



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GMI 05
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XII

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

MANUTENÇÃO EM SUBESTAÇÃO ENERGIZADA

Clayton Duarte Pessoa*

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

RESUMO

Técnicas de trabalhos em linha energizada, utilizadas com grande êxito há muitos anos em manutenção de linhas de transmissão, vêm cada vez mais sendo utilizadas em subestações, possibilitando realizar trabalhos antes inimagináveis com a subestação energizada.

Um seccionador de 500 kV necessitava ser aberto para limpeza de contatos e verificação do sistema de monitoramento, que indica o correto posicionamento dos contatos das lâminas e as correntes dos motores de acionamento.

Trabalhando com essas técnicas em uma subestação energizada, foi realizada a instalação de um jampe tubular, em paralelo com o seccionador, permitindo sua abertura e fechamento sem interrupção de corrente.

PALAVRAS-CHAVE

Linha Viva, Linha Energizada, Manutenção, Subestação, Secionador.

1.0 - INTRODUÇÃO

FURNAS opera um parque gerador com 13 usinas, disponibilizando mais de 10.000 MW para o Sistema Elétrico Brasileiro. Para isso, possui uma rede de transmissão de energia com 46 subestações, interligadas através de quase 20.000 km de linhas de transmissão, nas tensões de 138 a 750 kV.

Manter a confiabilidade deste sistema, exige de sua equipe, treinamento nas mais avançadas técnicas de manutenção, buscando disponibilidade máxima e acidente zero.

Desta forma, técnicas de manutenção em linhas e subestações energizadas vem sendo amplamente utilizadas por FURNAS, evitando multas e perdas na receita de transmissão de energia.

Um trabalho pioneiro em subestação energizada foi realizado em Maio de 2006, na SE Batéias, no estado do Paraná, onde chega a LI Ibiúna - Batéias, em 500 kV, que é considerada a segunda mais importante conexão Sul/Sudeste do Sistema Interligado Brasileiro.

O objetivo dos trabalhos era permitir a execução de manutenção preventiva e corretiva com manobras de abertura e fechamento de um seccionador de eixo central de dupla abertura, em 500 kV, sem interrupção do circuito, utilizando técnicas de trabalho em linhas energizadas para instalação de um jampe tubular, em paralelo com o seccionador. Este trabalho deveria possibilitar a realização de operação de abertura e de fechamento, sem

(*) Rua Real Grandeza, 219 – sala 706 - Bloco A – CEP 22283-900 Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Tel: (+55 21) 2528-3053 – Fax: (+55 21) 2528-3111 – Email: cduarte@furnas.com.br

interrupção de corrente. O seccionador necessitava ser aberto para manutenção preventiva e verificação do sistema de monitoramento, que indica o posicionamento dos contatos do seccionador e as correntes dos motores de acionamento. O primeiro seccionador trabalhado foi o da chegada da LI (Linha de Interligação) Batéias - Ibiúna 500 kV.

1.1 Novo cenário do setor elétrico brasileiro

A LT Ibiúna - Bateias e seus equipamentos na SE Batéias, operam sob novo cenário do setor elétrico brasileiro, que prevê perda de receita e multas por indisponibilidade do sistema. Uma manutenção com desligamento programado num seccionador de linha, implica na retirada de operação da linha, provocando uma redução na receita para Furnas em torno de 25 mil dólares por hora, o que torna extremamente recomendável a utilização de técnicas de trabalhos em instalações energizadas.

1.2 Características de um dos seccionadores de linha trabalhados:

Fabricação: VATECH
 Tipo: SRT-550 kV C/LT
 Tensão Nominal = 550 kV
 Frequência = 60 Hz
 Corrente Nominal = 3150 A

2.0 - PLANEJAMENTO

Para garantir disponibilidade máxima com segurança total, os serviços foram cuidadosamente planejados pela equipe de engenharia e de manutenção de FURNAS. Seriam necessárias intervenções em dois seccionadores tripolares de chegada de linha, quatorze seccionadores monopolares dos reatores e mais oito seccionadores tripolares de barra, totalizando quarenta e quatro lâminas.

Foram realizadas reuniões para discussão dos métodos e levantamento dos recursos a serem utilizados, com previsão de manutenção em uma lâmina por dia.

Inicialmente foi proposta a utilização de um conjunto de dois andaimes isolantes com oito metros de altura e mais uma extensão isolante de grua para 500 kV.

