bilhetes unitários, e todas as estações deverão ser controladas por linhas de bloqueios.

O SCAP deverá ser uma plataforma baseada em tecnologias predominantemente Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP), Ethernet visando a integração entre os sistemas devido as necessidades de compartilhamento, compatibilidade, seleção e integração de dispositivos entre os diversos sistemas e subsistemas.

O SCAP deve comunicar-se com os demais sistemas de interface nas estações e centro de controle através do sistema de transmissão de dados a ser adotado.

Os servidores devem possuir redundância formada por clusters com tecnologia de virtualização, utilizando storages, garantindo a alta disponibilidade do sistema.

O projeto do sistema deverá incluir uma política de segurança, definindo de forma clara as responsabilidades das pessoas e empresas envolvidas. Deverá definir as condições sob as quais cada entidade ativa poderá ter acesso a cada classe de informação e recursos do sistema.

### **6.2 DEFINIÇÕES DO SISTEMA DE BILHETAGEM**

O SCAP será responsável pela bilhetagem eletrônica, com o sistema de venda antecipada de passagens, por meio de créditos adicionados em cartões eletrônicos sendo debitados em

equipamentos específicos (validadores). O sistema terá por finalidade efetuar o controle da utilização dos créditos para acesso às plataformas de embarque através das linhas de bloqueio de controle de acesso nas estações.

Os cartões eletrônicos devem ser do tipo proximidade smart card atendendo os padrões ISO 14443 A e B. Os bilhetes unitários devem utilizar a tecnologia QR Code.

A segurança de validação dos créditos nos validadores e nas recargas se dará pela utilização de chip SAM (Security Access Modules).

Os dados relativos aos cartões e bilhetes unitários processados deverão ser enviados ao concentrador central no CCO, onde deverão ser emitidos relatórios da arrecadação.

As vendas (autoatendimento ou máquina guichet) devem realizar as transações online com os servidores do SCAP.

Deverá ser possível o acesso online às informações referentes à operação, emissão, comercialização e compensação dos créditos eletrônicos, cartões e bilhetes unitários por parte da operadora.

Deverá ser possível a configuração de créditos e cartões especiais (exemplo: idosos, estudantes, agentes públicos e funcionários).

O tráfego de dados de informações referentes à operação, emissão, comercialização e compensação dos créditos eletrônicos deve possuir equipamento Firewall para segurança dos dados.

Deverá ser disponibilizado a instalação de central telefônica e canais de internet para atendimento ao público, com a finalidade de esclarecer as questões relacionadas à utilização do sistema de bilhetagem.

Os registros de perda, roubo do cartão deverão ser comunicados à Retaguarda.

### **6.3 FUNCIONALIDADES DO SISTEMA DE CONTROLE DE ARRECADAÇÃO E DE PASSAGEIROS (SCAP)**

O SCAP deverá exercer as seguintes funções básicas:

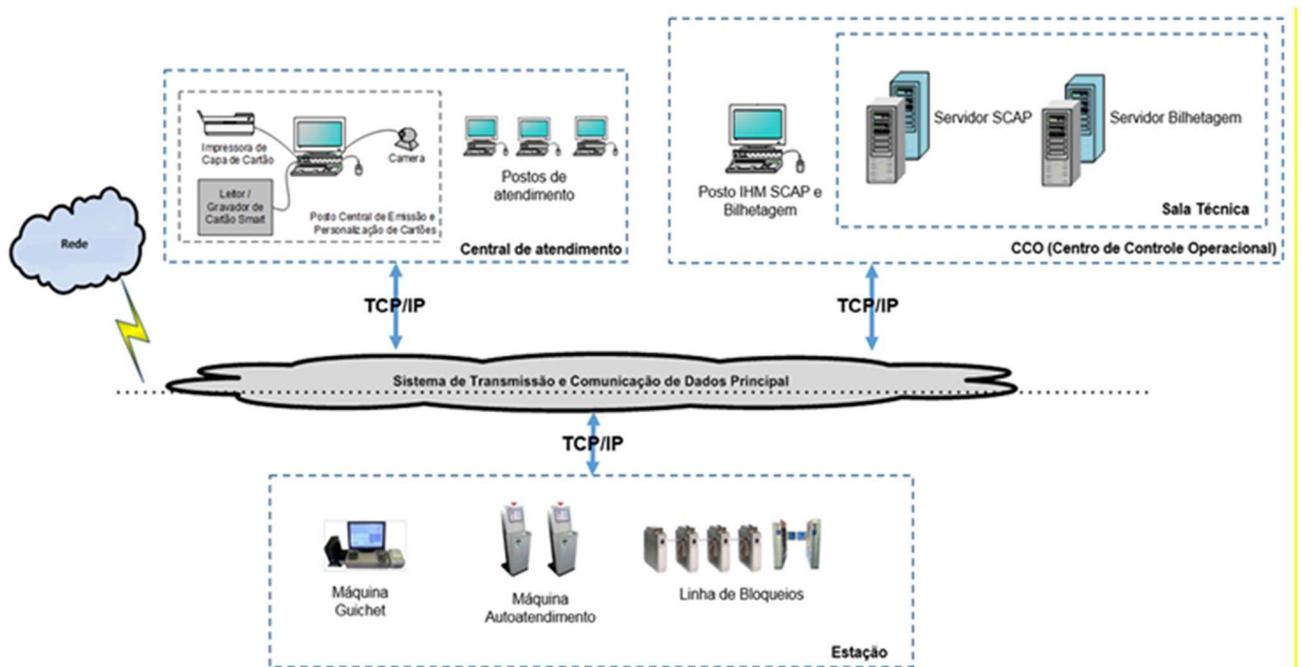
- Controle do acesso às áreas pagas e tarifação dos usuários do serviço de Transporte;
- Captura e arquivamento de dados gerados pelo Sistema;
- Habilitar a integração com outros operadores e a transferência entre modais de transporte;
- Permitir auditoria.

### **6.4 FUNCIONALIDADES DO SISTEMA DE BILHETAGEM**

- Emissão de cartões e bilhetes unitários;
- Cadastramento e distribuição de cartões, bilhetes unitários;
- Carregamento de créditos nos cartões e venda de bilhetes unitários;
- Atualização de créditos nos cartões smart;
- Leitura e validação de QR Code de Bilhete unitário;
- Habilitar estruturas de tarifas diferentes dentro do sistema;
- Permitir flexibilidade para implantação de novas estruturas de tarifa futuras;

- Habilitar a venda com dinheiro (moedas e notas);
- Carregamento de créditos nos cartões;
- Emissão de cartões;
- Emissão de QR Code;
- Distribuição de cartões;
- Minimizar o tempo de espera para a aquisição de bilhetes pelos usuários;
- Permitir auditoria.

## 6.5 ARQUITETURA DO SISTEMA DE CONTROLE DE ARRECADAÇÃO E DE PASSAGEIROS (SCAP)



## 6.6 EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE CONTROLE DE ARRECADAÇÃO E DE PASSAGEIROS (SCAP)

### 6.6.1 Bloqueio Eletrônico com barreira de Tripé

O bloqueio eletrônico é formado por um conjunto composto basicamente dos seguintes elementos:

- Gabinete ou Caixa do Bloqueio Eletrônico;
- Conjunto Barreira tipo Tripé;
- Controlador do Bloqueio;
- Fonte de alimentação;
- Sinalizações Visuais de Orientação de Sentido (Pictogramas);
- Validador de cartão Smart Card.
- Validador de QR Code.

### **6.6.2 Bloqueio Eletrônico com barreira tipo Flap**

O bloqueio eletrônico para PNE é formado por um conjunto composto basicamente dos seguintes elementos:

- Gabinete ou Caixa do Bloqueio Eletrônico;
- Conjunto Barreira tipo Flap - Basculante;
- Controlador do Bloqueio;
- Fonte de alimentação;
- Sinalizações Visuais de Orientação de Sentido (Pictogramas);
- Validador de cartão Smart Card;
- Validador de QR Code;
- Motor e mecanismo da Barreira tipo Flap.

## **6.7 EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE BILHETAGEM**

### **6.7.1 Ponto de venda Guichet**

Máquinas de vendas de créditos de bilheterias ou máquinas guichês:

A máquina guichê é formada por um conjunto composto basicamente dos seguintes elementos:

- Monitor Touch Screen;
- Leitor e Gravador de Cartões inteligentes sem contato;
- Impressora;
- Placa Chip SAM, padrão SIM Card;
- CPU ou Processador;
- PIN pad débito.

### **6.7.2 Autoatendimento**

Máquinas de vendas de créditos de passagens automáticas - ATM:

A ATM é formada por um conjunto composto basicamente dos seguintes elementos:

- Gabinete das Máquinas de Vendas Automáticas de Passagens;
- Monitor Touch Screen;
- Leitor e Gravador de Cartões inteligentes sem contato;
- Impressora;
- Placa Chip SAM, padrão SIM Card;
- CPU ou Processador;
- Cash Flow, ou cassete;

- Nobreak;
- PIN pad para pagamento de cartão de débito;
- Demais componentes como: CLP, conectores, disjuntores, bocal, interruptores, fechaduras e etc.

## **INTERFACES**

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o sistema de controle de arrecadação e de passageiros e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completudeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

## **7 SISTEMA DE PORTA DE PLATAFORMA**

O Sistema de Portas de Plataforma (PSD) que deverá ser instalado em todas as estações do Sistema VLT de Brasília será composto basicamente por Portas Deslizantes, Painéis Fixos, Portas de Emergência, Painéis de Controle e Quadros de Alimentação Elétrica.

O Sistema PSD tem como objetivo principal otimizar as operações de embarque e desembarque e aumentar os níveis de segurança, restringindo o acesso de usuários às vias onde trafegam os VLTs, e ainda o acesso de pessoas não pagantes às áreas de embarque e desembarque da estação.

Do ponto de vista funcional o sistema PSD é um sistema com portas que abrem e fecham em sincronismo com as portas do VLT, quando este estiver estacionado na plataforma de embarque e desembarque.

O Sistema de Portas de Plataforma e seus equipamentos associados devem ser concebidos em conformidade com as normas técnicas nacionais e internacionais aplicáveis.

A solução técnica para o controle de abertura e fechamento das portas do PSD deverá minimizar as necessidades de integração e interação com os demais Sistemas. Não deverá existir qualquer interface elétrica entre os sistemas a bordo do VLT e o sistema de acionamento das portas do PSD.

O PSD deverá ser uma plataforma baseada em tecnologias atualizadas e consagradas, predominantemente TransmissionControlProtocol / Internet Protocol (TCP/IP), Ethernet 10/100/1000, utilizando para alimentação de seus periféricos o sistema Power over Ethernet (PoE) onde aplicável, visando minimizar a infraestrutura e a perfeita integração entre os sistemas devido as necessidades de compartilhamento, compatibilidade, seleção e integração de dispositivos entre os diversos sistemas e subsistemas.

O PSD deverá possuir um sistema de monitoração e de diagnóstico adequado para indicar e manter registradas as condições de falha do sistema, a fim de subsidiar os trabalhos de manutenção. O PSD deverá enviar status de alarmes para o Centro de Controle Operacional (CCO).

O comando para abertura e fechamento das Portas de Plataforma será através de um sistema que verificará algumas condições que deverão ser respeitadas para que seja enviado o comando de abertura para as Portas de Plataforma:

- VLT parado dentro da tolerância de parada;
- Velocidade do veículo igual a zero;
- Início de abertura das portas do VLT.

Da mesma maneira, o sistema deverá enviar comando de fechamento para as Portas de Plataforma, quando detectar o início do fechamento das portas do VLT.

