



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160

Fone: 3350-9022

80.510.140

São Francisco

Curitiba - PR

www.curitiba.pr.gov.br

ANEXO III

DIRETRIZES BÁSICAS DO PROJETO

VOLUME IV - PROJETO DE ENGENHARIA E MATERIAL RODANTE

PROJETO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO E INFORMAÇÃO



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba – PR
www.curitiba.pr.gov.br

Sumário

3.2.12. Projeto do Sistema de Monitoramento e Informação	3
3.2.12.1. Concepção do Sistema de Sinalização de Vias	3
3.2.12.2. Sinalização de Vias – Bloco Fixo	5
3.2.12.3. Facilidades de Operação	19
3.2.12.4. Comando e Controle do Tráfego de Trens	22
3.2.12.5. Equipamento de Sinalização de Bordo	24



3.2.12. Projeto do Sistema de Monitoramento e Informação

O presente item tem por objetivo apresentar a lógica de funcionamento dos sistemas de sinalização e controle do Metrô de Curitiba.

3.2.12.1. Concepção do Sistema de Sinalização de Vias

O sistema de sinalização de vias da linha do metrô terá como objetivo garantir a segurança da operação metroviária, estabelecendo rotas para as composições, gerando e transmitindo comandos de velocidade aos trens e controlando o intervalo entre trens, os tempos de parada nas plataformas de embarque e desembarque de passageiros, os tempos de manobras nos terminais e as velocidades máxima, média e comercial dos trens.

A premissa para esse projeto é que o sistema deverá conter um mínimo de equipamentos instalados ao longo da via, concentrados em locais que facilitem o acesso para as atividades do pessoal das manutenções preventiva e corretiva.

O sistema de sinalização de vias se integrará com os equipamentos do trem, estabelecendo uma interface operacional, com o objetivo de transferir para o material rodante, os dados de situações operacionais de interesse, para viabilizar um preciso controle da movimentação das composições ao longo das vias.

O sistema contemplará um eficiente dispositivo de diagnóstico conectado diretamente ao CCO, capaz de oferecer informações relevantes para uso da operação e da manutenção do sistema.

O sistema será projetado utilizando o conceito modular, de forma que qualquer alteração possa ser realizada sem afetar a operação.



Os fornecedores dos sistemas de sinalização e controle oferecerão tecnologias diferenciadas e serão consideradas nessa análise, duas alternativas que poderão ser aplicadas nesse projeto: uma baseada no princípio do bloco fixo e outra no princípio do bloco móvel.

A baseada no bloco fixo é a mais tradicional e a mais utilizada no Brasil, comprovadamente segura e adequada quando se pretende atingir, na prática, um intervalo entre trens de até 2 minutos.

A baseada no bloco móvel permite alcançar intervalos entre trens mais reduzidos, entretanto, de desenvolvimento recente e com poucas linhas em operação comercial, o que resulta em dados limitados para testar a comprovação do seu desempenho operacional.

Assim, a proposição inicial é a de implementar um sistema de sinalização baseado em bloco fixo, mas adotando diretrizes de projeto que facilitem, tanto operacionalmente como em termos de custos de implantação, a superposição de um sistema baseado em bloco móvel, a partir do horizonte futuro.

A tecnologia baseada em bloco fixo consistirá em dividir a via em seções ou trechos, definindo para cada trecho, uma velocidade desejada de forma a obter o desempenho operacional desejado (velocidades máxima e comercial, intervalo entre trens e tempo total de percurso).

Ao longo da via serão instalados circuitos de via, balizas de intercomunicações ou cabos de comunicação, que possibilitarão a transmissão dos códigos de sinalização para as antenas dos trens e encaminharão ao processador do equipamento de sinalização de bordo do material rodante.



O equipamento de bordo instalado no trem comparará a velocidade permitida (definida pelo código coletado dos trilhos da via) com a velocidade real do trem, e que por projeto será cerca de 3% superior, ou seja, a velocidade permitida será cerca de 3% superior à velocidade real do trem.

Se a velocidade real do trem exceder ao limite estabelecido, o equipamento de sinalização de bordo iniciará, automaticamente, a aplicação de frenagem.

No caso de o trem estar sendo conduzido no modo de operação semiautomático, no qual o operador poderá interferir na marcha do trem, os dados coletados da via também serão encaminhados a um visor na cabine do trem, permitindo que esse conduza o trem dentro do limite de velocidade estabelecido.

