



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT

Resultados dos estudos realizados para:

“IMPLANTAÇÃO DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA
NOS EQUIPAMENTOS DE VIA PERMANENTE”.



Termografia - Histórico e aplicação no Metrô

O que é:

- Infravermelho é uma frequência eletromagnética naturalmente emitida por qualquer corpo, com intensidade proporcional a sua temperatura.
- Termografia é a técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho.
- Com este recurso fica possível a localização de regiões aquecidas e detecção de componentes defeituosos nos equipamentos do sistema elétrico.



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



O Espectro Eletromagnético

Tipo	Freq. (Hz)	Comprimento de Onda	Cor
Raios Gama	$3 \cdot 10^{23}$	$1 \cdot 10^{-15}$	
Raios X	$3 \cdot 10^{17}$	$1 \cdot 10^{-9}$	
Ultravioleta	$1,5 \cdot 10^{15}$	$2 \cdot 10^{-7}$	
Visível	$6 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{-7}$	Violeta
Visível	$4,3 \cdot 10^{14}$	$7 \cdot 10^{-7}$	Vermelho
Infravermelho Refletido	$3,8 \cdot 10^{14}$	$8 \cdot 10^{-7}$	(0,75 à 3,0 μm)
Infravermelho Termal	$9,9 \cdot 10^{13}$	$3 \cdot 10^{-6}$	(3,00 à 6,0 μm)
Infravermelho Distante	$5,0 \cdot 10^{13}$	$6 \cdot 10^{-6}$	(6,00 à 15,0 μm)
Microondas	$3,0 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{-1}$	
UHF	$3,0 \cdot 10^8$	1 metro	
VHF	$3,0 \cdot 10^7$	10 metros	
HF	$3,0 \cdot 10^6$	100 metros	



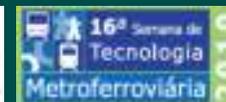
Equipamentos do Sistema de Alimentação Elétrica, atendidos pelo plano de inspeções termográficas periódicas

Onde é aplicada:

- 8 Subestações Primárias de 88 / 22kV, com potência total instalada aproximada de 500MVA.
- 42 Subestações Retificadoras de 750Vcc para tração dos trens com potências entre 4 e 8 MVA.
- 61 Subestações Auxiliares de 22 / 0,46kV com potências entre 0,5 e 2,0 MVA, para alimentação de cargas em 460, 220 e 127Vca.
- 240 Sistemas de Energia CC com tensões de saída entre 24 e 125Vcc.
- 80 Sistemas de Energia Ininterrupta (No-Breaks), com potências entre 5 e 80kVA.
- 686 Painéis de Iluminação em 220 / 127Vca.



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Equipamentos Auxiliares, atendidos pelo plano de inspeções termográficas periódicas

- CCMs, Painéis de Comando e motores de 502 Escadas Rolantes.
- CCMs de Ventilação das estações para 148 motores com potências entre 30 e 190kW.
- Painéis de Comando e motores de 62 Grupos Geradores Diesel.



Termografia nos equipamentos da Via Permanente

Cronologia

Início em junho de 2005, com as primeiras inspeções sendo realizadas nos pinos “S8” de circuitos de via da Linha 3-Vermelha.



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Termografia nos equipamentos da Via Permanente Cronologia

No primeiro ciclo de inspeções foram detectados defeitos com até 100°C (como em um pino “S8” do circuito de Via X19 na região da estação BFU).



Temperatura do pino “S8” antes

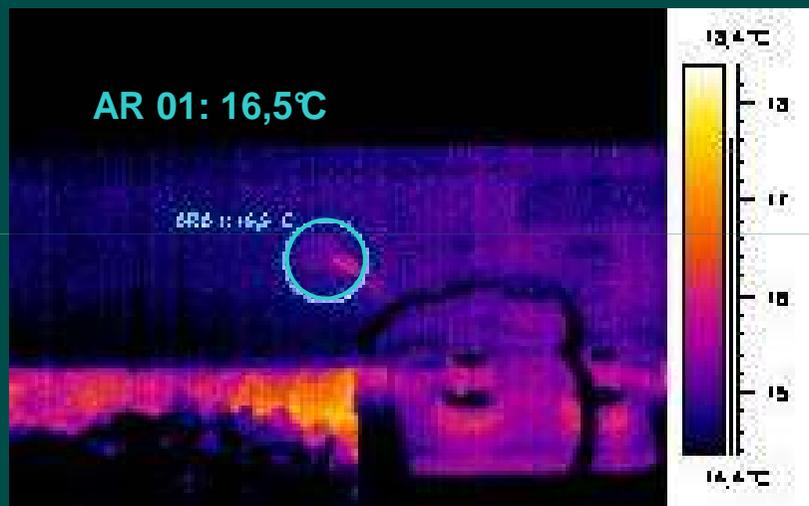


e após o reparo



Termografia nos equipamentos da Via Permanente Cronologia

A inspeção nos circuitos de Via da Linha 3 – Vermelha, foi repetida nos anos de 2006 e 2007, sendo também incluídos os circuitos de via das Linhas 1-Azul e 2-Verde.



Foi possível a detecção de desvios de temperatura de 1,5 °C



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Termografia nos equipamentos da Via Permanente

Cronologia

Em Janeiro de 2008 a Manutenção inicia as inspeções termográficas para realização dos estudos nos demais equipamentos da Via Permanente.

- Linha 3 – Vermelha realizada entre 29/01 e 11/03 de 2008
- Linha 1 – Azul realizada entre 26/03 a 15/07 de 2008
- Linha 2 – Verde realizada entre 09 e 15/09 de 2008
- Linha 5 – Lilás realizada entre 01 e 20/07/09

Equipamentos Inspeccionados

- Contatores de 750Vcc
- Seccionadoras de 750Vcc
- Pontos de Alimentação do 3º Trilho
- Juntas de dilatação de 3º Trilho
- Circuitos de via (Impedance Bond)
- Fugas de corrente em CMV
- Contra-Trilhos
- Rede de catenária de 1500Vcc (Linha 5 – Lilás)



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Termografia nos equipamentos da Via Permanente

Para evitar a interferência da luz solar, as inspeções foram realizadas no horário de pico da tarde (entre as 19h00 e 21h00h).

As inspeções de equipamentos na região de túnel, foram realizadas entre as 15h30 e 17h30min, visando uma menor interferência operacional, da passarela de emergência

Os serviços foram realizados, por funcionários do departamento de Engenharia de Manutenção, acompanhados de um funcionário da Engenharia de Operação, e de um funcionário da área de manutenção dos equipamentos da Via Permanente.



Termografia nos equipamentos da Via Permanente



Para segurança dos funcionários, era imposta restrição de velocidade aos trens (44 km/h), através do Centro de Controle Operacional (CCO), que liberava o ingresso da equipe à Via, pela passarela de emergência.



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Inspeção dos equipamentos em horários de grande carregamento do sistema

Foram feitos 273 registros de temperatura para:

- Obtenção do perfil térmico por tipo de equipamento.
- definição de padrões de temperatura para acompanhamento dos equipamentos instalados na Via Permanente.



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Temperaturas, Termos e definições

Temperatura de Referência

A temperatura de referência é obtida de áreas de interesse ou componentes do equipamento analisado, na condição de carregamento.

Temperatura Máxima

Refere-se à temperatura máxima obtida de componentes do equipamento analisado, na condição de carregamento.



