



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GSE/04
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTO DE ALTA TENSÃO - GSE

METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA SUBSTITUIÇÃO DE 20 DISJUNTORES 230KV, 60 TRANSFORMADORES DE CORRENTE DE 230KV, REFORMA DE 95 SECCIONADORAS DE 230KV E SUBSTITUIÇÃO DE 54 PARA RAIOS DE 230KV NA SUBESTAÇÃO CIDADE INDUSTRIAL

Manoel Gomes Filho(*)
Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica - CEEE-GT

RESUMO

O presente informe técnico descreve o desenvolvimento, planejamento e execução de solução técnica para o atendimento da REA 1814/09, que determinava a substituição de 20 disjuntores e 60 Transformadores de Corrente de 230kV, além da reforma de 95 seccionadoras e a substituição de 54 para raios de 230kV, todos estes equipamentos instalados na subestação Cidade Industrial integrante da concessão da CEEE-GT.

Aspectos inovadores, como arranjos de barramentos temporários e soluções viabilizadas através da utilização de técnica de linha viva ao potencial e remanejamento de equipamentos entre os módulos de 230kV da subestação envolvida foram alguns dos principais recursos e alternativas desenvolvidos e empregados para a conclusão do empreendimento, respeitando o prazo de execução estabelecido.



Figura 1: Subestação Cidade Industrial – SE CIN

PALAVRAS-CHAVE

Disjuntor, Transformador, Seccionadora, Planejamento, Prazo

1.0 - INTRODUÇÃO

As atividades de substituição e reforma de equipamentos previam a necessidade de desligamento de todos os circuitos de 230kV da subestação Cidade Industrial da CEEE-GT, sendo esta uma das principais subestações da região Sul, classificada com nível de criticidade C1. Para a plena execução dos serviços estabelecidos,

necessitava-se o desligamento alternado das 20 funções de transmissão envolvidas, porém, dada a importância e o impacto no sistema de operação da rede básica, a maioria das funções de transmissão não poderiam ser desligadas por períodos extensos, inviabilizando a execução das atividades previstas e exigidas em Resolução Autorizativa. Agravou-se ainda o fato de que a substituição dos 20 disjuntores de 230kV e 60 TC de 230kV foi autorizada em 2009 em função da superação da capacidade destes equipamentos e os mesmos permaneciam em operação na condição de superados, trazendo risco iminente ao Sistema Interligado Nacional.

2.0 - AÇÕES PREVISTAS NA SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS DA SUBESTAÇÃO CIDADE INDUSTRIAL

a. Disjuntores 230kV

Os disjuntores originalmente instalados na subestação Cidade Industrial tinham acionamento e isolamento a ar comprimido, marca/modelo Brow Boveri DLGF 245 nos módulos de Linha de Transmissão e Brow Boveri DLF 245 nos módulos de Transformação, Interligação e Seccionamento de Barramentos. Foram substituídos por 12 disjuntores marca/modelo Siemens 3AP1-FI e 8 disjuntores Comproton Greaves 200-FSM-40s, ambos acionamento mola, meio de extinção SF₆, monopolares. A substituição destes equipamentos foi realizada em função da superação da capacidade de interrupção (10.000MVA - 23,57kA simétricos), autorizados através da REA 1814/09, com enquadramento tipo reforço.



Figura 2: Disjuntores BBC DLGF 245 e DLF 245 – Fabricação 1971

b. Transformadores de Corrente 230kV

Os TC retirados de operação na subestação Cidade Industrial eram de fabricação ALLIS-CHALMERS e Electromagnetic, modelos SCW-23 e ITS 230, respectivamente. A autorização para substituição destes equipamentos foi motivada pela superação dos mesmos, em função da corrente de saturação. A Resolução Autorizativa ANEEL 1814/09 previa a substituição desses equipamentos, com enquadramento como reforço.

c. Chaves Seccionadoras 230kV

Dado o elevado período de operação das chaves seccionadoras da instalação, com uma média de 40 anos, e a crescente taxa de falha destes equipamentos, foi contratada a reforma das 95 seccionadoras da subestação. A parte ativa das chaves recebeu novos contatos móveis, fixos e de restrição de arco, substituição de rolamentos, substituição das molas de equilíbrio, desmontagem completa, nova lubrificação e pintura. Os isoladores das colunas de isoladores que apresentavam trincas ou lascas foram substituídos, em um total de 613 isoladores.