O projeto do PSD deverá prever as interfaces adequadas de hardware e software para garantir o cumprimento de todos os requisitos especificados neste documento. Ressalvando, conforme mencionado acima, que não deverá existir qualquer interface elétrica entre os sistemas a bordo do VLT e o sistema de acionamento das portas do PSD.

A alimentação elétrica para o PSD deverá ser a partir do Sistema de Baixa Tensão de cada estação.

Os sistemas vitais da PSD (aqueles que não podem sofrer qualquer dano caso ocorra falta de energia) devem ser ligados no Sistema de Baixa Tensão das estações, onde exista alimentação ininterrupta por no mínimo 30 minutos.

Devem ser considerados os aspectos de proteção elétrica em atendimento à norma EN 50122-1, de forma a evitar que o Sistema PSD coloque em risco a integridade dos usuários e funcionários em relação ao surgimento de possíveis diferenças de potenciais, nas regiões de embarque/desembarque das plataformas.

Todas as partes metálicas da estrutura do PSD, que possibilitem aos usuários e funcionários tocarem simultaneamente o PSD e o VLT, deverão receber algum tipo de revestimento isolante, de maneira a garantir correntes de toque inferiores a 0,5 mA, em atendimento as normas IEEE-80 e EN 50122-1.

Não será aceita a equipotencialização entre trilho de retorno do VLT e estrutura do PSD, no intuito de minimizar o surgimento de Diferença de Potencial.

As portas de Emergência deverão ser revestidas por material eletricamente isolante, no lado voltado para a via.

Toda fachada deve receber tratamento para não acumular e conduzir tensão eletroestática.

Além dos requisitos especificados acima deverão ser atendidos os requisitos especificados no documento ET – Especificação Técnica de Requisitos Gerais de Fornecimento. Quando houver conflito deverá prevalecer os requisitos aqui especificados.

Os servidores do PSD, no CCO, deverão receber o sincronismo horário, através de um servidor com protocolo NTP do SMM. A interligação se dará através da rede de dados do STD.

O PSD deverá possuir índices de Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança (CDMS) de forma a serem compatíveis com os índices dos demais Sistemas com os quais interage, de modo a não influir negativamente no desempenho operacional geral. Devem ser seguidas as normas IEC 62380 e CENELEC (EN 50126 e EN 50129).

Deverá ser apresentada uma análise de CDM para o Sistema como um todo e para cada um de seus componentes, juntamente com os critérios adotados e métodos utilizados para os cálculos.

## 7.1 REQUISITOS TÉCNICOS E FUNCIONAIS - PSD

### 7.1.1 Estrutura

A fachada do PSD deve se estender por toda a plataforma em uma altura mínima de 1,10m, suficiente para garantir a proteção dos usuários e evitar a invasão da plataforma, sendo composta basicamente por:

- a) Conjunto de portas de acesso deslizantes, sendo 02 (duas) folhas de portas deslizantes para cada conjunto, posicionadas de acordo com a distribuição das portas do VLT, com vão livre igual ao das portas do VLT;
- b) Conjunto de portas de emergência pivotantes, sendo 02 (duas) folhas de portas pivotantes para cada conjunto, posicionadas entre os intervalos das portas do VLT;
- c) Complementando a fachada do PSD deverão ser instalados painéis fixos adjacentes até o fechamento completo da plataforma;
- d) Estruturas que atendam às exigências ambientais, fixadas no piso da plataforma ao longo de toda a sua extensão.

Por questões de segurança dos usuários, o Sistema PSD deva ser concebido para resistir a pressões de vento de até 1200 N/m<sup>2</sup> exercidas sobre os painéis em todas as direções.

As estruturas do Sistema PSD deverão suportar carga exercida pelos usuários de até 500 N/Metro linear sem deterioração e de 1500 N/Metro linear aplicado a uma altura de 1 metro uniformemente ao longo do comprimento de toda plataforma sem ruptura.

O Sistema PSD deverá resistir a um impacto de carga de 1500 N aplicado a 1,125 metros acima do nível do piso acabado, sobre uma área efetiva de 100 mm por 100 mm durante 0,2 segundos.

A fixação do PSD na plataforma deve contemplar o gabarito dinâmico do VLT, interferências com sistema de multimídia, sistema de iluminação e de comunicação visual, e respeitar os requisitos de aterramento e isolamento determinados nesta especificação.

As estruturas e equipamentos do PSD devem ser adequadamente isolados e/ou aterrados para evitar potencial de toque.

A fachada do PSD deverá garantir vedação à chuva e à lavagem por máquina automática a ser comprovada no ensaio de estanqueidade de cada módulo do PSD. Deverá oferecer também boa resistência a ação do sol e demais intempéries.

As estruturas das portas devem atender as exigências ambientais, fixadas no piso da plataforma ao longo de toda a sua extensão.

O PSD não deverá introduzir degrau ou desnível entre o piso acabado da plataforma da estação e o piso do vão de passagem do PSD para o VLT. Qualquer necessidade de adequação na borda da plataforma da estação para implantação do PSD é escopo deste fornecimento, com aprovação da Contratante.

A durabilidade do sistema de portas deverá ser de 30 anos, no mínimo, com revisão geral a cada 5 anos.

O Painel de Controle Manual do PSD deverá ser instalado na extremidade da plataforma mais próxima do carro líder. No caso de plataforma central em ambas as plataformas do lado mais próximo do carro líder daquela via.

Deverá existir sinalização luminosa na fachada do PSD, lado da via, alinhada à cabine do condutor do VLT, para indicação ao condutor do VLT que as portas do PSD estão fechadas e travadas.

O Painel de Controle Central do PSD na estação deverá ser instalado na Sala Técnica.

Todas as portas do PSD deverão possuir dispositivo para utilização em situações de emergência. Este dispositivo deverá possuir indicação clara de sua existência, função e emitir alarme visual e sonoro quando acionado.

### **7.1.2 Portas de Acesso**

Todas as portas de acesso do PSD deverão:

- a. Ser deslizantes, motorizadas e sincronizadas entre si;
- b. Possuir dispositivos de abertura manual local (lado da plataforma e lado da via);
- c. Possuir sinalizadores áudio/visual no “headbox”;
- d. Possuir módulo de controle;
- e. Possuir motor elétrico;
- f. Possuir mecanismo de transmissão e travamento;
- g. Ser coincidentes com o eixo das portas do VLT.

Os dispositivos de abertura manual local das portas de acesso do PSD do lado da via, não deverão permitir abertura sem a presença do VLT parado na estação, ou seja, enquanto não houver VLT parado na estação este dispositivo deverá estar inoperante/travado.

O mecanismo de acionamento das Portas de Acesso deverá evitar o impacto das folhas das portas em toda e qualquer operação de abertura e fechamento.

O tempo de abertura e fechamento das portas de acesso deverá ser de 2,5 segundos, com possibilidade de regulagem entre 2,0 e 3,0 segundos, contados a partir do instante do comando.

### **7.1.3 Portas de Emergência**

Todas as portas de emergência do PSD deverão:

- a. Ser pivotantes;
- b. Possuir dispositivos de abertura manual local (lado da via);
- c. Possuir mecanismo de travamento;
- d. Ser coincidentes com o eixo dos intervalos das portas do VLT.

Os dispositivos de abertura manual local das portas de emergência do PSD do lado da via, não deverão permitir abertura sem a presença do VLT parado na estação, ou seja, enquanto não houver VLT parado na estação este dispositivo deverá estar inoperante/travado.

## **7.2 REQUISITOS DE ARQUITETURA DO SISTEMA**

A arquitetura do Sistema PSD deverá ser baseada em conceitos de sistemas distribuídos, com processadores executando funções específicas e se comunicando através da rede de dados do STD. A sua implantação deverá ser baseada em padrões definidos para sistemas abertos desde o nível de rede de comunicações até o sistema operacional utilizado.

Deverão existir concentradores em cada estação aos quais os dispositivos do Sistema de PSD deverão ser conectados.

Os concentradores de cada estação por sua vez, deverão se conectar à rede de dados do STD para envio de alarmes do Sistema PSD para o Sistema de Apoio a Manutenção (SAM), no Centro de Controle Operacional.

Os mesmos concentradores, através da rede do STD, enviarão informações de eventos e alarmes do sistema, ao Centro de Controle Operacional (CCO). Estas informações serão disponibilizadas no Posto de Operação do Sistema de Fluxo de Passageiros (escopo do SCC), possibilitando ao operador do posto a supervisão e monitoração do Sistema PSD das estações.

## **INTERFACES**

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o sistema de controle do PSD e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

## **8 SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO**

O SCA do Sistema do VLT terá por finalidade controlar e permitir o acesso às áreas privativas pelos colaboradores nas Estações, Subestações, Pátio, Centro de Controle Operacional e Saídas de Emergência.

O SCA contempla a utilização de Servidores, IHM de gerenciamentos e operacionais, controladoras de portas e acessórios.

Os dados serão processados pelo Sistema e Controle de Acesso instalado no Servidor e armazenados no banco de dados específico do SCA no CCO. Os dados de todos os acessos, que incluem usuários e regras de acesso, serão gerenciados e cadastrados pela IHM de Gerenciamento do CCO e depois replicados para todas as controladoras de portas, exceto Portas de Plataforma, na qual pertence a outro Sistema.

As controladoras de portas armazenarão estes dados em sua memória interna e realizarão o controle de acesso processando estes dados quando da requisição de acesso do local controlado. Os dados dos acessos realizados pelas controladoras de portas deverão ser enviados ao servidor central no CCO, onde deverão ser armazenados no banco de dados do SCA. Com estes dados, o SCA deverá ser capaz de gerar relatórios gerenciais de todos os locais controlados nas IHMs de Gerenciamento e Patrimonial. Além disso, pela IHM operacional, ter possibilidades de realizar autorizações liberando acesso nos locais controlados no SCA através de comandos diretos na controladora.

O Sistema de Controle de acesso deve atender aos requisitos funcionais, operacionais, técnicos e de segurança estabelecidos nesta Especificação Técnica. O Sistema implantado deve adotar tecnologia atual e consagrada.

O Sistema de Controle de Acesso e seus equipamentos associados devem ser concebidos em conformidade com as normas técnicas nacionais e internacionais aplicáveis.

### **8.1 ESPECIFICAÇÕES FUNCIONAIS**

#### **Funções Básicas do Sistema de Controle de Acesso**

O SCA deverá exercer as seguintes funções básicas:

- a) Controle do acesso às áreas privativas feitas pelos colaboradores, visitantes e fornecedores no VLT de Brasília;
- b) Monitoramento de entrada de saída de todos os locais controlados (autorizados, não autorizados, intrusão, porta aberta, entre outros);

- c) Botão de Emergência localizado na saída de todos os locais controlados. Uso exclusivo em caso de emergência (falha, incidentes, acidentes). Invólucro em caixa com proteção do botão (vidro ou acrílico) de acionamento manual do botão com sinal sonoro local. O acionamento irá destravar a porta, independentemente da passagem do cartão de identificação na leitora. O SCA deverá monitorar esta ação em caso de abertura da porta controlada sem o uso do cartão;
- d) Módulo de gerenciamento completo do sistema de controle de acesso no CCO;
- e) Módulo de operação do sistema de controle de acesso feito pelo Posto Patrimonial do VLT de Brasília;
- f) Módulo de cadastro de visitantes na recepção do Pátio, Portaria veicular do Pátio e recepção do CCO;
- g) Permitir funcionalidades de operação conforme perfil do operador;
- h) Atualização dos cadastros de acesso em todas as controladoras dos locais controlados on-line;
- i) A controladora deverá ter capacidade para armazenar todas as regras e cadastros dos SCA e funcionar Off-Line, sem prejuízo ao seu funcionamento do sistema;
- j) Captura e arquivamento de todos os dados gerados pelo Sistema no servidor central;
- k) A controladora deverá ter capacidade para armazenar todos os eventos e funcionar Off-Line. Quando do restabelecimento da comunicação com o servidor central, enviar todos os eventos, assim sem prejuízo ao seu funcionamento do sistema;
- l) Integrar com outros sistemas do VLT de Brasília (SAM, SCC, SMM, entre outros).

