



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

CB/GLT/27

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO - III**

**GRUPO DE ESTUDO DE LINHA DE TRANSMISSÃO - GLT**

**USO INTENSIVO DE FAIXA DE TRANSMISSÃO: INSERÇÃO DE DOIS CIRCUITOS ADICIONAIS EM FAIXA  
COM 10 CIRCUITOS INSTALADOS**

**Roberto Felizardo Moreno(\*)  
EPTÉ**

**Eduardo Leandro Inucencio  
AES ELETROPAULO**

**José de Melo Camargo  
EPTÉ**

**RESUMO**

O informe técnico apresenta estudos técnicos relativos à inserção da linha de transmissão LT ANH – CVE 88/138 kV, situada na região Oeste do Município de São Paulo, em faixa de transmissão com existência de dez circuitos instalados, sendo abordados aspectos de compactação de fases e circuitos, proximidade com instalações paralelas energizadas, atendimento a níveis reduzidos de campo magnético na lateral da faixa de transmissão, em conformidade com legislação municipal aplicada (Portaria SVMA N.º 80), e demais particularidades típicas em instalações de transmissão inseridas em áreas densamente urbanizadas.

São apresentados detalhes da faixa de transmissão, em seus diversos segmentos, detalhes de variante provisória instalada em trecho de reconstrução de linha, visando manutenção da continuidade operativa, e aspectos e condicionantes operativas desta e das demais instalações na faixa, as quais forma introduzidas pela área operativa da concessionária visando dotar o sistema associado com recursos para transferência de blocos de energia a partir se chaveamento pré-determinados.

**PALAVRAS-CHAVE**

Linha de transmissão, Compactação, Faixa, Licenciamento

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A crescente necessidade de ampliação dos blocos de energia que chegam aos centros consumidores tem levado as concessionárias a buscar soluções não convencionais tendo em vista a inviabilidade de estabelecer novas faixas de passagem, tanto em função das restrições ambientais, quanto em decorrência dos impactos e efeitos socioeconômicos à comunidade, resultantes de desapropriações e intervenções no ambiente urbano.

Por outro lado, os custos de implantação de linhas subterrâneas têm se mostrado ainda elevados, apesar dos notórios avanços tecnológicos alcançados pelos fabricantes de cabos isolados, principalmente após a adoção do isolamento com uso do XLPE. Os investimentos em obras civis, mormente em função do imenso número de utilidades instaladas em sub-superfície, identicamente oneram os investimentos a serem suportados pelas concessionárias e acessantes no caso de opção por instalações subterrâneas.

Com base nestes aspectos determinantes, e tendo por escopo engendrar solução alternativa para viabilizar a implantação da linha de transmissão LTA ANH - CVE 1-2, com eixo predominantemente inserido em área urbana, sem incorrer em impactos sobre a comunidade, decorrentes do estabelecimento de faixa de passagem, e mitigando os custos finais de implantação da nova instalação, foram modeladas alternativas convencionais e não convencionais, sendo realizada avaliação integrada destas opções, tendo como objetivo prioritário a otimização do binômio custo-benefício, tanto para concessionária quanto para o ambiente no entorno da instalação.



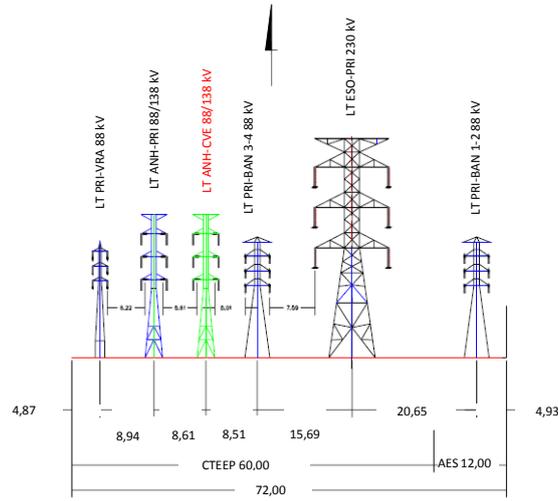


FIGURA 3 – Trecho faixa 72,00 m x SE PIRITUBA

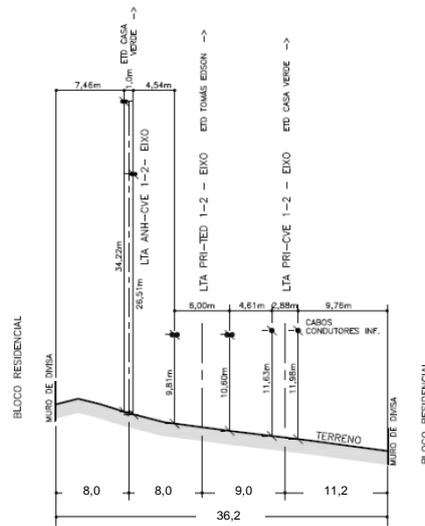


FIGURA 4 – Trecho SE PIRITUBA – RAE LAPA (início reconstrução LT PRI – CVE)