Exemplo em Contatores de 750Vcc

- No contator CA-14 foi obtida a temperatura de referência das conexões, a direita, obtendo-se um valor em torno de 38,5°C
- Medindo-se a temperatura da porca de fixação, das conexão (a esquerda) na mesma condição carregamento, obtendo-se um valor de temperatura (máxima) em torno de 50,4°C
- A diferença entre os valores máximo e de referência do equipamento analisado, chamamos de “Delta”, que neste exemplo fica em torno de 12°C



Estação Patriarca - Contator CA-14 - Porca Castanha do 5º cabo das Esquerda para a direita



Contator de 750Vcc



Equipamentos Instalados	Linha 1 Azul	Linha 2 Verde	Linha 3 Vermelha	Totais
Contatores de 750Vcc	6	22	44	72

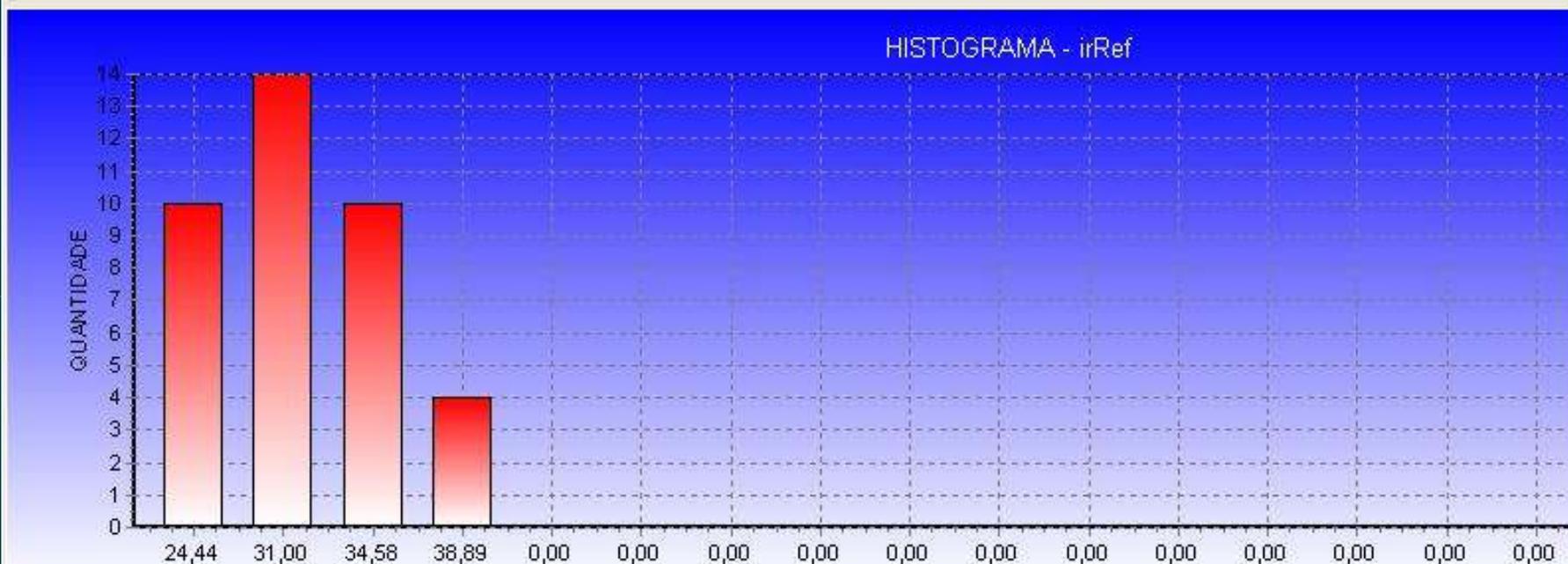
- Foram inspecionados 36 dos 72 contatores instalados, que tiveram suas tampas laterais removidas para acesso aos cabos de entrada e saída e componentes internos.
- Os resistores de aquecimento foram previamente desligados, para não interferir na medição.



Contator de 750Vcc

Distribuição de Temperaturas de referência

Menor valor encontrado : 23 Maior valor encontrado : 39,1 Classes : 03 Amostras: 36



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Seccionadoras de 750Vcc



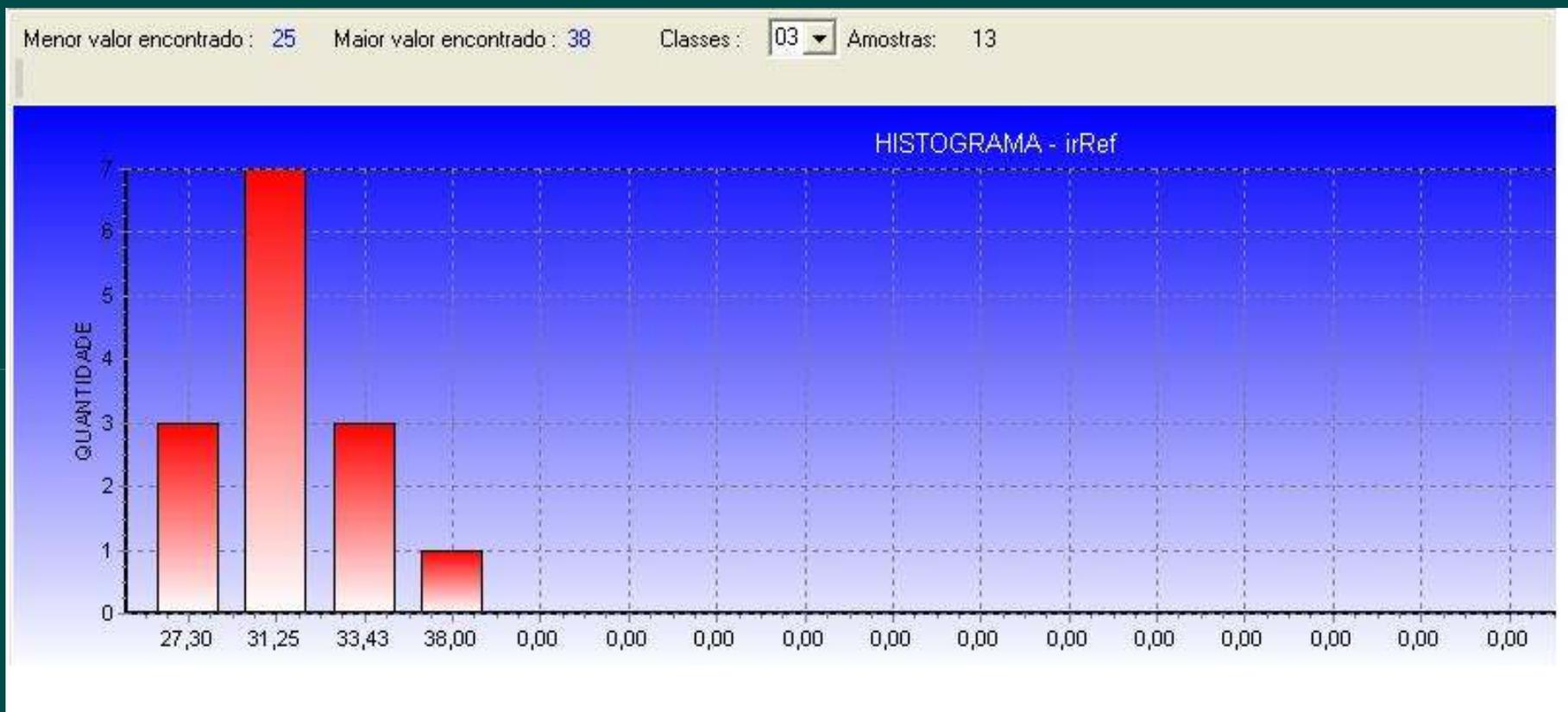
Equipamentos Instalados	Linha 1 Azul	Linha 2 Verde	Linha 3 Vermelha	Totais
Seccionadoras de 750Vcc	76	28	75	179

- Foram inspecionadas 13 das 179 seccionadoras instaladas, que tiveram suas tampas laterais removidas para permitir o acesso aos cabos de entrada e saída e componentes internos.
- Os resistores de aquecimento foram previamente desligados, para não interferir na medição.



