

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

**CATEGORIA 3**

TÍTULO DO TRABALHO: Desenvolvimento de técnica de pesquisa e monitoramento de correntes de sinalização em via permanente

**INTRODUÇÃO**

Anualmente a demanda por transporte de massa vem crescendo pela população, a qual, busca eficácia, segurança e pontualidade. A Companhia do Metropolitano de São Paulo transporta cerca de 5 milhões de passageiros/dia em São Paulo, portanto qualquer interferência, seja de natureza técnica ou operacional, pode gerar consequências graves aos usuários.

Diante deste cenário, é imprescindível antever atuações de manutenção, otimizando-as e tornando-as menos invasivas.

A manutenção preditiva e corretiva vem sendo aprimorada através de novas tecnologias de controle e monitoramento, e o corpo técnico da Cia. do Metropolitano de São Paulo está alinhado a esta nova realidade.

Partindo deste pressuposto, o corpo técnico de restabelecimento desenvolveu um sistema inédito de monitoramento de correntes de sinalização em circuitos de via com detecção de ocupação em áudio frequência (AF). Este sistema é capaz de monitorar em “Full time” baixos níveis de corrente de via, filtrá-los e armazená-los em um sistema de aquisição de dados, para posterior análise.

Este sistema é atualmente utilizado em atuações na via permanente onde é necessário análise das correntes de sinalização.

## DIAGNÓSTICO

Regiões de desvios possuem particularidades, a qual as torna mais complexas. Isto se deve a quantidade de equipamentos instalados nestes trechos, que atendem a necessidade de interrupções dos trilhos através de juntas isolantes, presença de equipamentos para promover a mudança de via, interconexões entre trilhos (“Bonds”) para a tração, etc.

A detecção de ocupação em região de desvio via sinal AF, consiste em aplicar o sinal em forma de tensão nas conexões do circuito de via em uma das extremidades, e na extremidade oposta, recuperar esta tensão para entregá-la ao equipamento de sinalização informando a desocupação do mesmo. Esta tensão só existirá se houver presença de corrente na entrada do circuito da caixa a margem de via do receptor, o qual é proveniente da aplicação de tensão na transmissora.

As correntes circulantes deste sistema de sinalização ficam na faixa de 50 a 200 mA, acompanhada de correntes de tração de 100 a 1300 A, compartilhando o mesmo trilho de rolamento. Portanto, as correntes do sistema de sinalização sofrem grandes interferências, o qual, já prevê tolerância a estes.

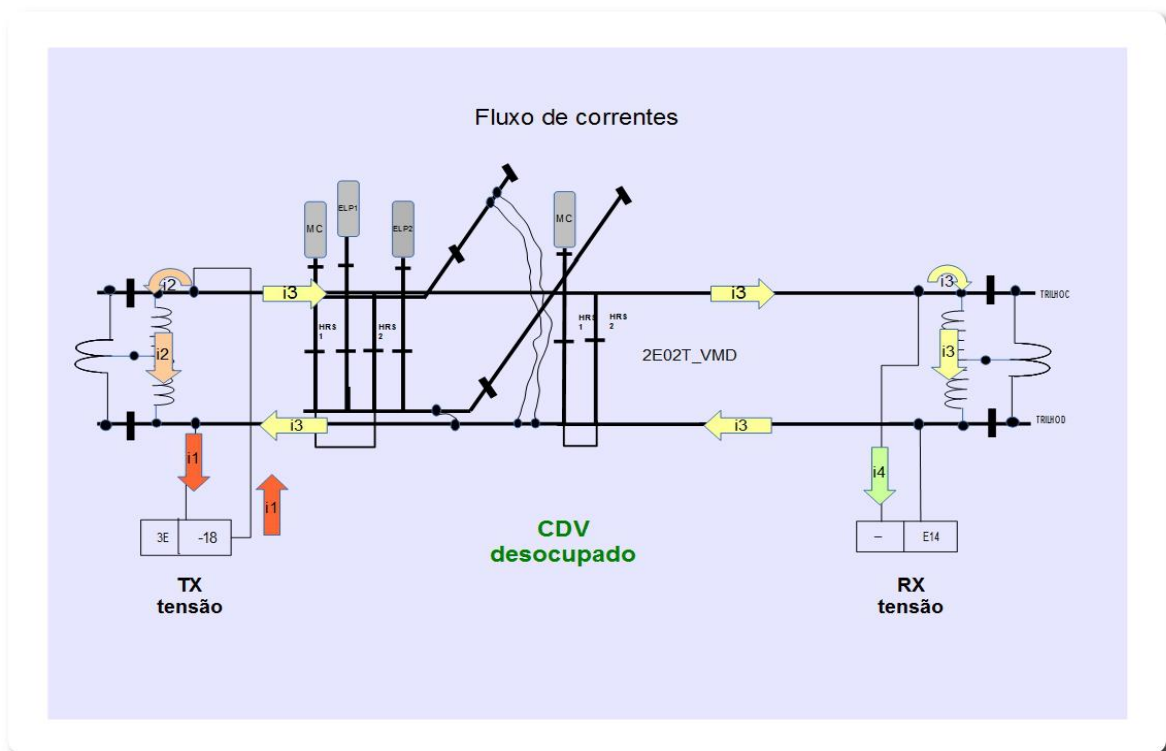


Figura nº1- Fluxos de correntes com circuito desocupado

Quando um trem adentra no circuito, esta tensão cessa devido ao conjunto rodas + eixo do trem curto-circuitar os trilhos, desviando a corrente que antes alcançava o receptor. A ausência de corrente no receptor cessa a DDP, que, por conseguinte informa o sistema de sinalização que existe uma ocupação real no circuito.