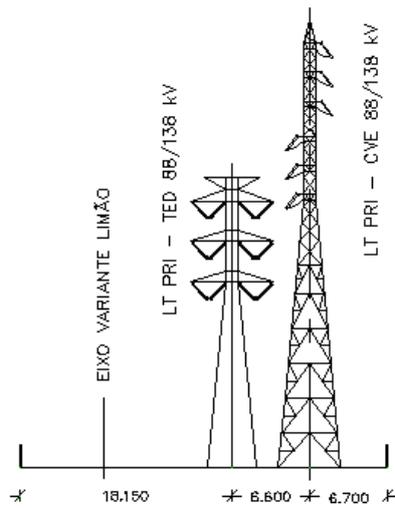


FIGURA 5 – Trecho RAE LAPA - ETD LIMÃO (implantação de variante)

Análises e modelagens de perturbações eletromagnéticas, principalmente intensidade de campo magnético, foram desenvolvidas e implementadas à luz da Portaria N.º 80 da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente da Prefeitura de São Paulo, a qual estabelece limites significativamente reduzidos quando comparados àqueles estabelecidos pela Resolução Normativa ANEEL N.º 398/2010 e 616/2014.

A adoção de critérios de avaliação através de cenários temporais, levando-se em consideração a evolução de carga transmitida no transcorrer da vida útil remanescente das diversas instalações pré-existentes na faixa, possibilitou enquadrar os níveis de interferência eletromagnética, para os diversos períodos analisados, a padrões extremamente restritivos, procurando-se desta forma compatibilizar com os limites inferiores praticados no município de São Paulo.

Destaca-se com aspecto relevante o traçado da linha de transmissão internamente à SE PIRITUBA, da CTEEP, conforme representado na Figura 6, podendo-se observar limitada distância entre os circuitos existentes (imagem Google Earth 2013).



FIGURA 6 – Trecho Interno a SE PIRITUBA (situação existente)

Nesse sentido, foram propostas e analisadas diversas alternativas de configuração de fases e arranjos de cadeias de isoladores, buscando-se desta forma viabilizar a inserção de circuitos adicionais na faixa de transmissão, possibilitando manter distâncias elétricas compatíveis com critérios normativos, e assegurando ainda os limites mínimos para execução de atividades de manutenção em regime energizado.

Adicionalmente, são apresentados e discutidos aspectos complementares relativos ao processo de licenciamento da instalação, contrato de compartilhamento da faixa de transmissão, implantação e variante provisória para reconstrução do trecho final da linha de transmissão, havendo, neste trecho, inseridas em faixa de 20,00 m de largura uma linha de 138 kV em operação, além da linha a ser reconstruída.

Em função do caráter menos compacto da faixa, entre a SE PIRITUBA e a SE CASA VERDE, a linha de transmissão caracteriza-se como reconstrução da linha existente, em 88 kV, havendo requisito de manutenção de sua continuidade operativa, visando atendimento às ETD LIMÃO e ETD CASA VERDE, condição que impôs a necessidade de instalação de circuitos temporários, instalados em variantes provisórias. A ETD LIMÃO atendida pela LT PRI - TED passou a atender a ETD CASA VERDE, tendo sido transferida para a variante provisória a ETD LIMÃO. .

Os padrões de estruturas aplicados na implantação da linha de transmissão, com compactação de fases e circuitos, resultaram em série de torres especiais, com notórias vantagens para atendimento de condicionantes regulatórias, em termos de emissão de campo magnético, e redução da largura de faixas, condição particularmente importante nos casos de reconstrução de linhas em faixas estreitas situadas em áreas urbanas consolidadas, estruturas que se mostraram decisivas para viabilizar a inserção da linha de transmissão internamente à SE PIRITUBA.

## 2.0 - MODELAGEM DE PROJETOS DAS INTERVENÇÕES NO COMPLEXO CASA VERDE

### 2.1 Fatores Limitantes: Definição das Estruturas de Suporte da LT

Dois aspectos principais representaram papel determinante na definição da configuração das estruturas de suporte da linha de transmissão, sendo um deles relacionado ao atendimento do limite de campo magnético na lateral da faixa de transmissão, 3,0  $\mu$ T, conforme estabelecido na Portaria N.º 80 da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente

do Município de São Paulo (Figura 7), condição de maior relevância para o trecho em que a linha de transmissão ocupa lateral da faixa de transmissão, entre a saída do RAE LAPA e a ETD CASA VERDE, e o segundo aspecto decorrente do limitado espaço existente entre as linhas existentes no trecho interno à SE PIRITUBA.