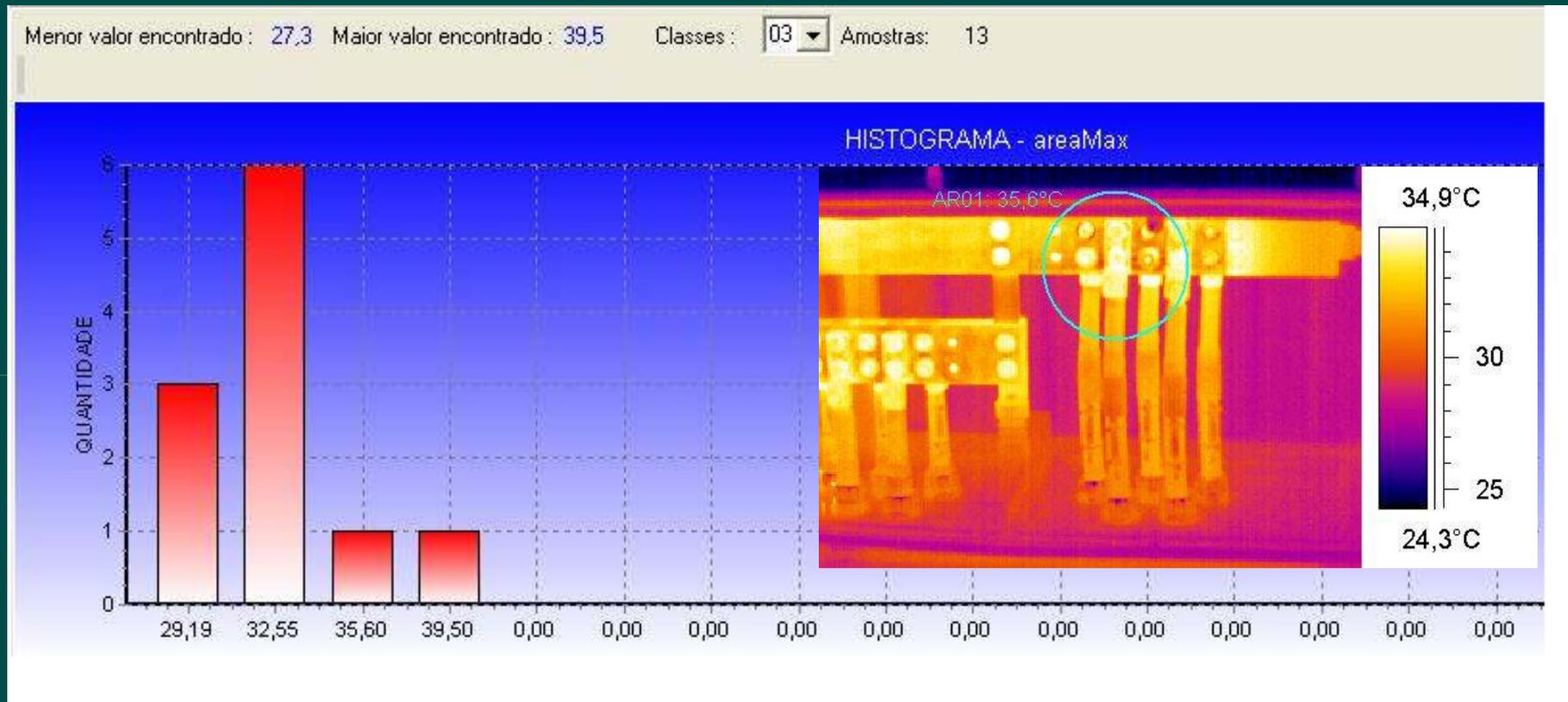
Seccionadoras de 750Vcc

Distribuição de Temperaturas de referência



Seccionadoras de 750Vcc

Distribuição de Temperaturas máximas



Estação Penha - Seccionadora SB-12 - Vista dos cabos de entrada e saída



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT





Pontos de Alimentação do 3º Trilho Cabos de conexão

Equipamentos Instalados	Linha 1 Azul	Linha 2 Verde	Linha 3 Vermelha	Totais
Pontos de Alimentação do 3º Trilho	138	98	195	431

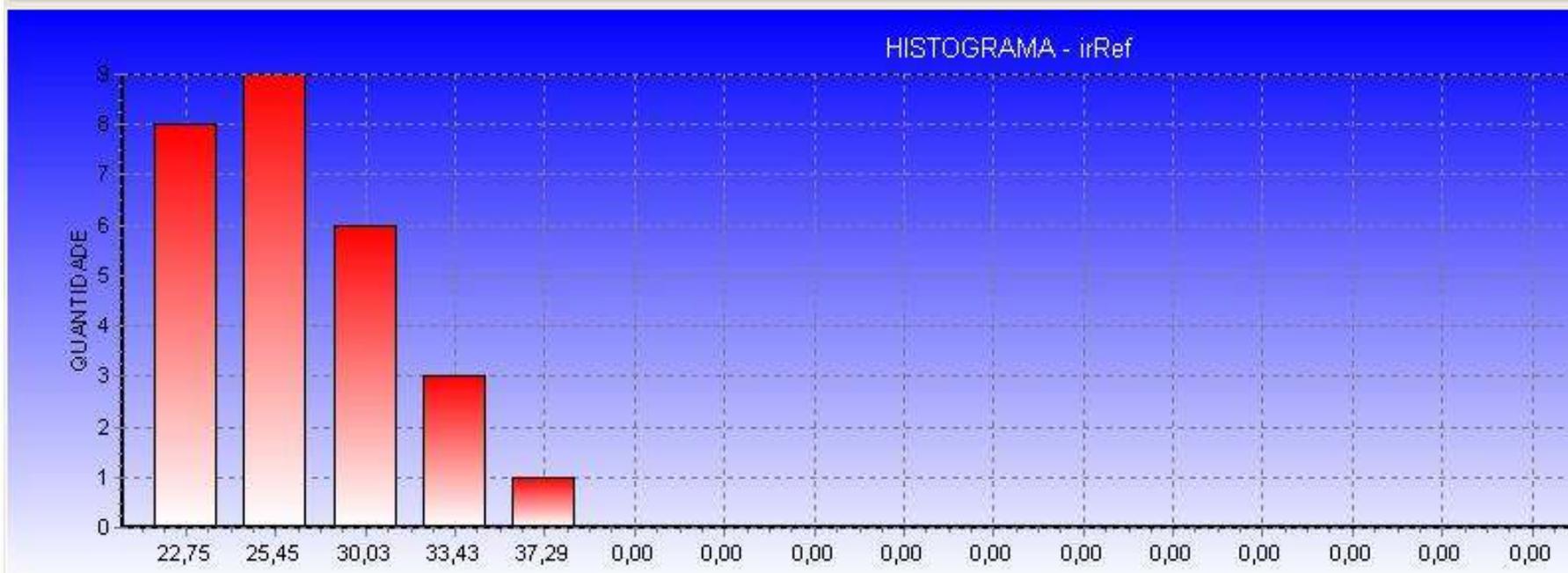
- Foram inspecionados todos os 431 pontos de alimentação do 3º Trilho, sendo que 26 desses tiveram suas imagens gravadas para obtenção do perfil térmico desses equipamentos.
- Foram removidas as tampas (cucurutos), dos pontos que apresentaram diferenças de temperatura importantes, para realização de novas inspeções sem essas coberturas.