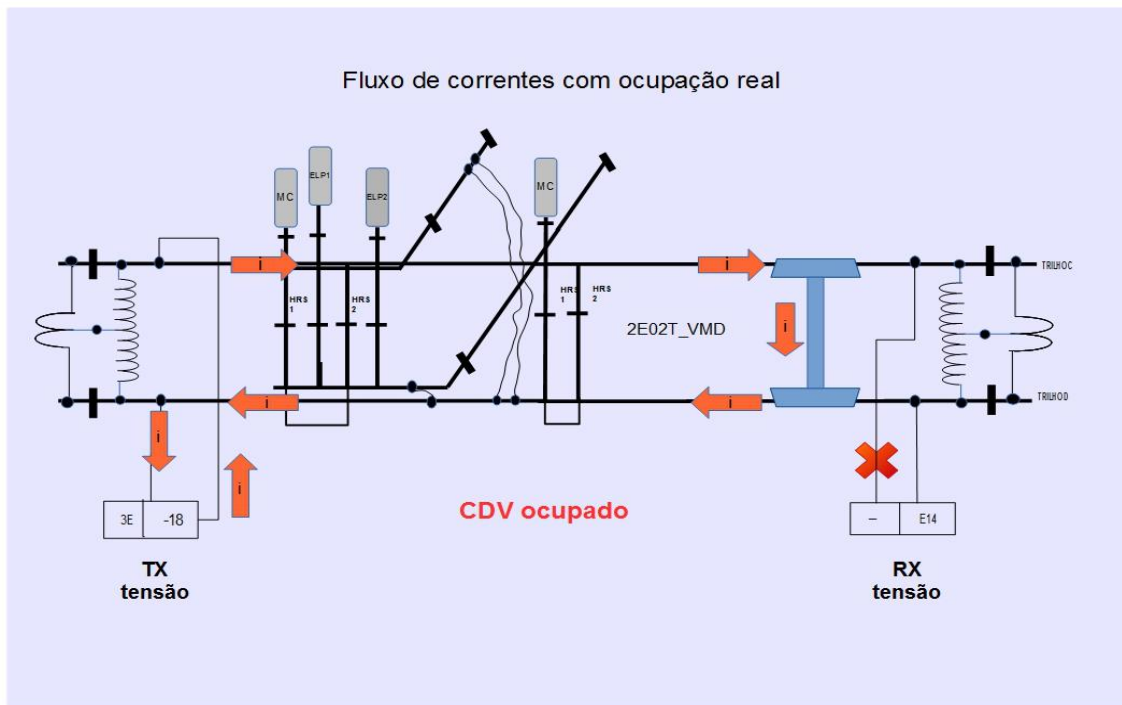


Figura nº2- Fluxos de correntes com circuito ocupado por trem

Entretanto, esta corrente pode ser desviada não só pelo rodeiro do trem em condições normais, bem como na ocorrência de determinados modos de falha, cujos elementos que compõe a via permanente podem desviar esta corrente indevidamente.

As equipes de manutenção preventiva coletam periodicamente estes níveis de correntes e tensões destes circuitos de via (vide figura nº3), onde constatado desvio, é realizado inspeção detalhada para detecção da causa. Quando algum elemento que compõe a via apresenta sinais de desgaste, o mesmo é imediatamente substituído.

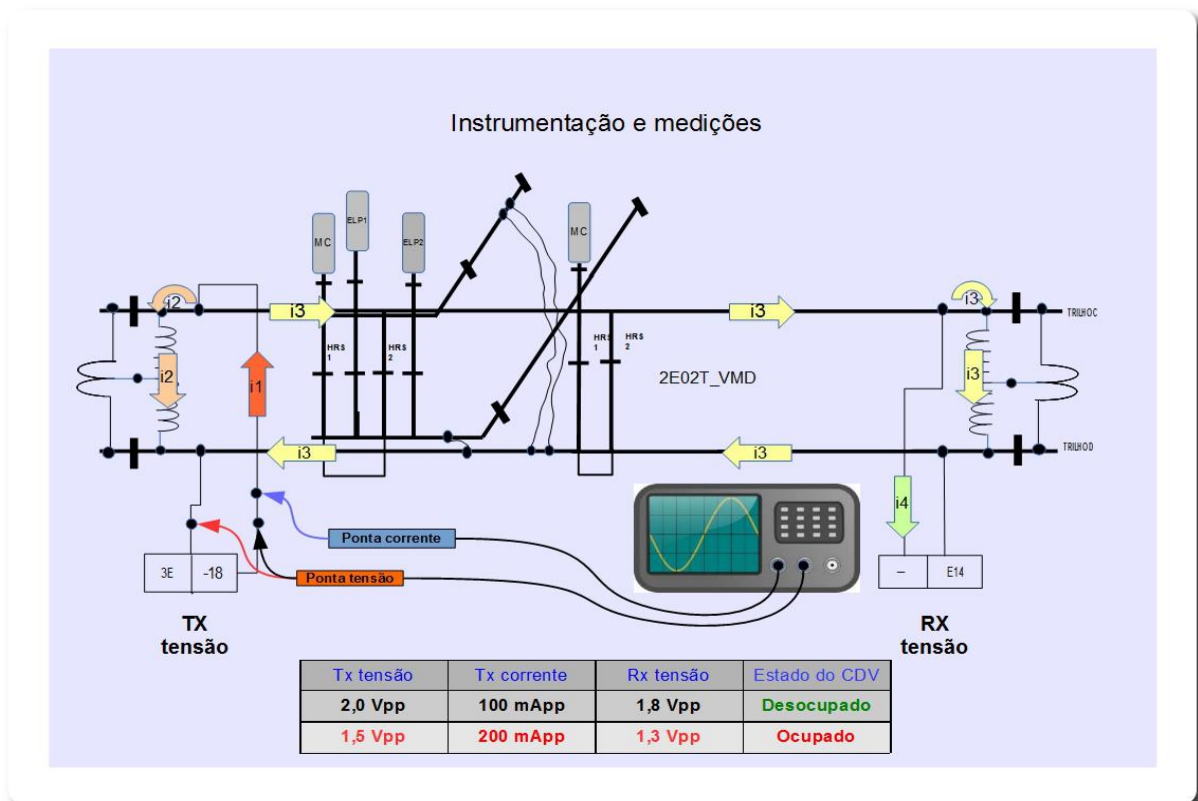


Figura nº3- Coleta de níveis de tensão e corrente do CDV

Determinados elementos que compõe a região de desvio podem gerar modos de falha de difícil predição, o qual, inesperadamente podem gerar fugas de corrente, levando a uma falsa ocupação, conforme ilustrado na figura nº4. Nestas situações, já munidos de dados anteriores de tensão e correntes normais, as equipes de manutenção corretiva empregam o uso de métodos já consolidados na busca da causa.

