



**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

**CATEGORIA 3**

**MODERNIZAÇÃO BAIXA TENSÃO 460VCA SANTA CECÍLIA (L3) METRÔ-SP**

**PROJETO PILOTO E LIÇÕES APRENDIDAS**

**INTRODUÇÃO**

Os objetivos do trabalho são o desenvolvimento de projeto piloto de modernização dos quadros de Baixa Tensão (BT) da estação Santa Cecília (linha 3 - vermelha), analisando as lições aprendidas e seus resultados, material que servirá de base para futuras especificações de serviços de modernizações em quadros semelhantes (obsoletos), visando otimizar e manter a relação financeira custo/benefício satisfatória para o METRÔ-SP. Com esse intuito, de inovação tecnológica, modernização e adequação à legislação (NR-10) o METRÔ-SP optou pela substituição dos disjuntores de caixa aberta e seccionadores trifásicos do Quadro Principal de Distribuição (QPD) e Quadro de Distribuição Geral de Força (QDGF), ambos de 460VCA.

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Aproveitou-se, também, para modernizar (substituir) os antigos medidores de energia elétrica eletromecânicos (kilowatímetros) por *multimedidores modernos* (com comunicação remota), garantindo assim a entrada deste quadro (QPD) no sistema de monitoramento de ativos (SMA - Diretoria de Operações do METRÔ-SP), remoto (padrão TCP/IP Ethernet) em tempo real, do consumo, demanda e *Qualidade de Energia Elétrica (QEE)* das duas (2) entradas de energia principais do quadro de Baixa Tensão (460VCA) da estação Santa Cecília, na linha 3-Vermeha, do sistema metroviário do METRÔ-SP.



**Figura 1 – Quadro Principal de Distribuição 460VCA (QPD) da estação Santa Cecília L3-Vermeha (antes da modernização)**



**Figura 2 – Quadro de Distribuição Geral de Força 460VCA (QDGF) da estação Santa Cecília L3-Vermeha (antes da modernização)**

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 3 – Quadro Principal de Distribuição 460VCA (QPD) da estação Santa Cecília L3-Vermelha (em processo de modernização)



Figura 4 – Quadro de Distribuição Geral de Força 460VCA (QDGF) da estação Santa Cecília L3-Vermelha (em processo de modernização)



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA** **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Os quadros elétricos das diversas linhas do METRÔ-SP, datam de projeto da década de 1970, com inúmeros disjuntores trifásicos de caixa aberta (BT), atualmente obsoletos, fato que culmina em não se encontrar mais peças de reposição no mercado.

Com a ideia de trazer inovação tecnológica e modernizá-los, criando sobressalentes estratégicos com os equipamentos antigos (disjuntores e seccionadores) removidos (irão servir para o restante da linha 3-vermelha nas demais estações), o METRÔ-SP optou pela implantação e substituição destes equipamentos antigos, existentes, por disjuntores modernos, com unidade de proteção microprocessada e comunicação remota, além de serem mais compactos (tipos caixa aberta e caixa moldada), com escopo em dois quadros, da estação Santa Cecília, do SEP (sistema elétrico de potência):

1. **Quadro Principal de Distribuição (QPD 460VCA) e**
2. **Quadro de Distribuição Geral de Força (QDGF 460VCA).**

A escolha do *projeto piloto* se deu por Cecília, na Linha 3-Vermelha, devido à situação crítica do disjuntor de caixa aberta, de **3200 Amperes (modelo SACE Otomax P2C)**, o qual não havia mais sobressalentes no almoxarifado da empresa. Caso houvesse alguma falha ou indisponibilidade deste, o SEP da baixa tensão do METRÔ-SP ficaria degradado, perdendo redundâncias. No limite, fechando-se a estação pois não haveria iluminação nos acesso e mezaninos!



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

### DIAGNÓSTICO

Qual a importância da elaboração de um projeto piloto visando modernizar os quadros de BT e analisar as lições aprendidas, após final dos trabalhos na estação Santa Cecília?

- *Aumentar a disponibilidade operacional do ativo, **evitando desligamentos indevidos de energia das estações do METRÔ-SP, e consequente fechamento da estação por falta de luz, muito em função de não se ter mais sobressalentes dos disjuntores extraíveis, específicos de 3200 amperes (caixa aberta de 460VCA)***
- *Entender as dificuldades desta modernização focando, principalmente, nos problemas encontrados no **retrabalho das instalações (intervenções), mecânicas e elétricas, nos dois quadros elétricos***
- *Atender plenamente à **NR-10** (segurança em instalações e serviços em eletricidade) quanto ao item “**bloqueios para impedimentos de religamento**”*
- ***Subsidiar** o Departamento de Engenharia Operacional do METRÔ-SP visando as eminentes **futuras especificações de modernização de quadros** semelhantes (**obsoletos e fora de norma NR-10**), com foco também, em melhorias na gestão da energia do METRÔ-SP*

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- Estabelecer ações de **eficiência energética**, em conformidade com o **plano de negócios 2024 e estratégia de longo prazo 24-28**, da Diretoria de Operações (DO) do METRÔ-SP

A seguir será apresentado várias imagens, no texto, da evolução dos trabalhos em campo, de modernização da baixa tensão, na estação Santa Cecília.

Está bem detalhado para percepção da evolução gradual das instalações e, também, das dificuldades encontradas e como foram superadas!



Figura 5 – Vista frontal do disjuntor (antigo) de Caixa Aberta SACE Novomax (800 amperes)

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 6 – Disjuntor (antigo), e sem sobressalentes em almoxarifado do Metrô-SP, tipo de Caixa Aberta SACE Otomax (3200 amperes)



Figura 7 – Detalhe da modernização já com novo disjuntor SIEMENS 3WL (800 A) instalado no seu compartimento/cela

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 8 – Detalhe da modernização com novo disjuntor SIEMENS 3WL (3200 amperes)



Figura 9 – Detalhe da substituição dos barramentos de entrada (capa na cor preta) do novo disjuntor SIEMENS 3WL

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 10 – Detalhe da modernização (novo disjuntor SIEMENS 3WL 800 A) instalado no seu compartimento/cela, bem como a finalização do acabamento frontal na porta da cela/compartimento



Figura 11 – Vista frontal da nova unidade de proteção microprocessada (ETU) do disjuntor Siemens, modelo 3WL

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

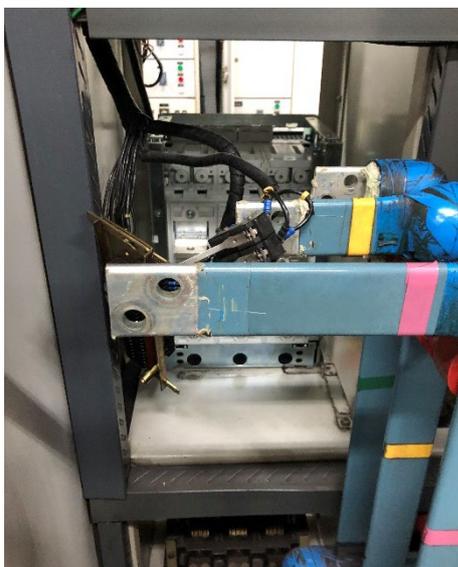


Figura 12 – Detalhe da retirada dos barramentos antigos durante modernização (novo disjuntor SIEMENS 3WL 800 A) - vista da parte traseira



Figura 13 – QDGF: Detalhe da seccionadora antiga, SACE Bergamo, de 800 amperes, já removida do quadro QDGF 460VCA

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 14 – QDGF: Vista da gaveta original (antiga) com seccionadora trifásica da empresa SACE Bergamo, modelo GRP-100, que não atende norma NR-10



