



“ 11 º Semana de Tecnologia Metroviária – Fórum Técnico “

“ Transformador do Grupo Retificador - Linha 3

Desenvolvimento de Metodologia para Reparo Interno “



HISTÓRICO

A linha 3 Vermelha possui 19 subestações retificadoras, sendo 1 por estação de passageiro e uma no Pátio de Manutenção Itaquera, equipadas com transformadores de 4512kVA (peso 16.590kg) para grupos retificadores. A subestação do Pátio Itaquera, possui 2 transformadores, totalizando 20 unidades instaladas.

Os transformadores recebem energia em 22kVca, transformam em 647Vca, alimentando os diodos retificadores que convertem em 825Vcc cuja a função é alimentar os trens.

Estes transformadores estão instalados há aproximadamente 18 anos e possuem fluido de silicone como meio isolante.

IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Em 2002 ocorreu uma falha no transformador retificador de PCA, em decorrência de um mau contato na conexão interna da cordoalha de uma bucha de baixa tensão, ocasionando seu rompimento.

Como consequência, o transformador ficou fora de operação e foi enviado para reparo externo.

Posteriormente, nas inspeções termográficas (técnica preditiva de análise da temperatura dos equipamentos), foram detectados em alguns transformadores das subestações (ART, PSE, PEN, VTD e VPA) uma variação de temperatura entre as buchas, evidenciando um possível defeito interno nas conexões do enrolamento secundário.

A análise e correção destes defeitos implicavam na abertura dos transformadores para permitir avaliar a extensão dos danos e efetuar os reparos necessários.

A partir da identificação do problema, foram intensificadas as inspeções termográficas no sentido de evitar novos danos semelhantes ao ocorrido com o transformador de PCA.

ALTERNATIVAS DE REPARO

Com base no caso de PCA e, após análise, havia as seguintes alternativas:



- **Envio do transformador para reparo externo :**

A retirada do transformador do local é uma operação complexa pois somente pode ser executada através da via, fora da Operação Comercial.

Não há infra-estrutura específica para a retirada do transformador das salas das subestações.

O transformador é transportado até o Pátio pela via férrea através de gôndola e torna-se necessária a contratação de guindaste e transporte especial para o envio até o fornecedor.

- **Reparo do transformador nas oficinas do Metrô :**

Além da retirada do mesmo e transporte até o Pátio como citado no item acima, não há estrutura / instalações adequadas para içamento e abertura do transformador.

- **Reparo do transformador no local da instalação:**

As salas técnicas possuem limitações de altura e de estrutura para içamento da parte ativa.

REPARO

Após análise das três alternativas optou-se por realizar os reparos no próprio local de instalação. Para permitir o içamento da parte ativa do transformador e o posterior reparo, foi necessário projetar e construir um dispositivo (Fig.01) que dispensasse a utilização de estruturas (lajes) existentes e se adequasse às características do local. Foi então construído um dispositivo que utiliza a própria estrutura do transformador como apoio, permitindo o içamento da parte ativa (tampa, núcleo e enrolamentos com peso de 7.560 kg) com a utilização de macacos hidráulicos. A primeira utilização deste dispositivo foi no transformador da S/E ART, para o qual foram contratados os serviços de reparo por falta de know-how. O içamento da parte ativa foi realizado pela equipe do Metrô e o reparo interno executado por terceiros com acompanhamento e supervisão do Metrô.

Esta atividade foi realizada como treinamento à equipe do Metrô, como capacitação para os futuros reparos.



Fig. 01 – Dispositivo para içamento da parte ativa do transformador

ETAPA PRELIMINAR

Como preparação para o início do reparo, foram fixados olhais no teto da sala, a iluminação focalizada próximo ao transformador e o ar ambiente foi desumidificado com a utilização de um banco de resistores ligados no dia anterior.

TESTES PRELIMINARES

Foram realizadas medições de Relação de Transformação, Resistência Elétrica e Resistência de Isolamento antes da abertura do transformador .