Através de uma antena de corrente conectada a um voltímetro seletivo portátil, sintoniza-se a frequência do sinal AF e efetua-se a leitura indireta da corrente induzida que circula nos trilhos, permitindo assim mapear e conseqüentemente detectar o equipamento que está gerando a fuga de corrente, conforme figura nº5.

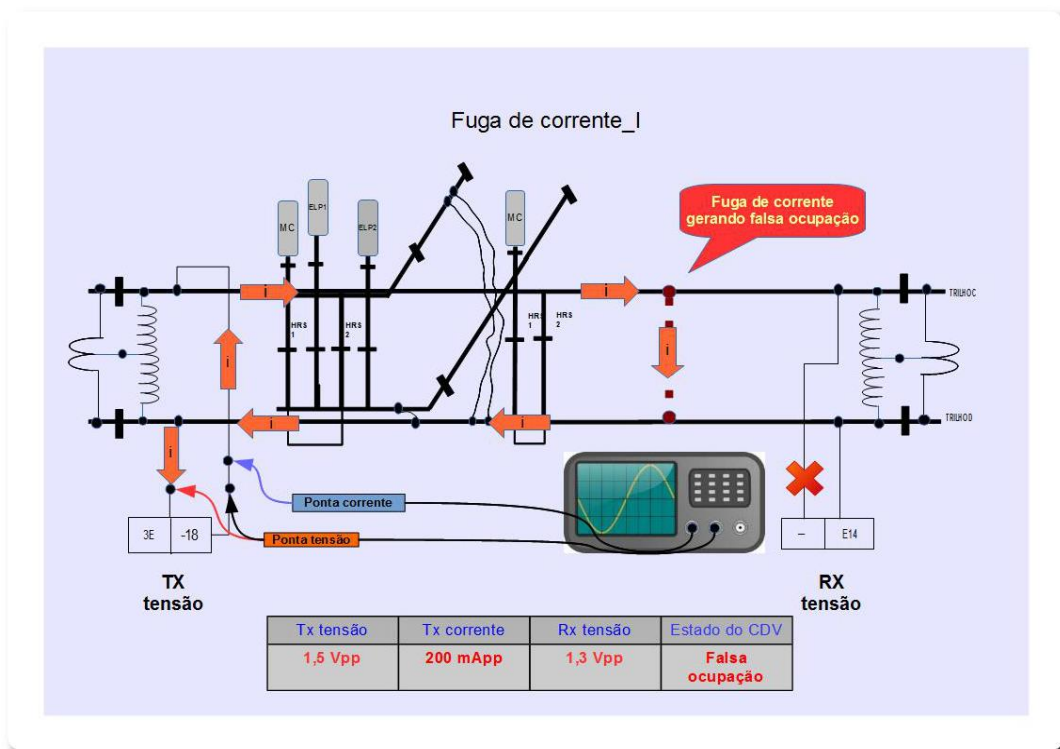


Figura nº4- Fuga de corrente e falsa ocupação

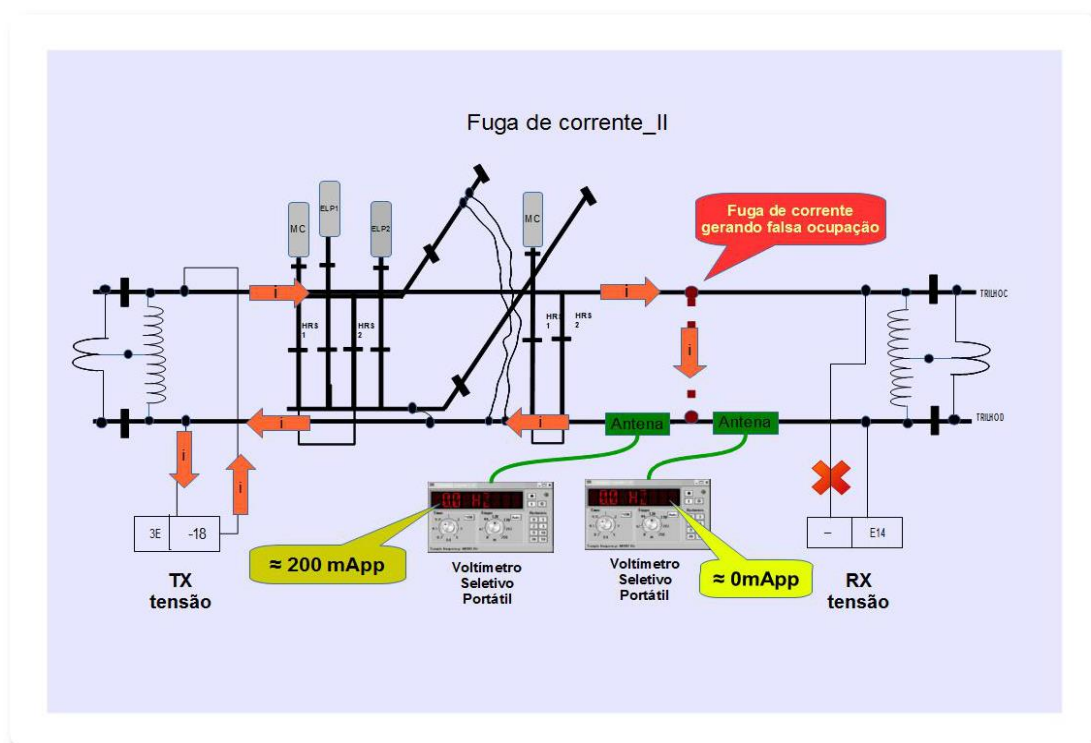


Figura nº5- Utilização de volímetro seletivo portátil

Apesar do método conhecido ser eficiente e de domínio dos colaboradores, este procedimento de teste necessita de acesso ao leito da via, onde demanda tempo com calibrações adicionais e posicionamento da antena sobre o trilho. Caso seja necessário aplicar durante a operação comercial, gerará interferências operacionais.