O conjunto de acionamento e os estojos de nivelamento receberam tratamento de superfície e pintura conforme norma interna CEEE-GT.

Os acionamentos motorizados das seccionadoras foram totalmente desmontados e seus componentes elétricos todos substituídos. Os redutores mecânicos dos acionamentos motorizados foram desmontados e seus rolamentos foram substituídos, assim como o lubrificante. A reforma das seccionadoras foi enquadrada como melhoria.

d. Para-raios de 230kV

Em função da elevada idade dos para-raios de 230kV da instalação, foi realizada a substituição de todos os 54 equipamentos pertencentes ao setor de 230kV. Esta atividade foi enquadrada como melhoria.

e. Serviços Auxiliares

Os serviços auxiliares de corrente contínua 125Vcc foram ampliados, em razão do novo sistema de armazenamento de energia dos comandos dos novos disjuntores de 230kV, com acionamento à mola, que exigiram novos circuitos de alimentação. Os novos comandos dos disjuntores de 230kV também exigiram novos circuitos de controle, em 125Vcc.

f. Anunciadores de Alarmes, UTR e Medição Local

Tendo em vista uma ampliação dos pontos a serem monitorados, motivada pela nova tecnologia dos disjuntores de 230kV, foi realizada a substituição de 19 anunciadores de alarmes e ampliado o número de pontos na Unidade Terminal Remota, para supervisão remota dos novos pontos de alarme. Os sistemas de medição local foram substituídos em todos os módulos de 230kV por multimedidores digitais Schneider PM 820.

g. Bancos de Dutos

Face ao aumento da quantidade de cabos para alimentação dos circuitos de carregamento de molas e controle dos novos disjuntores, foi realizada a ampliação do número de bancos de dutos da subestação, entre pátio e sala de cabos.

As atividades relacionadas do item “a” ao “g” foram objeto de contratação. A empresa responsável pelo projeto civil, eletromecânico e execução destas atividades foi a IPS Engenharia e Construções Ltda.

O projeto elétrico da subestação Cidade Industrial foi totalmente conferido, atualizado e modernizado, contemplando a instalação dos novos equipamentos. Para esta etapa do empreendimento foi realizada a contratação da empresa ATTIVA Engenharia e Projetos S/S Ltda.

2.1 AÇÕES PRÉVIAS EXECUTADAS PARA MINIMIZAR O TEMPO DE INDISPONIBILIDADE DAS FUNÇÕES TRANSMISSÃO ENVOLVIDAS

2.1.1 Avaliação das Funções Transmissão

Considerando que as atividades descritas entre a) e g) do item anterior deveriam ser totalmente realizadas, identificou-se que o período necessário para execução e comissionamento das mesmas seria demasiadamente extenso, inviabilizando as solicitações de desligamento junto ao ONS por períodos muito longos. Diante desta situação, algumas medidas alternativas foram adotadas, com o objetivo de reduzir os tempos de desligamento. Foram implementadas ações diferenciadas para cada grupo de funções transmissão, que foram divididas da seguinte forma:

- FT GRUPO 1: Criticidade Baixa
- FT GRUPO 2: Criticidade Média
- FT GRUPO 3: Criticidade Alta

As Funções Transmissão enquadradas no GRUPO 1 tinham baixa repercussão sistêmica, ou seja, apresentaram condições de liberação, respeitados os critérios de liberação internos da CEEE-GT e do ONS, levando em conta principalmente condições favoráveis de sazonalidade. Estes módulos de 230kV permaneceram desligados por um período de 12 a 22 dias corridos. Neste período, todas as atividades previstas foram executadas.

Já as funções transmissão enquadradas no GRUPO 2 apresentavam relevante repercussão sistêmica, impedindo desligamentos maiores do que 6 dias.

As Funções Transmissão do GRUPO 3 não permitiam desligamento superiores a um dia, e estes somente poderiam ocorrer em finais de semana.