ABERTURA E REPARO DO TRANSFORMADOR

O transformador foi isolado e foram retirados aproximadamente 1200 l de fluido de silicone.

Antes do içamento da tampa, foram desconectados os cabos de potência, os cabos dos dispositivos de proteção e comando, as buchas de média-tensão e o comutador de tap's.

A tampa foi deslocada utilizando-se quatro macacos hidráulicos instalados nas extremidades do dispositivo e acionados simultaneamente para que o conjunto fosse levantado uniformemente.

Durante o içamento, calços de madeira eram colocados para dar segurança à operação.(Fig.02)



Fig. 02 – Içamento da parte ativa

MEDICÕES PRELIMINARES

Após o içamento, foram medidas a resistência total de cada conexão. No transformador de Vila Matilde os valores medidos nas conexão das buchas antes do reparo eram de:

Bucha	<i>1X1</i>	<i>1X2</i>	<i>1X3</i>	<i>2X1</i>	<i>2X2</i>	<i>2X3</i>
R ($\mu \Omega$)	10	10	10	3.600	1.300	10

Através dos termogramas das figuras 03 e 04, pode-se observar que as conexões que estavam com maior resistência de contato, também apresentavam temperatura mais elevada.

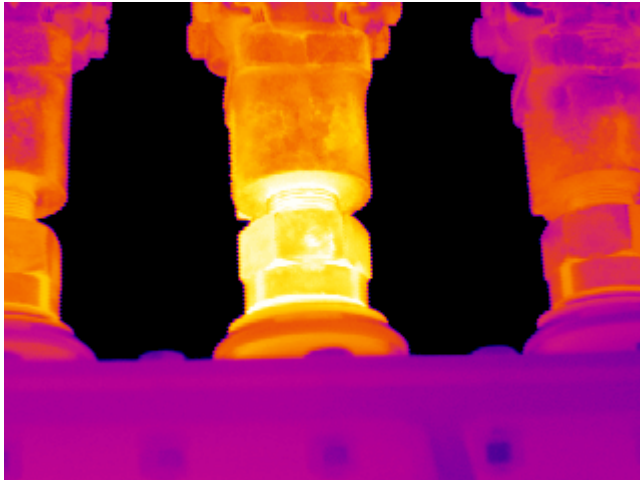


Fig. 03 – termograma da bucha 2X1

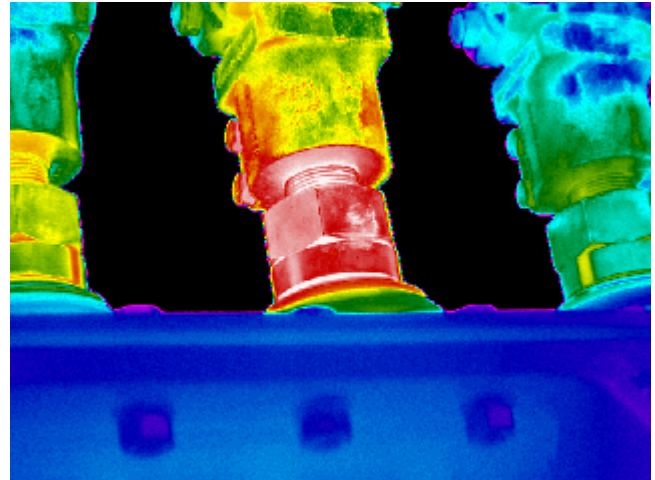


Fig. 04 - termograma da bucha 2X2

REPARO

As cordoalhas foram desconectadas e limpas, retirando-se os resíduos. Também foram substituídos todos os parafusos da conexão.

MEDIÇÕES PÓS-REPARO

Após o reparo das cordoalhas, foram feitas novas medições de resistência de contato. Os valores obtidos mostram claramente o quanto eficaz foi a intervenção feita pela Manutenção.

Bucha	<i>1X1</i>	<i>1X2</i>	<i>1X3</i>	<i>2X1</i>	<i>2X2</i>	<i>2X3</i>
R ($\mu \Omega$)	9,0	10	10	9,5	10	9,8

FECHAMENTO DO TRANSFORMADOR E MONTAGEM DOS ACESSÓRIOS

O núcleo foi recolocado na sua posição original, os cabos conectados, os acessórios e o comutador de tap's montados.

