



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

APRESENTAÇÃO DA TÉCNICA - TÚNEL LC - PARA DUPLICAÇÃO DE BARRAMENTO AÉREO DE 230KV COM INSTALAÇÃO ENERGIZADA - ESTUDO DE CASO SE CTG

**EDUARDO DE BRITO SILVA (1); LUIZ CARLOS ALVES COSTA (2)
COMPANHIA HIDRO ELETRICA DO SAO FRANCISCO**

RESUMO

O presente trabalho apresenta a técnica Túnel LC, que tornou possível a duplicação de 02 (dois) barramentos aéreos por sobre o barramento energizado (04BP) da SE CTG (Subestação de Cotegipe, que atende a Salvador e região metropolitana). O Túnel LC, quando comparado a outras opções conhecidas e tradicionais, apresenta muitos benefícios: custo inferior, menor dependência de condições climáticas, flexibilidade de arranjos e segurança elevada para os profissionais durante a execução dos trabalhos e também para o próprio sistema elétrico de potência (SEP), associando-se ainda a um baixo tempo para execução dos trabalhos, vantagens estas que serão descritas na trajetória deste documento.

PALAVRAS-CHAVE: Túnel LC. Duplicação de Barramento. Subestação energizada. Redução de Custos.

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização Cenário Setor Elétrico

A abertura do setor elétrico nacional desde o final do último século trouxe uma nova realidade às empresas concessionárias de energia, especialmente às transmissoras. A receita deixou de ter origem exclusiva na tarifa e passou a ter remuneração vinculada à disponibilidade de seus ativos ou funções de Transmissão (FT). Assim, as empresas passaram a ser multadas por falhas destes ativos, quer implicando, quer não implicando queda no fornecimento de energia. Os descontos são analisados numa regra própria normatizada pela reguladora Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que gradua o tempo de indisponibilidade e a repercussão para a sociedade, denominando o resultado de tal análise como Parcela Variável (PV).

A Receita Anual Permitida (RAP) é o valor de remuneração a que as empresas transmissoras fazem jus como permissionários da concessão de transmissão e, como mencionado, é uma base de cálculo que leva em consideração a disponibilidade dos ativos, cuja maximização é o objetivo das empresas, pois representa maior entrada de recursos e a própria sobrevivência dos agentes.

Nesse cenário, as manutenções preditiva e preventiva tornaram-se ainda mais fundamentais e estratégicas para as empresas do setor elétrico, pois manter a eficácia plena dos ativos significa aumento de receita (RAP), redução de descontos por Parcela Variável (PV) e a confiabilidade contínua de fornecimento energético.

A mesma lógica aplica-se ao esforço de recapacitação de trechos de barramento e linhas de transmissão nas subestações, onde se faz necessário e, mesmo um diferencial competitivo, que as ampliações das instalações afetem minimamente a sua configuração natural, evitando, com isso, descontos por Parcela Variável, inclusive por atraso na energização de nova Função de transmissão, empreendimento etc.

A partir dessa premissa, de maximizar a RAP através da ausência de perda de receita por PV, foi desenvolvida a técnica denominada Túnel LC, para viabilizar a duplicação de 02 (dois) barramentos aéreos da subestação Cotegipe (CTG), considerando a impossibilidade de desligamento da barra principal (04BP) e a expectativa de chuvas no período dos trabalhos e, também ao longo do mês previsto para esta etapa do empreendimento. A subestação de Cotegipe (CTG), é uma das 03 (três) principais instalações de transmissão que atendem à cidade e à região metropolitana de Salvador, ao lado das subestações de Matatu (MTT) e Pituaçu (PTU). Importante considerar que a região metropolitana de Salvador abriga quase 4 milhões de habitantes (IBGE, 2019).

1.2 O DESAFIO

O empreendimento ou Ato Autorizativo da ANEEL para a recapacitação da SE CTG contemplava a entrada em operação de novo transformador de potência, bem como a troca de diversas chaves e disjuntores. Ademais, dentro do escopo autorizado havia a recapacitação de trechos de barramento aéreo da LT 04M5 dentro da subestação, da forma descrita abaixo.