Tabela 1: Classificação da criticidade de cada Função Transmissão

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Função Transmissão	LT Nova Santa Rita C1	Interligador de Barras A1/B	LT Porto Alegre 9 C1
	LT Nova Santa Rita C2		LT Porto Alegre 9 C2
	LT Nova Santa Rita C3		LT Siderurgica (Consumidor Livre)
	LT Gravataí 2 C2		LT Guaíba 2
	LT Gravataí 2 C3		LT Charqueadas
	LT Gravataí 2 C4		TR-1 230/23kV 50MVA
	LT Canoas 2 C1		TR-2 230/23kV 50MVA
	AT-1 230/138kV 3 x 50MVA		AT-2 230/138kV 3 x 50MVA
	LT Venâncio Aires		LT Pólo Petroquímico
	Seccionador de Barras A1/A2		

2.1.2 Ações Prévias Adotadas para todos os Grupos de FT

As seguintes ações foram adotadas de forma antecipada e comum para todas as Funções Transmissão, Grupos 1, 2 e 3, para reduzir o tempo de desligamento:

- Construção das bases civis para os disjuntores de 230kV. Estas bases foram alocadas em frente ao disjuntor existente, permitindo, desta forma, antecipar em aproximadamente 50% a montagem eletromecânica e 70% a montagem elétrica do novo disjuntor, permanecendo neste período o módulo envolvido energizado;
- Foi introduzido um Pannel de Interligação para cada novo disjuntor, possibilitando assim a utilização da cablagem de controle existente;
- Reforma antecipada dos acionamentos motorizados das seccionadoras de cada módulo, utilizando acionamentos reservas (chaves modelo Hitachi Line) e removendo os acionamentos motorizados (chaves ALLIS-CHALMERS) alguns dias antes do desligamento do módulo.

2.1.3 Ações Prévias Adotadas para a FT GRUPO 2, além das relacionadas em 2.1.2:

- Utilização da parte ativa de chaves seccionadoras já reformadas, retiradas de módulos já concluídos;

2.1.4 Ações Prévias Adotadas para as FTs GRUPO 3, além das relacionadas em 2.1.2 e 2.1.3:

- Projeto e construção de quatro barramentos temporários em 230kV entre as saídas de linhas de transmissão e módulos de transformação, confeccionados com postes de eucalipto tratado de 17 metros e cabo ORCHID 636 MCM.

Considerando que alguns dos módulos de linha de transmissão do Grupo 1 poderiam permanecer desligados em determinados períodos do ano, utilizou-se o módulo da LT Nova Santa Rita C1 na subestação Cidade Industrial para, na função de um módulo **polivalente**, através do Barramento Temporário 1 em 230kV, manter energizadas as seguintes funções transmissão de Grupo 3: Porto Alegre 9 C1, Porto Alegre 9 C2, Guaíba 2. A **LT Polo Petroquímico** não utilizou barramento temporário, pois como este circuito compartilha a mesma estrutura metálica tipo UDCM com o circuito LT Nova Santa Rita C1, foi realizada a conexão da LT Polo Petroquímico com o módulo LT Nova Santa Rita C1 diretamente nesta estrutura, isolando o módulo LT Polo Petroquímico nas próprias passagens da torre de transmissão, liberando o módulo para as atividades previstas, conforme figura 2 abaixo. Nesta situação, foi necessária a instalação de pedestal com proteção digital (Figura 4) no terminal da subestação Polo Petroquímico, para possibilitar a operação da FT Polo Petroquímico x Cidade Industrial através do módulo Nova Santa Rita C1, pois este módulo possui proteção digital na SE CIN e dada a importância desta linha de transmissão, esta medida foi adotada para manter a proteção primária em operação, já que na subestação Polo Petroquímico a proteção é eletromecânica.

