

SISTEMA DE SINALIZAÇÃO FERROVIÁRIA, CIRCUITO DE VIA

RAILWAY SIGNALING SYSTEM, TRACK CIRCUIT

Thauan Farias Bento¹
Márcio Barbosa Maria²
Alex Franco Ferreira³

RESUMO: Entende-se por sistema de sinalização ferroviária o conjunto de equipamentos, métodos e procedimentos que permitem a circulação de trens garantindo a segurança, aumentando a confiabilidade, a velocidade e o planejamento, além da diminuição dos custos. Devido à grande variedade de equipamentos e o aumento da demanda do transporte ferroviário, o sistema de circuito elétrico do qual fazem parte as fiadas de trilhos de uma seção de via, ou seja, o circuito de via, precisou ser inovado, gerando assim grandes tecnologias para este ramo. O presente trabalho visa explicar o mais novo sistema implementado CBTC, que através de diversos equipamentos transmite pulsos de ondas quadradas, gerando os códigos de entrada e saída nos cartões ElectrologIXS. Sendo assim, ao decorrer do artigo apresenta-se o circuito de via e sua funcionalidade, para demonstrar o quanto a inovação e a modernização desse sistema trouxeram mudanças para a área, principalmente na confiabilidade e segurança nos equipamentos e no transporte de cargas, facilitando em atendimentos emergenciais e defeitos, permitindo assim um transporte mais seguro e eficaz.

1054

Palavras-chave: Transporte Ferroviário. Segurança. Confiabilidade. CBTC.

ABSTRACT: A railway signaling system is understood as the set of equipment, methods and procedures that allow the movement of trains, guaranteeing safety, increasing reliability, speed and planning, in addition to reducing costs. Due to the wide variety of equipment and the increased demand for rail transport, the electrical circuit system of which the rows of rails in a track section are part, that is, the track circuit, had to be innovated, thus generating great technologies for this branch. The present work aims to explain the newest CBTC system implemented, which through various equipment transmits pulses of square waves, generating the input and output codes in the ElectrologIXS cards. Therefore, throughout the article, the track circuit and its functionality are presented, to demonstrate how much the innovation and modernization of this system brought changes to the area, mainly in the reliability and safety of the equipment and in the transport of loads, facilitating in emergency calls and defects, thus allowing a safer and more efficient transport.

Keywords: Rail Transport. Security. Reliability. CBTC.

¹Graduando de Engenharia Elétrica- Universidade de Vassouras.

²Engenharia Elétrica-Universidade de Vassouras.

³Mestre em Ciências Ambientais, Universidade de Vassouras.

INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário, que ocorre por vias férreas, é um meio de transporte mais eficiente, seguro e barato, comparado a outros transportes. Sendo assim, com decorrer dos anos, por sua grande eficácia e crescimento, esse sistema vem inovando sua infraestrutura, seus equipamentos e as condições da via, com foco principal na segurança operacional.

A primeira locomotiva foi construída em 1814 por George Stephenson, após isso, com constantes transformações e aperfeiçoamentos, foi também proporcionado grandes mudanças nas máquinas, ganhando cada vez mais potência e velocidade.

Entretanto, apesar das melhorias nos ativos ferroviários, o sistema ainda precisaria de inovação, ou seja, possuir mais recursos, tecnologias e segurança no transporte ferroviário. Para isso, foi desenvolvido um novo sistema de sinalização, chamado Communication based train control (CBTC). A empresa MRS Logística S/A foi a primeira ferrovia de carga no mundo a implantar o sistema de controle de trem baseado em comunicação, que até então só era implantada em algumas ferrovias de transporte de passageiros.

O CBTC faz o controle e monitoramento da movimentação das composições, pela rede dedicada de comunicação ligada ao sistema de sinalização de campo, fazendo uma troca contínua de informações no computador de bordo dos trens sobre o posicionamento, velocidade e licenciamento dos veículos de via. O controle de trens baseado em comunicação funciona através do sistema de blocos móveis com comunicação via satélite, permitindo que mais de uma composição ocupe o mesmo circuito de via, sendo possível diminuir o espaço entre os trens na malha ferroviária, além de se ter um ganho de precisão na localização dos mesmos. A segurança operacional se mantém, já que um trem é penalizado com a diminuição de velocidade e aplicação dos freios de emergência ao desprezar a licença recebida ou invadir o espaço ocupado por outra composição sem permissão. Outro ganho operacional gerado pela instalação do CBTC foi a diminuição da utilização dos rádios entre o maquinista e o CCO, trazendo mais agilidade para o processo, sendo apenas necessário utilizar o rádio em poucas situações durante o dia a dia.

Logo, o objetivo desse trabalho foi mostrar os princípios básicos de funcionamento de sinalização ferroviária, principalmente no âmbito da MRS Logística S/A. Apresentar conceitos, equipamentos e sistemas utilizados na sinalização de um modo geral, dando uma visão do funcionamento como um todo, como por exemplo, por onde percorre o sistema e o que cada equipamento faz para que o circuito de via funcione com excelência.