TESTE FINAIS.

Após a colocação do silicone, foram realizadas medições de Relação de Transformação, Resistência Elétrica e Resistência de Isolamento para averiguar se as medidas obtidas estavam dentro dos padrões aceitáveis.



ENERGIZAÇÃO DO TRANSFORMADOR

O transformador permaneceu desenergizado por 24 horas para repouso do fluido de silicone sendo em seguida energizado e colocado em operação.

COMPARATIVO DE CUSTOS DE REPARO

Reparo Externo

<i>Mão de Obra</i>	<i>Homens</i>	<i>Horas</i>	<i>Dias</i>	<i>Total Hxh</i>	<i>V.Unitário R\$</i>	<i>Total R\$</i>
• Técnico	2	7	6	84	77,00	6.485,00
• Eletricista	8	7	6	336	35,39	11.891,00
<i>Atividades</i>						
• Transporte						10.000,00
• Análise Silicone						485,00
Reparo						39.983,04
Total						68.844,04

Reparo Interno

<i>Mão de Obra</i>	<i>Homens</i>	<i>Horas</i>	<i>Dias</i>	<i>Total Hxh</i>	<i>V.Unitário R\$</i>	<i>Total R\$</i>
• Técnico	2	7	6	56	77,00	4.312,00
• Eletricista	8	7	6	224	35,39	7.927,36
<i>Materiais</i>						2.060,00
Total						14.299,36

CONCLUSÕES

- Houve uma economia por transformador reparado de **R\$ 54.544,68**. Como foram realizados 5 reparos nos transformadores da linha 3 a economia total foi de **R\$ 272.723,00**.
- Foi desenvolvida uma tecnologia interna de reparo que trouxe um aprimoramento técnico para todos os envolvidos no processo, proporcionando o crescimento profissional e integrando, ainda mais, diferentes áreas da companhia na busca de soluções e racionalização de custos.



- ***Luciano da Silva***

Formação : Eletrotécnico

Função : Técnico de Manutenção – GMT/MTE/EML

- ***Annibale Memoli Neto***

Formação : Eletrotécnico

Função : Técnico de Manutenção – GMT/MTE/EML

- ***Rubens Martins***

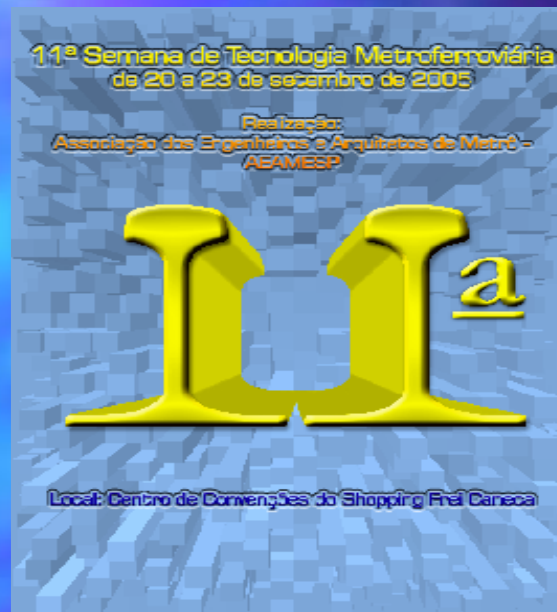
Formação : Eng.º Eletricista

Função : Engenheiro de Manutenção – GMT/MTC/EPL

- ***Antônio Márcio Barros Silva***

Formação : Eng.º Industrial Eletricista

Função : Engenheiro Coordenador de Manutenção – GMT/MTE/EML



11ª Semana de Tecnologia Metro-Ferroviária

Transformador do Grupo Retificador - Linha 3 - Vermelha

“ Desenvolvimento de Metodologia
para Reparo Interno ”