Figura 15 – QDGF: Vista frontal da modernização (nova gaveta com disjuntor de caixa moldada SIEMENS modelo 3VM) no seu compartimento/cela



Figura 16 – QDGF: Vista interna da modernização (nova gaveta com disjuntor caixa moldada SIEMENS modelo 3VM) no seu compartimento/cela

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 17 – QDGF: Vista externa do quadro já modernizado, com as 36 novas gavetas com disjuntores de caixa moldada, substituindo as seccionadoras com fusíveis



Figura 18 – QPD: Vista externa do quadro já modernizado, com 14 novos disjuntores

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

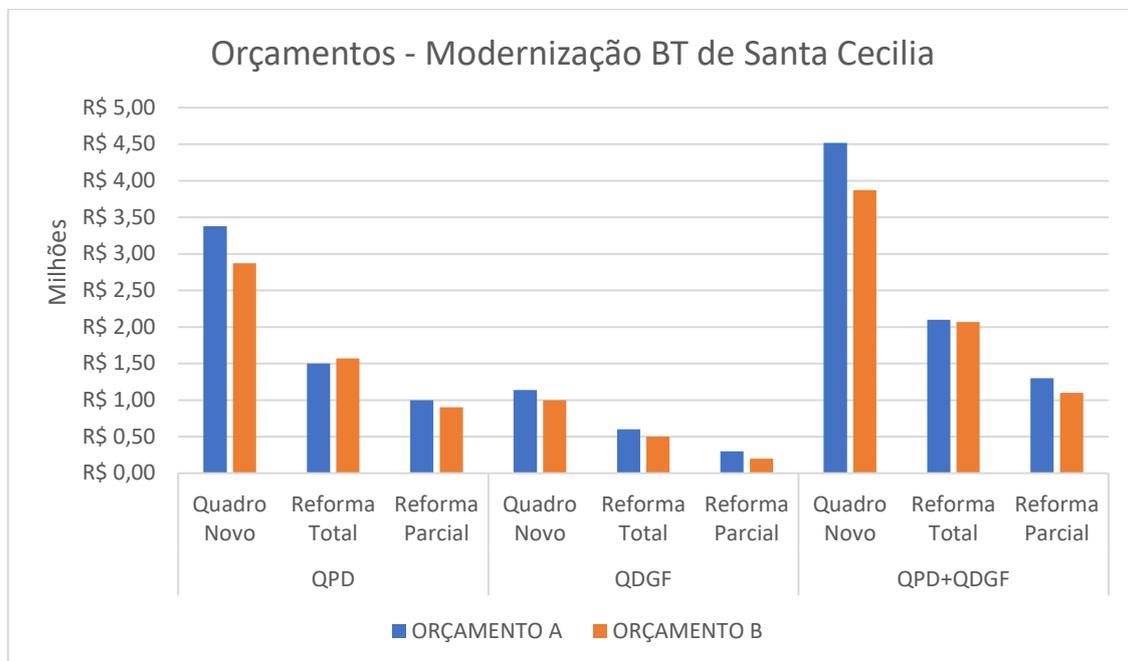
### ENGENHARIA FINANCEIRA

Em toda especificação de serviços foi analisado a relação custo/benefício das opções:

- ✓ Adquirir um **quadro elétrico de mercado novo** (substituindo o antigo)
- ✓ **Reformar totalmente** (disjuntores e seccionadoras e comando à CLP) ou
- ✓ **Reformar parcialmente** (disjuntores e seccionadoras) o quadro antigo

Este dilema persistiu até a análise dos orçamentos recebidos de empresas do mercado.

**Gráfico 1 – Análise custo/benefício entre adquirir quadro novo, reforma total ou parcial do quadro antigo**



Na pesquisa e orçamentos de mercado, ainda na fase de especificações dos serviços ora contratados em Santa Cecília (CEC), deparou-se com um aumento do custo de aquisição



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

de chaparias (matéria prima dos quadros) para confecção de quadros elétricos (pós pandemia mundial de Covid), fato que inviabilizou o estudo para aquisição de quadros novos (aproximadamente o dobro do orçamento da reforma parcial deles).

As tabelas 1 e 2 exemplificam, de forma mais detalhada, o que foi comentado.

**Tabela 1 – Orçamentos comparativos dos quadros elétricos (empresas A e B)**

TIPO DE SERVIÇO QPD 460VCA	VALORES (*MIL) Orçamento A	VALORES (*MIL) Orçamento B	ORDEM DECISÃO
Quadro Novo	3300	2870	3
Reforma Total	1500	1570	2
Reforma Parcial	1000	900	1

Perceba que da análise da tabela 1 a *reforma parcial* foi a mais vantajosa economicamente para a empresa, embora o tempo de execução em campo seja o maior. A *reforma total* ficou com valor intermediário (tempo de execução equivalente à *reforma parcial*). A aquisição de um quadro novo teve o orçamento de maior valoração.

A tabela 2 mostra o comparativo dos requisitos, que foram elaborados visando obtenção dos orçamentos de mercado para aquisição de *quadro novo*, *reforma total* ou *reforma parcial* de quadros elétricos.



**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

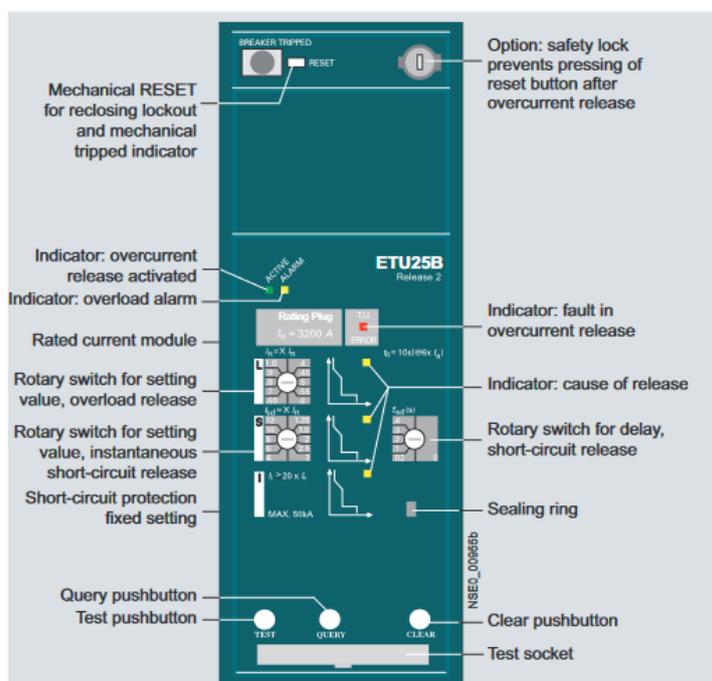
**Tabela 2 – Comparativo dos requisitos para aquisição de quadro novo, reforma total ou reforma parcial de quadros elétricos**

REQUISITOS	QUADRO NOVO	REFORMA TOTAL	REFORMA PARCIAL
Comando elétrico digital à CLP	X	X	
Comando elétrico analógico à RELÉS			X
Comunicação em rede ETHERNET	X	X	
Pintura externa dos quadros	X	X	X
Pintura interna dos quadros	X		
Inserir lâmpadas de sinalização LED	X	X	X