### **8.1.1 Arquitetura Geral do SCA**

O SCA é o responsável pelo controle de acesso das áreas privativas dos colaboradores nas estações, subestações, pátio, CCO, saídas de emergência e acessos às estações.

A partir da IHM de operação do Posto Patrimonial, fornecida pelo SCC no CCO, o operador irá monitorar todas as portas das áreas controladas. Adicionalmente, permite ele atuar diretamente nos equipamentos, ou seja, abertura de portas das áreas controladas e também visualizar relatórios de todos os acessos dos locais controlados.

O Sistema de Controle de Acesso controlará todas as portas de acesso às estações, portas de Salas Técnicas, portas dos Postos de Serviços, portas das saídas de emergências, definidas em projeto pertencentes ao domínio de uma Estação, Subestação Pátio e CCO, todos pertencentes ao VLT de Brasília.

O SCA é composto por equipamentos e programas. Os equipamentos de gerenciamento estão localizados no CCO onde este são os servidores, IHMs de Gerenciamento e do Posto Patrimonial. Os equipamentos de cadastramento de visitantes estão localizados no Pátio e CCO onde estes são as IHMs das recepções e portaria veicular. Os equipamentos que controlarão os locais controlados estão localizados nas Estações, Subestações, Pátio e CCO e são eles: controladoras de portas, leitoras de entrada e saída, fechos de liberação das portas, sensores de abertura, botão de emergência e mola de retorno de porta. A funcionalidade desses equipamentos é definida pelos programas neles executados.

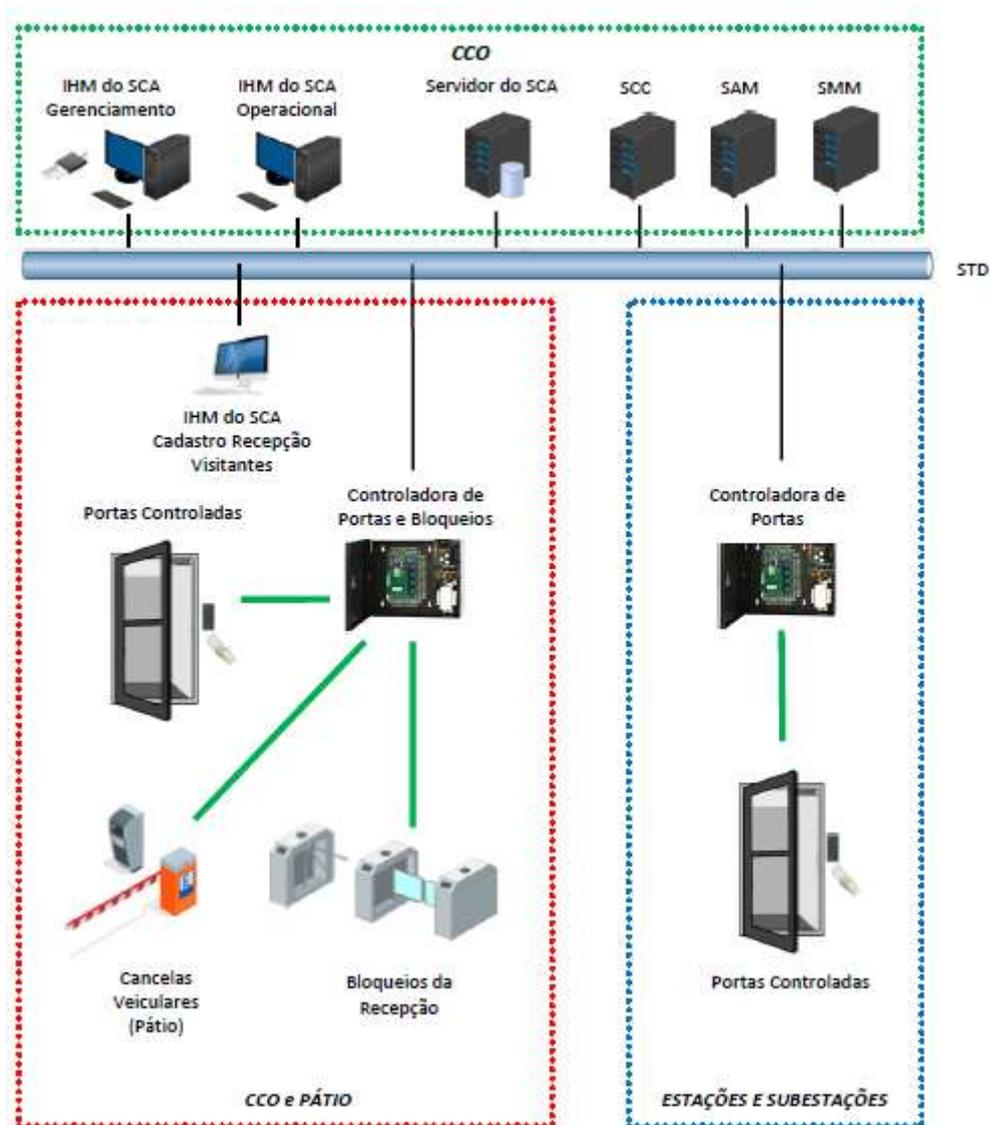
Cada controladora enviará para o servidor central no CCO as mensagens com todos os eventos, falhas e ou intrusão das portas. Ele irá armazenar todas as regras de acesso localmente caso o servidor ficar inoperante. Após o restabelecimento da comunicação este retornará a enviar as mensagens para o servidor central.

No CCO, os diversos sistemas (SCC, SAM, SMM) se comunicam com o servidor do SCA, recebendo as informações de todas as portas, armazenadas no banco de dados deste servidor.

O equipamento Servidor e IHM para o controle operacional do Posto Patrimonial é de responsabilidade do fornecimento do SCC.

As IHMs de cadastro nas recepções do Pátio e CCO do SCA terão acesso somente para incluir informações do visitante no sistema. Tais como nome do visitante, documento, referências (telefone, empresa, endereço, responsável pela autorização). Mas não terá permissão para alterar nenhum dos controles programados. Estas alterações somente poderão ser efetuadas no Posto de Controle Operacional da Patrimonial no CCO.

A figura, abaixo, apresenta a arquitetura geral do SCA.



## 8.2 ESPECIFICAÇÕES OPERACIONAIS

Neste capítulo são especificadas, de forma sucinta, as operações a serem executadas pelos equipamentos do Sistema de Controle de Acesso. São especificados os cartões utilizados

para acionar o Sistema, bem como, os equipamentos que são primordiais para a operação de validação dos mesmos, quando de sua utilização no sistema.

### **8.2.1 Cartão Inteligente**

A Aplicação instalada no Cartão Inteligente deverá ser reconhecida somente por meio de interface sem contato, quando utilizada ao acesso do local controlado.

As características físicas dos cartões com circuito integrado de acoplamento remoto deverão seguir alguns requisitos:

- Seguir conforme as normas ISO7810-1 e ISO 14443-1 – Características Físicas;
- Frequência da portadora para a transmissão de energia e de dados: 13,56 MHz;
- Velocidade mínima de transferência de dados: 106 kbps;
- Proteção contra colisão quando houver vários cartões presentes no campo de energia do leitor (anticolisão);
- O Cartão Inteligente deverá ser implantado com recursos eletrônicos e de programação (hardware e software) que permitam atender os requisitos do Sistema;
- Os cartões deverão suportar a leitura e a gravação eletrônicas de informações criptografadas dos dados, segundo os padrões de inviolabilidade normalmente aceitos pelos sistemas brasileiros de automação bancária e comercial e definidos nas normas mencionadas, acima.

Além destas características deverá conter identificação única para cada cartão, emitido pelo órgão Gestor do Sistema do VLT de Brasília.

Os detalhamentos dos itens, abaixo listados, estão contemplados na Especificação Técnica do Sistema de Controle de Acesso (SCA):

- Identificação do cartão
- Utilização do Cartão
- Aplicação Acesso
- Aplicações Agregadas
- Lista Negra Ativa de Cartões Irregulares
- Módulo de Validação / Acesso
- Controladora de Acesso.
- Botão de Emergência
- Servidor e IHM de Gerenciamento.
- Registros nas Controladoras
- Informações operacionais
- Registros na Aplicação Agregados

## **8.3 DESEMPENHO OPERACIONAL**

O projeto e a implantação do Sistema de Controle de Acesso deverão ser desenvolvidos de forma que seja atendido o desempenho operacional a seguir descrito.

### **Cartão com Aplicação Acesso**

Rejeições na validação de cartões com Aplicação Acesso de até 0,1% do tempo programado, excluídas aquelas claramente atribuíveis a defeito de fabricação e a má conservação de cartões.

### **Controladoras de Portas**

Indisponibilidade ao uso pelos usuários em até 0,5% do tempo programado de operação comercial, por mês. Exclui-se o tempo despendido em manutenções preventivas, programadas e aprovadas previamente pelo Operador e o tempo de indisponibilidade causada por casos fortuitos que independam de ação do Concessionário ou do Operador, e o tempo de ações administrativas e logísticas no processo de restabelecimento após a ocorrência de falha. Considerar apenas o MTTR – Tempo Médio Entre Falhas.

## **8.4 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS**

Este capítulo apresenta as especificações técnicas gerais do Sistema de Controle Acesso. Estas especificações se referem aos sistemas e equipamentos relacionados às funções de Controle de Acesso, compreendendo requisitos gerais da arquitetura, do software, da operação, da confiabilidade/disponibilidade e da segurança do sistema.

### **8.4.1 Função Geral do SCA**

O SCA do Sistema do VLT terá por finalidade controlar e permitir o acesso às áreas privativas pelos colaboradores nas Estações, Subestações, Pátio, Centro de Controle Operacional e saídas de emergência.

A tecnologia do SCA do Sistema do VLT deverá permitir a total integração com os modais existentes, compatibilizando com os sistemas utilizados no VLT de Brasília.

O SCA contempla a utilização de Servidores, IHM de gerenciamentos e operacionais, controladoras de portas e acessórios.

Os dados serão processados pelo Sistema e Controle de Acesso instalado no Servidor e armazenados no banco de dados específico do SCA no CCO. Os dados de todos os acessos, que incluem usuários e regras de acesso, serão gerenciados e cadastrados pela IHM de Gerenciamento do CCO e depois replicados para todas as controladoras de portas.

As controladoras de portas armazenarão estes dados em sua memória interna e realizar o controle de acesso processando estes dados quando da requisição de acesso do local controlado. Com isso os dados processados dos acessos realizados através das controladoras de portas deverão ser enviados ao servidor central no CCO, onde deverão ser armazenados no banco de dados do SCA. Com estes dados o SCA deverá ser capaz de gerar relatórios gerenciais de todos os locais controlados, onde através das IHMs de Gerenciamento e do Posto Patrimonial poderem visualizar estes relatórios de acessos. Além disso, pela IHM operacional, ter possibilidades de realizar autorizações liberando acesso dos locais controlados no SCA através de comandos diretos na controladora.

O SCA deverá prever que receberá sincronismo horário através do servidor NTP que deverá ser instalado no CCO, objeto de outra especificação.