Sinalização e Circuito de Via

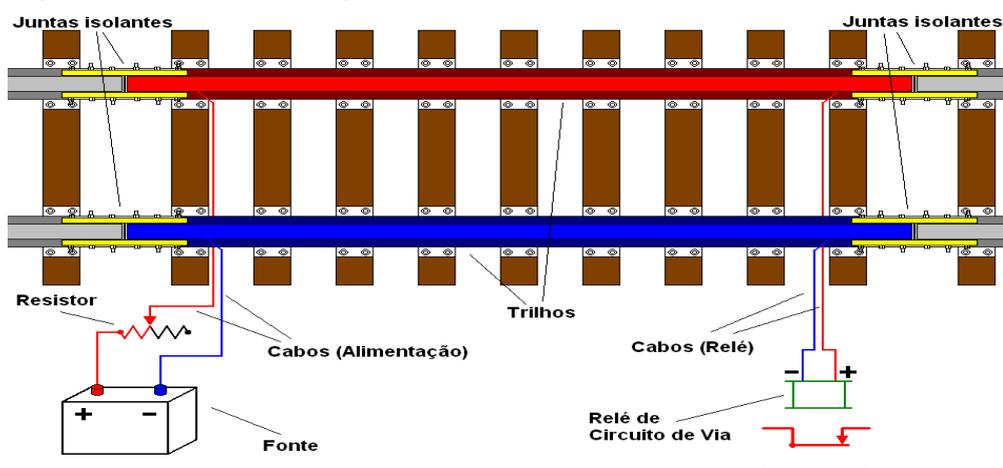
Segundo Brandi (2015), entende-se por sinalização o conjunto de métodos, equipamentos e procedimentos que possibilitam a circulação de trens de forma rápida, segura e econômica. Ademais, para atender os objetivos do qual a sinalização se propõe, as funcionalidades a seguir são necessárias e devem estar presentes e atuar no licenciamento dos trens:

- ✓ Garantir a segurança na circulação de trens;
- ✓ Eliminar ou reduzir procedimentos operacionais na ferrovia, baseados unicamente em atuações humanas, sujeitas a erros e enganos;
- ✓ Aumentar a Confiabilidade;
- ✓ Permitir aumento de velocidades dos trens com segurança;
- ✓ Reduzir os custos do transporte Ferroviário;
- ✓ Permitir melhor planejamento, controle e acompanhamento da operação Ferroviária. (BRANDI, 2015)

Para Junior (2018), o circuito de via é um circuito elétrico que tem os trilhos como condutores e sua principal função em detectar a presença de trens, causando um curto-circuito através dos rodeiros e também detectando algum tipo de anomalia, como trilho partido. No sistema tradicional, trata-se de um circuito elétrico em que os dois trilhos são os condutores principais, intercalados entre uma fonte de corrente e um relé receptor, que estão isolados eletricamente dos demais trilhos.

Na Figura 1, segundo Brandi (2015), demonstra-se os elementos básicos da maioria dos circuitos de via existentes, que compõem de uma fonte de alimentação ligada aos trilhos, passando por um resistor, normalmente variável. Os trilhos são isolados eletricamente por juntas isolantes, afim de fazer a separação de um circuito de via para o outro. Os relés do circuito de via são equipamentos vitais fabricados especialmente com a finalidade a que se destinam, que é realizar a detecção de ocupações neste circuito, como trens e trilhos partidos.

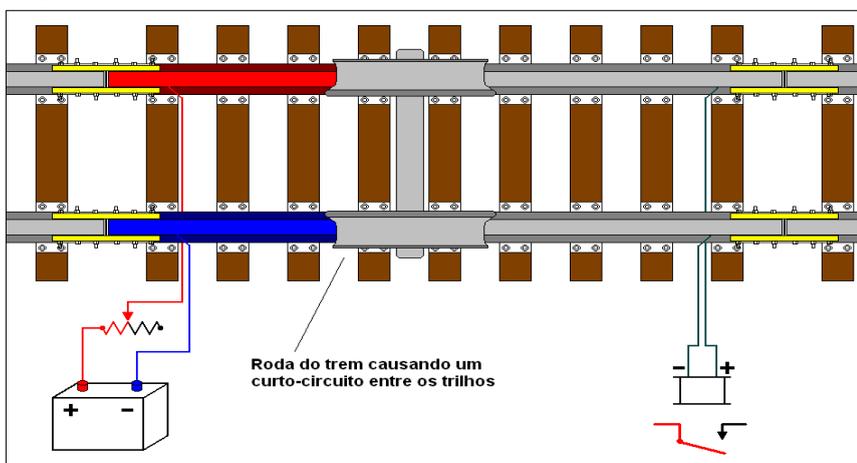
Figura 1: Circuito de Via sem presença de trens



Fonte: BRANDI, 2015

Já na Figura 2, relata como é o funcionamento do circuito de via quando ocorre um curto-circuito através dos rodeiros do trem, onde a alimentação proveniente da bateria é interrompida, não retornando até o relé, fazendo com que o mesmo se deserenergize, interrompendo a circulação de corrente e ocupando o circuito de via.