- Trecho 1 - Serviços de recapacitação do barramento auxiliar, transversal 04M5 – 04T2 (34M5-6 e 34T2-6), – 01 X 636 MCM Grosbeak por 02 X 636 MCM Grosbeak, bem como ferragens e conexões associadas (pulos e conexões para os eventos conectados ao trecho da barra e cadeia de isoladores - Substituição do trecho de linha da 04M5 acima da Barra 04BP à altura de 22,10 metros do solo (eixo T até eixo Q).
- Trecho 2 - Serviços de recapacitação do barramento aéreo da linha 04M5 (acima da barra 04BP - eixo T até eixo Q) - 01 X 636 MCM Grosbeak por 02 X 636 MCM Grosbeak, bem como ferragens e conexões associadas (pulos e conexões para os eventos conectados ao trecho da barra e cadeia de isoladores - Substituição do Barramento aéreo acima da Barra 04BP entre pórticos das chaves 34M5-6 e 34T2-6 à altura de 13,57 metros do solo (eixo S até eixo Q).

A Figura 1 representa as posições ilustradas para se efetuar a recapacitação do trecho sobre barramento energizado.

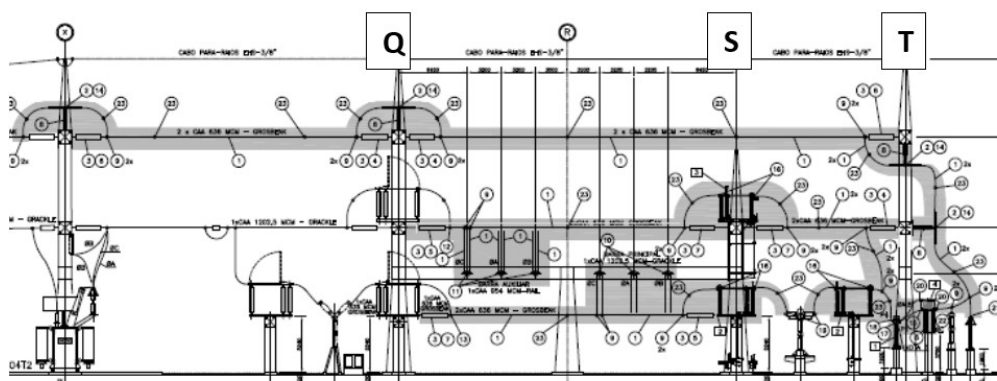


Figura 1 - Visão Frontal do Vão a ser recapitado da 04M5 (Representação trechos S a Q & T a Q).

A Figura 2 ilustra o croqui de forma simplificada das alturas envolvidas, as distâncias e os trechos a serem recapitados, sendo eles: Trecho 1 (T a Q) e Trecho 2 (S a Q). O planejamento deveria, desta forma, ser realizado considerando 04BP energizado, pela total impossibilidade de sua desenergização. Deste modo, o usual seria a adoção de trabalhos com previsão do uso de TEE (Trabalho Equipamento Energizado).

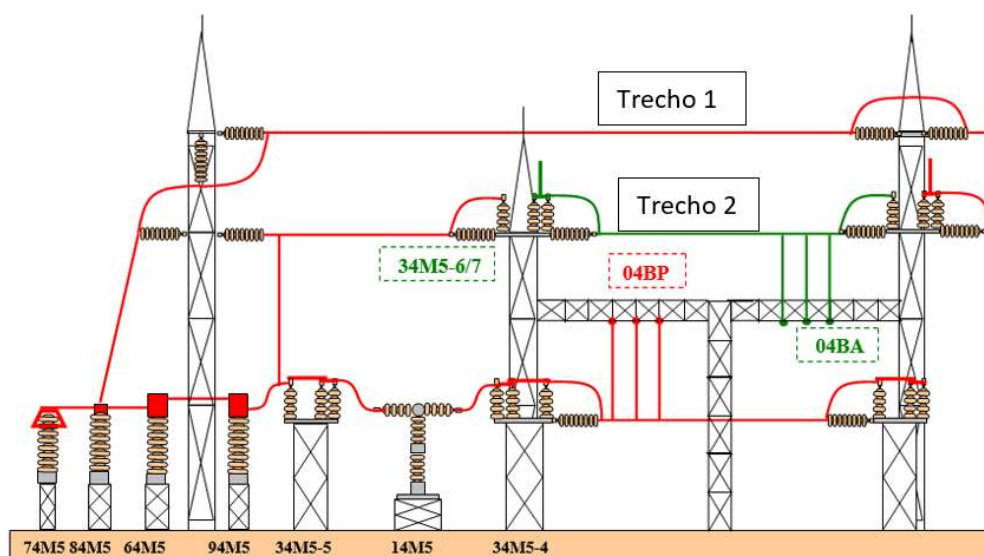


Figura 2 - Croqui ilustrativo do bay 04M5 destacando em vermelho as partes energizadas em configuração normal.