### **8.4.2 Requisitos**

Os detalhamentos dos requisitos, abaixo listados, estão contemplados na Especificação Técnica do Sistema de Controle de Acesso (SCA):

- *Devendo ser ressaltado: Quando do desenvolvimento do projeto executivo deverá ser descrita, em detalhes, como cada um dos requisitos descritos, neste item, deverão ser atendidos, ressaltando as eventuais exceções, plenamente justificadas, e com solução de continuidade.*
- Requisitos Gerais de Arquitetura do Sistema
- Requisitos de Software
- Requisitos de Operação
- Requisitos de Confiabilidade e Disponibilidade
- Requisitos de Uso e Acessibilidade
- Requisitos de Alimentação Elétrica

## **8.5 ESCOPO DE FORNECIMENTO**

A relação a seguir constitui-se de uma simples estimativa dos equipamentos e serviços necessários à implantação do sistema, não sendo limitativa, para o fornecimento de todos os produtos e serviços necessários ao desenvolvimento e implantação do SCA no CCO, no Pátio, nas Estações e Subestações. Devendo ser entregue em perfeito funcionamento e operando de forma integrada com os demais sistemas, de acordo com os requisitos desta Especificação Técnica.

O projeto do SCA deverá prever as interfaces adequadas de hardware e software para garantir o cumprimento de todos os requisitos especificados neste documento.

Os requisitos de projeto, fabricação, montagem, instalação, inspeção, aceitação, documentação, treinamento, embalagem, transporte, seguros, operação assistida, sobressalentes, garantias e outros, estão detalhados no documento de Requisitos Gerais de Fornecimento que terá aplicação geral para todos os sistemas e equipamentos, desta forma é parte integrante desta Especificação Técnica.

São partes integrantes deste fornecimento o projeto, montagem, instalação, testes de fábrica e de campo, documentação técnica, treinamento, operação assistida, sobressalentes, bem como as garantias dos equipamentos, serviços e acessórios objetos desta especificação técnica.

As quantidades e características técnicas dos produtos e serviços são apresentadas apenas como referência para elaboração do projeto executivo.

### **8.5.1 Geral**

O Sistema de Controle de Acesso (SCA) tem como objetivo principal efetuar o controle do acesso às áreas privativas das Estações, Subestações, Pátio, Centro de Controle Operacional (CCO) e saídas de emergências do VLT do Distrito Federal pelos colaboradores, fornecedores e visitantes.

Nas Estações, o Sistema de Controle de Acesso controlará as portas de acesso, as portas das salas técnicas, as portas dos postos de serviços e das saídas de emergências. O mesmo se aplicará nas subestações.

No Centro de Controle Operacional, o Sistema de Controle de Acesso controlará o acesso principal na recepção do prédio (catracas normais e de acessibilidade), as portas das salas de controle operacional, as portas das salas técnicas e saídas de emergências.

No Pátio, o Sistema de Controle de Acesso controlará o acesso principal na recepção do prédio (catracas normais e de acessibilidade), as portas das salas técnicas, os acessos de veículos (portaria) e saídas de emergência.

Todos os acessos controlados serão definidos em projeto pertencentes ao domínio de uma Estação, Subestação, CCO e do Pátio, todos pertencentes do VLT do Distrito Federal.

Todos os dados registrados serão centralizados e armazenados no servidor do SCA, localizado no CCO.

*O equipamento Servidor, preferencialmente deverá ser do fornecedor do SCC. Somente o software a ser instalado no Servidor faz parte do escopo do SCA. Devendo assim incluir todos os requisitos mínimos do equipamento para a execução do SCA.*

O Sistema de Telecomunicação definirá padronização, características, metodologia, materiais, entre outros requisitos que deverão ser obedecidos para a ligação física do SCA no Sistema de Transmissões e Dados (STD).

Sendo assim, nas Estações e Subestações, o STD deverá disponibilizar pontos de rede Ethernet e a partir destes, os equipamentos do SCA deverão se conectar e comunicar com o Servidor no CCO.

No Centro de Controle Operacional e no Pátio, o STD deverá disponibilizar pontos de rede Ethernet e a partir destes, os equipamentos do SCA deverão se conectar, e comunicar com o servidor.

Os equipamentos de cadastramento de visitantes e fornecedores se localizaram nas recepções do Pátio e CCO (IHM da Recepção do Pátio e CCO), desde que exista autorização previamente feita pelo responsável da área.

Cada controladora de acesso enviará para o servidor mensagens com todos os eventos, falhas e ou intrusão dos acessos. Ele irá armazenar todas as regras de acesso localmente caso o servidor central ficar inoperante. Após o restabelecimento este retornará a enviar as mensagens para o servidor central.

No CCO, os sistemas (SAM, SCC e SMM) se comunicam com o servidor do SCA, recebendo as informações de todas as estações, armazenadas no banco de dados deste servidor.

## **INTERFACES**

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o Sistema de Controle de Acesso (SCA) e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

## 9 SISTEMA DE REDE DE DUTOS (BANCO DE DUTOS)

### 9.1 OBJETIVO

As Redes de Bancos de Dutos têm como objetivo prover a infraestrutura necessária ao encaminhamento de todos os tipos de cabos proveniente de todos os sistemas envolvidos no Projeto do VLT-Brasília, como: Sistema Sinalização e Controle, Sistemas de Telecomunicações, Sistema de Semaforização, Sistema de Energia e Sistemas auxiliares, entre outros.

Ressaltamos que o caminhamento do cabo de aterramento longitudinal será lançado abaixo da rede de bancos de dutos primárias, BD1 e BD2, conforme descrito no item 4.8.2.5.

### 9.2 COMPOSIÇÃO DAS REDES DE BANCO DE DUTOS

- **Rede Primária:** Longitudinal as vias férreas do VLT, em toda sua extensão. Subdividida em:
  - **Banco de Dutos do Sistema de Energia - Via 1 (BD1):** No sentido normal de tráfego dos trens a Rede de Dutos do Sistema de Energia será lançada longitudinalmente do lado esquerdo da via 1 onde contiver o canteiro central e do lado direito da via 1 onde não contiver o canteiro central. Agrupando os cabos de média tensão 13,8Kv, cabos de tração 750Vcc, cabos de comando, cabo de coleta de correntes parasitas, cabo de fibra óptica do sistema de energia e cabo de fibra óptica do sistema de transmissão de dados (redundância ativa).
  - **Banco de Dutos dos Sistemas Fixos - Via 2 (BD2):** No sentido normal de tráfego dos trens a Rede de Dutos dos Sistemas Fixos será lançada longitudinalmente do lado esquerdo da via 2 onde contiver o canteiro central e do lado direito da via 2 onde não contiver o canteiro central. Agrupando os cabos do sistema de sinalização e controle, do sistema de telecomunicações, do sistema de semaforização, dos sistemas auxiliares e cabo de fibra óptica do sistema de transmissão de dados.
- **Rede Secundária:** Transversais e diagonais as vias férreas do VLT. Estabelece a infraestrutura de caminhamento dos cabos entre as redes BD1 e BD2, armários técnicos das estações, subestações retificadoras, entre outros aos respectivos equipamentos de campo, de todos os sistemas. Distribuída no canteiro central e entre vias para atender as interconexões dos equipamentos de campo, por exemplo: sinaleiros, aparelhos de mudança de vias (máquina de chave), contadores de eixos, câmeras de CFTV, antenas do sistema de rádio, entre outros sistemas, inclusive para subida nos postes para alimentação do fio de contato. Estas redes de bancos de dutos serão projetadas quando

da execução do projeto executivo de instalações, após todas as definições e locações dos diversos equipamentos ao longo das vias.

Os dutos deverão ser fabricados em PEAD (Polietileno de Alta Densidade), de seção circular, corrugado, dupla parede, anelado externamente e liso internamente, flexível, impermeável e destinado à proteção de cabos subterrâneos.

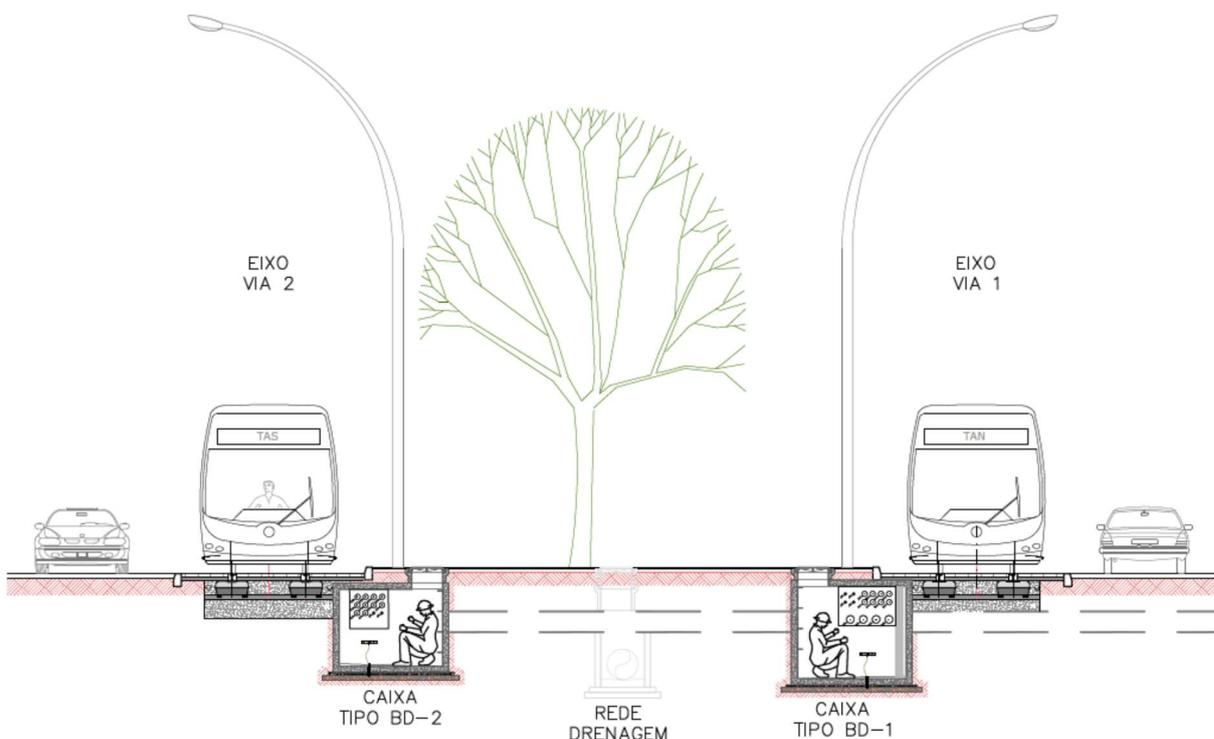
As infraestruturas referentes aos equipamentos de energia, controle, bem como os sistemas de forma global são semelhantes aos sistemas metroferroviários. Desta forma, as redes de dutos deverão obedecer às normas aplicadas para esse tipo de sistema, como: ABNT NBR 13.897 e 13.898, bem como a norma ABNT NBR 14.692 referente ao tempo de oxidação induzido. Sendo ainda obrigatório o fornecimento de atestados que atendem as normas citadas.

### 9.2.1 Banco de Dutos do Sistema de Energia-Via1 (BD1)

No sentido normal de tráfego a via 1 fica do lado direito e via 2 do lado esquerdo sentido Aeroporto / Noroeste. Sendo o DB1 lançado longitudinalmente a via 1, em toda a sua extensão.