Figura 2: Curto circuito causado por um rodeiro

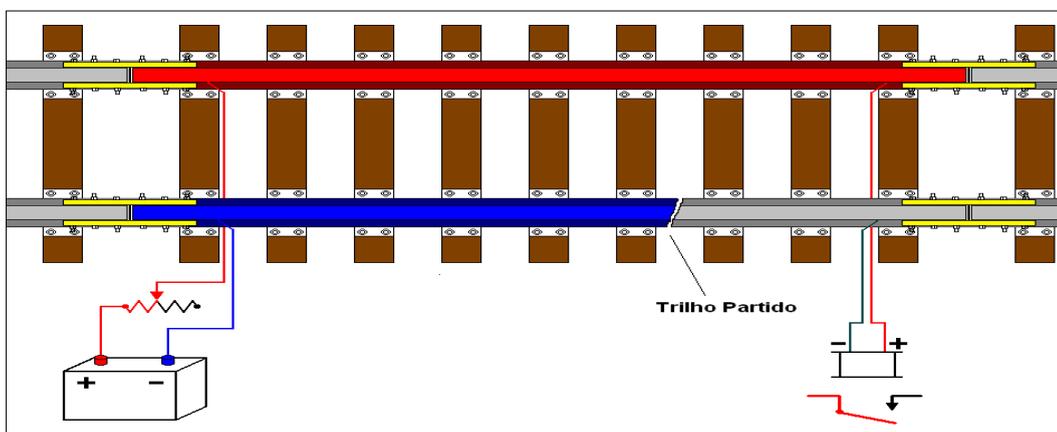


Fonte: BRANDI, 2015

Por último, na Figura 3, o curto-circuito é causado por uma anomalia, neste exemplo é o trilho partido, ocorrência comum na ferrovia, onde acontece o mesmo que na Figura 2, sendo a corrente impedida de circular pelo curto e o relé se deserenergiza.

1057

Figura 3: Curto circuito causado por um trilho partido



Fonte: BRANDI, 2015

Nas Figuras 1, 2 e 3 podem-se notar que o curto-circuito é causado no trilho através da própria detecção dos trens, como também no caso de trilhos partidos, onde o relé fica deserenergizado, interrompendo a circulação da corrente elétrica até a fonte.

Todo circuito de via é baseado em recepção e transmissão segundo Brandi (2015), o lado da transmissão é onde entra a alimentação e a recepção é onde chega a alimentação. A

transmissão de um circuito de via típico é composta por uma fonte de alimentação de energia, baterias, e conversores.

Na Figura 4, estão os elementos que compõem o sistema de transmissão do circuito de via, que são os carregadores de baterias, resistores, fonte e relé.

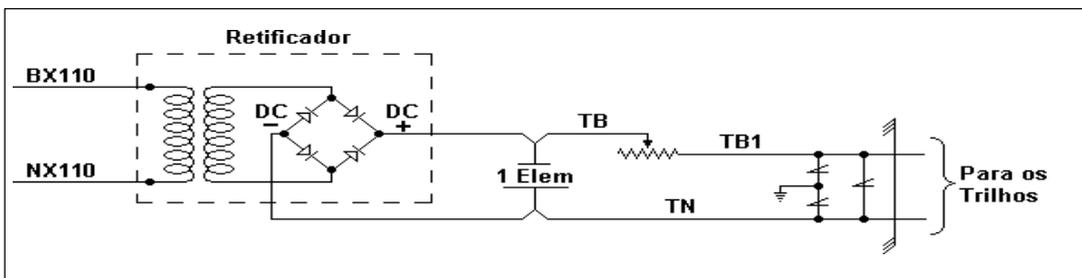
Figura 4: Elementos de Transmissão



Fonte: BRANDI, 2015

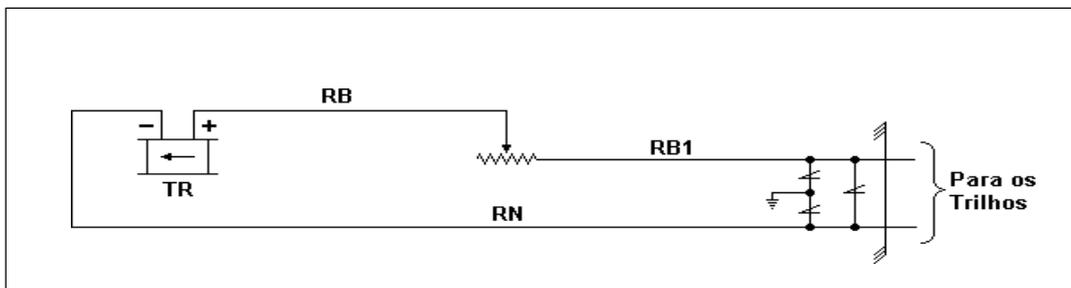
As Figuras 5 e 6 apresentam esquemas elétricos de transmissão e recepção do circuito de via.