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

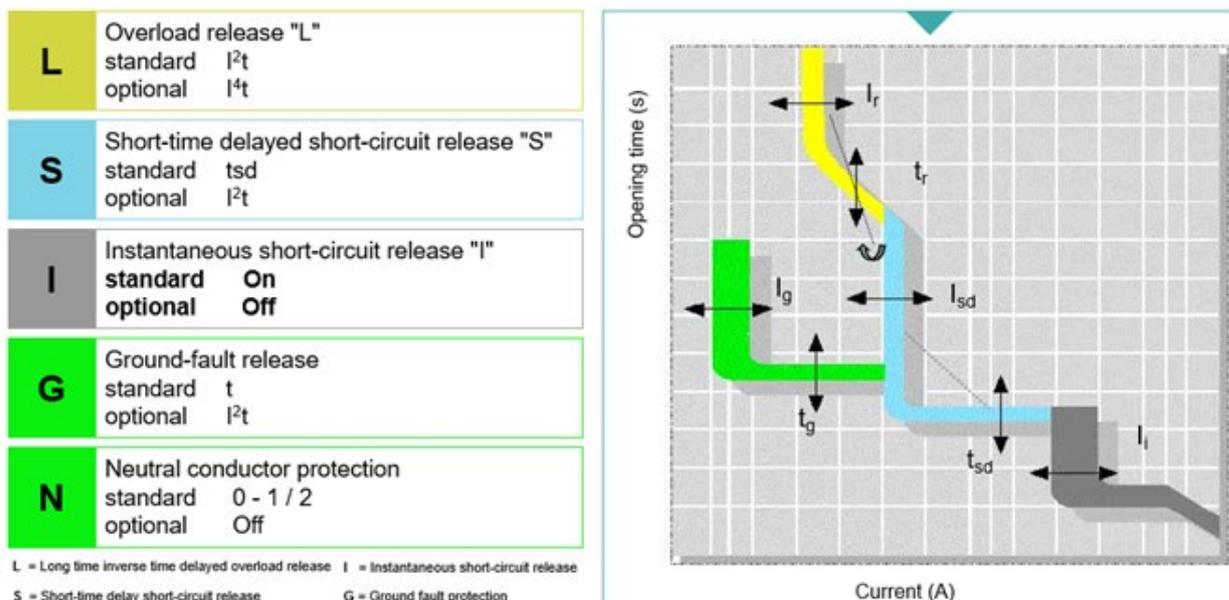
### PROBLEMAS ENCONTRADOS (OPORTUNIDADE DE MELHORIA)

Um dos desvios que se deparou no início dos trabalhos e comissionamento das **unidades de proteção de sobrecorrente**, ETU (figura 19) da Siemens (*ETU = Electronic Trip Unit*), dos novos disjuntores de caixa aberta, foram algumas lacunas no estudo de seletividade do projeto inicial (década de 1980). Alguns alimentadores de saída (disjuntores de caixa aberta) não estavam protegendo, adequadamente, os cabos das cargas, especificados e instalados desde o início operacional da Linha 3-Vermelha do METRÔ-SP (meados da década de 1980).



**Figura 19 – A ETU25B conta com a proteção LSI (onde o instantâneo é fixado em 20 x In). Trabalha com rating plug para definir a corrente nominal, sendo possível a troca por outro, desde que tenha corrente menor, além da possibilidade de ajuste diretamente na ETU (0,4 - 1 x In)**

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**



**Figura 20 – Curva de corrente x tempo da ETU Siemens**

- ✓ Desvios na parametrização/seletividade das correntes de curto-circuito
  - *Proteção dos antigos disjuntores SACE Novomax estavam em desajuste em relação à carga de saída (estudo de seletividade da época)*
  - *Novas ETUs possibilitavam o ajuste correto*
  - *Ajuste fino das ETUs foram possíveis devido aos **rating plugs (várias correntes)** que conseguem alterar a curva de sensibilidade do relé microprocessado, permitindo a parametrização correta*
  - *A checagem final ficou por conta da análise no software - ETAP® de modelagem, projeto, análise, otimização, monitoramento, controle e*

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

*automação para sistemas elétricos de potência, adquirido pela  
engenheira do METRÔ-SP*

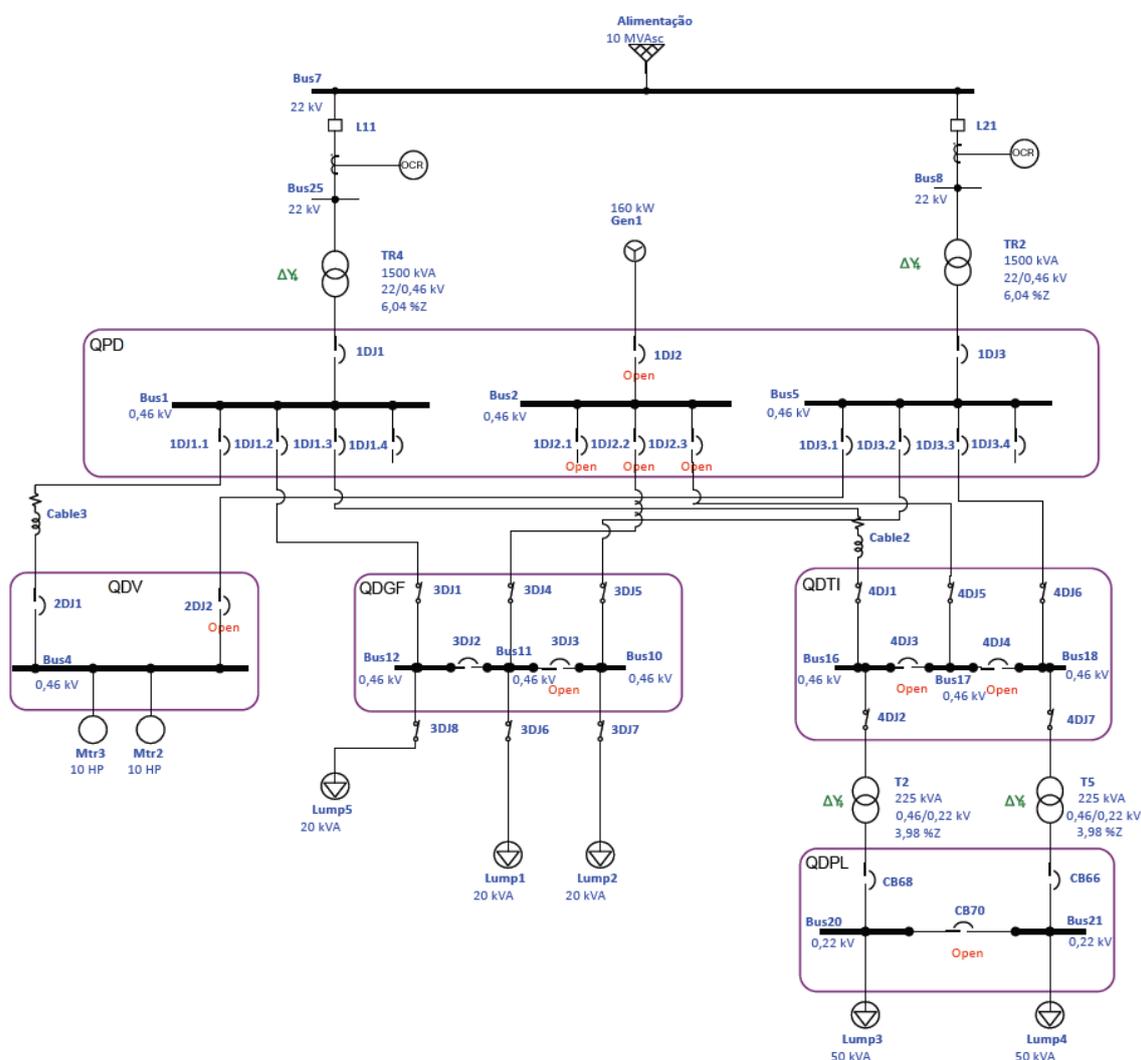


Figura 21 – Detalhe do Rating Plug da ETU (Siemens) que possui vários níveis de corrente, visando afinar os ajuste das correntes de carga em campo