A alternativa tradicional para retirar 01 cabo e lançar 02 por sobre barramento energizado implica colocar anteparos isolantes como se fosse uma grande rede de proteção, ou “colchão” para evitar uma possível aproximação dos cabos à parte energizada, uma vez que sua aproximação traria consequências imprevisíveis à instalação e também aos executores.

A Figura 3, a seguir, ilustra o uso inicialmente imaginado para sequenciar os trabalhos de recapitação, que seria a montagem de diversas “torres” de andaimes isolantes para servir de anteparo e proteção, evitando contato indesejável entre os cabos em movimento por sobre a área energizada. Esta imagem foi obtida numa outra instalação em situação similar à exposta para duplicação da barra.

Outra alternativa seria a utilização de cabo guia (usualmente utiliza-se aramida) que possa puxar o cabo velho e posteriormente este último ser utilizado para levar o cabo novo. Contudo, o risco de aproximação de partes energizadas era extremamente elevado, o que foi também descartado.



Figura 3 - Imagem ilustrativa dos andaimes montados em outra Subestação em atividade similar.

A montagem de diversas “torres” de andaimes isolantes por todo espaço a ser protegido entre o barramento energizado e os cabos em movimento, ou seja, a retirada do cabo antigo e instalação dos novos é um trabalho altamente complexo e perigoso, pois os andaimes deveriam ser montados a alturas superiores a 20 metros para o trecho 1, e acima de 10 metros quando da execução do trecho 2.

Além da complexidade associada à altura das “torres” existe ainda a dificuldade do estaiamento de toda essa malha de proteção, e um fator que se tornou impeditivo era a sempre possível e provável ocorrência de chuvas, o que eliminaria o isolamento dos andaimes, tornando a condição de ocorrência de curto fase-fase e curto fase-terra uma probabilidade inadmissível.

Desse modo, a partir das condições estabelecidas de dificuldade para a conclusão dos trabalhos com a incontornável impossibilidade de desligamento da barra 04BP e o indesejável uso de andaimes isolantes a alturas de dezenas de metros, foi proposta a solução Túnel LC que abordaremos deste momento em diante

2.0 O TÚNEL LC

Considerando descartada a possibilidade de montagem de andaimes e o desligamento da barra principal 04BP, foi desenvolvido pelo profissional Luiz Carlos um “Túnel” que viabilizaria a duplicação segura do barramento. A técnica Túnel LC, assim denominada pelos autores, inicialmente foi desenvolvida para os trabalhos na SE CTG (barramento 230 kV) e posteriormente foi replicada com o mesmo sucesso em outras subestações. Primeiramente na Subestação de Jardim (JDM), também na duplicação de barramento de 230kV, subestação esta que é responsável pelo

abastecimento da cidade de Aracaju e região metropolitana, atendendo uma população de aproximadamente um milhão de habitantes (IBGE 2019) e, posteriormente, na Subestação de Jacaracanga (JCR) na região metropolitana de Salvador, além de outros trechos da própria subestação de Cotegipe ao longo do ano de 2021.

A figura 4 ilustra a ideia central do Túnel LC, que é representada por encapsular o cabo a ser removido e os cabos a serem instalados, num túnel do qual o(s) cabo(s) não tenha como “escapar” e, deste modo, evitando romper distância de segurança e consequentemente sinistros, acidentes e desligamentos intempestivos da subestação e/ou linha de transmissão. E, deste modo, mantendo a disponibilidade de todos os ativos envolvidos, sem a perda de receita por PV, que é também um objetivo quando se atua no SEP. Nesta imagem, em destaque, observamos o Túnel LC já montado por sobre o barramento e os eletricitistas posicionados para execução dos trabalhos. Observa-se que não há montagem de andaime isolante para proteger na condução dos trabalhos.