Figura 5: Diagrama Transmissão CDV DC



Fonte: BRANDI, 2015

Figura 6: Diagrama de Recepção CDV DC



Fonte: BRANDI, 2015

As *houses* são abrigos encontrados ao longo da ferrovia, na Figura 7 nota-se como são as *houses*, pois é dentro dela que se encontra todos os equipamentos e dispositivos para o Sistema de Sinalização referente ao circuito de via, controlado tanto Local (Manutenção dos trabalhadores), quanto Remoto (Controlado pelo CCO), e com isso protegendo também os mesmos de intempéries e de possíveis atos de vandalismos da população.

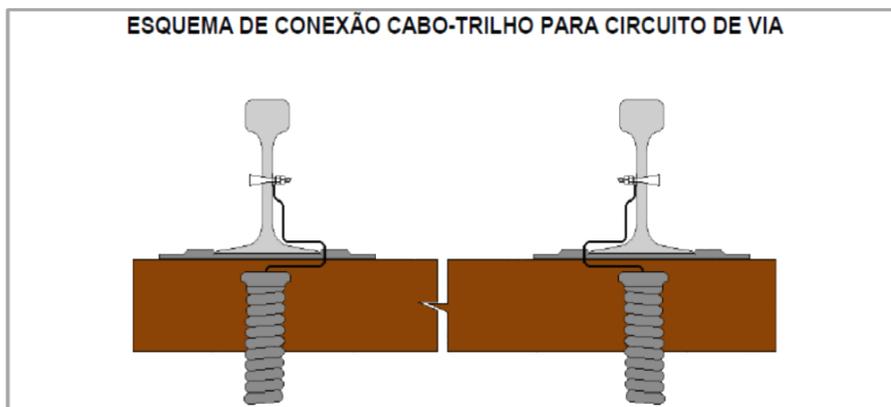
Figura 7- House e/ou Abrigo



Fonte: Dos Autores, 2023

Os cabos do circuito de via, conforme a Figura 8, são lançados em canaletas subterrâneas, partindo das *houses* até os trilhos, fazendo a interligação da transmissão e da recepção do circuito de via até o ponto de ligação aos trilhos.

Figura 8: Conexão Cabo/Trilho.

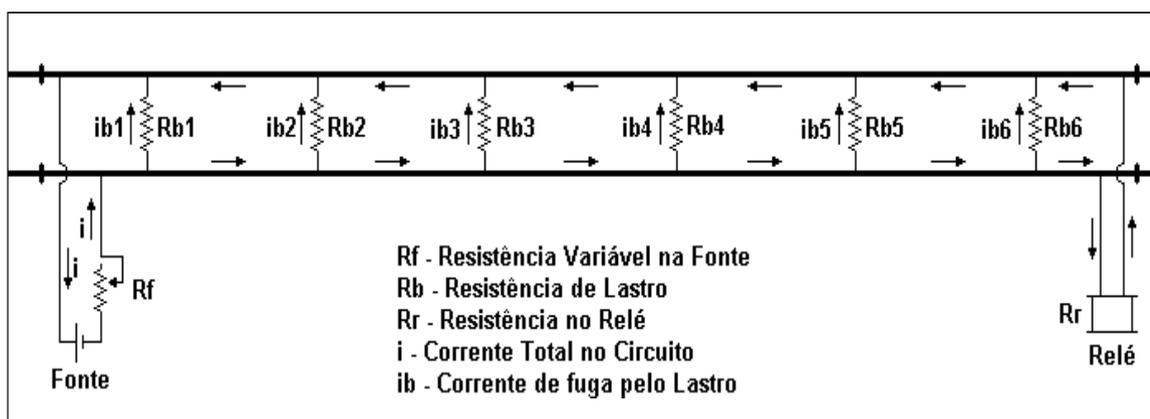


Fonte: BRANDI, 2015

De acordo com Brandi (2015), um fator importante a considerar no estudo de circuitos de via é a resistência de lastro. Resistência de lastro define a menor ou maior capacidade que a corrente elétrica tem para fluir entre os dois trilhos através dos elementos do lastro, quais sejam, dormentes, placas de apoio, parafusos e pedra britada. Quanto menor a resistência de lastro pior a condição geral do circuito de via, visto que grande parte da corrente fornecida pela fonte para energização do relé será retornada à mesma através da fuga entre trilhos proporcionada por baixa resistência à passagem da corrente elétrica entre os mesmos. Vários fatores podem determinar a condição de lastro, tais como, peso dos trilhos, tamanho dos parafusos de fixação das placas de apoio, tamanho das placas de apoio, contato da pedra britada com os trilhos, presença de umidade no lastro, presença de materiais condutores (minério de ferro e carvão, por exemplo) contaminando o lastro.