No caso de o operador não obedecer à velocidade permitida, o equipamento de sinalização de bordo iniciará a aplicação automática de frenagem, independentemente da vontade do operador.

3.2.12.2. Sinalização de Vias – Bloco Fixo

Os equipamentos do sistema de sinalização serão instalados ao longo da via, nas estações, no pátio e no CCO, divididos nos seguintes subsistemas:

a) Supervisão e proteção automática dos trens

Esse subsistema será o responsável pela proteção automática dos trens e pela movimentação e operação automática, através da supervisão do movimento dos trens no pátio, ao longo da via e nas zonas de manobra, com as seguintes finalidades:

- Evitar o choque de trens entre si;
- Evitar o choque de trens, contra obstruções ou fim de linha;



- Limitar a velocidade de movimentação de trens, dentro de parâmetros pre-estabelecidos;
- Evitar a entrada de trens em chaves de via não alinhadas;
- Evitar a abertura de portas com o trem em movimento ou fora de plataformas.

Realizará, também, as seguintes funções:

- Detecção de ocupação da linha
Consistirá na detecção de veículos em qualquer trecho de via, possibilitando a visualização global do tráfego de trens, através das indicações de ocupação e desocupação de cada circuito de via enviadas ao posto de trabalho e ao painel de controle de tráfego (CCO).
- Geração e transmissão da velocidade
Gerará, selecionará e transmitirá a velocidade máxima permitida aos trens em cada trecho de via, em função das condições físicas e operacionais da via (limitações civis, restrições, trem à frente, entre outras).
- Sentido de tráfego
Estabelecerá os limites seguros de proximidade e sentido de movimentação dos trens, impedindo que haja movimentos opostos concorrentes de dois trens, e permitindo que os trens possam seguir uns aos outros de uma forma segura.
- Restrição de velocidade
Aplicará um limite máximo à velocidade transmitida aos trens em um trecho, através de comando de restrição de velocidade, específico para cada via e para cada trecho entre duas estações, de forma a cobrir toda extensão da via.

A aplicação de um comando de restrição de velocidade afetará toda a região compreendida do início de uma plataforma, até o fim da plataforma da estação seguinte.



- Controle de rotas

Controlará o estabelecimento e cancelamento de rotas, verificando as posições dos trens com os respectivos sentidos de tráfego e, só depois de assegurar condições seguras, estabelecerá uma rota.

Os diversos passos desse processo serão sinalizados no painel de controle de tráfego e no PCL da estação.

Quando uma requisição de rota for solicitada, esse subsistema sinalizará a rota requisitada, mas impedirá a abertura do bloqueio de entrada, aguardando a confirmação da requisição.

- Proteção de bloqueio

Incorporará um circuito de proteção que evitará que um trem, havendo violado um bloqueio por falha na frenagem, receba um código de velocidade não nula na região de intertravamento.

Esse subsistema permitirá a operação com comando local, comando automático local, comando central e comando em manutenção.

Esse subsistema determinará as operações que poderão ser executadas em cada uma das situações anteriormente mencionadas, com a concepção de operação em “falha segura”, isto é, qualquer erro operacional ou falha de componentes conduzirá a movimentação de trens a situações de menor velocidade ou de paralisação total.

Sempre que forem identificados elementos no sistema, cuja falha possa conduzir a condições inseguras, serão previstas redundâncias.



Nesse caso, o sistema verificará, automaticamente, em intervalos de tempo pre-definidos, a integridade dos elementos redundantes e alarmará, no caso de falha de qualquer um deles.

No caso de poder ocorrer degradação de grandezas físicas não controláveis na implementação e/ou implantação do sistema, a análise de “falha segura” considerará sempre o pior caso.

b) Operação automática dos trens

Esse subsistema realizará, automaticamente, a maioria das funções que os operadores de trens e supervisores de estação executarão, possibilitando:

- Maior segurança;
- Maior conforto no movimento;
- Maior regularidade na oferta;
- Melhor desempenho operacional.

Realizará, também, as seguintes funções:

- Leitura da identificação dos trens
Leitura e armazenamento dos dados das identificações dos trens nas plataformas, zonas de manobras e pátio, e transmitirá ao posto de trabalho e ao painel de controle de tráfego.
- Controle de parada programada do trem nas estações
Transmitirá, automaticamente, um sinal que propiciará a programação de um perfil de frenagem confortável e preciso no alinhamento das plataformas.