Figura 4 – Imagem do túnel montado e trabalhos em andamento na subestação de Cotegipe.

A figura 5 continua a representação da configuração planejada do Túnel LC. No alto superior esquerdo vê-se um zoom no cabo sendo “conduzido por dentro do túnel”, e, ao centro da imagem, o esboço do lançamento do túnel que recobre o cabo a ser substituído, apresentando o momento inicial da condução do túnel na posição de trabalho.

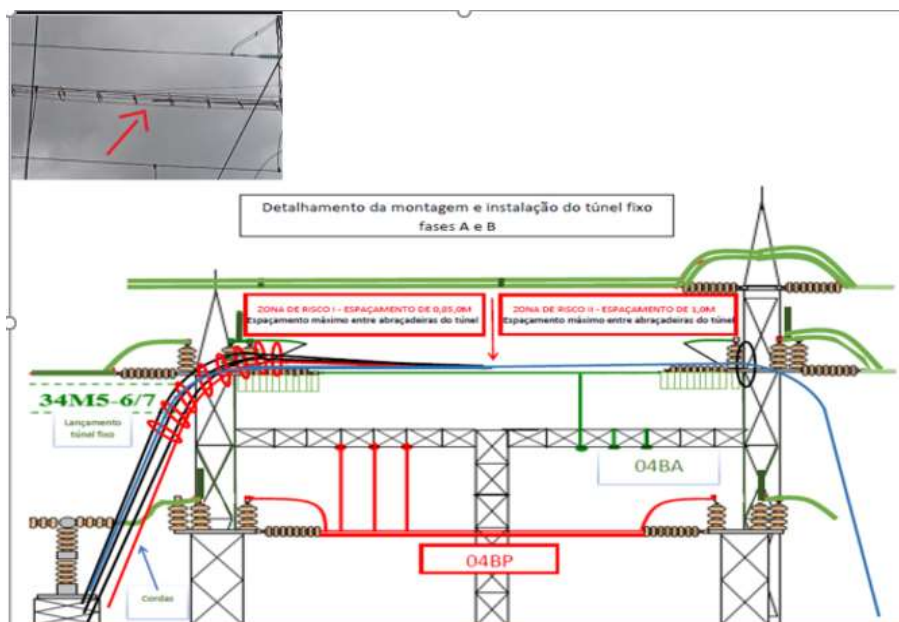


Figura 5- Ilustração parte do Planejamento Executivo para intervenção duplicação 04M5 SE CTG, representando etapa de lançamento do Túnel LC.

A Figura 6 apresenta imagens da intervenção em Cotegipe (as duas superiores) e na subestação de Jardim (as duas inferiores), de sorte que fica representada a aplicabilidade da técnica para diferentes instalações ainda que com configurações distintas. Observar o Túnel LC também disposto no solo, momentos antes de seu lançamento.



Figura 6- Fotografias ilustrando o Túnel LC ainda no chão e, na sequência instalado e sendo utilizado pelas equipes.

Os materiais utilizados para condução dos trabalhos são de grande diversidade, porém de baixo custo e, em sua totalidade, já usados por equipes de linhas de transmissão. Sabendo-se que não há para trabalhos de natureza complexa um “pacote de material” que seja utilizado em todas as situações alguns dos materiais podem ser substituídos, inseridos ou retirados na medida, o Túnel LC está em evolução e, parte desta melhoria ocorrerá com a introdução de material isolante para uso, como a própria corda, que está em fase de implantação.

Exemplos de material utilizado na versão 01 do Túnel LC: 01 moitão de corda; 05 roldanas para cabo grosbeak 636mcm; 600 m corda de poliamida 12mm, capacidade de ruptura 2.400kg; 04 glip para cabos 636 mcm; 05 catracas de 3,0 ton; 04 moitão patesca abertura lateral; estropos de aço; manilha de serviço; cavalote de serviço; escadas de

gancho para 500kv com extensão; 02 estropos 5/8"x 3,5m; 02 estropos 5/8"x3,0m; 04 estropos 5/8" 1,0m; 01 moitão de cordas reforçado; 02 Sacolas de lona para cordas 02 Túnel LC.