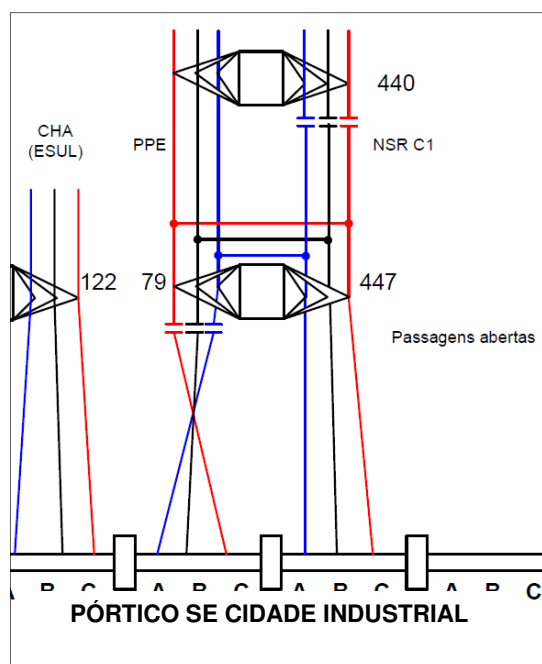


Figura 3: Liberação do módulo LT Polo Petroquímico através do módulo LT Nova Santa Rita C1



Figura 4: Pedestal com relé digital

PÓRTICO SUBESTAÇÃO CIN

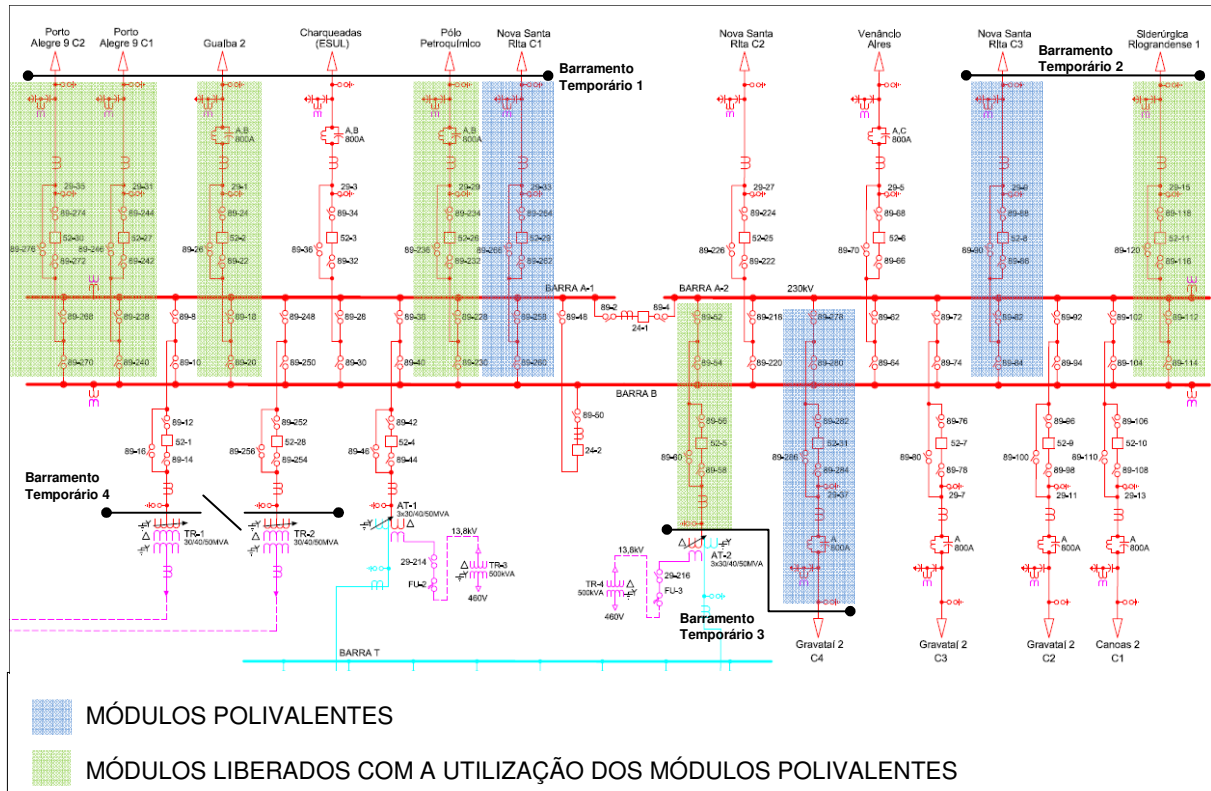


Figura 5: Detalhe do Diagrama de Operação – Setor 230kV

Para a liberação dos módulos das Funções Transmissão **Porto Alegre 9 C1**, **Porto Alegre 9 C2** e **Guaíba 2**, utilizou-se o barramento temporário 1, interligando os circuitos envolvidos com o módulo da Função Transmissão Nova Santa Rita C1. A Função Transmissão Nova Santa Rita C1 permaneceu indisponível por um período total de 80 dias, de forma intercalada. O terminal da FT Nova Santa Rita C1 x Cidade Industrial na subestação Nova Santa Rita permaneceu desligado neste período. Os ajustes dos parâmetros de proteção eram alterados diretamente nos IED do módulo LT Nova Santa Rita C1 na subestação Cidade Industrial, de acordo com a Função Transmissão alimentada na ocasião.