Como estudo de caso, utilizaremos uma intervenção de manutenção em um desvio, cujo efeito se caracterizava por uma falsa ocupação, o qual se manifestava após a passagem de um trem sobre o mesmo em reverso. Logo após a passagem do trem posterior em normal o efeito desaparecia, evidenciando intermitência.

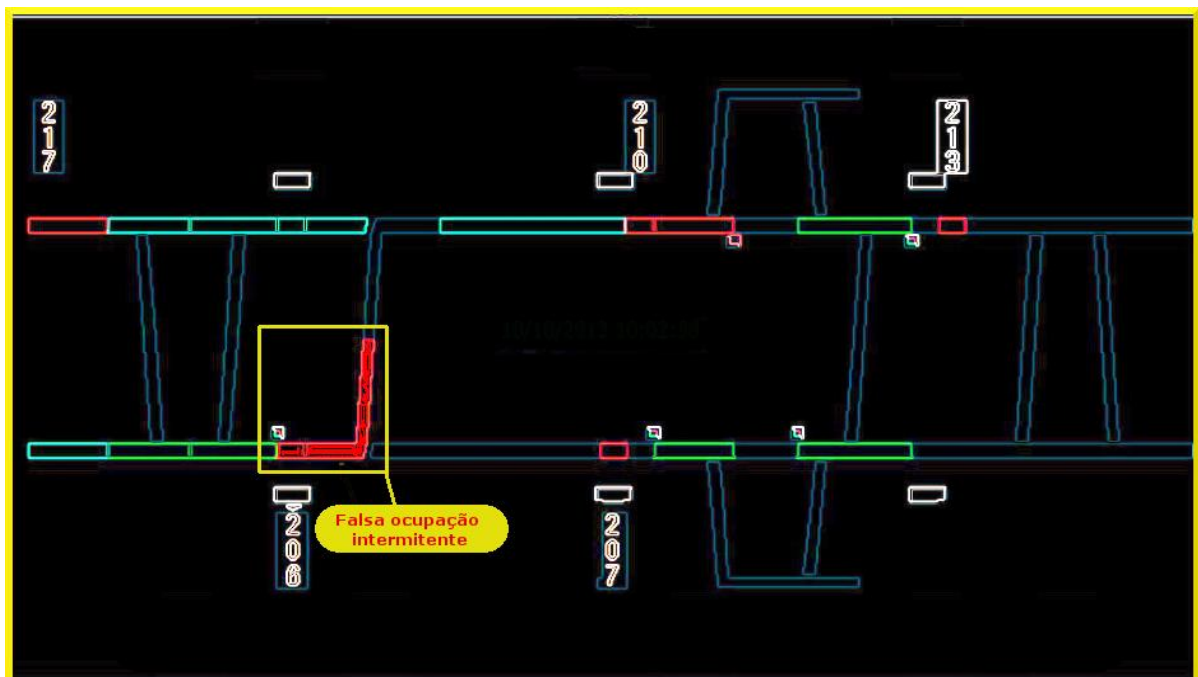


Figura nº6- Estudo de caso



O desafio era obter as medições das correntes nos trilhos no momento da manifestação do efeito desvio, utilizando os métodos conhecidos e sem causar interferências operacionais. Neste contexto operacional, entretanto, a execução das técnicas conhecidas se tornaria deveras invasiva.

Diante deste cenário adverso, foi necessário desenvolver um sistema que permitisse monitorar e coletar as correntes de sinalização da via sem a intervenção humana e com mínimo de interferência. Contudo, este sistema teria como premissas básicas:

I- Preservar o projeto original dos equipamentos.

II- Utilização em “Full time” (24 x 7) durante operação comercial com o mínimo de interferência e sem a presença humana na via.

III- Armazenamento dos dados obtidos para posterior análise, após encerramento da operação comercial.

IV- Baixo custo, utilizando preferencialmente recursos próprios e parque atual de instrumentos da Cia.

A partir dos critérios estabelecidos, iniciamos exaustivos testes com diversos transdutores magnéticos, antenas, filtros digitais, etc. O qual finalmente concebeu um protótipo do sistema, que produziu resultados, conforme figura nº7.