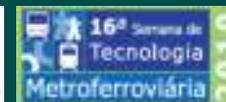
Pontos de Alimentação do 3º Trilho

Distribuição de Temperaturas de referência

Menor valor encontrado : 19,7 Maior valor encontrado : 37,3 Classes : 04 Amostras: 26

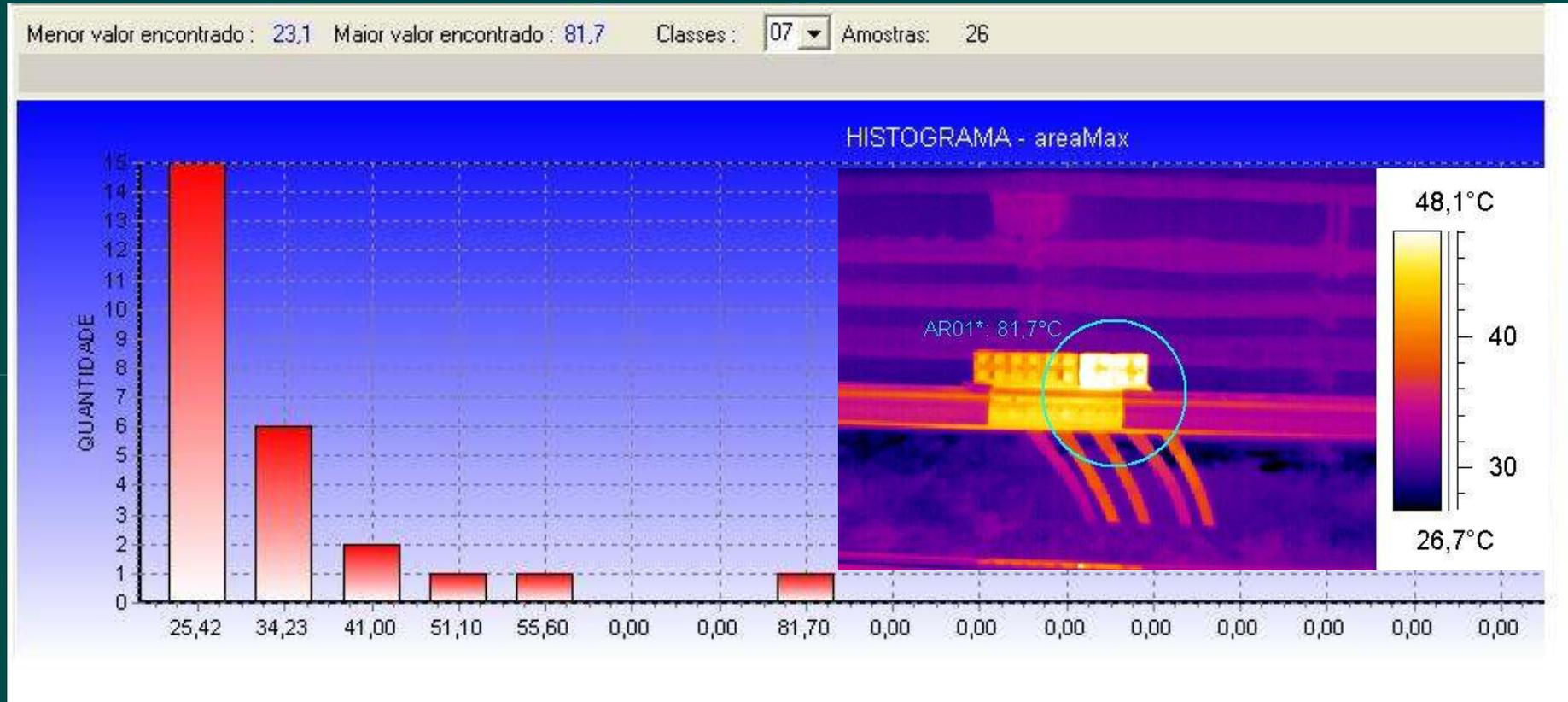


Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Pontos de Alimentação do 3º Trilho

Distribuição de Temperaturas máximas



Estação Penha - Cabos e conexões do contator CB-14 ao 3º Trilho - Via 2 Tramo 210-A



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Juntas de dilatação do 3º Trilho



Equipamento	Linha 1 Azul	Linha 2 Verde	Linha 3 Vermelha	Totais
Juntas de Dilatação do 3º trilho	268	178	310	756

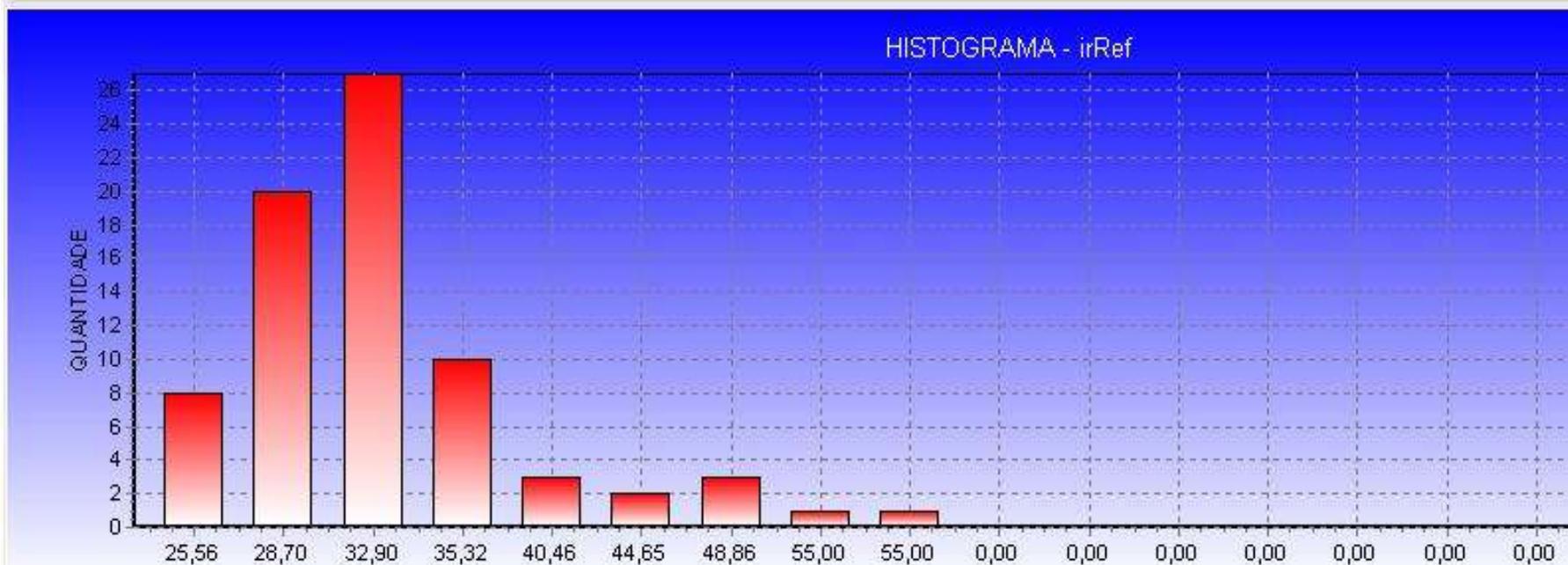
Foram inspecionadas todas as juntas de dilatação do 3º Trilho, (aprox. 750 juntas) sendo que 60 dessas tiveram suas imagens gravadas, devido a apresentarem diferenciais ou valores de temperatura elevados.