Para possibilitar a liberação da **LT Siderurgica**, que atende radialmente um consumidor livre conectado em 230kV, utilizou-se como módulo polivalente o da LT Nova Santa Rita C3, em função da proximidade e da possibilidade de indisponibilizarmos esta função transmissão por um longo período, uma vez que a interligação entre as subestações Nova Santa Rita e Cidade Industrial é realizada através de três circuitos em 230kV. As adequações dos circuitos entre os dois módulos, como as conexões ao barramento provisório e a abertura de passagens eram realizadas em desligamentos com duração de oito horas, em domingos. Eram realizados dois desligamentos, o inicial para transferir o módulo da LT Siderurgica para o módulo da LT Nova Santa Rita C3 e o segundo, 22 dias após, para retornar à condição original de ambas as funções transmissão envolvidas, com o módulo da LT Siderurgica com seus equipamentos substituídos e reformados.

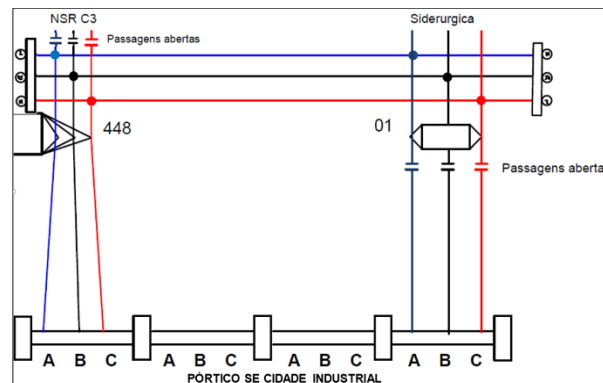


Figura 6: Barramento temporário 2 para adequação do módulo da LT Siderurgica



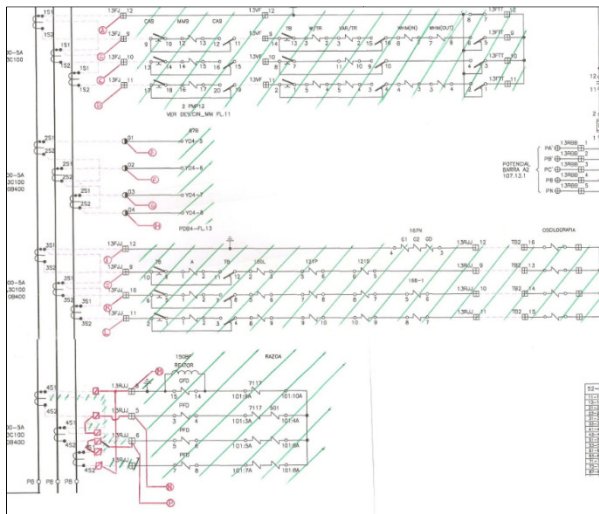
Figura 7: Barramento temporário 3 e LT Siderurgica



Figura 8: Conexão entre FT Gravataí 2 C4 e FT AT-2 através do barramento temporário 3

A Função Transmissão **AT-2 230/138kV 150MVA** foi liberada através da mesma sistemática empregada na figura 6, através do barramento temporário 3 e utilizando o módulo da FT Gravataí 2 C4 para manter energizado o AT-2 230/138kV 3 x 50MVA (Figura 8). No período de 20 dias a FT Gravataí 2 C4 permaneceu indisponível e o terminal da LT Gravataí 2 x Cidade Industrial C4 na subestação Gravataí 2 permaneceu desligado. Os sinais de fechamento, bloqueio e abertura (comando e proteção) do disjuntor 52-5 (AT-2) foram transferidos para o disjuntor 52-31 (Gravataí 2 C4). As correntes secundárias dos TC do módulo Gravataí 2, que até então alimentavam proteções de linha (21P, 21S, 67N, 68, 50L, 50BF + Medição local e supervisão) foram provisoriamente transferidas para o painel de comando e proteção do AT-2, alimentando desta forma as proteções do transformador (87T, 51, 51N + Medição local e supervisão). As correntes secundárias pertencentes ao relé 87B (Diferencial de Barras) também foram adequadas provisoriamente, conforme figuras 9 e 10.