Para instalar o jampe no seccionador, seria necessário o acesso simultâneo de dois técnicos nas extremidades do equipamento.

O jampe foi desenvolvido pela equipe de manutenção eletromecânica de São Roque, e consiste em um tubo de 03 polegadas de diâmetro e 06 metros de comprimento, em alumínio, e mais dois conectores especialmente desenvolvidos para esta finalidade, com capacidade para 1777 A.

2.1 Distâncias de segurança

Para realização dos trabalhos de linha viva, devem ser observadas as devidas distâncias de segurança.

O cálculo da distância de segurança (1, 2) é importante para a definição dos métodos, materiais, ferramentas e condições de trabalho, e geralmente é padronizado por nível de tensão.

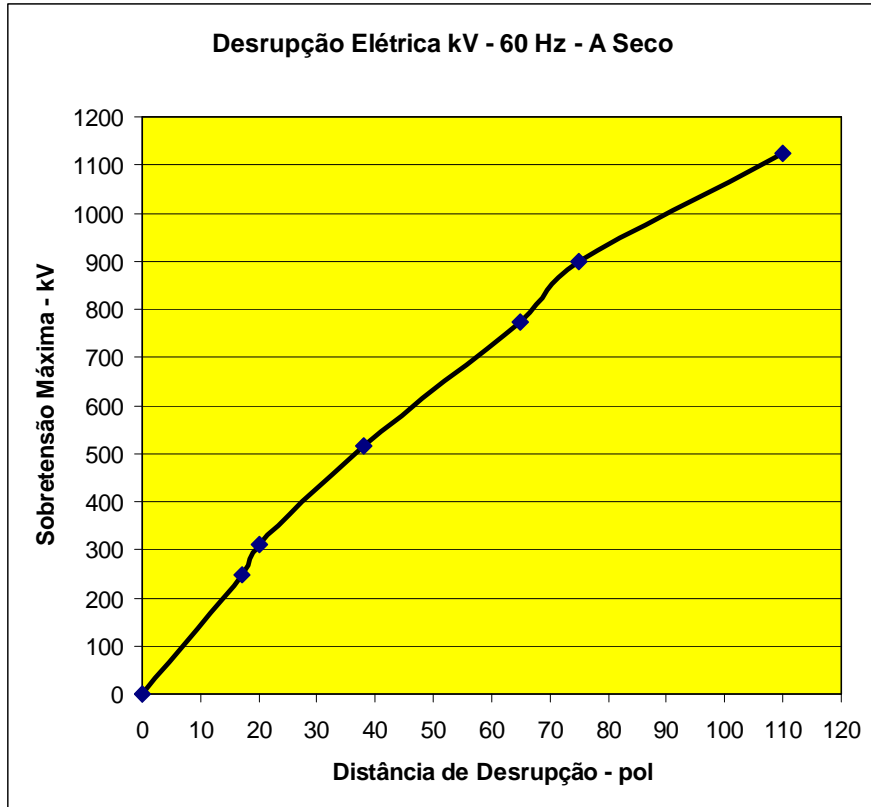
A distância de segurança (D) é composta de 03 (três) componentes principais, que são:

$D = A + (b \times F)$, onde:

D = é o limite de aproximação, definido como a menor distância permitida, de qualquer parte do corpo do técnico ao potencial, ou qualquer objeto condutor que ele possa estar carregando, para qualquer parte aterrada, ou também, de qualquer parte do corpo de um técnico, ou ferramenta não isolante em potencial de terra, para um circuito energizado.

A = É um fator de segurança que prevê a redução momentânea de afastamento, causada por um técnico, que, inadvertidamente venha a atingir a área proibida. Esta medida pode estar compreendida numa faixa de 20" a 36". Para tensões menores, de 34,5 a 138 kV, o valor de A deve ser 36", para valores de tensão de 500 kV e acima, podemos utilizar 20", no mínimo.

F = distância de disrupção elétrica, na frequência industrial de 60 hz a seco, da fase para a torre, obtida através de experimentos laboratoriais e representada no gráfico a seguir:



Como exemplo, a equação com o cálculo da sobretensão máxima em 500 kV:

$$F(500kV) = 500 \frac{1}{\sqrt{3}} \times \sqrt{2} \times 2,75 = 1124kV = 110''$$

Nesta equação, adotamos o valor da tensão de pico, fase-terra, multiplicado pela sobretensão máxima de projeto da instalação, que neste caso é de 2,75 pu. Então, para 500 kV, temos uma sobretensão de 1124 kV com limite de desrupção de 110" em 60 hz a seco.

b = é um fator de segurança que garante que os surtos não causem descarga, independentemente da configuração eletródica da forma de onda, ou das condições atmosféricas. O valor de b adotado é 1,25.