O trem receberá o sinal quando adentrar à plataforma, traçando e corrigindo a curva de frenagem.



- Controle de abertura e fechamento de portas

Transmitirá, automaticamente, um sinal para a abertura de portas.

Quando o trem entrar na plataforma, receberá o sinal e abrirá as portas assim que sua velocidade for igual a zero.

Findo o tempo determinado para abertura de portas, passará a transmitir para o trem, o sinal de fechamento de portas.

Assim que detectar a abertura de portas, enviará a indicação para o posto de trabalho e ao painel de controle de tráfego.

- Condução em marcha típica

É a manutenção do nível de desempenho, pré-definido como normal, para um determinado dia da semana e horário, a ser usado regularmente pelos trens em operação comercial.

- Sinalização do destino do trem nas plataformas

Possibilitará sinalizar o destino dos trens nas estações e terminais.

- Sinalização de chegada e partida de trens nas plataformas

Possibilitará sinalizar a chegada e partida dos trens nas estações e terminais.

- Reversão do trem nos terminais

Realizará, automaticamente, a reversão dos trens nos terminais.

- Monitoração de equipamentos operacionais dos trens e das estações

Sinalizará eventuais falhas de equipamentos operacionais, dos trens e das estações, no posto de trabalho e no painel de controle de tráfego, e/ou no posto de trabalho e no painel de falhas de material rodante.



c) Controle automático dos trens

Esse subsistema terá as funções de monitorar o “status” e movimento de todos os trens e de coordenar o tráfego, em tempo real, compreendendo o programa aplicativo de controle de trens disponibilizado no posto de trabalho, no painel de controle de tráfego e no posto de comando local - PCL - da estação.

Terá a finalidade de otimizar o controle global da operação metroviária, realizando as seguintes funções:

- Visualização global do tráfego de trens na linha;
- Rastreamento de trens na linha;
- Despacho de trens para a operação;
- Controle de tempo de embarque/desembarque;
- Estabelecimento de rotas;
- Determinação de marcha típica para aderência ao horário;
- Monitoração de alarmes;
- Execução automática de estratégias corretivas para tipos de distúrbios pré-definidos;
- Facilidades operacionais para o controlador em situação de degradação da operação;
- Facilidades para identificação de defeitos e de informações para a manutenção corretiva.

O programa aplicativo desse subsistema realizará as seguintes funções:

- Função de aquisição
 - Adquirirá as informações dos eventos que ocorrerem em um dado instante;
 - Classificará essa informação, segundo sua natureza;
 - Ativará os diferentes módulos do programa, necessários ao tratamento dessas informações.



- Função de supervisão do tráfego
Permitirá a visualização no posto de trabalho e no painel de controle de tráfego das informações relativas a:
 - Posição dos trens ao longo da linha;
 - Estado dos equipamentos de sinalização;
 - Estado da alimentação elétrica.

- Função de rastreamento
Baseado nas informações fornecidas pela sinalização, permitirá ao operador do posto de trabalho e do painel de controle de tráfego:
 - Determinar, a cada instante, a posição e a identificação dos trens na linha;
 - Calcular e atualizar o número de quilômetros percorridos pelo material rodante;
 - Supervisionar a marcha dos trens, para detectar as perturbações e calcular os atrasos, alertando o operador.

- Função de regulação
Em operação normal, o tráfego de trens apresentará um fluxo regular, no qual os trens se sucederão a intervalos predefinidos.

Entretanto, perturbações poderão ser produzidas por um ou mais trens atrasados, em relação ao horário teórico.

O intervalo entre trens deixará de ser o pré-programado, e a perturbação se repercutirá sobre os trens seguintes.

A função de regulação permitirá normalizar o tráfego dos trens, como:
 - Normalização do fluxo de trens utilizando a regulação em função do horário teórico, atuando-se, automaticamente, no tempo de parada e no tempo de



percurso do trem atrasado. Essa regulação será eficaz apenas para atrasos inferiores a um determinado valor, definido no programa aplicativo;

- Normalização do fluxo de trens utilizando a regulação do intervalo entre trens, independente do horário teórico. Essa recuperação afetará o trem atrasado e os que o precederão e sucederão, visando evitar a formação de um “buraco” na frente do trem atrasado e um “sanfonamento” entre os trens que o sucederão;
 - Além dessas funções, a regulação implementará estratégias de operação do fluxo de trens, em resposta às situações específicas do pico de demanda de passageiros durante um prazo reduzido.
- Função de gestão de terminal
A função de gestão de terminal assegurará o movimento dos trens nos terminais ou nos estacionamentos, em função dos dados de operação e das iniciativas do operador da console e do painel de controle de tráfego.