Figura 9: Detalhe projeto trifilar AT-2



230/138kV

Figura 10: Detalhe projeto trifilar LT Gravataí 2 C4

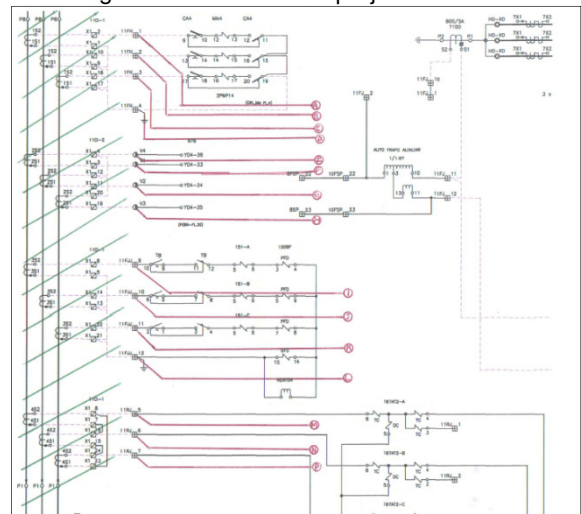




Figura 11: Pannel proteção e controle AT-2



Figura 12: Alterações circuitos de proteção e controle

Após a conclusão das atividades previstas no módulo da FT AT-2 230/138kV 3x50MVA, as adequações nos circuitos de controle, medição e proteção de ambos os módulos envolvidos foram desfeitas, retornando às suas condições originais. O barramento temporário 3 foi desativado e desmontado, e o módulo da LT Gravataí 2 C4 retornou à operar através do disjuntor 52-31.

A **Função Transmissão TR-1 230/23kV 50MVA** e a **FT TR-2 230/23kV 50 MVA** são responsáveis pelo atendimento das cargas em 23kV da distribuidora local. Através dos disjuntores interligadores das barras de 23kV, seria possível o atendimento de todos os 10 alimentadores através de um único TR de 50MVA, porém, durante dias úteis, o mesmo poderia assumir valores de carregamento que ultrapassariam os limites estabelecidos de sobrecarga em regime permanente. Diante desta situação, a solução adotada para não afetar o atendimento das cargas de 23kV foi manter os Transformadores 1 e 2 energizados durante os períodos que envolveram a substituição e reforma dos equipamentos de 230kV de seus respectivos módulos de conexão.

Através do barramento temporário 4 (figuras 13 e 14), construído próximo aos terminais de 230kV dos Transformadores 1 e 2, foi utilizado um módulo de conexão 230kV para alimentar ambos os transformadores. Ora o módulo do TR-1 de 230kV alimentou tanto o TR-1 quanto o TR-2, e ora o módulo do TR-2 alimentou tanto o TR-2 como o TR-1. Nesta condição, apenas um disjuntor de 230kV fez a proteção dos Transformadores 1 e 2.

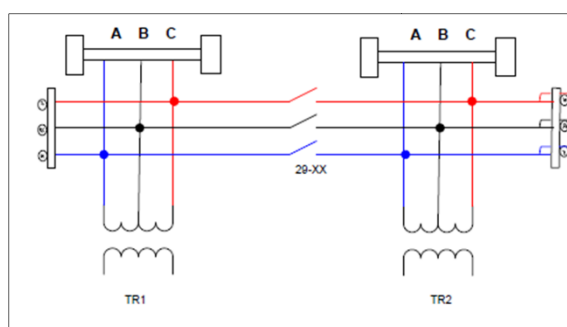


Figura 13: Barramento Temporário 4



Figura 14: Barramento Temporário 4

As conexões do barramento temporário 4 aos barramentos existentes dos módulos de conexão em 230kV existentes dos transformadores 1 e 2 foram realizadas utilizando técnica de linha viva ao potencial, para minimizar a quantidade de desligamentos.