Importante estabelecer uma comparação entre a forma tradicional, com andaime isolante, para duplicação de trechos aéreos de subestações e a ferramenta construída denominada Túnel LC. A comparação é referendada pela experiência da Chesf na adoção de ambos os cenários. Diversos aspectos podem ser analisados, desde a necessidade de material, passando pelo tempo de intervenção, planejamento, execução até os custos envolvidos.

O custo da intervenção normalmente é observado a partir do tempo de indisponibilidade da função de transmissão, bem como a probabilidade de ocorrência de atrasos nos trabalhos e incidentes ou acidentes. Em todos os aspectos visualizados para trechos de barramento elevados observa-se ampla vantagem na adoção do Túnel LC.

Um benefício importante e, às vezes, não mensurado é a comparação entre o tempo dispendido nas fases preliminares à atividade em si. Ou seja, o momento anterior a intervenção, pois o desejável em situações de alta complexidade é que o tempo de planejamento elevado torne a execução mais simples e com menos tempo e riscos. E, no caso da montagem do andaime, pela própria natureza da tarefa, o tempo de execução é muito elevado.

A tabela 1 fornece uma visão comparativa observada nas intervenções conduzidas na Chesf através da aplicação do Túnel LC e o método tradicional de anteparo com a montagem de andaimes isolantes, com a análise de diversos aspectos.

Tabela 1 – Comparação: Duplicação Barramento energizado Túnel LC x Montagem Andaime Isolante

Comparação quanto a(o):	Túnel LC	Montagem de Andaime Isolante
Valor material utilizado	Materiais de baixo custo.	Material de elevado custo de aquisição.
Custo Armazenamento material	Não há necessidade de guarda especial do material utilizado, portanto baixo custo de armazenamento.	Necessidade de armazenamento especial do material (grande volume de material). Elevado custo de armazenamento e necessidade de local com espaço.
Necessidade Testagem periódica material	Não há necessidade de testagem periódica para verificação isolamento.	Há necessidade de avaliação e testagem periódica do material isolante.
Planejamento x Execução da intervenção	Planejamento Intenso – Alta necessidade de avaliação da configuração da instalação. Execução facilitada, uma vez que o planejamento foi absorvido pela equipe.	Planejamento de médio porte tendo em vista o andaime ser seguro como material isolante; maior dificuldade é a definição dos espaços de montagem. Execução muito complicada em função das alturas normalmente empregadas para barramentos aéreos.
Planejamento x Execução da intervenção (distribuição do tempo)	Maior tempo dedicado à fase de preparação da intervenção (atividade pré-intervenção), onde se "constrói" o túnel com as especificações de comprimento, o que depende da análise do local da intervenção.	Maior tempo dedicado à fase de execução, na montagem da estrutura, pois a montagem dos andaimes deve ocorrer praticamente no momento da intervenção em função da necessidade de se garantir a montagem com tempo firme.

Característica da equipe	Necessidade de equipe altamente disciplinada e envolvida na etapa de planejamento.	Necessidade de equipe com grande condição física para montagem e desmontagem dos andaimes.
Clima ou Interferência climática	Chuvas interrompem o trabalho sem a necessidade de ter de desfazer os trabalhos iniciados (considerando não ser chuva torrencial).	Chuvas bloqueiam o andamento dos trabalhos, sendo imperativa a desmontagem dos andaimes próximos à parte energizada.
Dependência altura do barramento	Tempo de intervenção por fase duplicada, independente da altura do barramento aéreo.	Tempo de intervenção por fase duplicada altamente dependente da altura do barramento.
Segurança da intervenção	Segurança dos trabalhos mais dependente da etapa de planejamento.	Segurança dos trabalhos mais dependente da etapa de execução.

3.0 CONCLUSÃO

Na atividade de duplicação de barramentos por sobre trechos energizados vem sendo adotado o uso do Túnel LC na Chesf, preferencialmente a outras opções tradicionais, tendo em vista o baixo custo com o material envolvido, o tempo de intervenção (execução) muito inferior, por exemplo a montagem de andaimes, o risco envolvido incomparavelmente menor em relação à mesma situação com andaimes, e, ainda, o fato de que a ocorrência de chuvas repentinas não implica a desmontagem da estrutura do túnel enquanto durar a queda d'água, tendo em vista que o Túnel LC é instalado com distância de segurança de pontos energizados.