Juntas de dilatação do 3º Trilho

Distribuição de Temperaturas de referência

Menor valor encontrado : 22,5 Maior valor encontrado : 55 Classes : 07 Amostras: 60

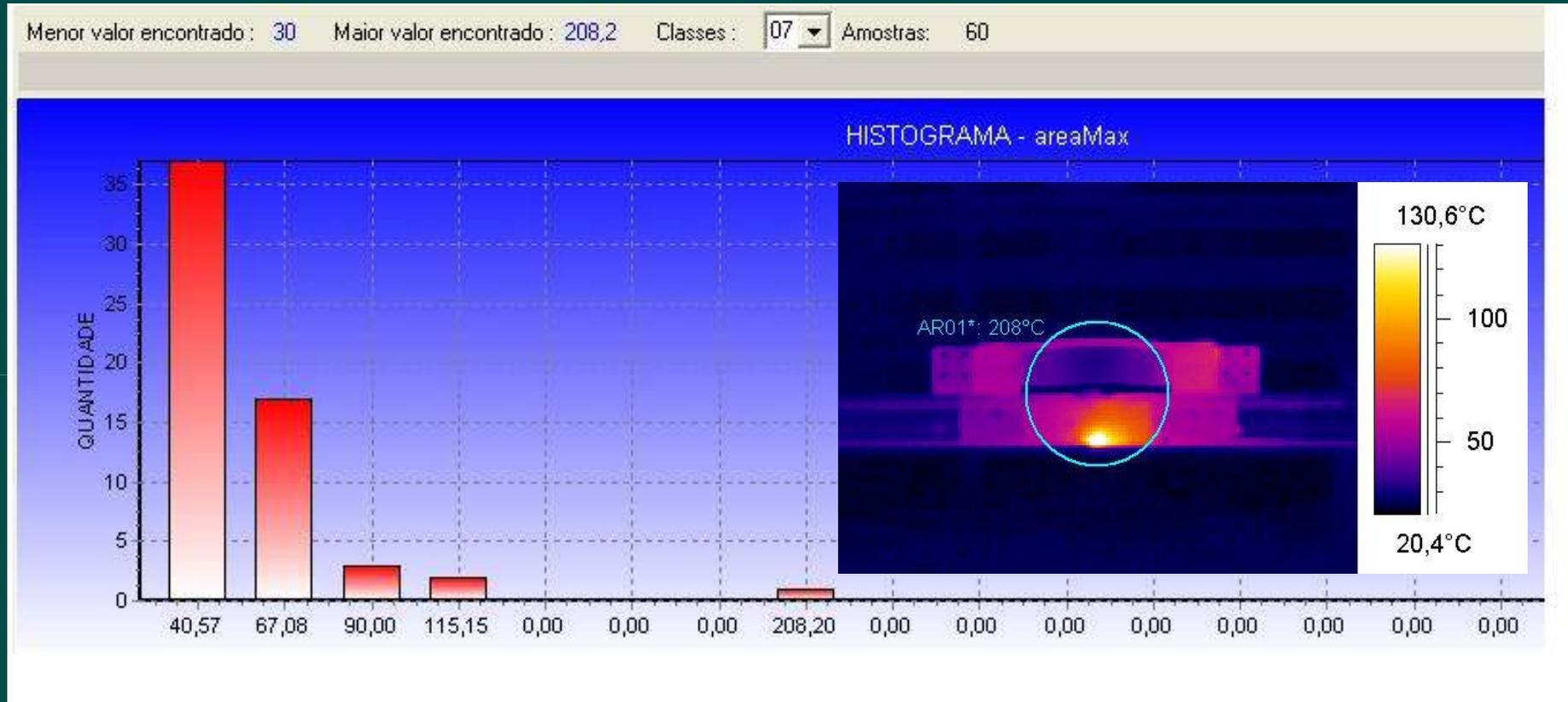


Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Juntas de dilatação do 3º Trilho

Distribuição de Temperaturas máximas



Estação Penha - Conexão Oeste e Guia de segmento – Via 2 - MT 10718



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Circuitos de via (Impedance Bond e Shunt)



Circuitos de Via	Linha 1 Azul	Linha 2 Verde	Linha 3 Vermelha	Totais
Impedance Bond	75	49	94	218
Cross Bond e Retorno de Negativo	49	25	72	146
				364

Foram inspecionados todos circuitos de via das linhas 1,2 e 3 sendo detectados 109 desvios de temperatura em componentes, cabos e terminações.

Para obtenção dos perfis de temperatura a análise foi feita, separando os circuitos para obtenção das dos valores de temperatura de:

- Bobina de Impedância (Impedance Bond)
- Shunts de Bobinas de Impedância, “Cross Bond” e retorno do negativo
- Conexão para detecção AF/AC “B-Point” (Pinos S8)