Características do Sistema de Alimentação Elétrica de Tração

- *19 Subestações Retificadoras*
- *20 Transformadores*
- *Tensão : 22kVca*

Características do Transformador

- *Tensão : 22kVca / 647 Vca (hexafásico)*
- *Potência : 4.512 kVA*
- *Peso : 16.590 kg*
- *Peso Tampa + Parte Ativa : 7.560 kg*
- *Líquido isolante : Silicone*
- *Tempo Instalado : 18 anos*

Transformador



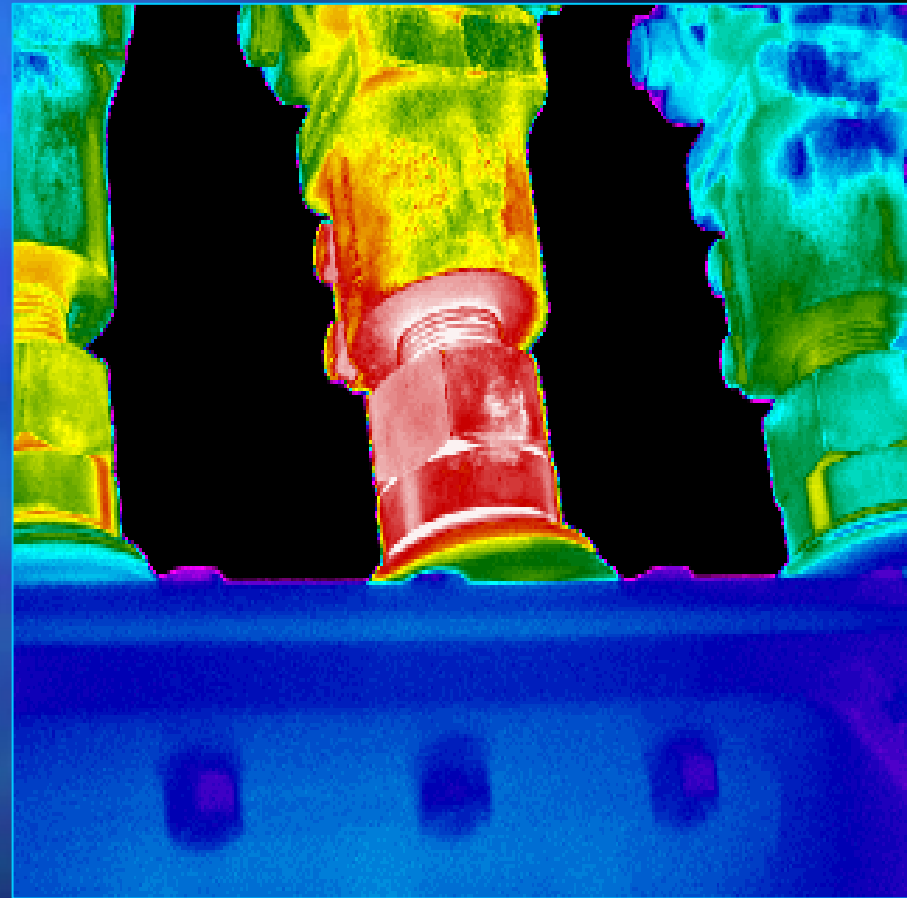
Identificação Problema

- *Em 2002 ocorreu uma falha em PCA , retirando o transformador de operação*
- *Intensificam-se as inspeções Termográficas*
- *Foram detectados 5 transformadores com possíveis defeitos*

Termogramas



PEN



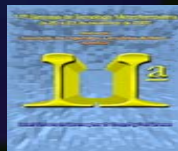
VTD

Opções de Reparo

- *Reparo Interno em Oficina*
- *Reparo Externo*
- *Reparo Interno no Local*

Reparo Externo

- *Operação Complexa com riscos de interferências operacionais*
- *Não há infra-estrutura para a retirada do transformador*



Reparo Interno - Oficina do Metrô

- *Operação Complexa com riscos de interferências operacionais*
- *Não há infra-estrutura (Local adequado, ponte rolante, dispositivos, etc.)*
- *Difícil controle de umidade / temperatura*