A necessidade de encontrar alternativa técnica que tornasse viável transpor as condições de contorno apresentadas, que, neste caso, foram, por exemplo, a impossibilidade de desligamento, o risco de chuvas durante a execução dos trabalhos, as alturas envolvidas e as distâncias de segurança entre as partes energizadas, foram parte do desafio que incentivou e direcionou a elaboração de uma nova alternativa para execução de uma atividade não usual, pois a duplicação de barramento é, por si só, uma atividade de alta complexidade e não acontece a todo momento dentro de uma instalação ou conjunto de instalações. Deste modo, a implementação de uma forma diferenciada de atuação fez-se necessária.

Evidentemente, toda atividade dentro de uma subestação energizada requer uma análise profunda e nada pode ser minimizado ou subestimado; ademais, por mais que se deseje, não há um único planejamento para todo o problema que se apresente. Contudo, é possível a análise comparativa entre as opções de execução para duplicação de um trecho aéreo de subestação e, com isso, a adoção por uma ou outra forma.

O objetivo deste trabalho é a contribuição para o fortalecimento do setor elétrico nacional, com a introdução ou aprimoramento de ferramentas que auxiliem no processo de tomada de decisão para ampliação de trechos de barramentos e linhas dentro das instalações - subestações – energizadas, seja de 69, de 138 ou de 230kV, sendo para tanto apresentada aqui a ferramenta “Túnel LC”.

4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BARROS, B. FERREIRA; BORELLI, R; GEDRA, R. LUIS; NR-10 Norma regulamentadora de segurança em instalações e serviços em eletricidade. Guia prático de análise e aplicação. Editora Érica, 2ª Edição.
- (2) BARROS, B. FERREIRA; BROCHINI, M; BORELLI, R; GEDRA, R; Sistema Elétrico de Potência – SEP – Guia prático. Conceitos Análises e Aplicações de segurança da NR-10.
- (3) MAMEDE, J. FILHO; MANUAL DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS. LTC 3ª Edição.
- (4) FUCHS, R. DARIO; LABEGALINI, P. ROBERTO; Projetos mecânicos das linhas aéreas de transmissão, 2ª Edição.
- (5) NR-10, Norma regulamentadora segurança em instalações e serviços em eletricidade.
- (6) NR-35, Norma regulamentadora para trabalho em altura.
- (7) CHESF, Norma de Manutenção NM-MN-LT-L.002, Manutenção em Linhas de transmissão e barramentos energizados, vigência 06/07/2020.

- (8) CHESF, Norma de Manutenção NM-MN-SE-S.002, Planejamento e execução da Manutenção em equipamentos de subestação. vigência 11/02/2019.
- (9) CHESF, Instrução de Manutenção IM-MN-LT-L.080, Técnicas de trabalho em altura. vigência 01/06/2013.
- (10) CHESF, Instrução Normativa IN-OP-01.002, Intervenções em equipamentos e linhas de transmissão. Vigência 25/03/2020.
- (11) ANEEL, RN ANEEL N° 906/08/2020, Isenções na aplicação de Parcela Variável.

DADOS BIOGRÁFICOS



(1) Eduardo de Brito Silva. Engenheiro Eletricista – UFBA 2002. Mestre – UNIVASF 2014. Doutorando – SENAI 2022. Atua há 18 anos no SEP (Sistema Elétrico de Potência) no segmento de manutenção de subestações e Linhas de Transmissão da Chesf. Coordenador Adjunto da câmara de Engenharia Elétrica do CREA-BA.



(2) Luiz Carlos Alves da Costa. Profissional Técnico com 41 anos de serviços prestados à CHESF no segmento de manutenção de Linhas de Transmissão e Subestação de Energia. Atualmente é sócio Gestor Técnico da CSM ENERGIA, Manutenção de Linhas de Transmissão e Subestações de Energia, onde exerce atividades de Consultoria e serviços de execução de manutenção no SEP. Desenvolvedor do Túnel LCM utilizado para recapacitação de barramentos aéreos, utilizado, por exemplo, pela CHESF.