A programação horária definirá a movimentação dos trens ao longo do dia e variará de acordo com o dia útil, sábado, domingo e feriado.

O programa deverá:

- Autorizar a partida no horário previsto;
- Tratar eventuais modificações no modo de partida efetuadas pelo controlador;
- Tratar as manobras, ou seja, comandar as atuações dos trens que entrarem ou saírem de vias de estacionamento ou que mudarem de via;
- Tratar os serviços provisórios, ou seja, comandar as manobras e partidas numa porção reduzida da linha, em caso de degradação da operação.

d) Operação em estado de degradação



No estado normal de operação, todos os equipamentos estarão funcionando plenamente, sob a supervisão e controle do painel de controle de tráfego.

As vias, as estações e a alimentação elétrica estarão plenamente operacionais, e os trens estarão circulando dentro do horário estabelecido, ou com pequenos desvios em relação a esse horário.

O efeito de falhas nos equipamentos do sistema de sinalização de vias será minimizado através da possibilidade de serem executadas operações essenciais em manual e em velocidade mínima.

A operação nas condições degradadas, listadas a seguir, será viabilizada pelos subsistemas de proteção e operação automática dos trens:

d.1) Falhas nos equipamentos ou na comunicação com o CCO

Caso a ocorrência de falhas no CCO acarrete a perda total ou parcial dos comandos enviados aos subsistemas de proteção e operação automática dos trens, será possível continuar a operação da linha, aplicando os mesmos comandos manualmente, através dos recursos disponíveis nos postos de comando local das estações afetadas.

Para viabilizar o controle manual, estarão disponíveis nos postos de comando local das estações, todas as indicações necessárias à monitoração dos subsistemas de proteção e de operação automática dos trens, referentes à região controlada pela estação.

Tecnicamente, o sistema de sinalização e os postos de comandos locais permitirão continuar a operação em caso de falha do CCO, não obstante, é importante voltar a operar com o CCO o mais rápido possível, para ter a visão global do sistema.



d.2) Falhas no automatismo local

Caso a falha não implique na degradação da proteção da movimentação de trens, será possível continuar a operação mediante uma das alternativas a seguir:

- Envio, pela console de controle de tráfego, sob o comando do controlador do CCO, de comandos normalmente gerados pelo automatismo;
- Execução manual, pelo operador do trem, de operações normalmente automatizadas.

d.3) Falhas no automatismo dos trens

Estão descritas, a seguir, algumas falhas que poderão ocorrer:

- Comando de portas: o operador do trem terá a possibilidade de desativar o automatismo das portas, após consultar o CCO;
- Nível de desempenho: o operador do trem terá a possibilidade de introduzir manualmente o nível recomendado, após consultar o CCO;
- Identificação de destino: o operador do trem terá a possibilidade de introduzir, manualmente, a identificação de destino, após consultar o CCO;
- Partida: o operador do trem terá a possibilidade de transferir a partida para o modo manual e comandar a partida do trem, após ser autorizado pelo CCO;
- Supervisão de velocidade: o operador do trem terá a possibilidade de passar a condução para o modo totalmente manual, após consultar o CCO.

e) Equipamentos da sinalização de vias

O sistema será constituído por postos de sinalização localizados nas estações melhores posicionadas operacionalmente.



Cada um dos postos contará com as seguintes instalações:

- Console operacional;
- Painel contendo circuitos da lógica não vital;
- Painel contendo circuitos da lógica vital;
- Circuitos da lógica vital instalados nas vias sob o seu domínio;
- Circuitos de codificação e transmissão de dados responsáveis pela codificação/decodificação e transmissão das mensagens de comando e indicações que trafegarem entre o setor e os equipamentos de via;
- Sistema de proteção de avanço dos trens, em trecho de via ocupado e/ou com bloqueio fechado;
- Circuitos de detecção dos trens (circuito de via, hastes de telecomunicações ou cabos paralelos aos trilhos);
- Circuitos para detecção de trilhos partidos;
- Máquinas de chave;
- Sinaleiros;
- Juntas isoladas;
- Bobinas de impedância;
- Equipamento de sinalização de bordo.

e.1) Console operacional

Constituído por monitor e teclado, com gravação do plano de vias destinado ao controle e à supervisão do tráfego, sob o domínio de cada setor.