As peças-chave de um circuito de via são a fonte da bateria, os resistores de limitação, resistores de final de série dos relés, e os relés da via. A fonte da bateria fornece uma tensão de 1,5Vcc para o trilho. No caso da faixa detectora, uma unidade de Conversor de Via 2 (2TC) é utilizada como a fonte de bateria. As funções do resistor limitador são de limitar o consumo de corrente na unidade 2TC quando os trilhos são desviados, bem como limitar a quantidade de corrente fornecida aos trilhos quando não desviados. O resistor de final de série do relé é usado para definir a sensibilidade do desvio para o circuito de via. Ele também adiciona resistência que faz a liberação do relé de via (desenergizado) mais rápido, conforme observa a Figura 9.

Figura 9: Esquema de fuga de Corrente pelo lastro



Fonte: BRANDI, 2015

Segundo Júnior (2017), o sistema moderno chamado CBTC, foi implementado com o intuito de garantir mais segurança no transporte ferroviário e aumentando o fluxo de trens. O modelo CBTC, troca continuamente informações sobre a sua posição, velocidade e licenciamento, recebendo informações dos trens a frente, equipe de manutenção e restrições

de velocidades.

As *Houses* no qual se encontra todo o controle dos equipamentos e por onde passa todo o sistema de Sinalização, recebe uma tensão de 127Vca proveniente de um Trafo Abaixador, que reduz a tensão de 4,4KV para 127Vca alimentado as *Houses*. E com isso essa tensão de 127Vca chega no carregador de baterias (Retificador) conforme a Figura 10, devido a tensão de alimentação dos equipamentos ser 12Vcc.

Esse carregador transforma essa tensão para 12Vcc, porém a mesma oscila entre 12Vcc e 13Vcc, causando uma variação de tensão, com isso usa-se um equipamento chamado conversor DC-DC conforme a Figura 11, o Conversor recebe essa tensão variando e corrige a mesma, entregando os 12Vcc para alimentar os equipamentos, onde sai dois cabos de 2,5mm², um positivo B12 e outro negativo N12, distribuídos no TB conforme a Figura 12, para todos os componentes do circuito de via.

Logo após, esse 12Vcc passar na fonte 2TC, conforme a Figura 13, essa fonte é exclusiva de alimentação do circuito de via, pois novamente a tensão é transformada em 1,5Vcc, para que o circuito de via funcione, em seguida essa tensão de 1,5Vcc passa pelo terminal resistor de 5Ω, conforme a Figura 14 mostra o diagrama elétrico da fonte 2TC. Conforme a Figura 15, esse resistor tem a função também de abaixar a tensão, regulando o mesmo para a tensão que irá nos trilhos e protege a própria fonte 2TC contra curto-circuitos nos trilhos que retornam para dentro da mesma. Posteriormente chega nos terminais locação/trilho, conforme a Figura 16, no qual esses cabos de 16mm² percorre toda a margem da via por canaletas no subsolo, indo até os trilhos ligadas por pinos de conexão, que são instalados como transmissão e recepção (TX e RX), onde a transmissão é a chegada da tensão no trilho proveniente da fonte 2TC e a recepção é a saída do trilho retornando para o relé dentro da *House*.

Diante disso, ocorre o esquema da Figura 2, quando o curto no trilho for pelo rodeiro do trem ou anomalias na via, o relé se desenergiza e imediatamente ocupa o circuito de via. A recepção leva o relé a desenergizar ou energizar, pois é o retorno que vai para o mesmo. Relé desenergizado e/ou energizado, leva essa tensão de retorno para os TIP's, conforme a Figura 17, esses TIP's tem a função de fazer a proteção dos cartões do ElectrologIXS e também transformar essa tensão de retorno em Pulsos (Ondas Quadradas) conforme a Figura 18, pois os cartões recebem e transmitem códigos entre os pátios para que seja feito as licenças dos trens, esses TIP's tem essa funcionalidade de gerar pulsos. O ElectrologIXS tem a função de receber e transmitir esses códigos simultaneamente, caso alguma anomalia aconteça na via, determinado código para de transmitir e envia outro, de acordo com o significado de cada

código.

Observa-se as figuras dos equipamentos descritos no texto acima, entrada e saída da tensão alimentando os equipamentos, desde a chegada no carregador até a saída dos códigos.

Na Figura 10, nota-se o carregador de baterias, o mesmo é responsável por receber a tensão 127Vca e transformar em 12Vcc.

Figura 10- Carregador de baterias (Retificador)



Fonte: Dos Autores, 2023

A Figura 11 mostra o Conversor DC/DC, o qual corrige essa tensão que oscila, proveniente do carregador de baterias.