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

### ESTUDO DE SELETIVIDADE DOS QUADROS DE CEC – SOFTWARE ETAP®

Conforme relatado, foi efetuado revisão do estudo de seletividade visando recompor os ajustes corretos de parametrização no local. Utilizado para isso o programa ETAP®<sup>1</sup>



**Figura 22 – Esquema unifilar dos quadros de baixa tensão efetuado no ETAP®**

<sup>1</sup> Será resumido a análise do programa ETAP®, devido à limitação final do artigo da 30ª Semana de Tecnologia Metroferroviária, em 40 páginas.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

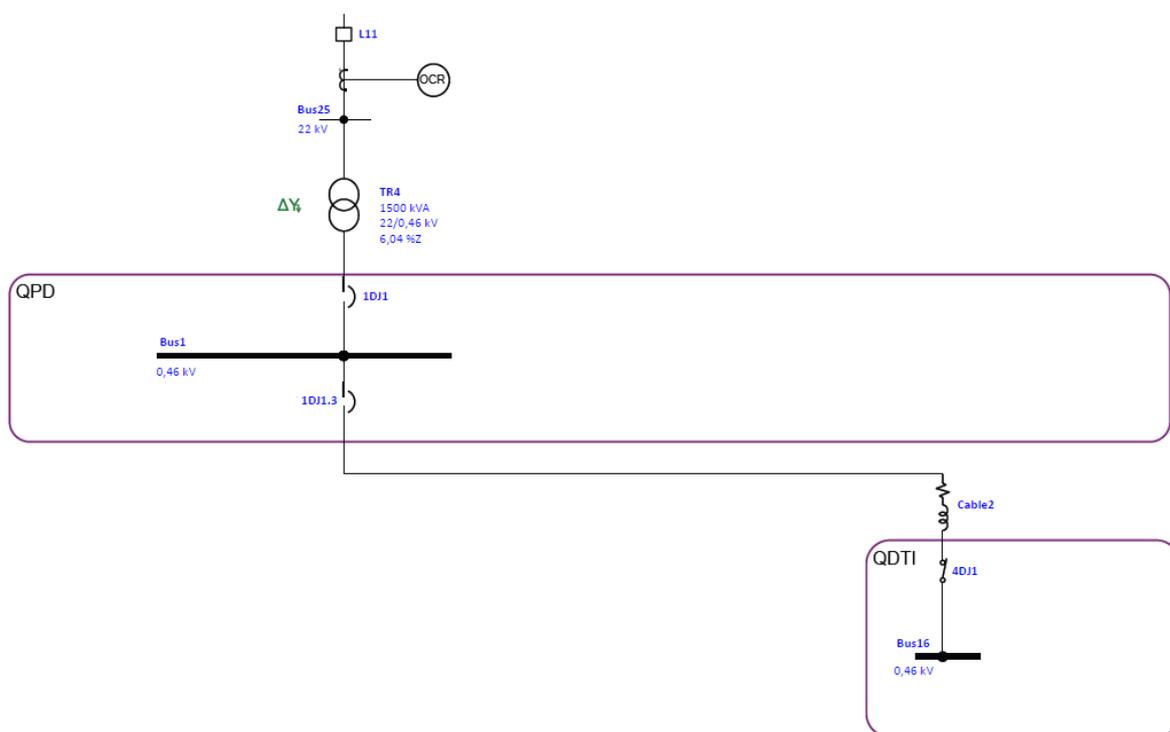
Conforme esquema unifilar (figura 22) da Linha 3-Vermelha do METRÔ-SP (estação santa Cecília), a alimentação do sistema de BT funciona da seguinte forma:

- Recebe tensão em 22kVCA que é rebaixada para 460VCA e, assim distribuída entre os diversos quadros de equipamento elétricos.
- O escopo deste estudo de seletividade é o Quadro Principal de Distribuição de 460VC (QPD).

Esse esquema unifilar foi desenvolvido no software ETAP com intuito de analisar a coordenação e seletividade desse sistema. Como é possível observar (figura 22), todos os quadros de baixa tensão que se encontram na subestação auxiliar, estão sendo demonstrados, bem como os equipamentos que os compõem (disjuntores, seccionadoras etc.) e os disjuntores de 22kVCA.

A título de simular e verificar a correta seletividade do sistema, conforme relatado, analisou-se uma parte do circuito a qual está ilustrada na figura 23.

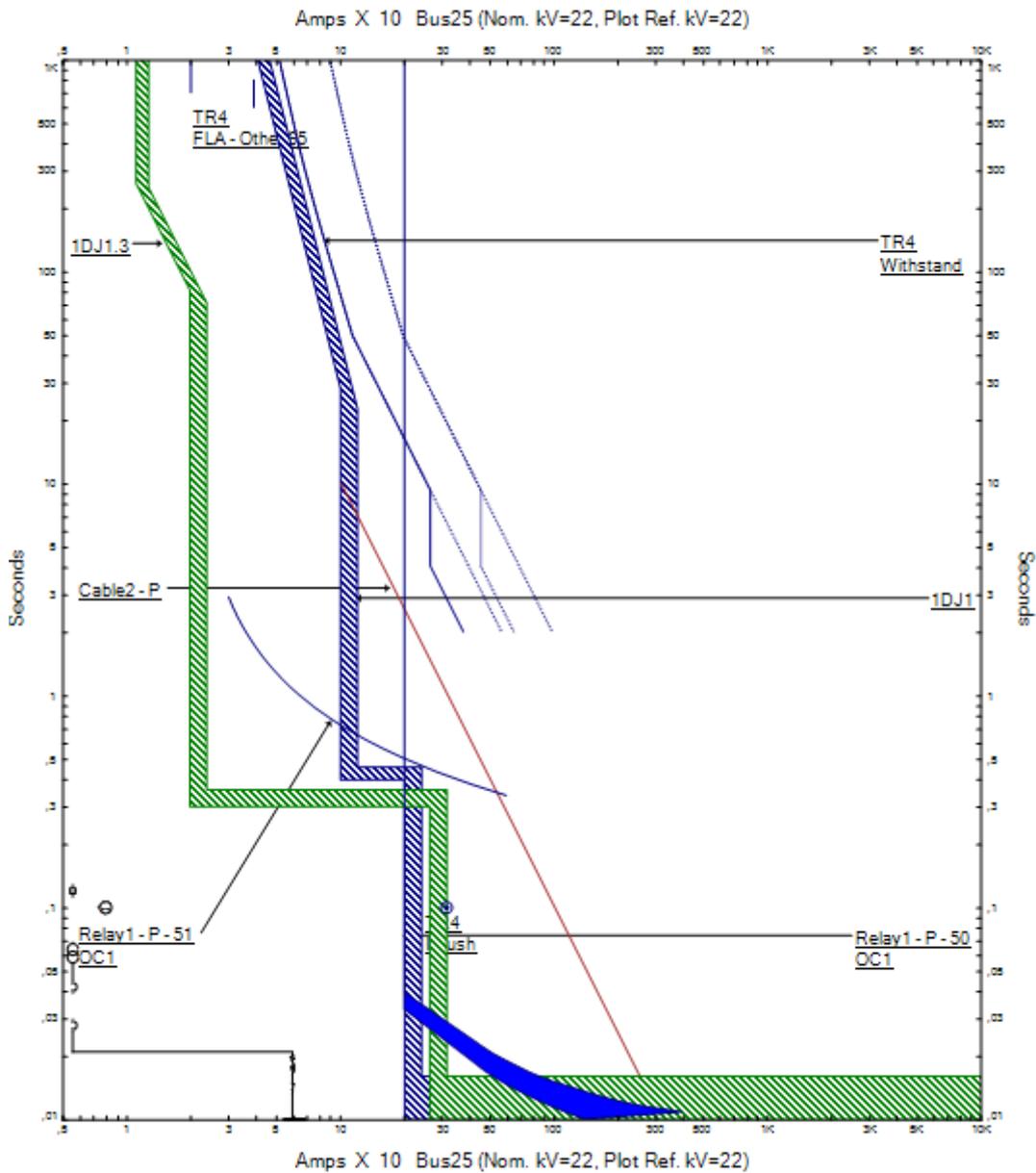
## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



**Figura 23 – Diagrama parcial do sistema de baixa tensão da Estação CEC**

Com os dados e parâmetros técnicos dos equipamentos carregados no software (dados reais) levantou-se as curvas, as quais podem ser visualizadas na figura 24.