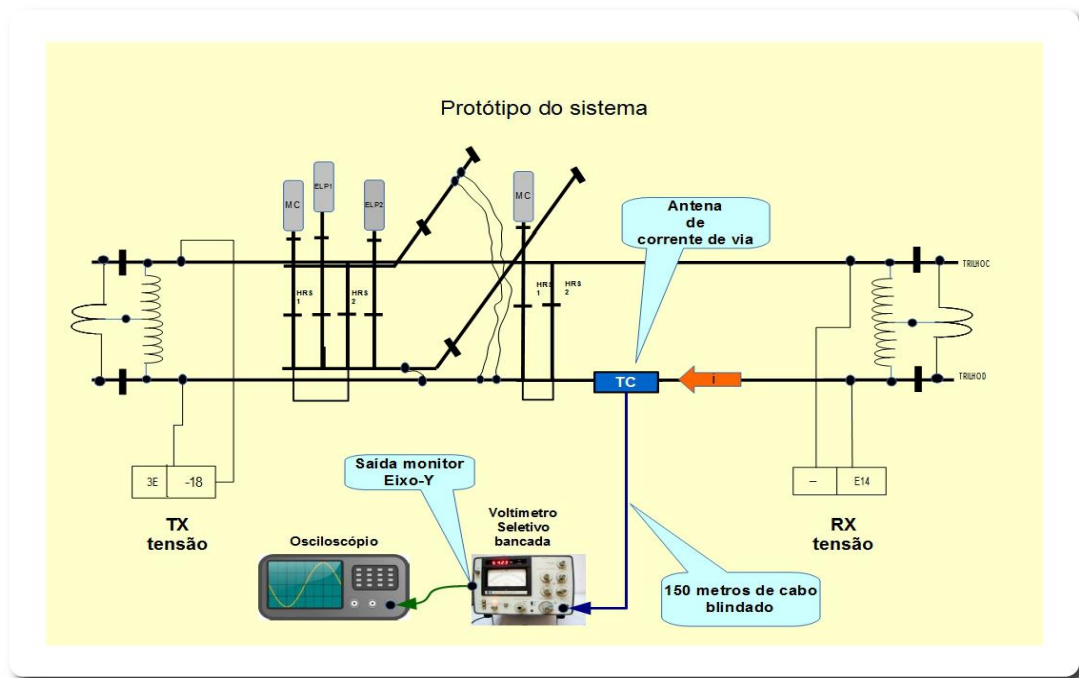


Figura nº7- Protótipo do sistema de monitoramento de correntes

Através de um transdutor de corrente de via (Antena de teste de corrente, figura nº8) fixadas ao lado dos trilhos, esta recebe a corrente induzida gerada pelo sinal AF, que produz uma DDP de alguns microvolts e é entregue a um voltímetro seletivo de bancada com excelente relação ganho/taxa de filtragem (banda estreita).

Este voltímetro seletivo é capaz de amplificar, filtrar e recuperar o sinal AF original aplicado pelo transmissor, evitando interferências de outras correntes e ruídos circulantes.



Figura nº8- Antena de Corrente

Após equalização e tratamento destes sinais pelo voltímetro seletivo, estes sinais são disponibilizados na saída monitor de amplitude, e entregue ao canal do osciloscópio.

Funcionamento da técnica:

São instaladas antenas de corrente na “alma” do trilho, de forma que possibilite a passagem do rodeiro do trem. Estes sensores de corrente são posicionados provisoriamente em função do objetivo da pesquisa das correntes de sinalização. No exemplo da figura nº9 os sensores foram instalados de forma que dividiu o CDV em 4 setores, onde os voltímetros são calibrados para exibir a corrente de “desocupação”. No exemplo, observa-se o comportamento esperado pelas correntes sem ocupação do CDV.

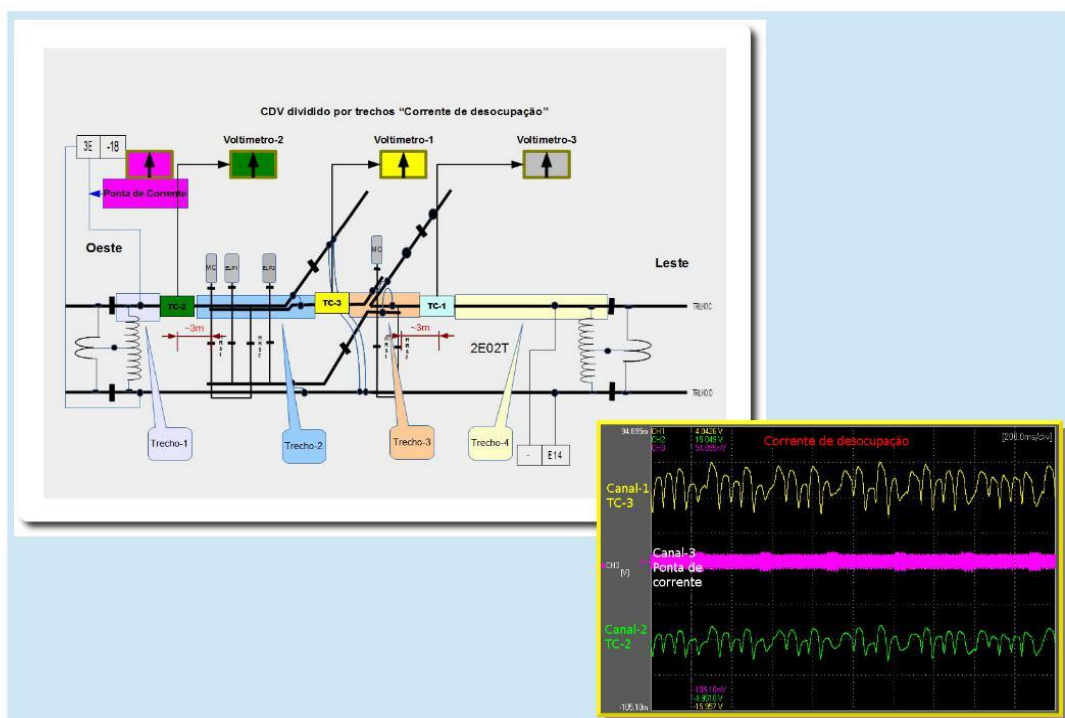


Figura nº9- Funcionamento da técnica 1

Caso ocorra alguma anomalia em algum dos setores, os voltímetros detectarão imediatamente a alteração da corrente, enviando a informação ao osciloscópio. Conforme pode ser observado na figura nº10, uma fuga de corrente ocorrida no setor 2, repercutiu alterações de nível de corrente em todos os voltímetros, possibilitando a visualização gráfica. Através dos dados obtidos é possível delimitar um trecho de via muito menor onde a fuga de corrente está ocorrendo, otimizando, portanto a manutenção.