1062

Figura 11- Conversor DC/DC



Fonte: Dos Autores, 2023

Conforme a Figura 12, os TB's distribuem essa tensão de 12V para os demais equipamentos de Sinalização.

Figura 12- TB's de Alimentação



Fonte: Dos Autores, 2023

Na Figura 13, ilustra a Fonte 2TC, usada para alimentação do Circuito de Via, abaixando a tensão para 1,5Vcc.

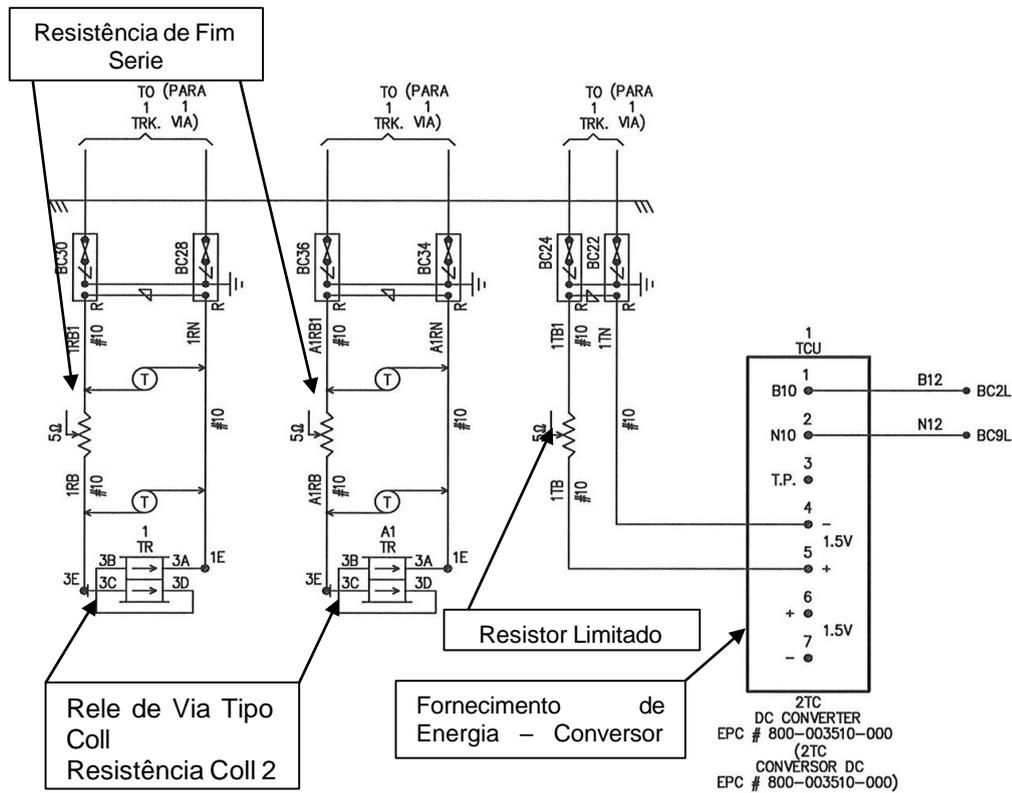
Figura 13- Fonte 2TC



Fonte: Dos Autores, 2023

A Figura 14, Brandi (2015), mostra a representação do diagrama elétrico da Fonte 2TC.

Figura 14- Diagrama Elétrico da Fonte 2TC



Fonte: BRANDI, 2015

A Figura 15, mostra o Resistor de 5 Ohms variável, que também tem a função de regular a tensão dependendo do circuito e também protege contra curto-circuito.

Figura 15- Resistor 5 Ohms Variável



Fonte: Dos Autores, 2023

A Figura 16 apresenta os terminais de ligação, tem a funcionalidade de levar essa tensão até os trilhos e fazendo que o sistema funcione em perfeito estado.