Circuitos de proteção dos transformadores envolvidos foram adaptados temporariamente para atender esta condição.

Foi instalada uma chave de 230kV, 29-XX, após determinada como 29-400, entre a interligação temporária dos dois transformadores. O objetivo desta ação foi diminuir o tempo de desligamento dos barramentos e interrupção da carga de 23kV da subestação Cidade Industrial, pois o fechamento ou abertura da chave 29-400 exigiu o desligamento de ambos os transformadores, por um período máximo de 5 minutos. A possibilidade de fechamento desta interligação sem o uso da chave 29-400, com técnica de linha viva ao potencial foi descartada, dada a corrente de magnetização dos transformadores a serem energizados.



Figura 15: Serviço de linha viva ao potencial – barramento temporário 4

O projeto e a construção dos barramentos temporários foram executados pela CEEE-GT, com a participação das equipes de manutenção de linhas de transmissão e de engenharia de manutenção. A instalação da chave 29-400 foi realizada pela equipe de manutenção de subestações local da CEEE-GT.

b) Utilização da parte ativa de chaves seccionadoras reformadas

Uma das atividades previstas no empreendimento que apresentava maior risco com relação ao prazo de execução era a reforma da parte ativa das seccionadoras de 230kV, pois somente após a liberação do módulo de conexão a ser modernizado, era possível retirar a seccionadora em operação, desmontá-la, reformá-la e reinstalá-la para ajuste e comissionamento. Todos os módulos de linhas de transmissão e de transformação possuem 5 chaves (arranjo BD 5 chaves). Os módulos de seccionamento de barramento e interligação de barramentos possuem duas chaves seccionadoras.

Para atingir a data de conclusão da obra, determinada pelo Ministério de Minas e Energia (Obras do Setor Elétrico para atendimento à Cidade Sede Porto Alegre -GTCOPA 2014), foi determinado que os últimos módulos de conexão a serem modernizados teriam que diminuir o tempo de execução, de 20 dias médios para 15 dias, conforme cronograma (figura 16).

Diante desta situação, outra ação tomada foi a de utilização da parte ativa de chaves já recuperadas e instaladas em alguns dos módulos de conexão das funções de transmissão classificadas como GRUPO 1 e o módulo do TR-2 230/23kV 50MVA. Foram selecionados os modelos de chave já recuperados que poderiam ser instalados nos próximos módulos, diminuindo assim o tempo total para a modernização de cada módulo.

Esta alternativa, em decisão conjunta entre CEEE-GT e ONS, diminuiu, por um período preestabelecido, a capacidade de manobra de alguns módulos de conexão, que passaram a operar com uma quantidade menor de chaves seccionadoras. A figura 14 representa esta condição no módulo de conexão em 230kV do TR-2 230/23kV 50MVA.

2.2 Atividades com linha viva ao potencial

Ao longo da execução do empreendimento, foram executadas 84 atividades utilizando a técnica linha viva ao potencial, a maioria sendo realizada para desconexão e reconexão das chaves seccionadoras conectadas aos barramentos de 230kV da subestação Cidade Industrial. A utilização desta técnica garantiu um incremento na agilidade e otimização de desligamentos, exercendo papel fundamental para a realização das etapas previstas dentro dos prazos estabelecidos no cronograma de execução. As atividades de linha viva ao potencial foram realizadas por equipes próprias CEEE-GT.