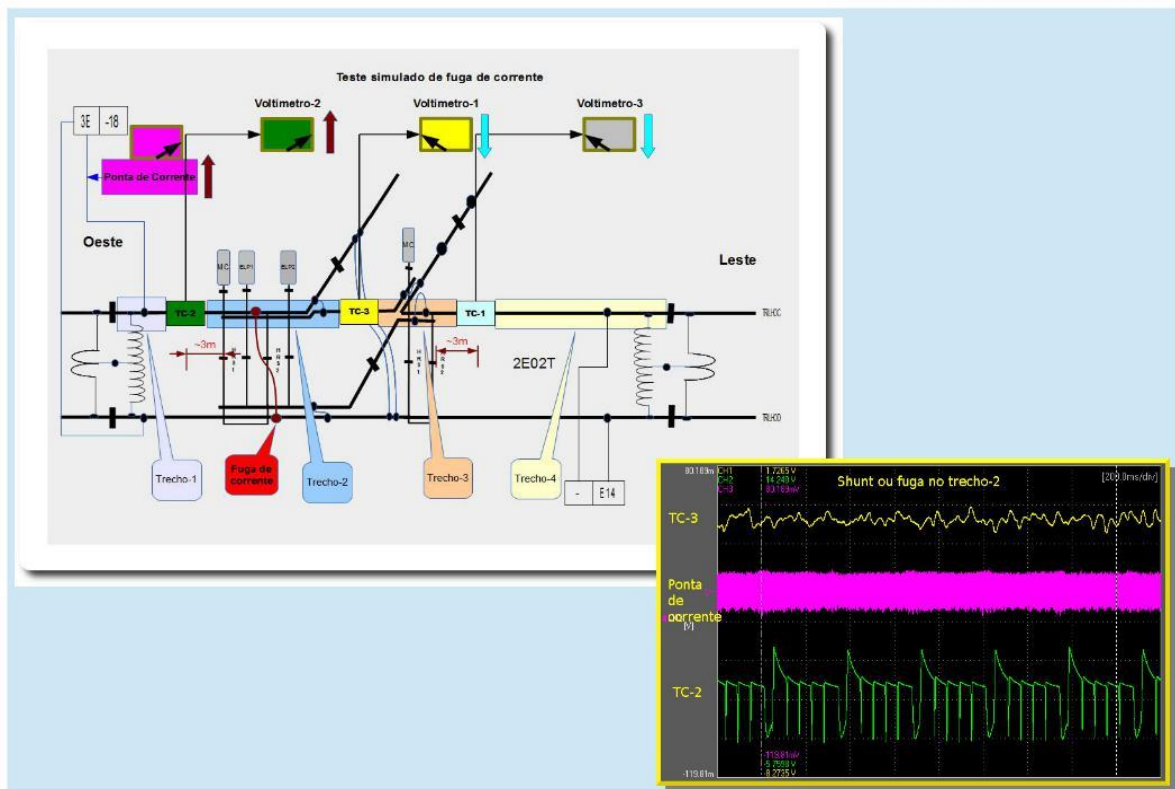


Figura nº10- Funcionamento da técnica 2

Aplicação da técnica:

O método foi aplicado no caso descrito anteriormente, devido à intermitência do efeito. No caso em estudo se fazia necessário inclusive registrar os dados para análise posterior. Para tanto, foi utilizado um registrador de dados de alta capacidade no lugar de um osciloscópio convencional.

Conforme figura nº11, os sensores de corrente foram instalados inicialmente de forma que dividiu o CDV em dois trechos de via. Tao logo o efeito indesejado se manifestou, através da análise dos registros, notou-se elevação anormal da corrente do sensor 2 e queda no sensor 3. Com os dados obtidos, conclui-se que um dos pontos de saída da corrente de fuga estaria entre esquerda do sensor 3 e à direita do sensor 2, Portanto delimitando e reduzindo em 50% a extensão do CDV em que estaria presente um dos pontos de fuga.

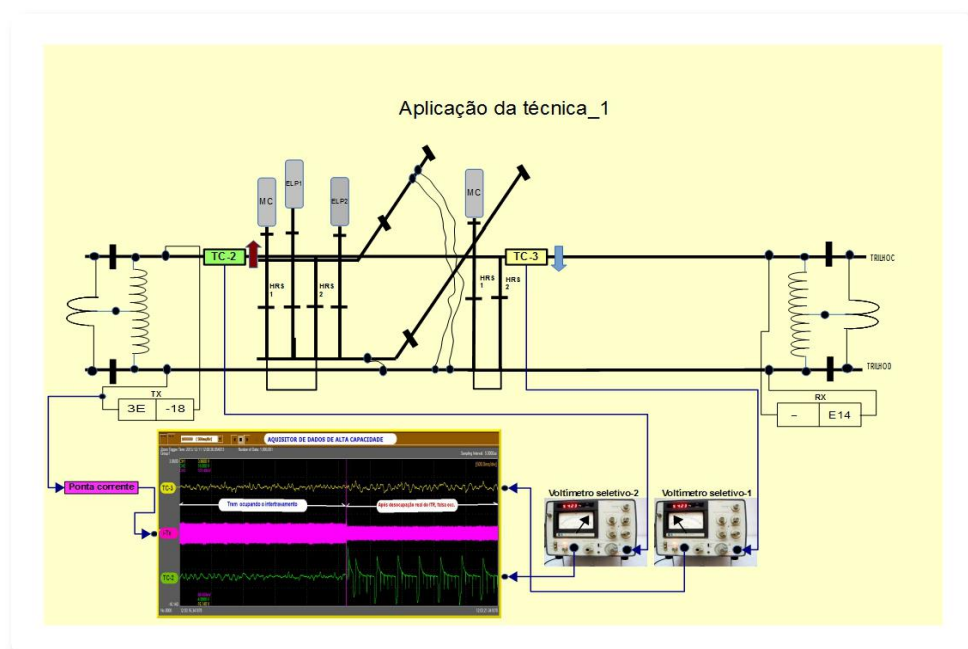


Figura nº11- Aplicação da técnica I

Por conseguinte, os sensores foram reposicionados para uma melhor delimitação e acuracidade do ponto de fuga, conforme figura nº12. Conforme ilustração, foi possível mapear novo ponto de corrente no CDV, o qual possibilitou novas conclusões acerca do caminho da corrente de fuga, delimitando ainda mais o trecho compreendido entre o sensor 2 e sensor 3.