Reparo Interno no Local

- *Limitação altura na sala do transformador*
- *Desenvolvimento de dispositivo içamento da tampa e parte ativa*

Dispositivo de Içamento



Atividade de Reparo

- 1) *Etapa Preliminar*
- 2) *Testes Iniciais*
- 3) *Abertura do Trafo*
- 4) *Medições Preliminares*
- 5) *Reparo*
- 6) *Medições Finais*

Atividade de Reparo

Etapa Preliminar

- *Fixação de olhais no teto*
- *Melhoria da Iluminação*
- *Desumidificação da sala*
- *Infra estrutura e materiais*

Atividade de Reparo

Testes Iniciais

- *Relação de Transformação*
- *Resistência Ohmica dos enrolamentos*
- *Resistência de Isolamento*

Atividade de Reparo

Abertura

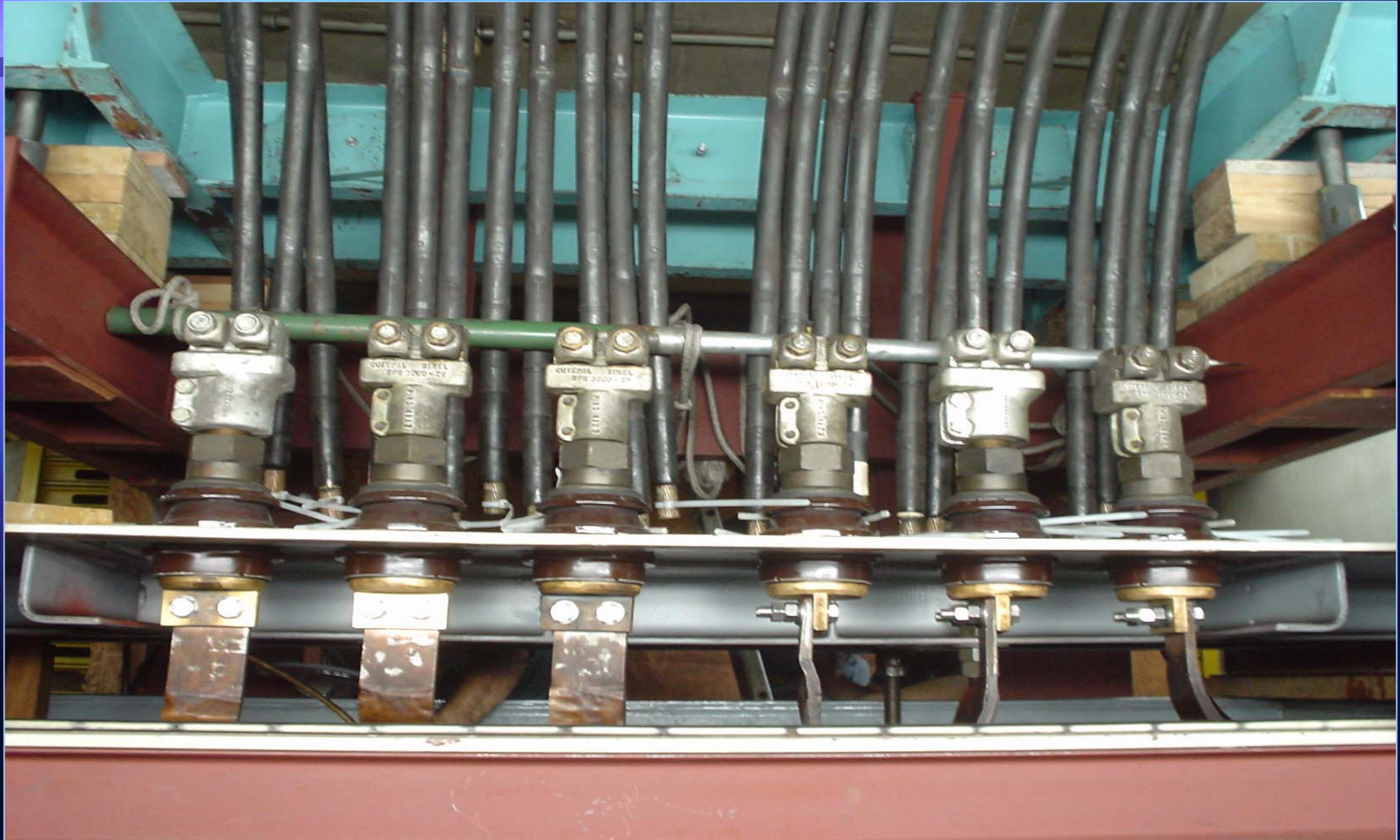
- *Retirada de operação e segurança elétrica*
- *Retirada de 1.200 l de fluido de silicone*
- *Posicionamento dos macacos hidráulicos*
- *Içamento da parte ativa*