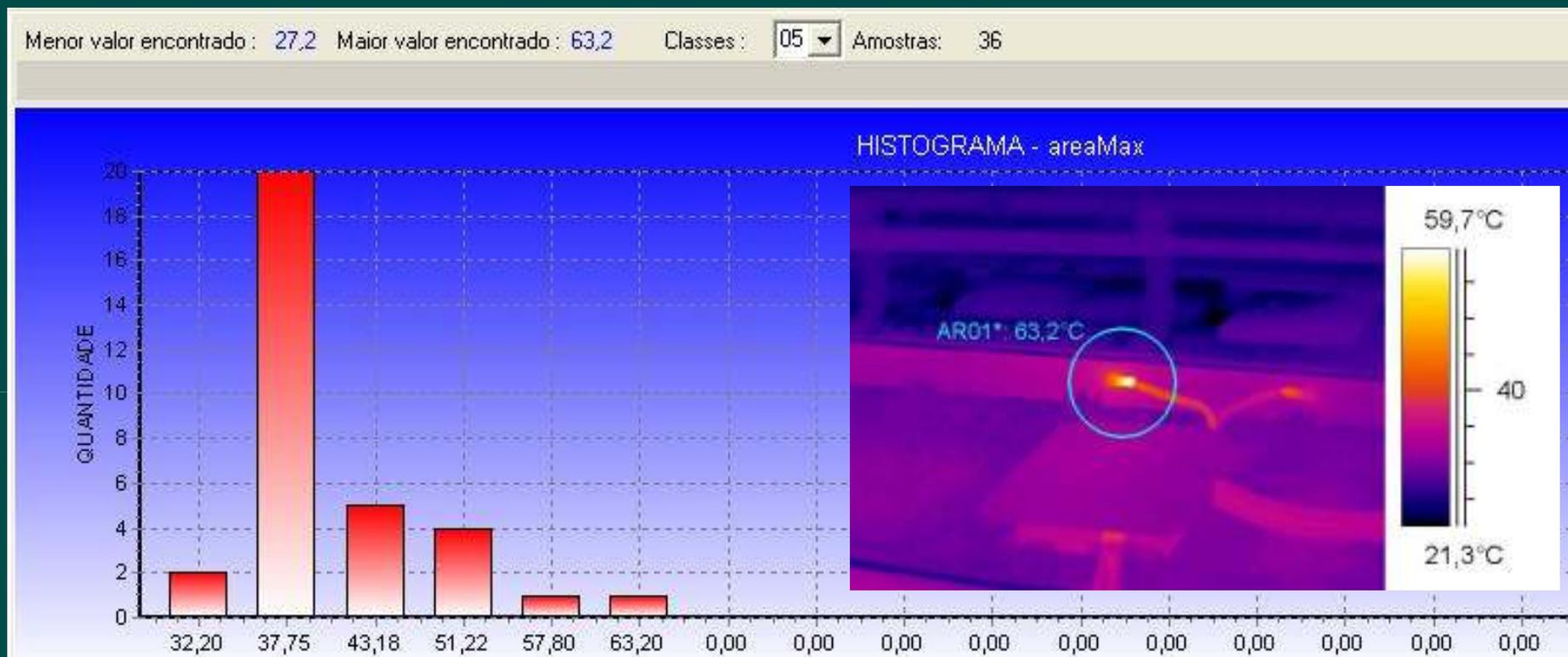
Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Bobina de Impedância (Impedance Bond) Distribuição de Temperaturas de referência



Bobina de Impedância (Impedance Bond) Distribuição de Temperaturas máximas



Estação Tatuapé - Circuito de Via X-25 - Conector Oeste do Impedance Bond ao Trilho "A"

Importante: A detecção de aquecimentos nos circuitos do "Impedance Bond" evitaram defeitos de "falsas ocupações" que causam transtornos a operação comercial.

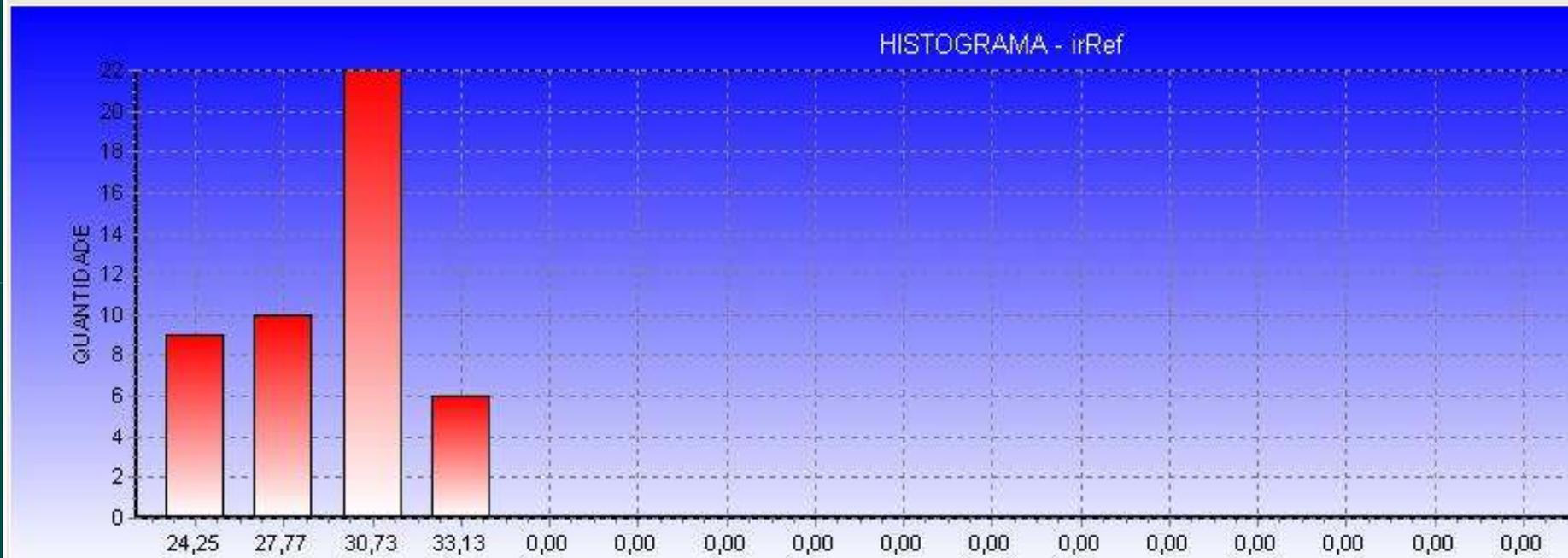


Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Shunt de "Impedance", "Cross Bond" e Cabos de Retorno Distribuição de Temperaturas de referência

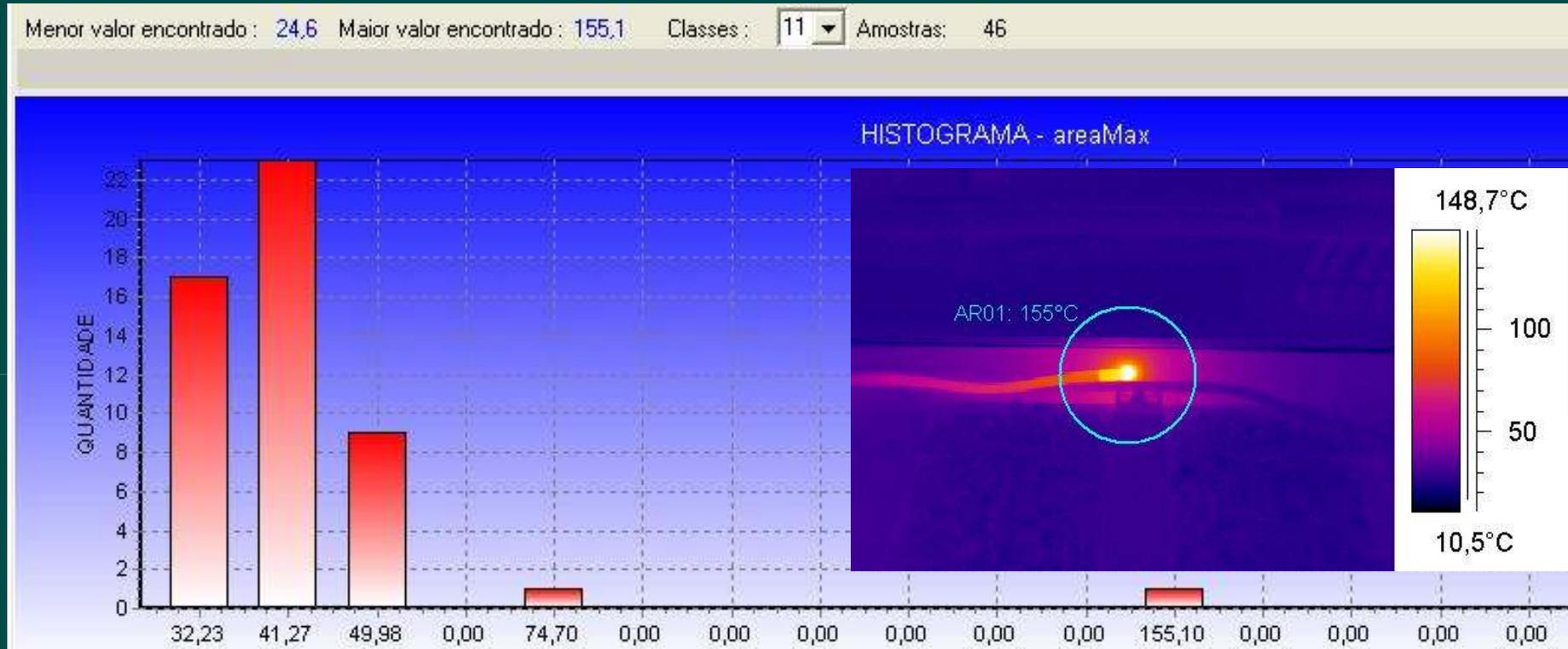
Menor valor encontrado : 22,9 Maior valor encontrado : 34,4 Classes : 03 Amostras: 46