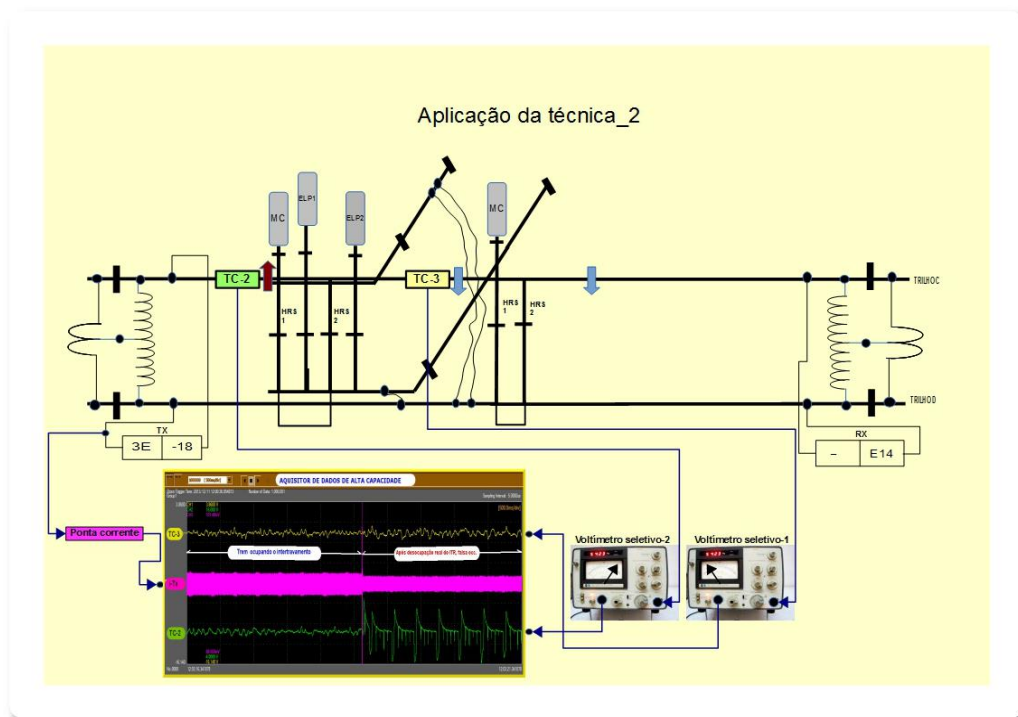


Figura nº12- Aplicação da técnica II

O trecho aqui delimitado entre os sensores posicionados anteriormente, conforme figura nº12, é extremamente complexo, o qual é composto por diversos equipamentos de via permanente, suscitando um reposicionamento mais criterioso dos sensores, conforme figura nº13. Um novo ponto mapeado pelo sensor 3, indicava que a fuga de corrente possivelmente partia do nó formado pelo “Bond” logo à direita deste sensor. Seria necessário determinar por qual “perna” de trilho fluiria a corrente indevida.

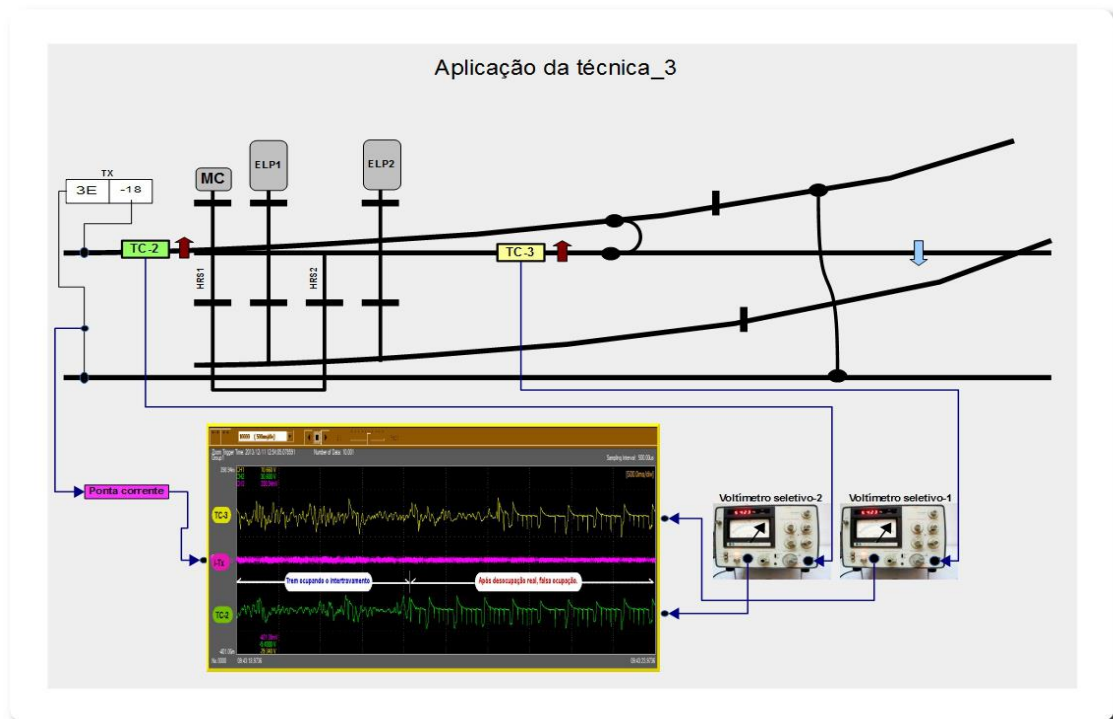


Figura nº13- Aplicação da técnica III

Partindo da configuração anterior dos sensores, optou-se por um novo posicionamento do sensor 3, monitorando a “perna de trilho” onde existia uma junta isolante instalada, conforme a figura nº14.