Posicionamento dos Macacos



lçamento da Tampa

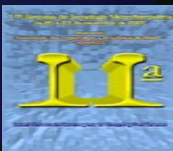


Atividade de Reparo

Medições Preliminares

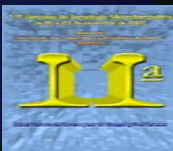
<i>Bucha</i>	1 x 1	1 x 2	1 x 3
<i>microohms</i>	10	10	10

<i>Bucha</i>	2 x 1	2 x 2	2 x 3
<i>microohms</i>	3.600	1.300	10

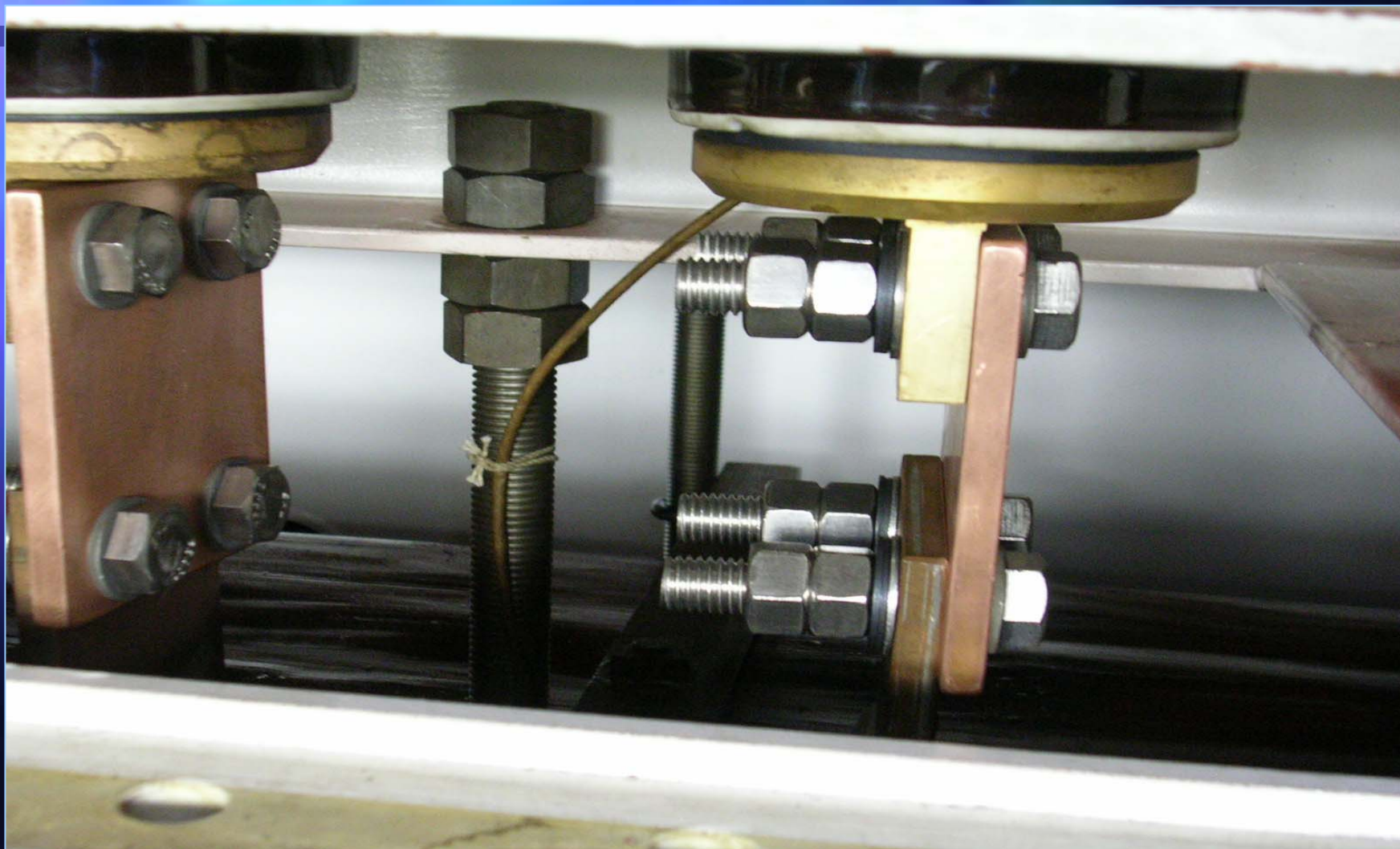


Atividade de Reparo

- *Desconexão das cordoalhas*
- *Limpeza das conexões*
- *Substituição dos Parafusos de conexão das cordoalhas por parafusos de aço inoxidável*



Atividade de Reparo



Atividade de Reparo

Medições Finais - Comparações

Antes do reparo

<i>Bucha</i>	<i>1 x 1</i>	<i>1 x 2</i>	<i>1 x 3</i>
<i>microohms</i>	9	10	10

Após o reparo

<i>Bucha</i>	<i>1 x 1</i>	<i>1 x 2</i>	<i>1 x 3</i>
<i>microohms</i>	9,5	10	9,8



Atividade de Reparo

Medições Finais - Comparações

Antes do reparo

<i>Bucha</i>	<i>2 x 1</i>	<i>2 x 2</i>	<i>2 x 3</i>
<i>microohms</i>	<i>3.600</i>	<i>1.300</i>	<i>10</i>

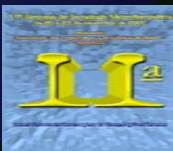
Após o reparo

<i>Bucha</i>	<i>2 x 1</i>	<i>2 x 2</i>	<i>2 x 3</i>
<i>microohms</i>	<i>9,5</i>	<i>10</i>	<i>9,8</i>

Atividade de Reparo