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Shunt do "Impedance", "Cross Bond" e Cabos de Retorno Distribuição de Temperaturas Máximas



Estação Vila Esperança - Retorno do Negativo - Oeste da Plataforma - Trilho "D"- MT 11870



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Conexão para Detecção AF/AC “B-Point” (Pinos S8)



Na inspeção dos 218 “impedance bond”, foram detectados 27 pontos quentes em conexões dos Pinos S8, que apresentavam valores de temperatura elevados.



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



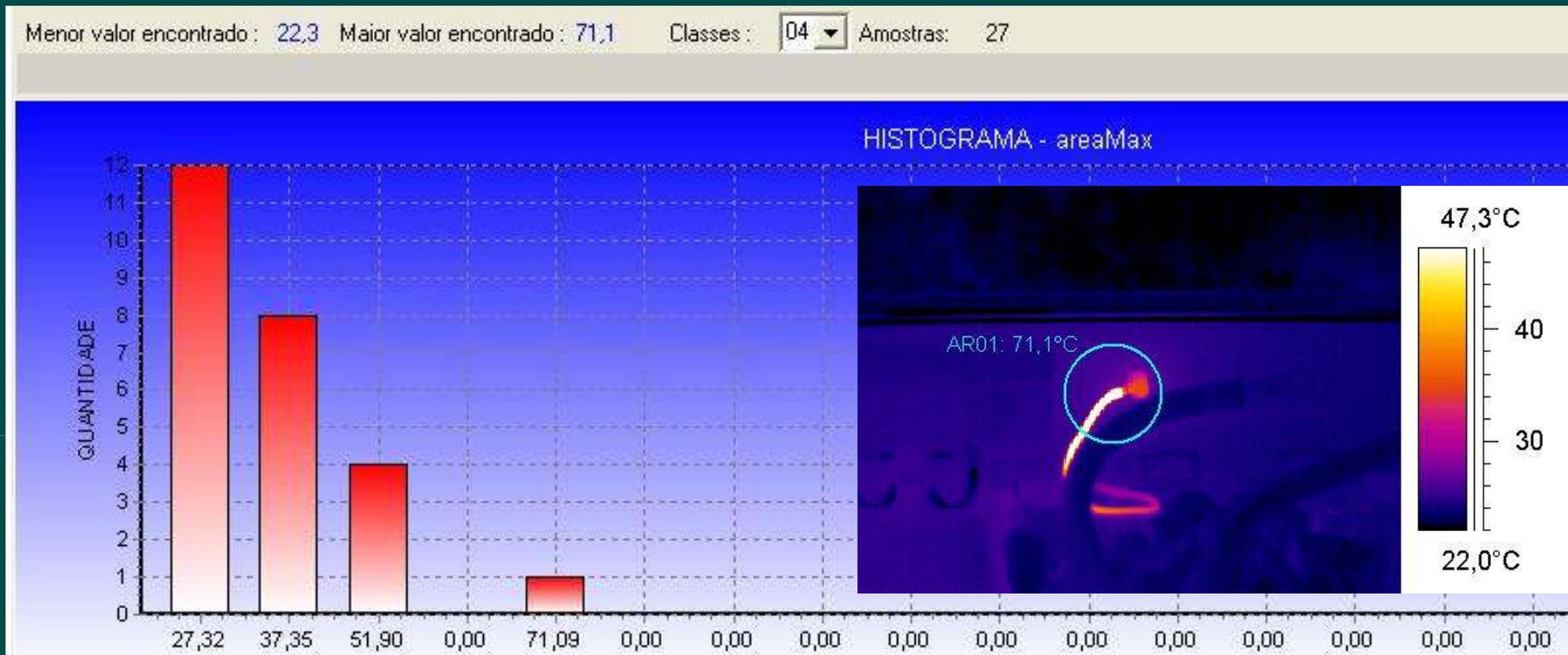
Conexão para detecção AF/AC "B-Point" - Pinos S8

Distribuição de Temperaturas de referência



Conexão para detecção AF/AC "B-Point" - Pinos S8

Distribuição de Temperaturas Máximas



Estação Penha - Circuito de Via X29 – Pino S8 do Trilho "A" - Via 1 - Sinaleiro B - MT 10727

Importante: A detecção de problemas de aquecimento nos pinos S8 evitou a ocorrência de defeitos por "falsas ocupações" que causam transtornos a operação comercial.