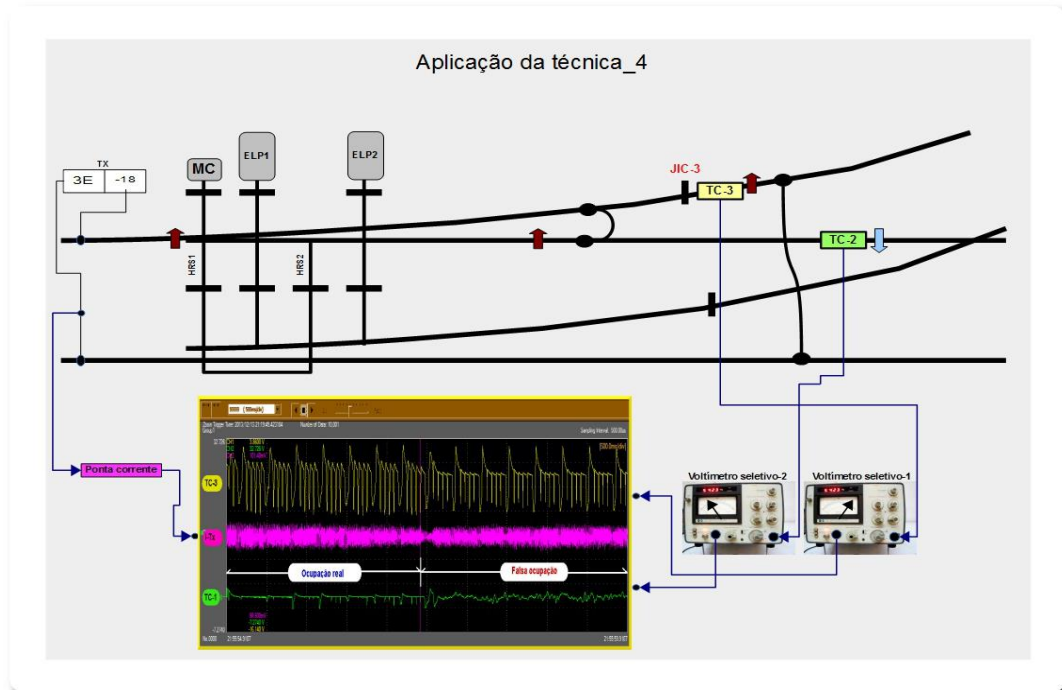


Figura nº14- Aplicação da técnica IV

A partir deste novo dado fornecido pelo sensor 3, constatou-se que fluía uma corrente indevida pela junta isolante, onde mais tarde foi ratificado pelo reposicionamento dos sensores 1 e 3 instalados em ambos os lados da junta, conforme figura nº15.



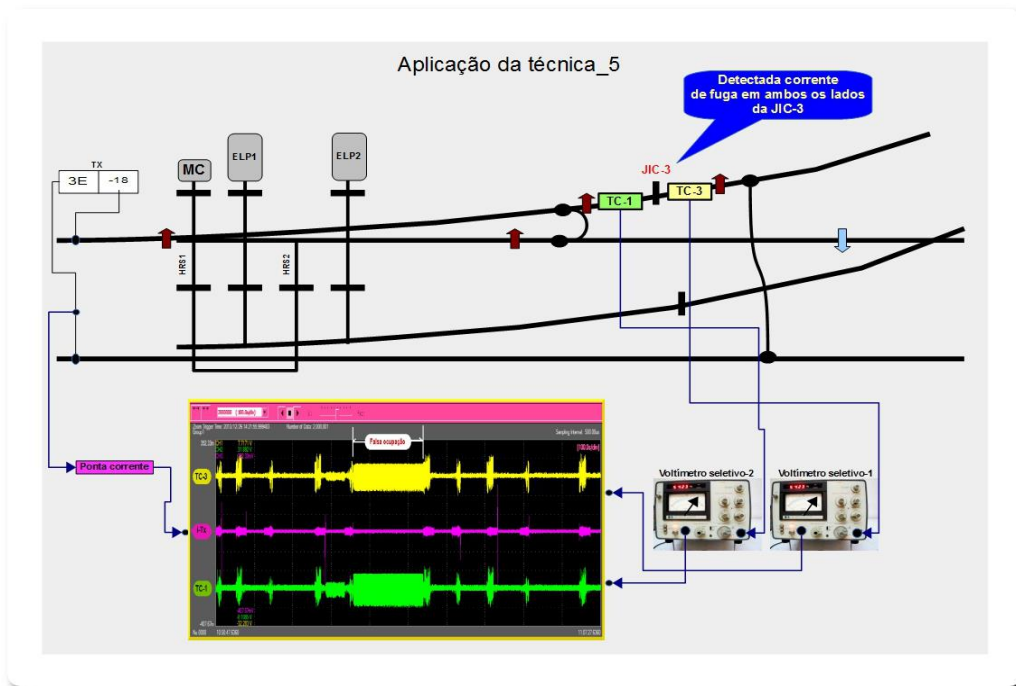


Figura nº15- Aplicação da técnica V

A partir da confirmação da corrente que fluía indevidamente pela junta isolante, iniciou-se o processo de substituição da junta em questão. Posteriormente, em oficina, inspecionada a junta defeituosa, verificou-se infiltração e deterioração da resina interna, conforme figura nº16.



Figura nº16- Junta isolante defeituosa

Finalização da intervenção após substituição da junta isolante.



Figura nº17- Junta isolante substituída

**Tabela 1**

<b>Texto do arquivo</b>	<b>ND</b>
<b>valores</b>	<b>ND</b>

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### 1. Resultado técnico

- a. Possibilidade de aquisição e monitoramento contínuo de sinas de sinalização;
- b. Sistema não invasivo.

- Resultado operacional
  - Otimiza mão de obra, reduzindo tempo de atuação;
  - Dispensa interrupções operacionais.

## **CONCLUSÕES**

O sistema concebido possibilitou a aquisição e monitoramento contínuo das correntes de via durante a operação comercial, tão importante para a delimitação da causa supracitada.

Os resultados obtidos foram decisivos na delimitação do elemento de via permanente que causava a interferência operacional. Evitando, portanto, desperdício de mão de obra, recursos, e sobretudo interrupção não programada e degradação dos serviços aos usuários.

O método provou eficácia em investigação das correntes de sinalização tipo AF, no qual dispensa possíveis interrupções e interferências na circulação dos trens, uma vez que o método é minimamente invasivo, promovendo, portanto segurança operacional.

O método passou a ser empregado na pesquisa de perda de funções em equipamentos que compõe regiões de desvio, de igualmente difícil detecção, retornando excelentes resultados.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### MANUAIS

YOKOGAWA. DL850/DL850V ScopeCorder User's manual.4th Edition: March 2011.

Hewlett-Packard. 3581A/C Wave Analyzer Operating and Service Manual. February 1976.

## CATÁLOGOS

Tektronix Measurement. AC Current Probes P6021 \* P6022 Features. 49A-10733-4p573, 06/1997, 08/03/2000.

Signal Concept. Tester for Insulated Rail Joints SICO 2046. 03/08/2016

## GUIA

Agilent Technologies. Agilent InfiniiVision 5000/6000/7000 Series Oscilloscopes. User's Guide. 5ª edição, março 2011.