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**



**Figura 24 – Detalhe do coordenograma parcial das curvas de Baixa Tensão de Cecília**



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA** **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Através dessas curvas, representadas na figura 24, conseguimos analisar com detalhes a seletividade de uma parte da baixa tensão e, dessa forma, **obtendo-se ganhos**, pelo fato de encontramos algumas divergências nos ajustes das proteções.

Entendemos que em determinadas correntes de sobrecarga/curto-circuito no sistema, ocorrerá a atuação do **disjuntor de 22kVCA** (alimentação de entrada do Sistema de BT), antecipadamente ao disjuntor de baixa tensão (disjuntor de entrada do QPD), não tornando o sistema seletivo.

Esse exemplo real, encontrado no campo, demonstra que existiam algumas lacunas da proteção em desacordo e que necessitam ser calibrados, visando deixar toda o sistema o mais confiável possível, ou seja, trazendo menos interferências para a sua operacionalidade (caso ocorresse um curto-circuito na baixa tensão).

Após análise de todo o conjunto de evidências da baixa tensão, foi parametrizado corretamente as ETUs dos disjuntores 3WL (Siemens), revisando todas as documentações referentes a esses ativos físicos.

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

### REDUNDÂNCIAS OPERACIONAIS PARA MODERNIZAÇÃO EM CAMPO

Na modernização, em campo, a cada avanço das fases do trabalho (lado 1, lado 2 e entrada Gerador Diesel) houve a necessidade de realizar ligações provisórias, no comando elétrico e na parte de potência dos quadros, visando **manter-se a alimentação das cargas essenciais** (No-Break e sistemas vitais, como Sinalização de Via, Grupo Gerador Diesel etc.) em caso de desvios operacionais.

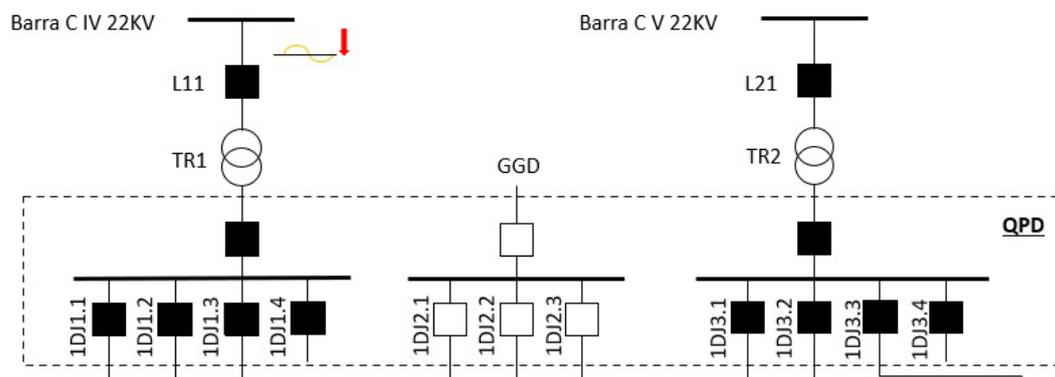


Figura 25 – Diagrama Unifilar do QPD 460Vca, escopo da modernização

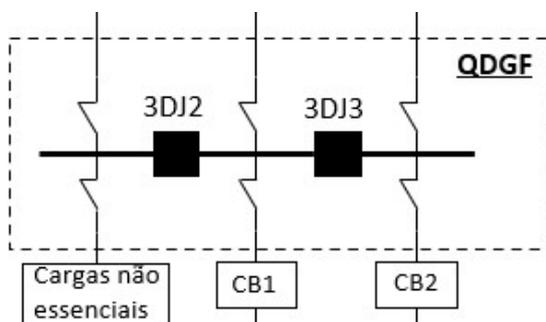
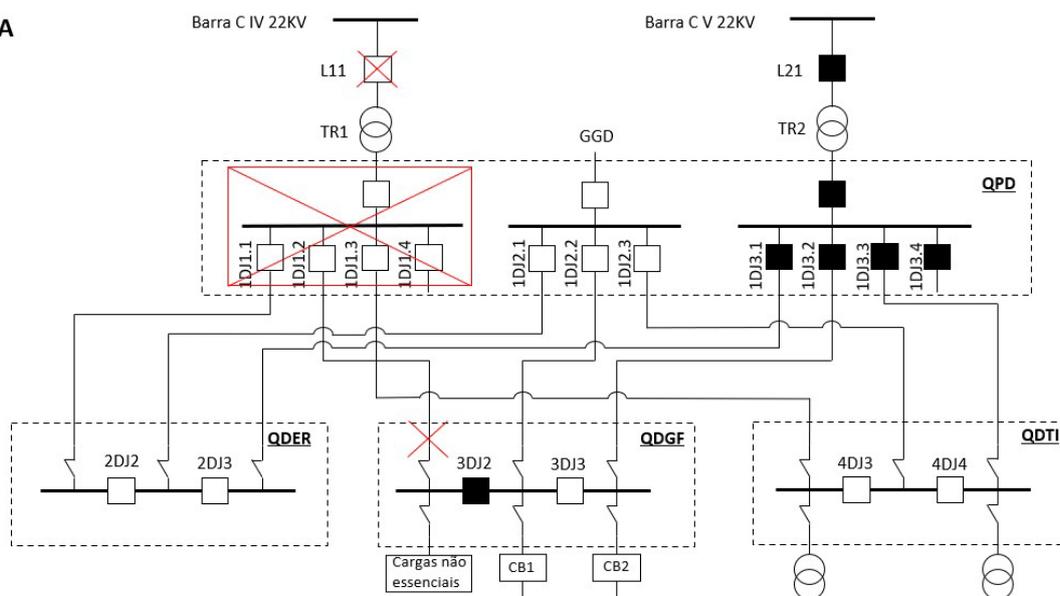


Figura 26 – Unifilar do QDGF (foco nas cargas essenciais que não podem ser deligadas)