Ao assumir o controle de tráfego local, a conexão com o PCL ou com o CCO será automaticamente bloqueada.

Através desse console, será possível comandar e controlar sinais e máquinas de chave, requisitar rotas, colocar o comando em automático e controlar e comandar a alimentação elétrica dos equipamentos da sinalização local.



Para possibilitar a operação local em apenas duas localidades, quando da interrupção das comunicações entre o CCO e a sinalização de campo, os sete postos da sinalização estarão interligados quatro e três, de forma que nessa condição, a Linha Norte-Sul possa ser operada por apenas dois controladores de tráfego.

e.2) Painel de circuitos da lógica não vital

Abrigar a lógica não vital constituída por circuitos microprocessados, utilizada desde que uma possível falha do circuito não comprometa a segurança do sistema.

Receberá comando do console e analisará, verificará e gerará as informações para serem transmitidas ao intertravamento vital.

Essa sequência de operações ocorrerá sem a necessidade de unidade remota para a transmissão de dados (com codificação e decodificação), já que todos os equipamentos de via estarão próximos da sala técnica.

No caso do CCO e dos dois consoles que controlarão o seu domínio e mais os dois/três adjacentes, o código de controle será enviado ao campo e direcionado para o intertravamento a ser controlado, através de uma unidade remota de transmissão de dados, no qual será decodificado novamente para sinal elétrico e enviado ao intertravamento vital para processá-lo com a operação dos equipamentos de campo e retornará com a indicação pelo mesmo caminho, até o console de origem.

Está descrita, a seguir, a relação das funções dos circuitos microprocessados não vitais:

- Requisição de rota;
- Rota com chave reversa ou chave normal;
- Definição de rota;



- Comando de chave reversa ou chave normal;
- Indicação de chave reversa ou normal;
- Indicação de trecho ocupado;
- Indicação de travamento de rota alinhada.

e.3) Painel de circuitos da lógica vital

Abrigar os circuitos vitais microprocessados utilizados nos intertravamentos, que obedecerão ao princípio da “falha segura”.

Esses circuitos vitais serão os responsáveis pela execução dos comandos enviados pelo console.

Está apresentada, a seguir, a relação das funções dos circuitos microprocessados vitais (intertravamentos):

- Controlará os equipamentos de via (trechos, sinais e máquinas de chave);
- Operará os equipamentos de via;
- Indicará o estado dos equipamentos de via;
- Detectará a presença do trem em cada trecho.

e.4) Unidade remota de transmissão de dados

Serão os circuitos microprocessados não vitais responsáveis pela codificação/decodificação e transmissão das mensagens de comando e indicação que trafegarem entre os consoles e os equipamentos de via.

e.5) Proteção de sobrepasso

Serão os circuitos vitais microprocessados responsáveis pela proteção do avanço do trem, em um trecho de via após o bloqueio fechado e/ou trecho da via ocupado.



Quando do avanço de um trem em um bloqueio fechado, atuará em uma unidade do sistema de sobrepasso a bordo do trem, que agirá diretamente no sistema de frenagem, causando a sua parada.

e.6) Trechos de via

As extensões serão definidas no projeto executivo da sinalização e imunes a frequências industriais, harmônicas de subestações e do próprio trem, entre outras.

Os trechos de via poderão ser delimitados por circuitos de vias utilizando os trilhos da via, balizas para localização ou cabos lançados em paralelo com as vias.

No caso de circuitos de via, não poderão ser separados por juntas isoladas e, para tanto, utilizarão radiofrequências, sendo admitidas juntas apenas nas regiões dos travessões ou AMVs.

Em qualquer caso, será obedecido o requisito básico de que o leito da via não poderá ser obstruído (nas entrevias e entre os trilhos), possibilitando a livre passagem do pessoal e de equipamentos/ferramentas para manutenção (a via também será alternativa para ser utilizada pelos passageiros, em casos de emergência).

e.7) Máquinas de chave

As máquinas de chave serão do tipo não talonável e de duplo controle, podendo ser operadas eletricamente ou, nas condições de emergência ou de ajuste, manualmente.



e.8) Sinaleiros

Os sinaleiros serão do tipo alto, de uma única unidade que apresente 3 aspectos distintos no mesmo foco (verde, vermelho e amarelo), com unidade operativa, lâmpada e lente, acessadas por uma porta basculante na parte traseira da caixa.