Desta forma, podemos calcular a distancia de segurança para trabalhos em linha energizada para diversos níveis de tensão, ver TABELA a seguir:

Tabela de distâncias de segurança para trabalhos em instalações energizadas adotadas por FURNAS.

Distâncias de Segurança (m) Furnas	
69 kV	0,80
138 kV	1,50
230 kV	2,50
345 kV	3,00
500 kV	4,00
600 kV - DC	5,00
750 kV	5,00

2.2 Condições Metereológicas

Os trabalhos em linha energizada devem ser precedidos de uma consulta da previsão metereológica, uma vez que só devem ser executados com tempo firme e a umidade relativa do ar sempre abaixo de 70% para trabalhos em subestações energizadas e 80% em linha energizadas.

2.3 Segurança do trabalho

De acordo com a legislação brasileira, todo trabalho em instalação energizada deve ser precedido de uma análise de riscos, que deve ser desenvolvida na etapa do planejamento, e discutida todos os dias, antes do início das atividades. Nesta etapa diária, denominada Diálogo Diário de Segurança (DDS) os técnicos discutem todas os detalhes do trabalho, todos os riscos e controles envolvidos. Desta forma, os trabalhos transcorrem de forma eficiente e segura.

3.0 - DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

3.1 Instalação do jampe tubular

Para desenvolvimento das atividades, são necessários no mínimo 08 técnicos qualificados e treinados para trabalhos em subestações energizadas. Inicialmente, os trabalhos foram realizados em uma fase por dia, e duraram cerca de quatro horas.

Visando permitir manobras de abertura e fechamento dos seccionadores sem ocorrência de desligamentos indevidos, a equipe de eletroeletrônica, antecipadamente, efetuou um levantamento dos contatos auxiliares que interferem no sistema de proteção, controle e sinalização da linha e equipamentos. O status de seccionador fechado é feito através da simulação por jampe nas réguas terminais, desta forma durante as manobras o status é mantido para os circuitos de proteção controle e sinalização.

O tubo e os conectores foram instalados com auxílio de dois andaimes e isolantes, com uma altura de 8 metros cada, sendo um em cada extremidade do seccionador, por onde os técnicos tiveram acesso ao circuito energizado, ver Figura 1.



FIGURA 1 – Instalação do jampe tubular no seccionador.

Para conduzir o jampe até o local da instalação, foi utilizada uma extensão isolante de grua com um suporte, onde foi acomodado o jampe.

Após estudo das distâncias de segurança envolvidas, foi verificada a possibilidade do técnico acessar o potencial escalando o andaime, já posicionado no local de trabalho. Desta forma, foi eliminado o risco de queda do técnico, sem necessidade de sua locomoção em conjunto com a plataforma.

As condições de isolamento da grua e do andaime foram monitoradas constantemente através da medição de correntes de fuga, de acordo com limites pré-estabelecidos pelo fabricante.

Todo o trabalho foi monitorado com detector de corona DAYCOR II, para verificação e controle dos pontos com efeito corona. Foi verificado que algumas posições de trabalho do técnico deveriam ser corrigidas em função da observação do efeito corona em alguns pontos do seu corpo, conforme pode ser observado na Figura 2. Alguns ajustes nas ferragens dos bastões isolantes se fizeram necessários.



FIGURA 2 –Efeito corona no técnico durante os trabalhos.

Com o tubo instalado, foi possível realizar a abertura e o fechamento do seccionador por varias vezes, permitindo as manutenções preventivas necessárias sem interrupção no fornecimento de energia. No momento dos trabalhos, circulavam cerca de 850 MW no seccionador.

Em alguns seccionadores, a extensão isolante para grua, além de posicionar o jampe em paralelo com a lâmina, também foi utilizada para conduzir o técnico ao potencial, para instalação dos conectores do jampe, ver Figura 3.