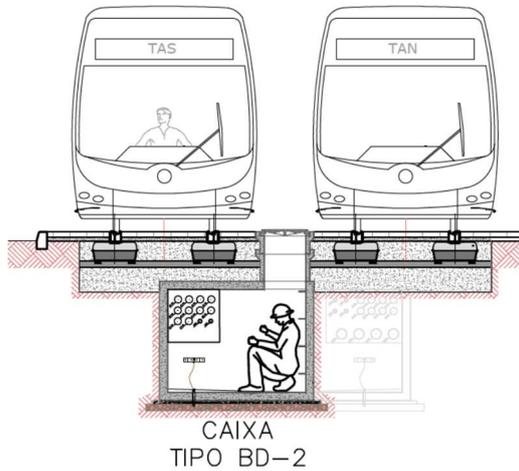
No trecho W3Sul/Norte até Noroeste o BD1 estará locado na extremidade direita do canteiro central, conforme figura 9.1

**Figura 9-1: Locação dos Bancos de Dutos Trecho W3 Sul e Norte Sentido: Hípica/TAN**

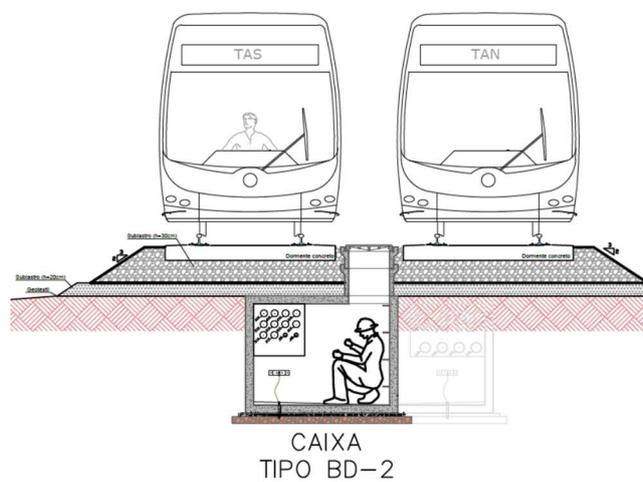


No trecho Aeroporto até chegada na estação 516S o BD1 estará locado no centro das vias (entrevias) do VLT, seja em via rígida (LVT) ou em lastro, conforme figuras 4-2 e 4-3.

**Figura 9-2: Locação dos Bancos de Dutos Trechos Aeroporto e TAS Sentido: Aeroporto/Hípica em LVT**



**Figura 9-3: Locação dos Bancos de Dutos Trechos Aeroporto e TAS Sentido: Aeroporto/Hípica em Lastro**



Os bancos de dutos BD1 e BD2 estarão sob as respectivas vias, enquanto que as caixas de passagem serão defasadas.

As redes de interconexões entre a rede BD1 e as SRs serão compostas por caixa de passagem de derivação (CPD) que deverá suportar o caminhamento dos cabos de média tensão, tração e comandos, sendo disponibilizado dutos para atender: 4x feeder, 2x ligação APS e catenária (750Vcc), 2x retorno de tração (trilho), 2x comando, 2x fibra óptica e 2x reserva. Totalizando 14 dutos, sendo 4x160mm, 8x110mm e 2x50mm (diâmetros nominais).

Fora da locação de todas as SRs, restante dos trechos, deverá ter caixa de passagem (CP) que suporte o caminhamento dos cabos de média tensão, APS e catenária e comandos, sendo disponibilizado dutos para atender: 4x feeder, 2x ligação APS e catenária (definição de setor elétrico), 1x comando, 2x fibra óptica e 1x reserva. Totalizando 10 dutos, sendo 4x160mm, 4x110mm e 2x50mm (diâmetros nominais).

As caixas de passagem das redes primária nas plataformas das estações, principalmente da rede BD1(Energia), deverão ter tampas rentes com os pisos.

### **9.2.1 Banco de Dutos do Sistemas Fixos-Via2 (BD2)**

No sentido normal de tráfego a via 1 fica do lado direito e via 2 do lado esquerdo sentido Aeroporto / Noroeste. Sendo o DB2 lançado longitudinalmente a via 2, em toda a sua extensão.

No trecho W3Sul/Norte até Noroeste o BD2 estará locado na extremidade esquerda do canteiro central, conforme figura 4-1.

No trecho Aeroporto até chegada na estação 516S o BD2 estará locado no centro das vias (entrevias) do VLT, seja em via rígida (LVT) ou em lastro, conforme figuras 4-2 e 4-3.

A rede de dutos BD2, em toda a sua extensão, será composto para atendimento aos Sistemas Fixos (Telecomunicações, Radiocomunicação, Semaforização, STD e Auxiliares). A distribuição dos dutos ocorrerá quando do projeto executivo e sendo disponibilizado 2 dutos para atendimento específico do sistema de transmissão de dado (fibra óptica ativa) e 10 dutos para atendimento aos Sistemas. Totalizando 12 dutos, sendo 10x110mm e 2x50mm (diâmetros nominais).

Próximo ao Quiosque Técnico (sala técnica – Armários técnicos) de todas as estações haverá caixas de passagem ou valas técnicas ou porão de cabos do quiosque da rede BD2.

Em determinadas caixas, ao longo das vias, ocorrerá a interconexão entre a caixa de passagem da via 1 (DB1) com a caixa de passagem da via 2 (DB2) com dois dutos de DN110 para atendimento aos sistemas de Telecomunicações (ex: antenas do sistema de radiocomunicação e CFTV) e sistema semafórico. Sendo esses detalhados quando do projeto executivo.

### **9.2.2 Rede de Dutos Secundária**

A rede de dutos secundária tem como objetivo prover o meio da interconexão dos equipamentos de campo com seus controladores instalados nos quiosques técnicos (armários técnicos), armários instalados no campo e subestações retificadoras (SRs) e com inserções na rede primária. Sendo essas locadas nas entevias das vias 1 e 2, canteiro central e laterais das vias férreas e rodoviária.

Objetiva atender as interconexões com os equipamentos de campo, por exemplo: sinaleiros, máquinas de chave, câmeras de vídeo, entre outros.

Distribuídas transversalmente ao longo das vias. O detalhamento será apresentado quando do projeto executivo, depois de estabelecido o posicionamento dos equipamentos de campo no projeto geométrico pelos projetistas de sistemas de sinalização, energia, telecomunicações, semaforização e auxiliares, que definem suas necessidades e encaminhamentos necessários, com base no projeto geométrico. Após essa etapa é feita a compatibilização com os outros sistemas interferentes, como: Drenagem, bases trapezoidais de apoio, faixas de servidão, entre outros.

### **9.2.3 Espaçamento entre Caixas de Passagens das Redes de Dutos**

Obedecerá a seguinte distribuição:

- BD1 (Via1): Espaçamento entre caixas de passagem de 50 em 50 metros em tangente. Podendo apresentar variação em curva.
- BD2 (Via2): Espaçamento entre caixas de passagem de 50 em 50 metros em tangente. Podendo apresentar variação em curva.

Essas caixas objetivam propiciar o lançamento, distribuição, inspeção e retrabalho, entre outras atividades. O detalhamento será apresentado no item 4.8.5.

### **9.2.4 Aterramento Longitudinal**

O aterramento longitudinal corresponde ao cabo terra lançado ao longo das vias que comporá a malha de terra de média tensão - TEM (Aterramento) e SPDA. Será lançado ao longo das vias e abaixo das redes primárias (BD1 e BD2), objetivando propiciar o meio para aterrar os equipamentos de baixa tensão e eletrônicos. Sendo lançado, no mínimo, a 60 cm abaixo das fundações das edificações, fato esse atendido, pois o cabo de cobre nú (Cu #35mm<sup>2</sup>) que compõe o aterramento longitudinal será lançado diretamente no solo e abaixo da rede de dutos das vias 1 e 2, com inserção nas caixas de passagem (barra de terra) e nas edificações, sendo detalhado no Projeto Executivo.

## **9.3 FORMAÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS REDES DE DUTOS**

A Rede de Dutos será composto por dutos fabricado em PEAD (Polietileno de Alta Densidade), na cor preta, de seção circular, corrugado, dupla parede, anelado externamente

e liso internamente, flexível, impermeável, com excelente raio de curvatura e destinado à proteção de cabos subterrâneos de energia ou telecomunicações, e largamente utilizado na infraestrutura de redes ferroviárias, indústrias, rodovias, aeroportos, entre outros.

Todos os eletrodutos devem ser fornecidos e instalados com fios guia para facilitar a operação de puxamento de cabos.

Devem ser instaladas fitas de aviso “PERIGO” para energia elétrica e telecomunicações sobre os respectivos bancos de dutos para proteção contra futuras escavações.

*Nota: Referência comercial: Kanaduto. Fabricante: Kanaflex.*

### **9.3.1 Bancos de Dutos das Redes Primárias**

- BD1 (Via1): 10 dutos, sendo 4 DN 160mm, 4 DN 110mm + 2 DN 50mm
- BD Derivação (Via1\_SRs): 14 dutos, sendo 4 DN 160mm, 8 DN 110mm + 2 DN 50mm
- BD2 (Via 2): 12 dutos, sendo 10 DN 110mm + 2 DN 50mm

### **9.3.2 Descrição dos Dutos**

Fornecido, preferencialmente em rolo de 50 ou 100 metros de comprimento, com seus respectivos acessórios, como: luva de emenda, tampão, kit de vedação, conexões, cabo guia e entre outros.

Os dutos deverão atender as normas ABNT 13.897, 13.898 e 14.692, em sua última versão, não sendo aceito normas similares e normas internacionais não reconhecidas pelos órgãos reguladores brasileiros.

### **9.3.3 Características Técnicas dos Dutos**

Os dutos deverão cumprir as seguintes propriedades:

- Elevada resistência à compressão diametral;
- Alta resistência ao impacto;
- Alta rigidez dielétrica;
- Baixa resistividade, facilitando a dissipação térmica;
- Elevada resistência a produtos químicos;
- Simples manipulação;
- Maior leveza;
- Maior rapidez na instalação;

Principais vantagens:

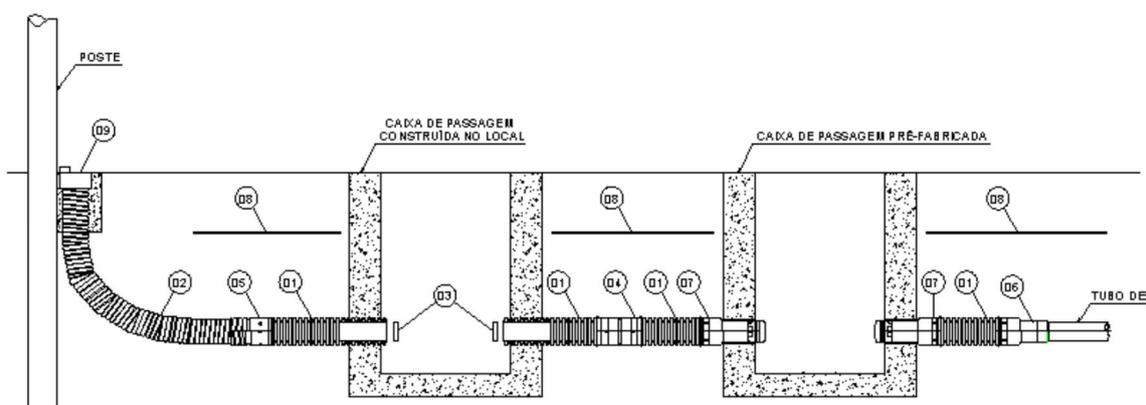
- a) Graças a sua elevada resistência à abrasão, tanto na face externa como na interna, tornam-se extremamente reduzidos os danos por ocasião da instalação;
- b) Devido a sua estrutura corrugada e de passos estreitos, possui grande resistência às cargas e alto grau de segurança contra afundamentos do solo;
- c) Dispensa totalmente o envelopamento em concreto ao longo da linha;
- d) Comparado com outros dutos de mesma aplicação, seu peso unitário é menor, resultando em facilidade de transporte, manuseio e instalação;

- e) Grande resistência a produtos químicos;
- f) Arame guia de aço galvanizado e revestido em PVC fornecido no interior do duto;
- g) Acompanha fita de aviso "PERIGO" para energia ou telecomunicações (opcional);
- h) Fornecido tamponado nas extremidades.