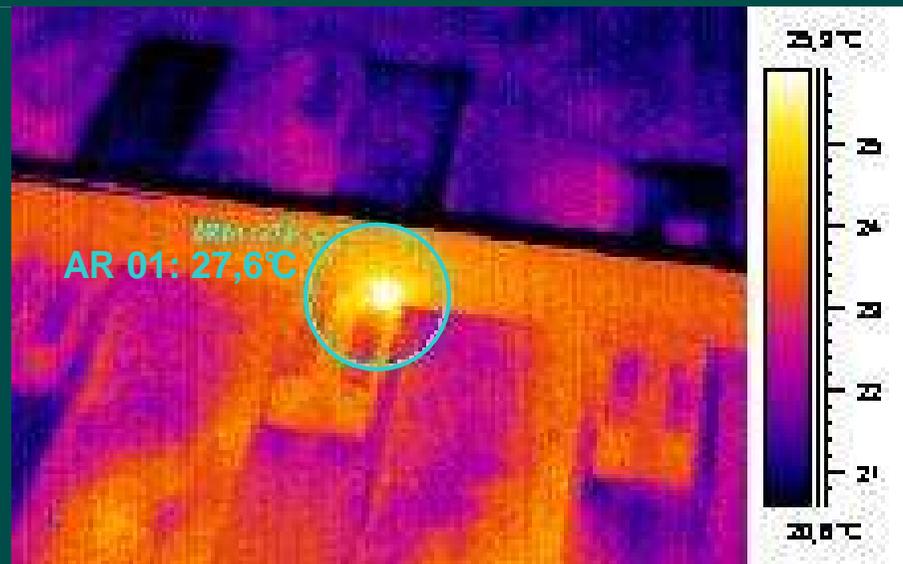


Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT

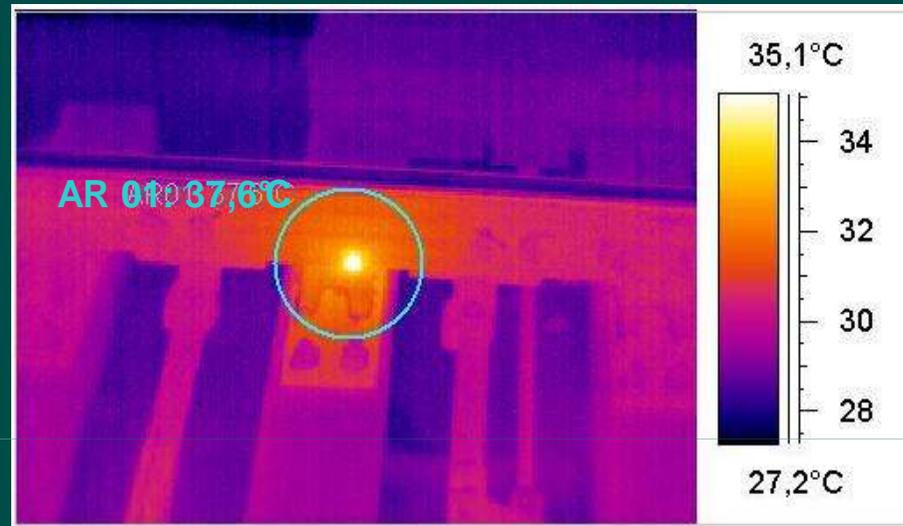


CMVs - Aquecimentos por correntes de Fuga

- Nas inspeções realizadas nas regiões de AMVs da Linha 3 - Vermelha, a termografia mostrou-se promissora para detecção de “pontos quentes” causados pela circulação / passagem de correntes de fuga.
- Foram detectados 11 pontos quentes causados pela circulação / passagem de correntes de fuga.
- Estação Patriarca - Via 1 - CMV 3303/1, dormente 6, apoio do Trilho “B”



Estação Ana Rosa – Via 2 AMV X06 – 142 / Agulha direita – trilho “C”



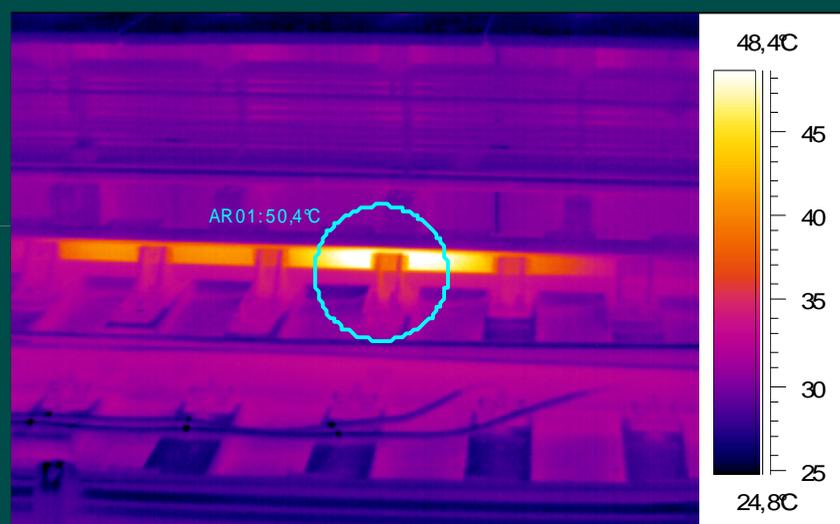
- A detecção deste tipo defeito, permitiu a tomada de ações corretivas para evitar a corrosão de elementos de fixação dos trilhos.
- Também foram evitados defeitos de “falsas ocupações” que causam transtornos a operação comercial.



Contratrilhos

Aquecimentos por atrito do contato roda trilho

Foram inspecionadas todas as regiões de AMVs da Linha 3 - Vermelha, sendo detectado 1 ponto quente decorrente do atrito do contato roda trilho.



Contratrilho – Via 1 - AMV 3212/09, Trilho A



Inclusão da Termografia no Plano de Manutenção

- Foram elaborados os roteiros e procedimentos para implantação da termografia nos equipamentos da Via Permanente.
- Definida uma periodicidade inicial de 8 meses.
- Elaborado procedimento de interface entre Gerências de Operação e Manutenção, para realização das inspeções termográficas, durante a operação comercial.
- Elaborada especificação para aquisição dos instrumentos e softwares necessários, para realização da termografia na Via Permanente.



Conclusão

- detectados 5 defeitos com temperaturas importantes (superiores a 100°C), que poderiam resultar em falhas com interferência na operação comercial dos trens e com custo e tempos de reparo elevados.
 - detectados 109 defeitos de origem térmica, nas conexões e componentes dos circuitos de via, que foram encaminhados às equipes de manutenção para ações de reparo.
 - Estima-se que o reparo desses pontos, tenham evitado 48⁽¹⁾ ocorrências de “Falsa ocupação” com interferências na operação comercial dos trens e tempos de liberação elevados.
- (1) 27 falhas em pinos S8 e 21 falhas com diferenciais de temperatura acima de 15°C nos cabos e terminações dos circuitos de via.



Conclusão

- A termografia mostrou-se também promissora, como método para auxiliar na detecção correntes de fuga, em equipamentos instalados na via permanente.
- A detecção deste tipo de desvio, permitiu a tomada de ações corretivas para evitar a corrosão de elementos de fixação dos trilhos.
- Diminuição (eliminação) das falhas fortuitas que resultam na queima parcial e até na destruição total dos equipamentos, com conseqüente redução dos custos de reparo (materiais e de Hxh).
- Melhoria dos índices de confiabilidade e disponibilidade, visto que as inspeções são realizadas com os equipamentos em operação.
- Redução dos tempos de liberação de reparo, dispendidos nas pesquisas de defeitos de “Falsa ocupação”.
- Não foram detectados defeitos na rede de catenária de 1500Vcc. Estudos deverão ser refeitos com a utilização de câmeras de alta resolução.



Conclusão

- (1) Foram 27 falhas em pinos S8 e 21 falhas com diferenciais de temperatura acima de 15°C em cabos e terminações de circuitos de via, totalizando 48 falhas importantes, detectadas nesses circuitos.
- (2) Em média, cada falha no sistema de sinalização da via permanente, causa um impacto na operação comercial de 45 minutos com restrição de velocidade.
- (3) Estima-se que este ciclo de inspeções, tenha evitado um tempo total de interferências na operação comercial, superior a **2000 minutos !**





Luiz do Nascimento Pereira Junior
Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô
Depto. Engenharia de Manutenção – MTT/EPL
MCE – Monitoramento da Condição de Equipamentos
tel: (11) 3444-1461 / Fax: (11) 5012-2842
Email: lnpereira@metrosp.com.br



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT



Colaboradores

Fotos:

Carlos Frederico G Pereira – MTV/VPN

Paulo Augusto Alves Rocha – MTT/EPV(EPL)

Aplicativo TermoMetrô:

Cleudes Aparecido da Silva – MTT/MSI

José Carlos Kazuo Watanabe – MTT/EPL

Elaboração em Power Point:

Fátima – MTT/MSI



Cia do Metropolitano de São Paulo
Gerência de Manutenção - GMT