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

LADO 1 FORA



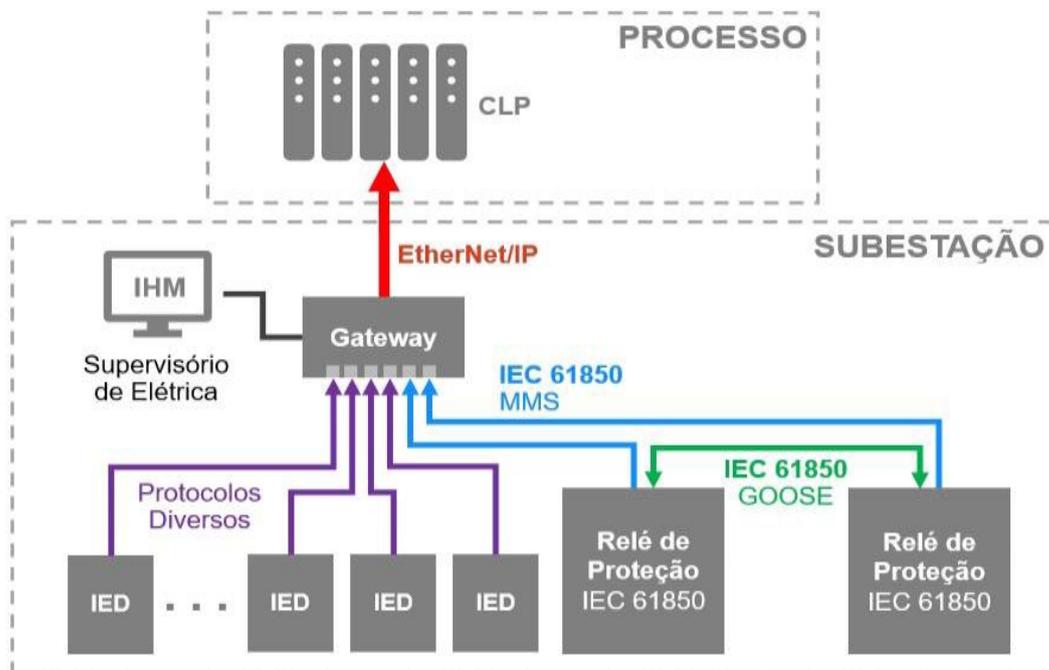
**Figura 27 – Unifilar do QPD em modernização com o Lado 1 desenergizado e isolado**

Esse processo, por vezes, demandou um tempo de todos os envolvidos em campo, mas é um trabalho imprescindível para se evitar problemas operacionais, culminando com desligamentos indevidos que provoquem o atraso na circulação dos trens, ou dos passageiros nos vários níveis da estação.

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

**CONSIDERAÇÕES**

No desenvolvimento deste texto já foi mencionado o estudo com o intuito de **reforma total** ou **parcial** dos quadros. A **total** implicava em substituir o comando elétrico (intertravamentos) analógico à relés do quadro antigo, por, pelo menos, um (1) CLP (controlador lógico programável,) com comunicação em rede Ethernet, como exemplificado na **figura 28**. Após análises, a escolha final foi pela **reforma parcial**, não incluindo o CLP e mantendo-se o comando elétrico analógico à relés, pois o custo/benefício se mostrou melhor para a Companhia do METRÔ-SP.



**Figura 28 – Exemplo de configuração moderna de subestações digitalizadas, com comandos e intertravamentos elétricos por CLPs, comunicação em rede Ethernet, e protocolo da norma IEC61850**



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Conforme **Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.** ...

*“...A convergência das redes de subestações e de automação industrial para o padrão Ethernet viabiliza a integração entre estas. Embora possuam esta característica em comum, ressalta-se que são utilizadas para finalidades bem diferentes. As redes de subestação possuem protocolos, mecanismos de comunicação e requisitos de performance específicos, os quais são definidos pela norma IEC 61850. A convergência para o padrão Ethernet proporciona diversas alternativas para integração das redes, como a utilização de protocolos industriais disponíveis em IEDs de proteção, implementação de concentradores/gateways, e até mesmo a conexão entre bancos de dados. A integração entre as redes é vantajosa em diversos aspectos... ...Em suma, a integração entre as redes é conveniente no sentido de compartilhar os dados do SEP com as demais áreas da empresa, e não simplesmente encaminhar estes dados para sistemas centralizados, abdicando de sistemas dedicados ao SEP<sup>2</sup>...”*

---

<sup>3</sup> Observações da empresa SEL (Schweitzer Engineering Laboratories) acerca da modernização e digitalização de subestações elétricas, bem como a norma de referência de automação destas – IEC 61850

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Outra questão, que só foi possível mensurar e contornar no campo, foi a necessidade de substituição dos **barramentos principais trifásicos de distribuição (QPD 460Vca)**, fato que culminou com aumento do tempo de execução das atividades das duas entradas de energia e liberação operacional, devido às furações mecânicas originais de fixação dos novos barramentos, dos disjuntores de caixa aberta Siemens, não serem compatíveis (mecanicamente) com os antigos disjuntores.

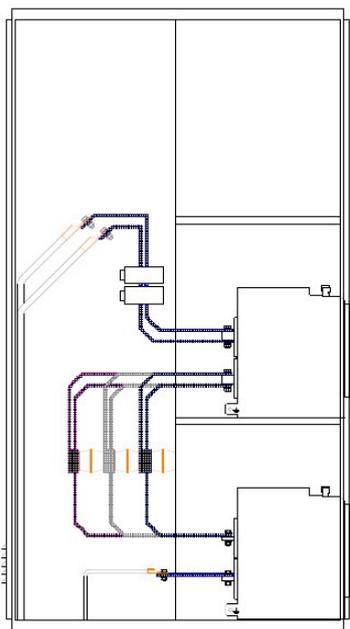


Figura 29 – Detalhe dos barramentos do novo disjuntor da entrada 1 (QPD) em instalação. Perceba que as furações de saída do 3WL não estão simétricas em relação aos barramentos de distribuição (abaixo, na horizontal)

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**



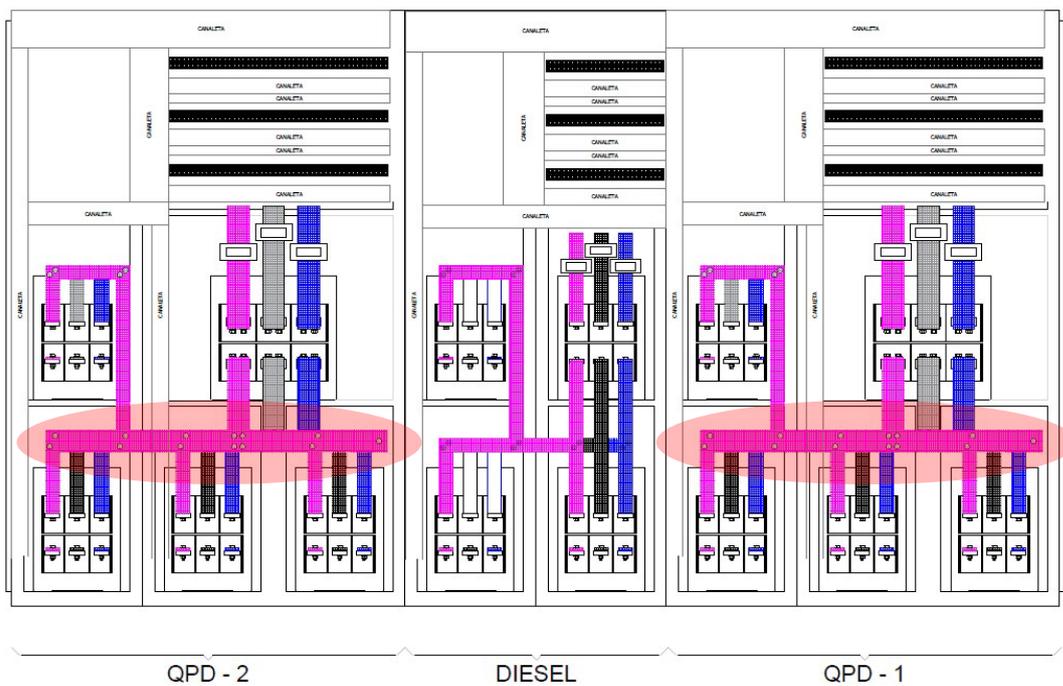
**Figura 30 – Barramentos do novo disjuntor da entrada 1 instalado. Note que as furações de saída do 3WL agora estão simétricas em relação aos barramentos de distribuição (abaixo, na horizontal). Estes foram substituídos por novos barramentos**