## 9.4 MODELO DE INSTALAÇÃO DA REDE DE DUTOS

A figura 9-4 apresenta o caminhamento típico de instalação de dutos entre caixas e conexões finais.

**Figura 9-4 – Esquema Típico de Instalação**



Legenda:

Item	Produto	Finalidade
1	Duto Helicoidal	Duto para passagem e proteção de cabos
2	Duto Helicoidal	Duto para passagem e proteção de cabos
3	Plug	Tampar dutos: instalação e reserva
4	Luva de emenda	Unir
5	Luva de transição	Unir
6	Luva de transição	Unir com Tubo de PVC Liso
7	Conexão	Conectar com caixa de passagem
8	Fita de aviso	Proteção contra futuras escavações
9	Subida Lateral	Conectar com tubos rígidos

### 9.4.1 Abertura de Vala – Rede de Dutos Primária

A largura e a profundidade da vala são definidas pela quantidade de dutos e pelo tipo das caixas de passagem.

A altura de reaterro deverá ter em média 60 cm, e em casos onde o nível de cargas for muito elevado, poderá variar de 65 a 120 cm.

Antes de ser efetuado o assentamento dos dutos no interior da vala, o fundo da mesma deverá estar nivelado, compactado e limpo (sem a presença de agentes externos), a fim de evitar que a linha de dutos seja danificada durante a colocação e compactação.

Se o fundo da vala for constituído de material rochoso ou irregular, aplicar uma camada de areia ou terra limpa e compactar, assegurando desta forma o nivelamento e a integridade dos dutos a serem instalados.

Caso haja presença de água no fundo da vala, recomenda-se a aplicação de uma camada de brita, recoberta com areia, para drenagem, a fim de permitir uma boa compactação.

#### 9.4.2 Acomodação e Assentamento no Interior da Vala

Como característica básica os dutos deverão dispensar totalmente o envelopamento em concreto, portanto, a compactação entre as linhas de dutos deverá ser efetuada manualmente com terra ou areia limpa é possível ainda a colocação de um lamina de concreto.

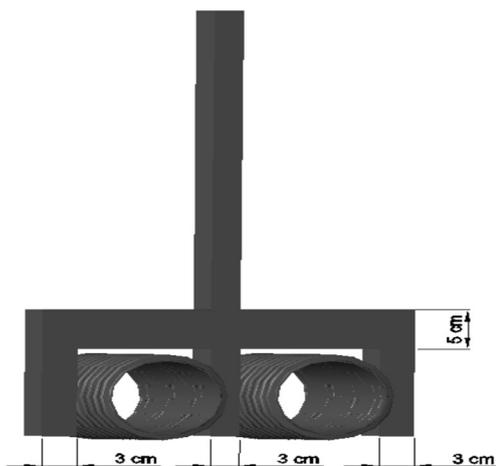
Os espaçadores permitem o alinhamento e o preenchimento de todos os espaços vazios, evitando desta forma, futuros afundamentos de solo e/ou movimentação dos dutos durante o puxamento de cabos.

As distâncias entre um espaçador e outro, em trechos retos, deve ser a cada 1,5m.

Os espaçadores podem ser pontalotes de madeira, pré-moldados de madeira ou concreto, garfos ou pentes de madeira ou ferro, podendo ser removidos e reutilizados ao longo da linha.

Para maior rendimento na instalação, recomendamos a utilização de “garfos” ou “pentas”, conforme demonstrado na Figura 9-36.

Figura 9-5 - Garfo ou Pente



#### 9.4.3 Acomodação e Assentamento no Sub-lastro

Conforme mencionado como característica básica os dutos deverão dispensar totalmente o envelopamento em concreto. É lançado próximo ao lastro, possui excelente raio de curvatura facilitando a interconexão com as caixas de passagens e caixas secundárias. Sendo através dessas caixas a interconexão com os equipamentos de campo através de conectores ou chicotes flexíveis, fornecido e instalado após acordados com os fornecedores dos equipamentos de campo.

Nesta fase dos trabalhos adotou-se como profundidade mínima do banco de dutos a cota de 800mm, ou seja, a medida da geratriz superior dos eletrodutos da camada mais próxima da superfície até à cota mais alta da sarjeta.

Sendo a profundidade máxima dos bancos de dutos definida em função das interferências com tubulações do sistema de drenagem de águas pluviais. Especificamente das ligações das bocas de lobos às galerias.

#### 9.4.4 Regras para Segregação e Separação de Cabos

A distribuição de eletrodutos em cada um dos bancos é definida considerando-se as restrições de compatibilidade eletromagnética (CEM) entre cabos de diferentes funções, especialmente mantendo distância entre os dutos de cabos de comando, controle e os cabos de energia. As tabelas a seguir indicam as principais classes em que são divididos os cabos e as distâncias a serem respeitadas entre eles.

**Tabela 9-1: Classificação segundo Tipos de Sinal**

Tipo	Classe	Tipo de Sinal	Exemplos	Exemplos de Subsistemas Fornecidos pela Alstom
Sensível	1	Circuitos analógicos níveis baixos ~1mV escala de sensibilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sinais de baixo nível analógico (saída em milivolts)</li> <li>Sinal de medição de sensores</li> <li>Cabos de sinal analógico de áudio e vídeo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cabos do laço indutivo para detecção de pedido de rota</li> <li>Cabos dos contadores de eixos</li> </ul>
	2	Circuitos analógicos/Digitais de níveis baixos ~1V escala de sensibilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sinais analógicos padrão (4-20 mA, 1-10 V)</li> <li>HF e UHF transmissor e receptor de sinal por cabos (exceto cabos protegidos)</li> <li>Cabos de comunicação digital (RS232, Ethernet).</li> <li>Sinais de controle CA/CC de nível de tensão igual ou inferior a 110 V (sem cargas indutivas, tais como relés auxiliares)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cabos das antenas do rádio Tetra</li> </ul>
Indiferente	3	Circuitos de controle discreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sinais de controle CA/CC sinalização para relés, contadores... (por exemplo, relé de comando, fio piloto, etc.) de nível de tensão superior a 110 V</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cabos de controle</li> </ul>
		Circuitos de baixa potência	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentação CA/CC 1 kV e 20A</li> <li>Circuitos de baterias (do carregador para a bateria e da bateria para a UPS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Linha Piloto APS</li> <li>Correntes Parasitas</li> <li>Cabos de alimentação das máquinas de chave e câmeras CFTV</li> </ul>
Ruidoso	4a	Circuitos de média potência	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentação CA/CC &lt; 1 kV &gt; 20A</li> <li>Iluminação</li> <li>Arranque de motores com modelação de pulso (<math>\leq 5</math> kW)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa Tensão Normal</li> <li>Baixa Tensão Socorrida</li> </ul>
	4b	Circuitos de alta potência	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cabos do alimentador de tração CC (ex. 750 V<sub>CC</sub>)</li> <li>Arranque de motores com modelação de pulso (&gt; 5 kW)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentadores 750V<sub>CC</sub> APS</li> </ul>
	5	MT	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cabos de distribuição de energia em MT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rede de Alimentação das subestações em 13,8kV estações e paradas de passageiros</li> </ul>

Observação:

Os cabos de fibra ótica são considerados do tipo indiferente, pois, não emitem qualquer perturbação e são imunes diante dos outros cabos.

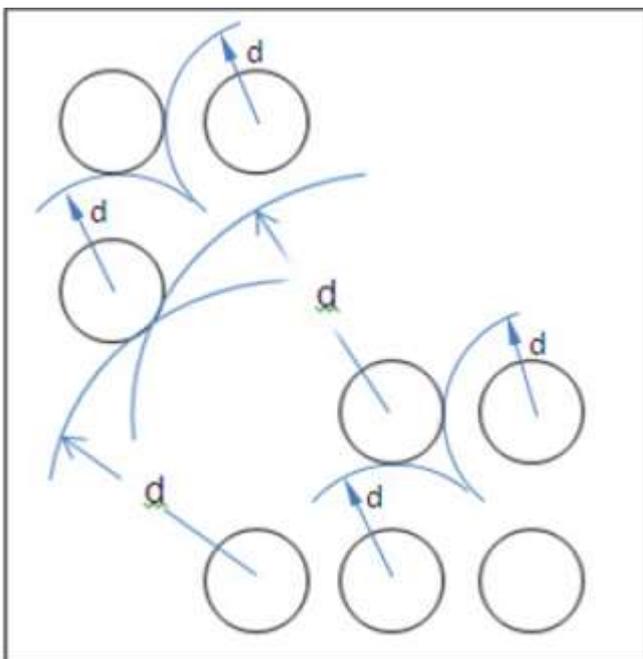
**Tabela 9-2: Distância "d" (mm) de separação mínima entre as classes**

Classe	1	2	3	4a	4b
2	100				
3	100	100			
4a	200	200	200		
4b	250	250	250	250	
5	750	750	750	750	350

As distâncias se aplicam também com relação às redes existentes de outras concessionárias, motivo pelo qual as classes de cabos dessas redes e sua localização devem ser conhecidas.

A Figura abaixo exemplifica a distância entre os eletrodutos.

**Figura 9-6 - Exemplo Segregação de Cabos**



## 9.5 CAIXAS DE PASSAGEM E CAIXAS DE DERIVAÇÃO

### 9.5.1 Critérios de Dimensionamento das Caixas de Passagem

Adota-se como premissas básicas para o dimensionamento das caixas de passagem os pontos a seguir:

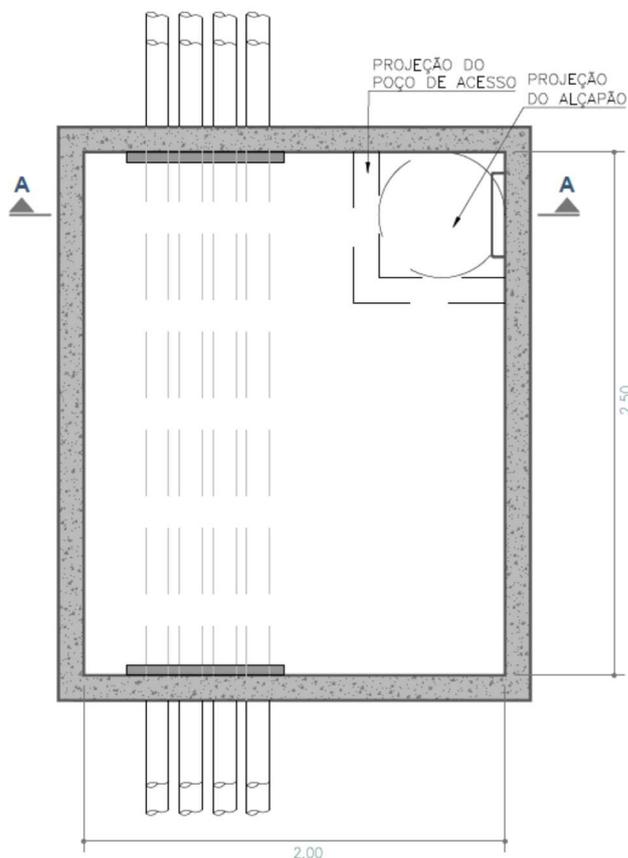
- Os bancos de dutos poderão ser locados sob o leito rodoviário adjacente ao leito do VLT. Essa condição é válida para ambos os lados.
- tampão de acesso à caixa de passagem poderá estar no pavimento, tanto para caixas de passagem locadas do lado da via 1 ou do lado da via 2.
- Foram consideradas as necessidades ergonômicas para instalação e puxamento dos cabos tanto na fase de implantação como para fases futuras de manutenção. Para tanto, recomenda-se pé-direito mínimo de 1500mm livre no interior destas caixas.