Figura 16- Terminais de Interligação



Fonte: Dos Autores, 2023

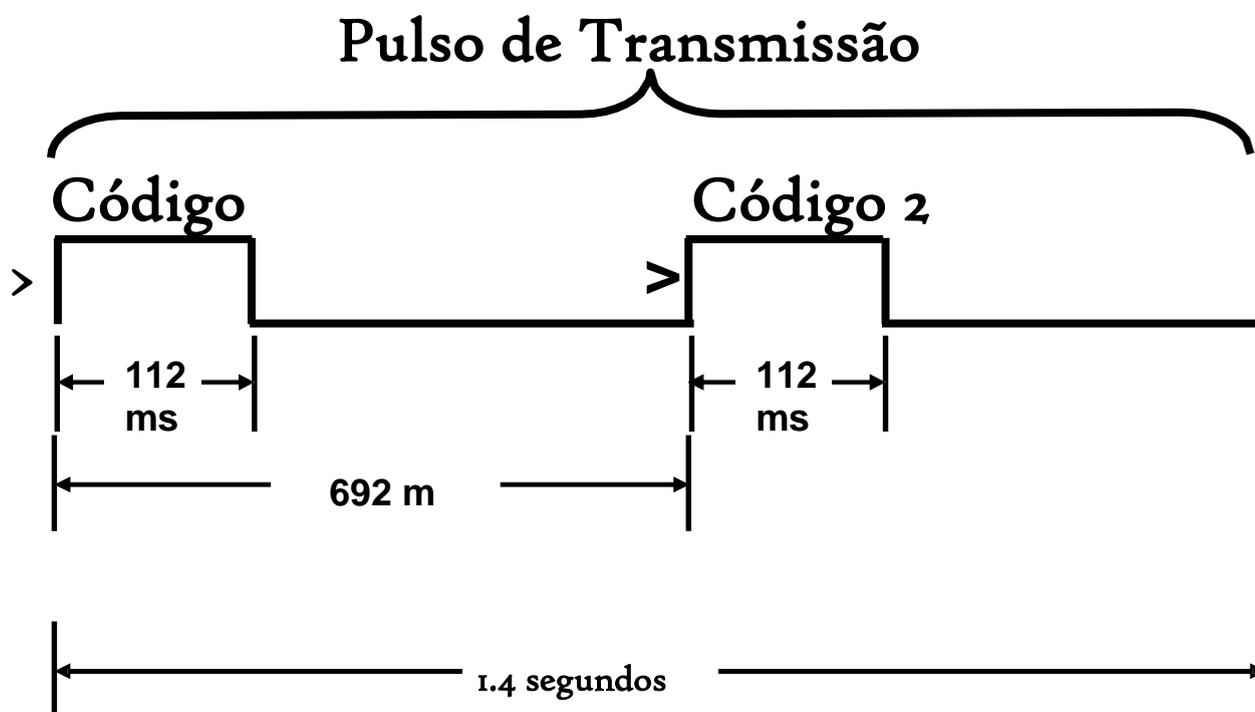
Para Brandi (2015), os TIP's conforme a Figura 17, tem-se a função de proteger os cartões do Electrologix e transformar a tensão que retorna em ondas quadradas conforme a Figura 18 e gerando os códigos de entrada e saída.

Figura 17- TIP de Proteção



Fonte: Dos Autores, 2023

Figura 18- Ondas Quadradas Transmitidas e Recebidas

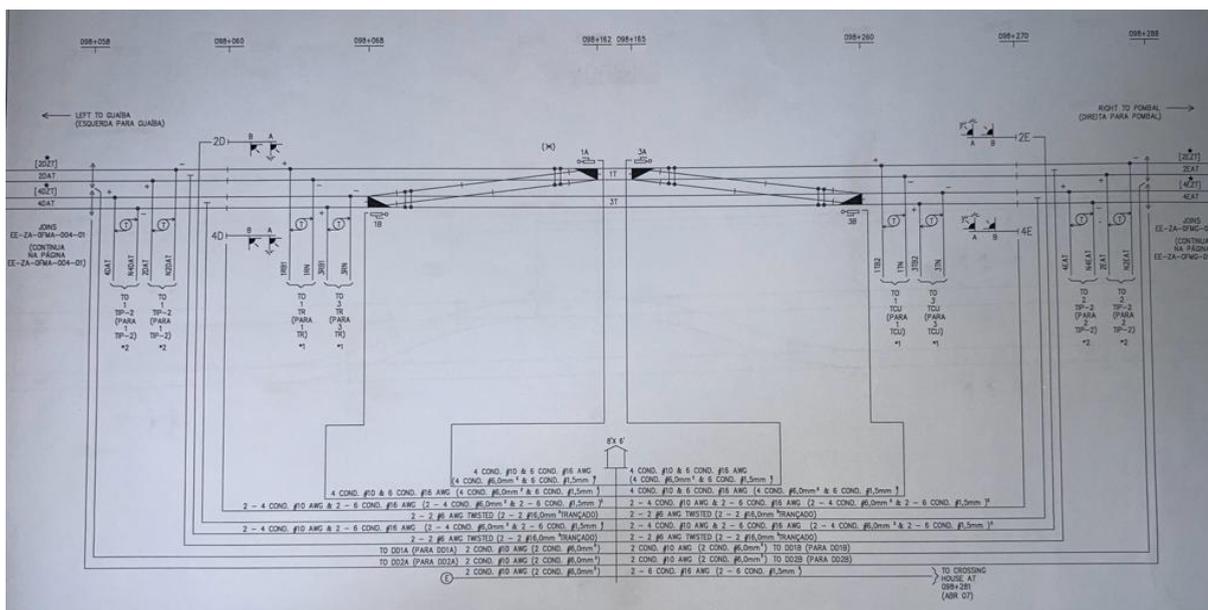


Fonte: BRANDI, 2015

As Houses de todos os pátios possuem as suas respectivas plantas, fazendo que facilite na hora de achar um defeito e/ou se localizar cada equipamento. As plantas são controladas e somente pessoas autorizadas podem fazer alterações, caso houver mudanças. A Figura 19, mostra o modelo das plantas, nesse caso o pátio todo foi ilustrado.