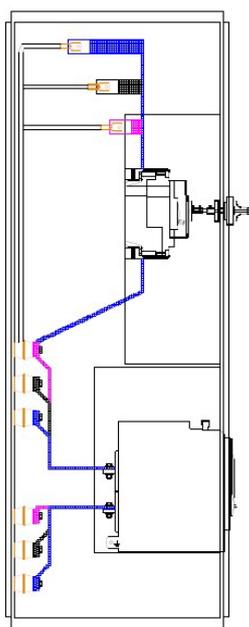
VISTA LATERAL INTERNA

**Figura 31 – Vista lateral do quadro QPD detalhando a distribuição trifásica dos barramentos de 460VCA**

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**



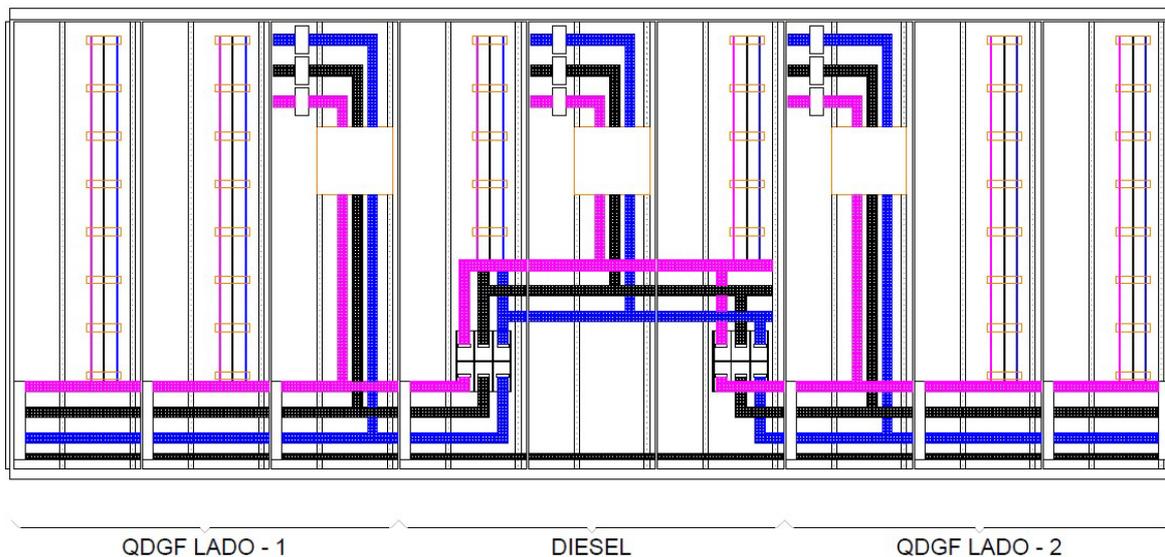
**Figura 32 – Traseira do quadro QPD detalhando a distribuição (horizontal) trifásica dos barramentos, que foram substituídas, de 460VCA (entradas 1 e 2)**



**VISTA LATERAL INTERNA**

**Figura 33 – Vista lateral do quadro QDGF detalhando a distribuição trifásica dos barramentos de 460VCA**

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**



**Figura 34 – Traseira do quadro QDGF detalhando a distribuição trifásica dos barramentos de 460VCA (na frente as entradas 1 e 2 e, ao centro, a do Gerador Diesel. Ao fundo, os barramentos das saídas (gavetas com disjuntoress de caixa modada)**

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

### SOBRESSALENTES ESTRATÉGICOS

A modernização de quadros antigos e obsoletos implica em sobrevida para o restante dos quadros elétricos da época, devido criar sobressalentes estratégicos e manter em atividade ativos fixos ao longo de mais de 50 anos de operação comercial da Cia do METRÔ-SP. As fotos a seguir demonstram o que foi relatado.

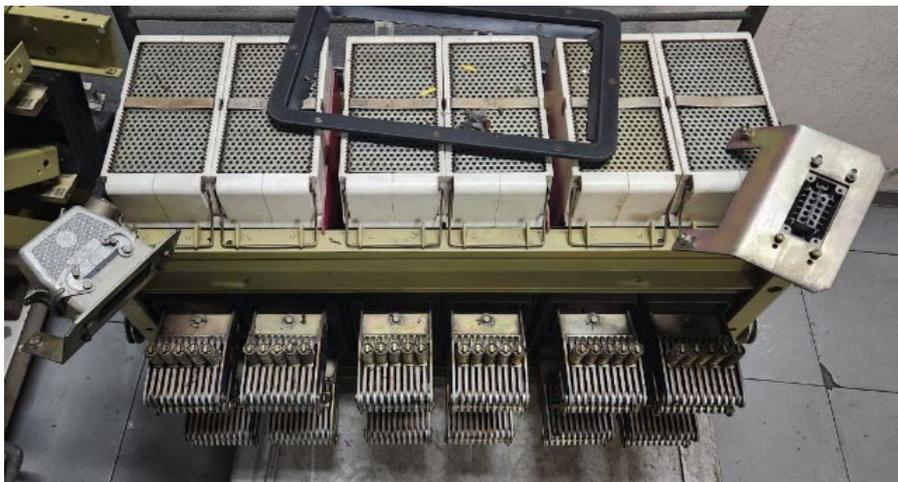


Figura 35 – Barramentos de distribuição antigos (QPD) que foram substituídos por novos



Figura 36 – Disjuntores antigos (800 amperes) que, agora, após revisão na Oficina Elétrica de Disjuntores do Pátio Itaquera, virarão sobressalentes estratégicos as Linhas 1 e 3

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



**Figura 37 – Disjuntor antigo (SACE Otomax de 3200 amperes) removido que, agora, virará sobressalente estratégico para o restante da Linha 3-Vermelha.**

Um dos pilares deste trabalho foi pensar de uma forma global para a empresa, aqui o METRÔ-SP. Assim, a relação custo/benefício e atender à NR-10 eram itens prioritários.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA** **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

### **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

#### **1. Reforma QPD Elétrica**

- a. Disjuntores Siemens 3WL compatíveis com SACE Otomax e Novomax
- b. Comando adaptado aos 3WL e inserido a sinalização de “Alarme Atuado” ao invés de “Mola Carregada” em cada compartimento/cela
- c. Acréscimo de relés auxiliares 125VCC, devido o 3WL não possuir contatos na mesma quantidade que o SACE Otomax/Novomax
- d. Instalado em cada gaveta de saída do QDGF lâmpadas de sinalização de estado (aberto, fechado e alarme atuado)

#### **2. Reforma QPD Mecânica**

- a. Portas dos dois quadros foram adaptadas, abertura/rasgo na chaparia maior que o original (QPD) e substituição de todas as portas das gavetas por novas (QDGF)
- b. Barramentos de saída de cada disjuntor novo, e todo o barramento de distribuição do quadro, foram substituídos devido as furações das novas conexões não serem compatíveis