Testes Finais

- *Relação de Transformação*
- *Resistência Ohmica dos enrolamentos*
- *Resistência de Isolamento*



Atividade de Reparo

Energização

- *Repouso do fluido de Silicone por 24 horas*

Comparativo de Custos

*Reparo
externo*

*Reparo
interno*

<i>M . O .</i>	<i>18.376,00</i>	<i>12.239,00</i>
<i>Reparo</i>	<i>39.983,00</i>	<i>0</i>
<i>Transporte</i>	<i>10.000,00</i>	<i>0</i>
<i>Análise Óleo</i>	<i>485,00</i>	<i>0</i>
<i>Material</i>	<i>0</i>	<i>2.060,00</i>
<i>Total</i>	<i>68.844,04</i>	<i>14.299,36</i>

Resultados

- Economia de R\$ 54.544,68 por transformador reparado*
- Cinco transformadores reparados, totalizando uma economia de R\$ 272.723,00*

Conclusões

- Desenvolvimento de pessoal*
- Minimização de riscos e tempo de indisponibilidade do transformador*
- Capacitação para novos desafios*

Agradecimentos

- MTC /EPL - Projeto do dispositivo
Apoio na logística e execução*
- MTE/EML - Logística e Execução do
reparo*
- MTE/EMN - Manutenção Preditiva*

Contatos

- *Annibale Memoli Neto*
annibale@metrosp.com.br
- *Luciano Silva*
luciano_silva@metrosp.com.br
- *Rubens Martins*
rmartins@metrosp.com.br