Serão providos de um parafuso para ajuste da inclinação de focalização e de capuz antirreflexivo, e contarão com suportes adequados para a fixação no túnel ou no elevado.

e.9) Juntas isoladas

As juntas isoladas terão como função permitir o acoplamento mecânico de duas seções adjacentes de um trilho, mantendo-os isolados eletricamente (no caso da utilização de circuito de via).

Serão compostas de talas de fixação, perfil de trilho isolante, parafuso de alta resistência, espaçador isolante e adesivo isolante.

Serão do tipo colada e isolação mínima na frequência de detecção, sendo que a 1.000 Vcc, a isolação será igual ou superior a 20 MΩ medida no estaleiro.

3.2.12.3. Facilidades de Operação

Nos consoles do CCO e dos postos de comando locais serão disponibilizadas as seguintes facilidades de operação, para o controle de tráfego:



a) Travamento de rotas

O travamento das máquinas de chave e das rotas será baseado por aproximação ou por ocupação.

b) Requisição de rotas

O processamento das requisições de rotas automáticas ou solicitadas pelo CCO, ou através dos consoles locais, será função da lógica do sistema de sinalização.

Essa lógica de intertravamento processará apenas as requisições compatíveis com as funções vitais do sistema de sinalização.

c) Modo automático central

Será o modo de requisição de rotas normal de operação desse equipamento.

Nesse modo, e somente nele, a presença do trem no circuito de aproximação de bloqueio iniciará a seleção da rota a ser automaticamente alinhada e executada, através de um sinal de comando enviado pelo CCO

d) Modo central

Esse modo de requisição de rotas será estabelecido pelo CCO e terá prioridade sobre o modo automático local.

O controle voltará ao modo automático local, sempre que receber um comando ou automaticamente, quando o CCO se tornar inoperante.



Nesse modo, e somente nele, poderão ser requisitadas ou canceladas pelo CCO quaisquer rotas, por solicitação dos bloqueios de entrada e de saída.

Quando o CCO tornar o controle de um conjunto de AMVs em meio a uma seleção de rotas, não permitindo a sua conclusão, o equipamento permitirá apenas o cancelamento de rotas ou requisições.

Uma vez que a requisição interrompida tiver sido cancelada, o equipamento permitirá, também, a requisição de rotas.

e) Modo local

A requisição de rotas será estabelecida através do equipamento local de sinalização e terá prioridade sobre os modos “automático central” e “central”.

f) Cancelamento de rotas

Serão canceladas mediante um comando de cancelamento e seleção do bloqueio de entrada ou, automaticamente, assim que o sistema de sinalização detectar a desocupação das chaves pelo trem.

O comando de cancelamento poderá ser dado pelo CCO ou pelos equipamentos de controle de rotas das estações.

Após a seleção do bloqueio de entrada, serão apagados os registros dos bloqueios de entrada e saída da rota que tiver sido requisitada, bem como os da posição de chaves. Em seguida, o bloqueio será fechado.

Quando uma rota for cancelada, será observado o travamento por tempo, isto é, o travamento por aproximação será mantido por tempo mínimo, suficiente para



garantir que um trem, aproximando-se do bloqueio fechado, à máxima velocidade permitida, tenha tempo para parar antes de atingir o bloqueio ou ocupar a rota.

O travamento por aproximação será desfeito sem a observação do travamento por tempo, caso os equipamentos de detecção de trens, na região das chaves, reconheça que o trem já tenha passado.

3.2.12.4. Comando e Controle do Tráfego de Trens

Estão descritas, a seguir, as diversas formas de comando que serão empregadas no controle de tráfego de trens.

a) Pelo CCO

Constituir-se-á no mais alto nível de controle do trecho, podendo estabelecer quaisquer rotas, rotineiras ou não, sobre todos os AMVs do trecho, e limitar a velocidade de percurso nos trechos da via.

O automatismo local se subordinará ou se inibirá diante dos comandos do CCO, com exceção do automatismo local de proteção, que não permitirá a execução de comandos inseguros.

b) Pelas salas de sinalização e controle das estações

Os recursos operacionais disponíveis nas estações serão usados por ocasião de falhas, que impossibilitarão o comando das operações pelo CCO.