*Obs.: Eventualmente as caixas de passagem poderão ter suas dimensões variando na medida em que forem detalhadas no projeto executivo as diversas situações de implantação*

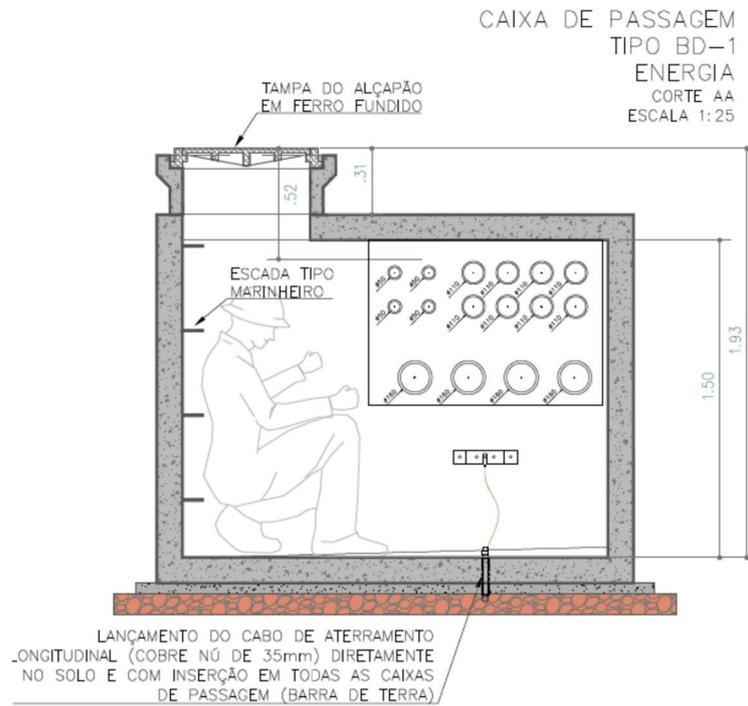
### 9.5.2 Caixas de Passagem Típicas – Rede de Dutos Primária

Em sequência são apresentados os detalhes de Caixas de Passagem para os Bancos de Dutos BD1 e BD2, sendo também apresentados no Caderno 4 – Estudo de Engenharia – Desenhos – R2.

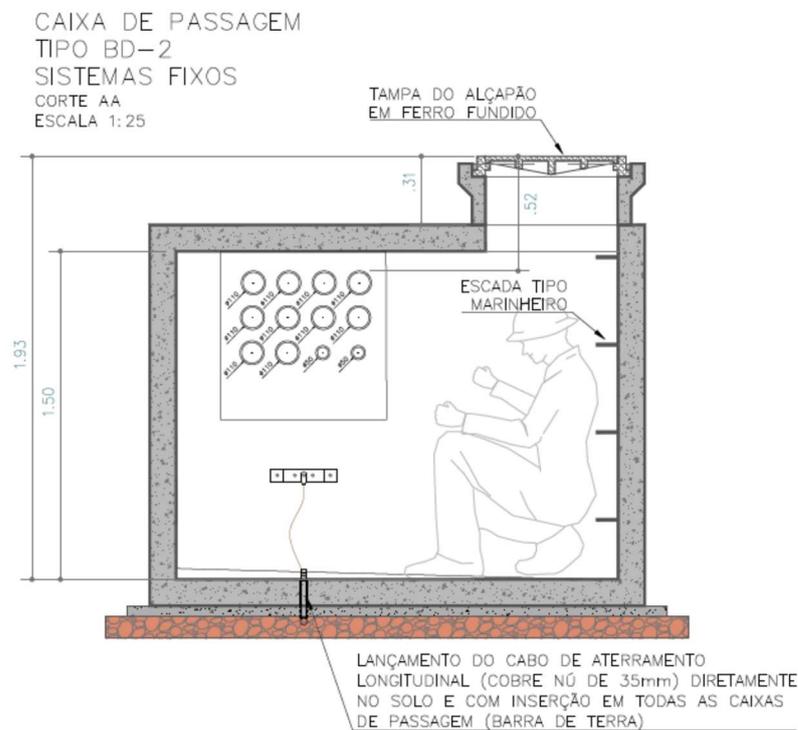
**Figura 9-7: Caixa de Passagem Típica para as Redes de Banco de Dutos da via 1 (BD1) e via 2 (BD2) - Planta**



**Figura 9-8: Caixa de Passagem Típica para as Redes de Banco de Dutos da Via 1 (BD1) - Corte**



**Figura 9-9: Caixa de Passagem Típica para as Redes de Banco de Dutos da Via 2 (BD2) - Corte**



As plantas e detalhes de bancos de dutos e caixas de passagem também são apresentados no Caderno 4 – Estudo de Engenharia – Desenhos – Revisão 2.

### **9.5.3 Inserção dos bancos de dutos e caixas de passagem**

A figura 4-10, em sequência, mostra uma situação típica da inserção dos bancos de dutos, bem como caixas de passagem, sem interferência com o sistema de drenagem de águas pluviais e sob a via do VLT.

A figura assinala ainda a interligação do BD1 com as Caixas de Derivação para as Subestações Retificadoras (SR's). As SR's são, via de regra, inscritas em "containers" de 20 pés. Recomenda-se que as SR's sejam locadas em lojas da CRS e CRN 500, a serem alugadas pela concessionária. Esse procedimento evita a alocação de estruturas no canteiro central da W3.

A figura 9-11, por sua vez, apresenta a correlação entre as estruturas de drenagem e as redes bancos de dutos. A rede de drenagem deverá se situar no eixo central do canteiro da Via W3, sendo interligadas aos ramais de bocas de lobo nas laterais das pistas de rolamento.

### **9.5.4 Regras para caixas de passagem dos bancos de dutos**

Recomenda-se o a adoção das seguintes regras de distribuição de caixas de passagem e derivação:

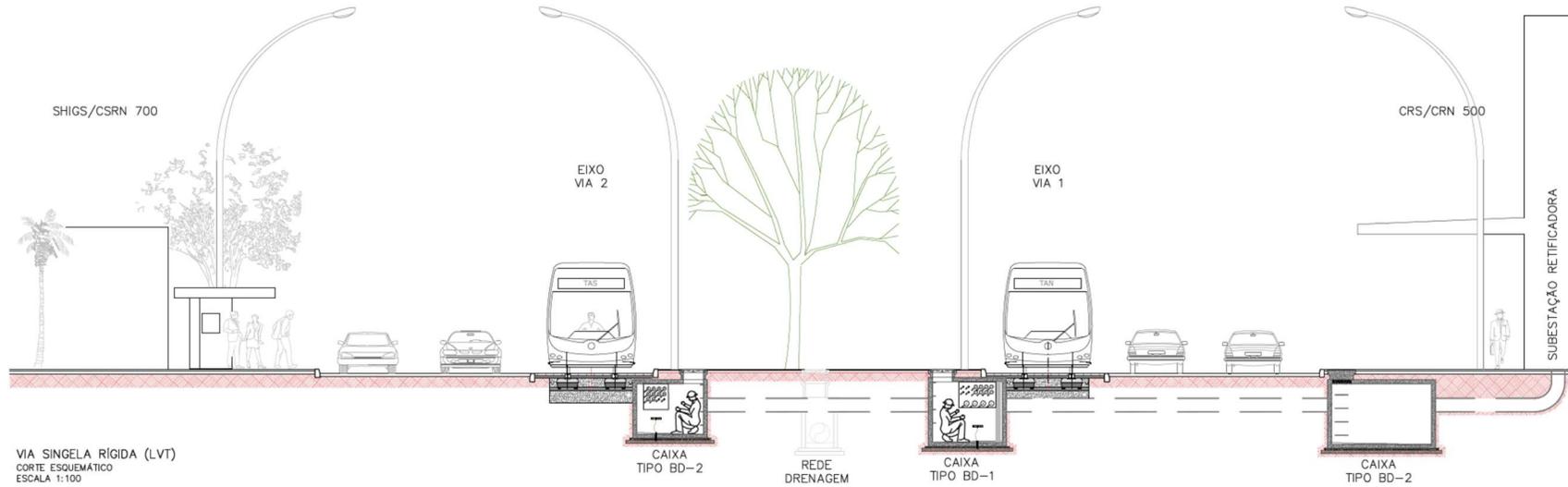
- a) A colocação de interrupção da continuidade do Banco de Dutos com uma caixa a cada 50 metros para rede de dutos da via 1 (BD1).
- b) A colocação de interrupção da continuidade do Banco de Dutos com uma caixa a cada 50 metros para rede de dutos da via 2 (BD2).
- c) Previsão de uma caixa de derivação alinhada com a ponta de agulha para atendimento das Máquinas de Chave, Sinaleiros e Sensores de Contadores de Eixo.
- d) Previsão de uma caixa posicionada aproximadamente 13 (treze) metros do marco de segurança para atendimento dos Sinaleiros opostos e respectivos contadores de eixos.

### **9.5.5 Seções Típicas dos bancos de dutos ao longo da linha**

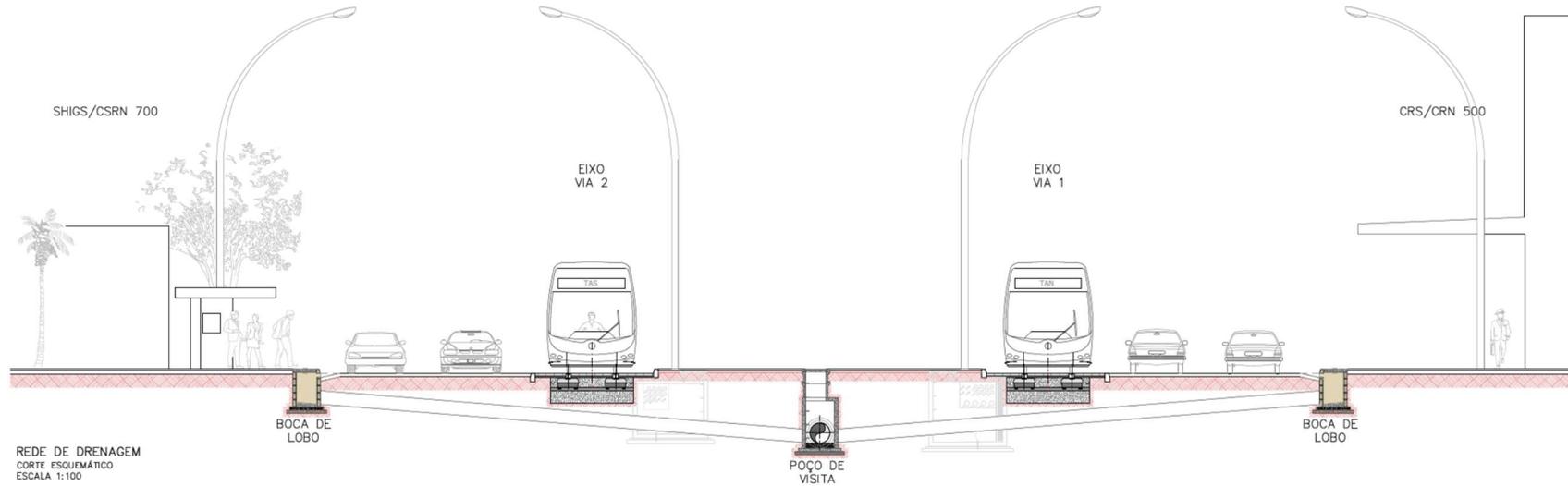
A figura 9-10 apresenta os caminhamentos e distribuição das redes de banco de dutos primárias ao longo do trecho. Nessa fase do projeto as quantidades foram estimadas de acordo com a equidistância entre caixas, sendo as locações definitivas das caixas de passagem definidas na fase de projeto executivo.