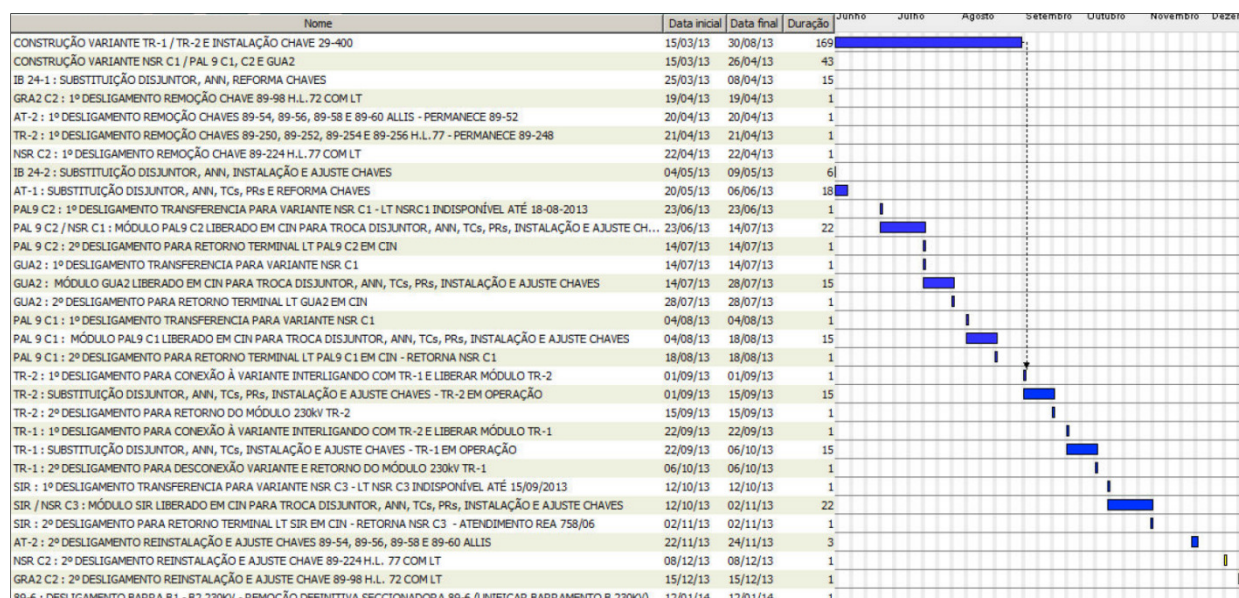


Figura 16: Cronograma das etapas finais do empreendimento

3.0 - CONCLUSÃO

Através desta abordagem inovadora, cuja eficácia foi atestada com a conclusão do empreendimento em um tempo menor que o inicialmente previsto e sem escorregamento do seu cronograma de execução, contemplando todas as atividades exigidas, constatamos que o conjunto de soluções apresentadas, estudadas e executadas atenderá novas demandas desta natureza, que envolvem substituição e reforma de equipamentos em instalações críticas, respeitando as características de cada instalação e sistemas envolvidos. O planejamento detalhado, a correta especificação dos serviços, realizada pela área de expansão da CEEE-GT, com a contribuição da engenharia de manutenção e equipes de manutenção, o acompanhamento permanente do cronograma, o trabalho e o comprometimento de equipes de várias especialidades da própria CEEE-GT e a conduta profissional exemplar dos parceiros contratados envolvidos foram fatores determinantes para atingir os objetivos propostos em termos de execução e prazos. A apresentação e discussão prévia com as equipes de Operação da CEEE-GT e após, com o ONS, das programações dos desligamentos e alterações provisórias de circuitos de proteção e controle, também estabeleceu a celeridade necessária para a execução das etapas previstas.

Os ganhos na aplicação desta metodologia poderão ser empregados principalmente nas transmissoras que possuem parques com elevado número de ativos já depreciados, em final de vida útil técnica e superados ou prestes à superar, pois flexibiliza e permite a liberação de equipamentos ou módulos completos de transmissão ou sub transmissão sem comprometer de forma crítica o abastecimento e confiabilidade dos sistemas de transmissão envolvidos.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) SIEMENS, Manual de Instalação disjuntor 3AP1-FI, 2007.
- (2) CROMPTON GREAVES, Manual de Instruções. Montagem e Manutenção disjuntor tipo 200-SFM-40s, 2012.
- (3) CEEE-GT, Orientação de Rotina – OR-COM.01. Comissionamento de Obras no âmbito da DMT. Rev. 01, 2011.
- (4) ALLIS CHALMERS, Manual de montagem e Manutenção AVB, 1973.
- (5) HITACHI LINE, Manual Seccionadora modelo AV, 1972.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Manoel Gomes Filho, nascido em Esteio/RS, em 1981; Técnico em Eletrotécnica pela Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, em 2000, bacharel em Administração com especialização em Gestão Pública pela UNISUL. Atua na manutenção de subestações desde 2001 na Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – CEEE-GT.