Os comandos de alinhamento e cancelamento de rotas através das estações, terão prioridade sobre os comandos enviados pelo CCO.



c) Funções vitais

O sistema englobará as funções vitais para a movimentação segura dos trens, evitando movimentos opostos e conflitantes, retrocolisão em trens no mesmo sentido de tráfego, movimentação de AMVs sob trens ou à frente de trens em movimento e possibilidade de descarrilamento devido ao trilho partido.

- **Detecção de ocupação**

Detectará a presença de veículos em algum trecho de via, por meio de qualquer das tecnologias escolhidas (particularmente, circuitos de via que além da detecção do trem, permitirão detectar o trilho partido), utilizando essa informação para o travamento seguro de rotas e inicialização do sistema.

Para determinar a velocidade limite do trem, o sistema de sinalização levará em consideração a localização dos trens ao longo da via.

c.1) Determinação da velocidade máxima

A velocidade máxima será determinada em função das características da via à frente, da localização dos trens ao longo da via e das características de aceleração e desaceleração dos trens.

c.2) Controle do sentido de tráfego

Serão estabelecidos os limites seguros de aproximação e sentido de movimentação de trens, impedindo movimentos opostos e concorrentes de dois trens em uma mesma seção da via entre dois intertravamentos consecutivos, permitindo que os trens possam seguir uns aos outros, de uma forma segura e otimizada.



c.3) Intertravamento de rotas

Consistirá na requisição, alinhamento e travamento de rotas seguras, através de comandos a AMVs, aberturas de bloqueios e liberação de comandos de velocidade.

c.4) Geração do comando de velocidade

O sistema de sinalização gerará o sinal que será captado pelo equipamento de bordo dos trens, de forma a acelerar ou frear o trem, de acordo com a localização dos trens ao longo da via e das plataformas das estações.

c.5) Controle de velocidade

O equipamento de bordo supervisionará, continuamente, a velocidade real do trem, em função da velocidade máxima definida pelo sistema de sinalização.

3.2.12.5. Equipamento de Sinalização de Bordo

Estão descritos, a seguir, os requisitos e princípios de funcionamento dos equipamentos de sinalização de bordo dos trens.

a) Requisito geral

O equipamento de sinalização de bordo atuará em estrita obediência ao princípio de falha segura (fail-safe), isto é, a ausência de informação relativa à condição de abertura de sinal de campo, falha no reconhecimento de informação e falha nos equipamentos e componentes do sistema. Acionará as interfaces de tração e freio, ocasionando a frenagem do trem pelo sistema de sinalização de bordo.



b) Requisitos de projeto

Estão apresentados, a seguir, alguns requisitos de projeto a serem utilizados:

- A sinalização de campo do trecho, na qual o equipamento de sinalização de bordo operará, está descrita anteriormente. O equipamento será concebido para atuar em vias com “headway” de 75 segundos, de projeto, e de 90 segundos, operacional;
- A velocidade da composição considerará o diâmetro da roda, e esse será ajustado manualmente. Será apresentado, opcionalmente, o sistema de ajuste automático de diâmetro de roda;
- Serão previstas interfaces com os sistemas de tração e freios do trem especificado;
- O equipamento de sinalização de bordo será projetado de forma modular e com circuitos de autodiagnóstico, promovendo facilitar a manutenção de bordo, bem como a de bancada.

c) Princípios de funcionamento

O equipamento de sinalização de bordo terá como função principal a garantia da condução segura dos trens.

Adicionalmente, terá a capacidade de contribuir para a otimização operacional, evitando transições tração/freio, reduções de velocidade e aplicações de freio desnecessárias.

As funções básicas desempenhadas por esse equipamento serão:

c.1) Subsistema de proteção automática dos trens



Será responsável pela supervisão dos limites de velocidade impostos pela via, verificação da taxa efetiva de frenagem da composição, indicação dos códigos de velocidade impostos pela via, indicação da velocidade real e armazenamento de informações em memória de massa.

Esse equipamento de sinalização será instalado a bordo dos trens onde receberão, dos equipamentos de via, os limites de velocidade máxima permitida em cada trecho, em função do distanciamento entre trens, traçado da via e outros fatores.