#### **3. Documentação Técnica QPD e QDGF**

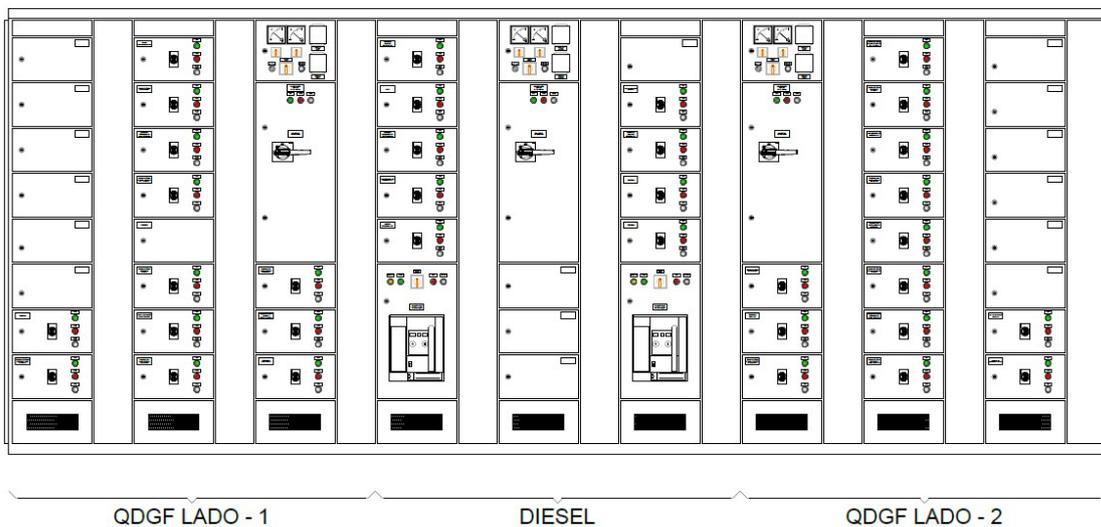
- a. Revisado e confeccionado novo esquema elétrico principal (PDF e DWG) dos dois quadros (229 folhas tamanho A3)

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

- b. Fornecido desenho mecânico das vistas frontal, lateral e interna dos dois quadros detalhando a distribuição dos barramentos trifásicos



**Figura 38 – Desenho da vista frontal do QPD após modernização**



**Figura 39 – Desenho da vista frontal do QDGF após modernização**



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

### LIÇÕES APRENDIDAS

Comentários, considerações e propostas para futuras especificações de serviços:

#### ✓ O que deu certo?

- *A especificação foi elaborada considerando os requisitos dos disjuntores ABB e Schneider, assim, os **disjuntores fornecidos (Siemens 3WL) atenderam de forma satisfatória***
- *Contratada **qualificada em montagem de quadros elétricos** ajudou em toda instalação e comissionamento, bem como nas decisões difíceis como na substituição de todos os barramentos de distribuição no QPD*
- *A decisão de se realizar uma especificação de **reforma parcial** dos quadros antigos foi interessante e **manteve uma ótima relação custo/benefício** para o METRÔ-SP*

#### ✓ O que poderia melhorar?

- ***Ausência de especificação de pintura externa dos quadros** a serem modernizados. Em especial, no QDGF, pois algumas gavetas ficaram com cor das portas levemente diferentes da original (antigas x novas)*
- ***O Tempo de execução contratual foi alcançado no limite.** Uma margem maior do contrato (CN) seria ideal*

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

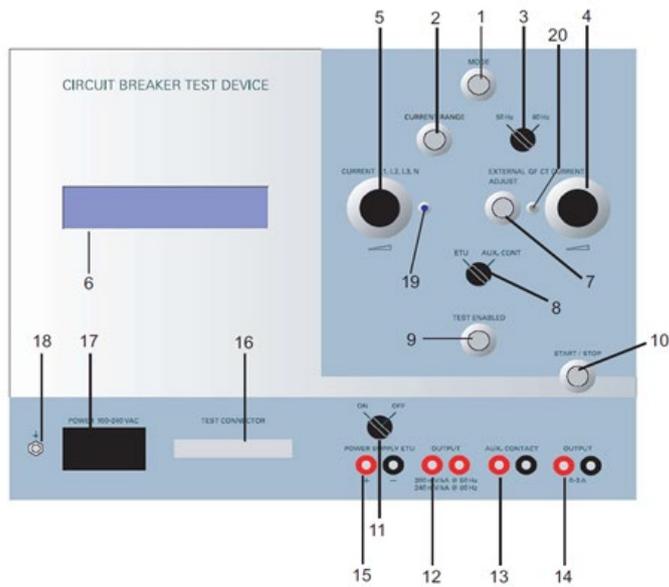
### ✓ O que faríamos diferente?

- *Mencionar na especificação de serviços a “possibilidade de substituição dos barramentos principais do quadro, devido as furações mecânicas (disjuntores antigos) não ficarem corretamente alinhadas (simétricas) com os novos disjuntores”*
- *Especificar no contrato a necessidade de fornecimento de uma “mala de testes das unidades de sobrecorrente novas” (ETUs, no caso da SIEMENS). Foi fornecido apenas um testador, mais limitado (figura 40), que checa apenas os circuitos lógicos das ETUs (não conseguem calibrar adequadamente essas unidades)*



Figura 40 – Vista frontal do testador simplificado da ETUs Siemens 3WL (equipamento checa apenas o funcionamento do circuito lógico da ETU)

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**



**Figura 41 – Mala de testes (tela frontal) da ETU Siemens 3WL**



**Figura 42 – Comissionamento em campo (estação Santa Cecília) com a utilização da mala de testes da ETU Siemens 3WL**



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

### CONCLUSÕES

- ✓ *Inúmeras lições aprendidas que já estão subsidiando as novas especificações de serviços de modernização, para as estações mais antigas das linha 1-Azul e 3-Vermelha do METRÔ-SP;*
- ✓ *Foi possível **analisar o mercado** de equipamentos atual, **qualificando fornecedores e instaladores para projetos futuros** de modernizações de quadros de baixa tensão antigos e obsoletos;*
- ✓ ***Avaliou-se novas tecnologias**, para estudos de **modernização parcial** dos quadros (total implica em alto custo), visando **manter a relação custo/benefício satisfatória** para o METRÔ-SP;*
- ✓ ***Inclusão** nas futuras especificações de serviços **a necessidade de pintura externa** dos quadros a serem modernizados;*
- ✓ ***Inclusão** de itens de substituição de todos (dois quadros elétricos) os **sensores de posição dos disjuntores (aberto, fechado e alarme atuado)**, pelos atuais à LED;*
- ✓ ***Inclusão** no texto da especificação de item com a **“possibilidade de substituição dos barramentos de distribuição do quadro”**, em função das novas furações mecânicas, nestes, não serem compatíveis entre os disjuntores antigos e novos.*



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA** **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ETAP.** Software modelagem, projeto, análise, otimização, monitoramento, controle e automação para sistemas elétricos de potência. Acesso em 22/05/2024. [ETAP Brasil](https://etap.com/etap-regional-offices/etap-brazil)  
<https://etap.com/etap-regional-offices/etap-brazil>

**IEC 61850-8-1:2011** - Communication Networks and Systems for Power Utility Automation - Part 8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3. 17 junho 2011.

**MANUAL DE INSTRUÇÕES DE DISJUNTORES SENTRON WL** - SIEMENS. Acesso na página [Catálogo Disjuntores Abertos 3WL \(siemens.com\)](https://www.siemens.com)

**METRÔ-SP.** Especificação de Serviços de Modernização de Disjuntores e Seccionadoras dos Quadros de Baixa Tensão, com o Fornecimento de Materiais, da Estação Santa Cecília, na Linha 3-Vermelha. 2022.

**SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES, INC.** - INTEGRAÇÃO ENTRE REDES DO SISTEMA ELÉTRICO E DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. Vinicius Ferrari e Paulo Lima.

**SEL SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES, 2018.** 'Configuring the SEL RTAC as a Single Source for Substation Event Data: Job Done Examples of Various Methods for Collecting and Retrieving Digital and Oscillographic Records'. Application Guide.