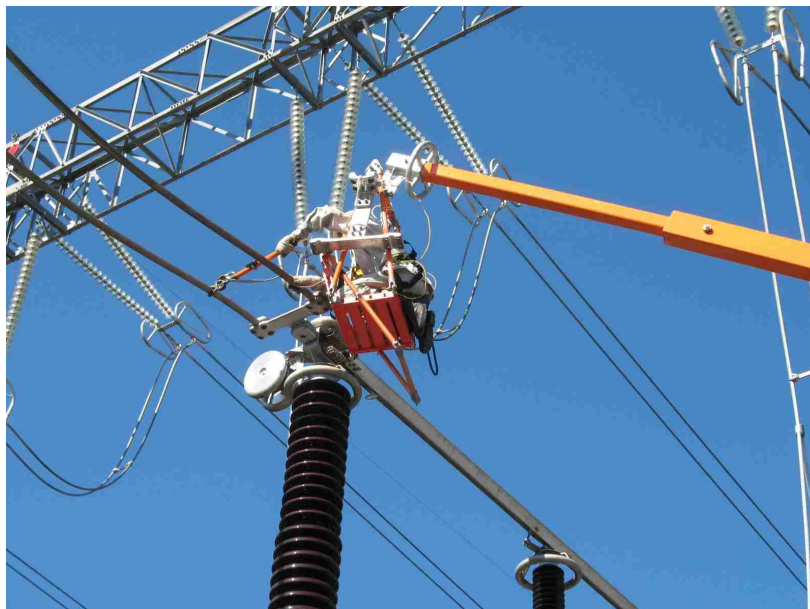


FIGURA 3 – Acesso do técnico ao potencial com Grua Isolante.

Desta forma, foi evitada a montagem do andaime, otimizando os trabalhos. Neste caso, primeiro foram instalados os conectores nas extremidades do seccionador para receber o tubo do jampe, e posteriormente, a grua posiciona o tubo do jampe sobre os conectores. Neste momento, o tubo do jampe fica apoiado sobre os conectores e preso através de duas garras em dois bastões isolantes por dois técnicos no solo.

Nos seccionadores onde não foi possível o posicionamento do caminhão com a grua isolante, foi desenvolvida uma maneira do jampe seguir para o potencial juntamente com os andaimes, ver Figura 4.



FIGURA 4 – Instalação do jampe com andaimes isolantes.

Neste caso, o jampe foi posicionado na parte frontal da plataforma do andaime, e colocado em contato com o potencial, no momento do posicionamento dos andaimes junto à lâmina do seccionador.

Após o contato do jampe e andaime com o potencial, foi realizado o estaiamento do andaime para subida do técnico. Desta forma, foi possível a instalação do jampe sem a utilização da extensão de grua isolante.

Com a otimização dos procedimentos no decorrer dos trabalhos e a agilidade desenvolvida pela equipe, conseguiu-se realizar a manutenção nos três pólos do seccionador em um dia, sem prejuízo a segurança.

4.0 - CONCLUSÃO

O emprego de técnicas de trabalho em instalações energizadas, aliadas a um planejamento eficiente e treinamento apropriado, garante a maximização de disponibilidade da linha de transmissão e dos equipamentos associados com qualidade e, principalmente, segurança.

Tendo em vista a aplicação de perdas da receita por indisponibilidade das funções principais do sistema elétrico, os desligamentos para execução de manutenção devem ser minimizados ao máximo, e sempre que tecnicamente viável, realizadas com instalações energizadas. Desta forma sempre estaremos estimulados a aprimorar cada vez mais as técnicas de manutenção.

Todo trabalho em instalações energizadas, requer treinamento técnico específico, adoção de regras criteriosas de segurança e planejamento antecipado, tendo em vista as particularidades de cada equipamento, distâncias de segurança envolvidas e arranjos a serem trabalhados.

Com relação à segurança, a Análise Preliminar de Riscos (APR) e o Diálogo Diário de Segurança (DDS) mostraram ser excelentes formas de evitar acidente além de contribuírem para um melhor desempenho do trabalho.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) IEC Document 78/204/CDV, *Live Working: Minimum approach distances – Method of calculation*, August 1996.
IEC Document 78/252/FDIS
- (2) IEEE Std 516-1995, "IEEE Guide for Maintenance Methods on Energized Power Lines".

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Clayton Duarte Pessoa

Nascido em Nova Lima, MG em 23 de março de 1978.

Graduação (2002) em Engenharia Elétrica: PUC-Minas

Empresas: CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais 1995 a 2004; FURNAS Centrais Elétricas, desde 2004.

Engenheiro da Divisão de Linhas de Transmissão – DLTR.O