Com essas informações, o equipamento supervisionará, continuamente, a velocidade máxima permitida em cada trecho de via, atuando automaticamente nas interfaces de tração e frenagem, sendo que a atuação na interface de freio será feita de maneira fail-safe, sempre que for violado qualquer um dos limites admissíveis, mantendo a composição numa velocidade segura.

Dessa forma, com a correta informação proveniente da via e o perfeito funcionamento das interfaces e sistemas de tração e freio, esse equipamento será capaz de impedir colisões e descarrilamentos causados por trens circulando em rotas conflitantes, distanciamento insuficiente entre trens e excesso de velocidade.

c.2) Subsistema de operação automática dos trens

Esse subsistema, executará as seguintes funções, no modo semiautomático de condução, pelo operador do trem (essas funções estão detalhadas no item 2 deste Procedimento de Manifestação de Interesse):

- Leitura da identificação dos trens;
- Controle de parada programada dos trens nas estações;
- Controle de abertura e fechamento de portas;
- Condução em marcha típica;
- Sinalização do destino dos trens nas plataformas;



- Sinalização de chegada e partida de trens nas plataformas;
- Reversão dos trens nos terminais;
- Monitoração de equipamentos operacionais dos trens nas estações.

d) Funcionamento do equipamento de sinalização de bordo

Considerando o código de velocidade existente na via, o equipamento de sinalização de bordo realizará as seguintes funções:

- Limite e supervisão da velocidade imposta pela via. Em trechos de linha em que houver código autorizando determinada velocidade, haverá o controle da mesma através de atuações no sistema de tração e/ou frenagem;
- Em trechos que ocorrerem transições mais restritivas de códigos sequenciais, o equipamento de sinalização de bordo gerará uma curva de redução de velocidade, a ser obedecida automaticamente pelo operador do trem, no caso do modo de operação semiautomático, com o objetivo de manter a composição dentro dos limites estabelecidos;
- Parada segura dos trens nas transições restritivas não sequenciais
 - Quando o trem adentrar em uma região de via onde estiver presente o código zero, o equipamento de sinalização de bordo realizará o corte de tração e uma aplicação automática de frenagem plena de serviço, levando a composição à parada total;
 - Se a composição estiver com uma velocidade menor que a máxima autorizada, o equipamento de sinalização de bordo retardará a atuação das interfaces corte de tração/aplicação de freio, porém, havendo o acréscimo de velocidade, ocorrerá uma aplicação automática de frenagem plena de serviço.
- Circulação de trens em velocidade restrita
 - Em trechos com código zero, após a velocidade atingir o valor estabelecido, o operador do trem poderá retomar a marcha em velocidade restrita, mediante a autorização do CCO e com supervisão do equipamento de sinalização de bordo;



- Periodicamente, se o sistema de homem morto estiver isolado, haverá pelo operador do trem, o reconhecimento de um alarme, sob pena de aplicação de frenagem até a parada da composição.
- Circulação dos trens à velocidade limitada
 - Por ação do operador do trem, será prevista a circulação da composição a uma velocidade limitada, independente do sinal de via.

e) Verificação de erro de distância de frenagem

O equipamento de sinalização de bordo será capaz de verificar se o esforço de frenagem do trem é suficiente para acompanhar a curva de frenagem gerada nas transições restritivas sequenciais.

Em caso negativo, haverá uma redução nos limites de velocidade.

f) Desativação do equipamento de sinalização de bordo

Em caso de falha do equipamento de sinalização de bordo, será possível a sua desativação por comando do operador do trem.

g) Registrador de eventos

Adquirirá e memorizará todos os estados, eventos e condições de falha do equipamento de sinalização de bordo.

Disporá essas informações em display, para a leitura direta ou via microcomputador portátil com software e hardware específicos.



Será apresentado, opcionalmente, um registrador de funções microprocessado, que terá como função:

- Adquirir e memorizar todas as funções operacionais do equipamento de sinalização de bordo;
- Adquirir e memorizar todas as informações do estado de funcionamento do equipamento de sinalização de bordo, visando facilitar a manutenção;
- Adquirir e memorizar informações e funções de outros sistemas do trem contendo, no mínimo, 8 entradas digitais e 4 analógicas;
- Possibilitar a transferência de informações para o microcomputador portátil com software e hardware específicos;
- Dispor, em tempo real, as informações e variáveis do sistema de sinalização de bordo para fazer ajustes de manutenção.