1066

Figura 19- Planta/ Diagrama



Fonte: Dos Autores, 2023

Nota-se no Quadro 1, os códigos que são transmitidos e recebidos no ElectrologIXS e a funcionalidade de cada um. Uma vez que esses códigos são recebidos, um código resultante é transmitido ao local seguinte. Cada código representa um sinal de aspecto particular ou uma condição de via.

Quadro 1: Códigos e suas funções

CÓDIGO DE ENTRADA	FUNÇÃO NORMAL DO SINAL	NOMENCLATURA INTERNA	CÓDIGO DE SAÍDA
1	Integridade da Via	TR	1
2	Controla Aspecto de Aproximação	H	4 ou 3
3	Controla Aspecto Livre Limitado para Aproximação Divergente	FH	4
4	Controla Aspecto Livre Único à frente	D	7
5	Ocupação de Bloco à Frente Não-Vital	BK	5
6	Tumble-Down (pedido de bloqueio e sentido de rota)	TD R	6
7	Controla Aspecto Livre à frente	AD	7
8	Não Utilizado	-	-
9	Bloco Livre	BC	9
M	Código de Manutenção	MR	10

1067

Fonte: BRANDI, 2015

Os códigos são categorizados como códigos vitais ou não vitais. Um código de segurança vital é fundamental para a operação ferroviária. Estes códigos são 2, 3, 4, 7, 8 e 9. Códigos Não vitais não são críticos para a operação segura dos trens e são 1, 5, 6, e M (algumas vezes chamado código 10).

- Códigos 1, 5, e M (ou código 10) estão relacionados às condições da via.
- Códigos 2, 3, 4, e 7 são utilizados para aspectos de sinal.
- Código 6 é usado para a função de bloqueio e alinhamento de rota, onde se define o sentido da rota.
- O código 8 não é utilizado.
- O código 9 está reservado para aplicação futura.

Os códigos são transmitidos de forma bidirecional. Uma caixa ElectrologIXS, caixa A, transmite o seu código enquanto a outra, caixa B, espera para receber. Uma vez recebido, a caixa B, então, transmite o seu código para a caixa A.

Nota-se que todo o percurso da tensão até a alimentação dos equipamentos, faz com que funcione perfeitamente num todo, percorrendo todo o circuito, gerando os pulsos que se transformam em códigos, fazendo a comunicação entre os pátios, recebendo e transmitindo simultaneamente de acordo com cada um, posteriormente alinhando as licenças seguras para o a circulação dos trens.

CONCLUSÃO

Dessa forma, todo o conteúdo apresentado por meio deste trabalho mostra a importância que cada equipamento tem para garantir a circulação ferroviária com segurança e eficiência. Além disso, é possível observar que alguns equipamentos vistos somente na ferrovia, vem crescendo a cada ano, inovando e trazendo melhorias para esse ramo.

Isto posto, é de grande importância para o ramo ferroviário o completo sistema de circuito de via para a sinalização ferroviária, uma vez que este trouxe uma grande modernização e avanço para o mesmo. Entretanto, quando há falta dele, há ocorrência de transtornos na circulação, afetando os trens em atendimentos a clientes.

O sistema CBTC, abordado neste artigo, é o sistema mais moderno, que integra a sinalização ferroviária no Mundo, com foco em garantir a segurança e proporcionando ganho operacional aumentando a produtividade das empresas que o aderem, trazendo grandes avanços para o ramo ferroviário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

M.C. JÚNIOR, Jarbas *et al* (ed.). SINALIZAÇÃO E COMUNICAÇÃO: elementos de sinalização e comunicação. Juiz de Fora: Bright Treinamento Ltda, 2018. 67 p.

BRANDI, Eng. Rubens Sergio. ELETROELETRÔNICA FERROVIÁRIA SINALIZAÇÃO CIRCUITO DE VIA: engenharia de eletrônica. Rio de Janeiro: Academia Mrs, 2004. 107 p.

QUALIDADE, Diretoria de Recursos Humanos e. Manutenção do Sistema de Sinalização Controle ElectrologIXS. Juiz de Fora: Academia Mrs, 2011. 40 p.

ELETROELETRÔNICA, Engenharia de. BLOQUEIO E INTERTRAVAMENTO. Rio de Janeiro: Academia Mrs, 2016. 94 p

CORPORATION, Wabtec. SISTEMA DE CONTROLE DE BORDO: cBTC. Juiz de Fora: Wabtec Global, 2012. 161 p.

ELECTRONICS, Wabtec Railway. TRAIN MANAGEMENT AND DISPATCH SYSTEM (TMDS). Estados Unidos: Mrs, 2011. 62 p.

ICS, Ge Transportation -. ELECTROLOGIXS. Juiz de Fora: Mrs, 2011. 86 p.