As plantas e detalhes de bancos de dutos e caixas de passagem também são apresentados no Caderno 4 – Estudo de Engenharia – Desenhos – Revisão 2.

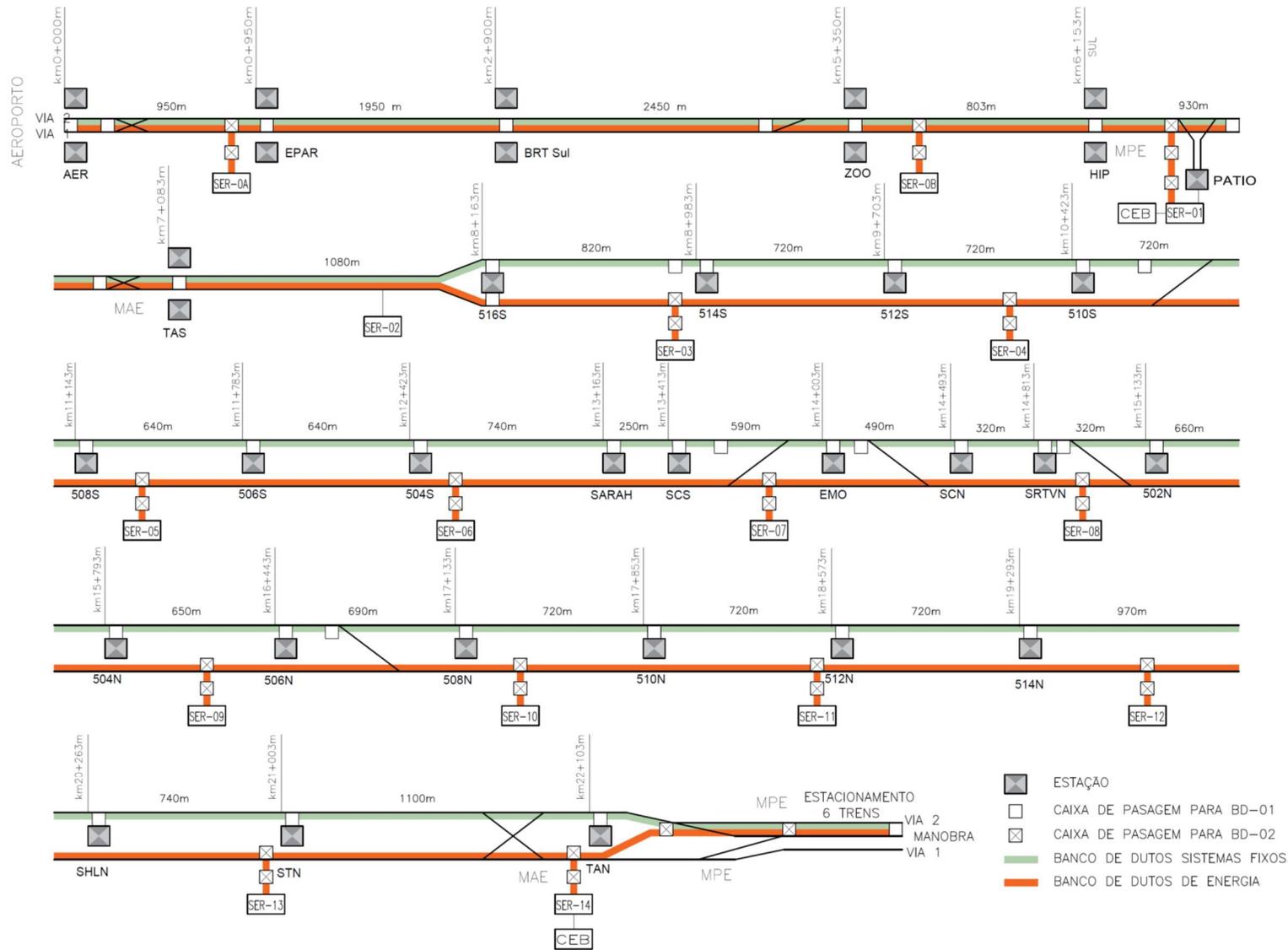
**Figura 9-10: Seção típica bancos de dutos BD-1 e BD-2 e respectivas caixas de passagem correlacionada à Rede de Drenagem**



**Figura 9-11: Seção típica da Rede de Drenagem com inserção dos bancos de dutos BD-1 e BD-2**



**Figura 9-12: Esquema de Locação dos bancos de dutos BD-1 e BD-2 e Caixas de Passagem nas Fases 1 e 2**

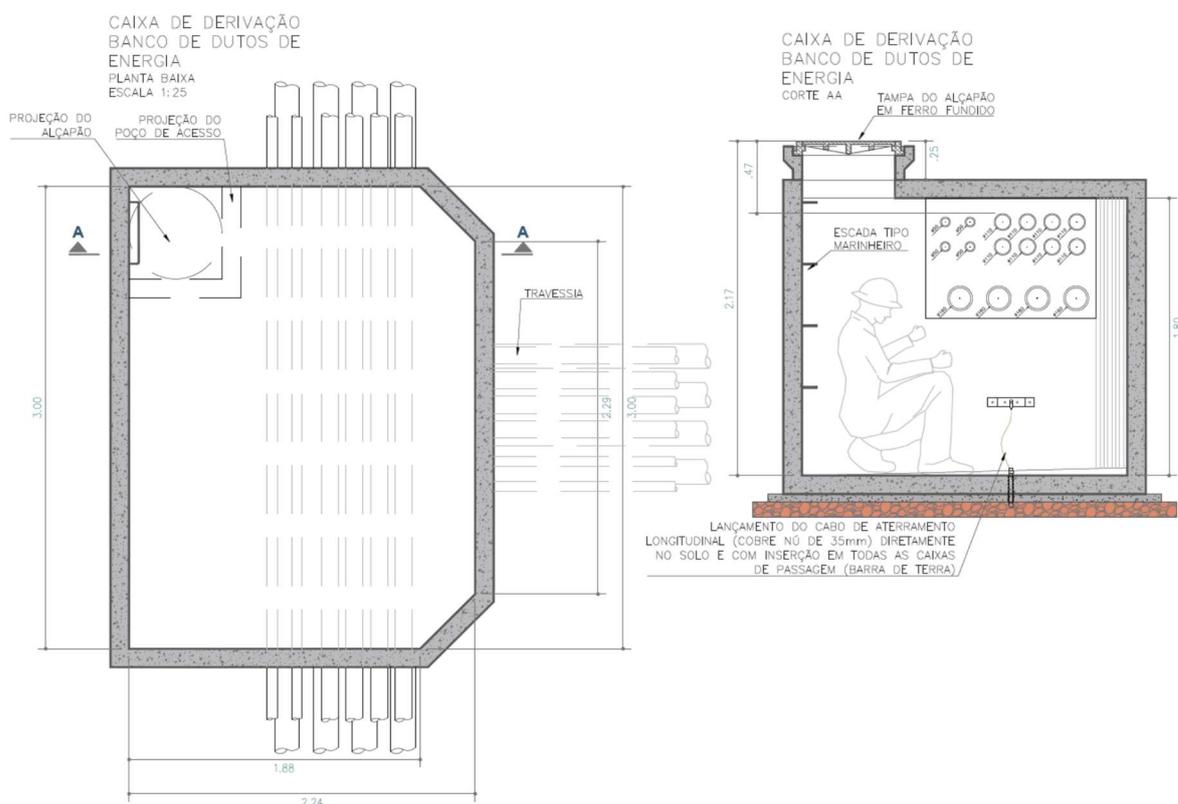


### 9.5.1 Caixas Típicas de Subestações Retificadoras

Próximo das Subestações Retificadoras (SRs) haverá Caixas de Passagens de Derivação (CPDs) dos circuitos provenientes de cada Subestação. Para estes casos, as caixas devem possuir tamanhos adequados para acomodação de todos os cabos e para que os cabos façam as curvas de acordo com seus limites mecânicos.

A figura 9-13 apresenta-se os detalhes das caixas de derivação, em planta e corte.

**Figura 9-13: Caixas de Derivação**



As plantas e detalhes de bancos de dutos e caixas de passagem também são apresentados no Caderno 4 – Estudo de Engenharia – Desenhos – Revisão 2.

### 9.6 ABERTURA DE VALAS E ENVELOPAMENTO

Os bancos de dutos deverão ser implantados mediante escavação em toda a extensão do percurso com recobrimento de reaterro e envelopados em concreto nos cruzamentos, se necessário. Do topo da camada superior de concreto ao topo do pavimento acabado deverão ser asseguradas as seguintes medidas:

- 800 mm quando este for executado sob via de tráfego de veículos e travessias;
- 600 mm quando estiver sob passeio.

Na faixa do VLT em área segregada, medidas menores podem ser avaliadas por estudo específico, por exemplo, no Complexo de Manutenção (CM).

A largura e profundidade das valas podem ser determinadas:

- Pelo tipo de banco de dutos a ser construído;
- Pelo intervalo entre eles;
- Pelas características específicas do local.

Os eletrodutos deverão ser alinhados, tanto horizontalmente quanto verticalmente, assegurando o espaçamento entre eles e instalados de maneira que não haja estrangulamento da seção útil dos eletrodutos.

Exemplo de forma típica de banco de dutos de um trecho a ser envelopado, é apresentado na figura a seguir.

**Figura 9-14: Forma Típica de Banco de Dutos**



## **9.7 ESPAÇAMENTO E ALINHAMENTO DO FEIXE DE DUTOS**

O espaçamento horizontal mínimo entre dutos deverá ser de 50mm, conforme item 4.8.4.4 e detalhes das seções típicas dos bancos de dutos - sem prejuízo à aplicação das regras apresentadas nas tabelas 4-1 e 4-2.

Os espaçamentos poderão ser garantidos mediante o uso de espaçadores ou gabaritos, dispostos em intervalos de 3m ao longo da linha, e no máximo de 1,5 m em caso de tubos flexíveis. O uso deste recurso garantirá também o alinhamento do feixe de dutos.

**Figura 9-15: Modelo de Gabaritos em banco de dutos**



## **9.8 NORMAS TÉCNICAS**

A Rede de Dutos (Primária e Secundária) devem atender as normas Brasileiras, em sua última versão, abaixo listadas:

- ABNT NBR 13.897 - Duto Espiralado Corrugado Flexível, em Polietileno de Alta Densidade, para uso Metroferroviário.
- ABNT NBR 13.898 – Duto Espiralado Corrugado Flexível, em Polietileno de Alta Densidade, para uso Metroferroviário.
- ABNT NBR 14.692 – Sistemas de subdutos de polietileno para telecomunicações – Determinação do tempo de oxidação induzida. Representa o método de ensaio de Degradação.
- ABNT NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão
- ABNT NBR 5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas
- ABNT NBR 14039: Instalações Elétricas de Média Tensão (1kV a 36,2kV)