8.1 - Para instalações já existentes: 10  $\mu$ T (micro Tesla), calculado como valor médio de 24 horas, em locais de permanência prolongada, entendido como sendo de 4 horas ou mais diárias, tais como escolas, hospitais, residências e locais de trabalho;

8.2 - Para novas instalações: 3  $\mu$ T (micro Tesla), calculado como valor médio de 24 horas, em locais de permanência prolongada, entendido como sendo de 4 horas ou mais diárias, tais como escolas, hospitais, residências e locais de trabalho.

FIGURA 7 – Limite de Intensidade de Fluxo Magnético (Portaria SVMA N.80\_2005)

Como critério geral o limite de campo magnético deve ser atendido para altura até 6,00 metros, entendida, à luz do Plano Diretor do Município (PDM) de São Paulo, como limite para edificar sem necessidade de recuos em relação às divisas do terreno, sendo que para alturas superiores a 6,00 metros referido PDM estabelece recuo mínimo de 3,00 metros. Entretanto, considera que o limite de campo magnético é excessivamente reduzido, quando comparado ao valor de referência fixado pela legislação nacional, RN ANEEL 616\_2014, impõe-se a necessidade de elevar os circuitos em relação ao nível do solo, única forma de reduzir os níveis de campo magnético junto ao solo e nas alturas com possibilidade de existência de edificações junto à faixa de transmissão.

No tocante à limitada (ínfima) distância entre os circuitos existentes na área da SE PIRITUBA, conforme Figura 8, e visando possibilitar a inserção da linha de transmissão entre tais circuitos, os estudos de compactação da nova linha de transmissão indicam necessidade de alterar a configuração de paralelismo de circuitos nas novas torres, sendo adotada disposição com circuitos em alturas diferentes, sobrepostos lateralmente.



FIGURA 8 – Disposição de Circuitos na SE PIRITUBA (situação prévia)

A conjugação dos fatores limitantes apresentados redundou na silhueta indicada na Figura 9 a qual, possibilita a defasagem vertical dos circuitos, compacta o arranjo das fases e, com inserção de extensões adicionais, permite serem obtidas alturas de fases compatíveis com o atendimento ao limite de campo magnético máximo na lateral da faixa até 6,00 metros de altura. Para os demais trechos foram adotadas torres convencionais.

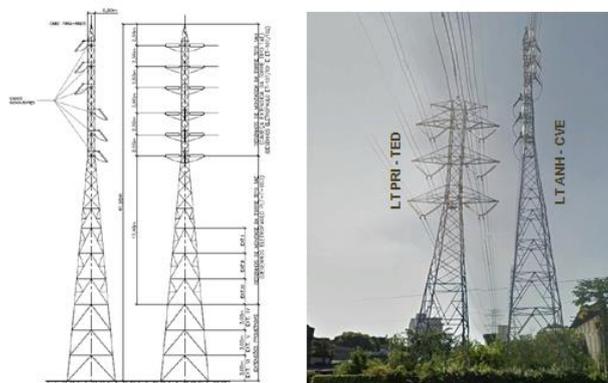


FIGURA 9 – Torre Compacta Adotada nos Trechos com Restrição a B e Espaço Físico

## 2.2 Simulação de Envoltória de Campo Magnético

Em atendimento aos requisitos do processo de licenciamento ambiental para instalação da LT ANH-CVE foram realizadas simulações de envoltória de campo magnético para seções típicas da linha de transmissão, sendo enfatizado que o trecho de maior criticidade se refere ao segmento entre a derivação do RAE LAPA e a ETD CASA VERDE uma vez que, neste trecho, a linha encontra-se situada na lateral da faixa de transmissão, a uma distância básica de apenas 5,00 metros.

Para os demais trechos, considerando que o eixo da linha de transmissão está situado em região aproximadamente central da faixa, decorre que é limitada a contribuição do campo magnético gerado pela instalação nas bordas da faixa, consideração apresentada ao órgão ambiental, tendo havido entendimento por parte do órgão que, efetivamente, a contribuição das demais instalações, já existentes na faixa, seriam determinantes para verificação do atendimento ao critério normativo aplicável, Portaria SVMA N.º80 e, considerando ainda que tais instalações já se encontravam instaladas por ocasião da instalação da nova linha, seria possível considerar o limite superior, 10 uT, aplicável para instalações existentes.

Aspecto determinante para anuência do órgão ambiental com relação ao aspecto nível de campo magnético refere-se a ter sido considerada a condição operativa típica das instalações de transmissão, para a qual o sentido do fluxo de potência é bem caracterizado no que se refere à fonte e à carga para as diversas linhas instaladas na faixa no trecho entre a ETR ANH e a SE PIRITUBA, uma vez que a LT ESO-PRI 230 kV tem sentido de ANH para PRI, enquanto que as demais instalações no trecho possuem fluxo reverso, mitigando desta forma o nível de campo magnético na lateral mais próxima da faixa.

As Figuras 10 e 11 apresentam envoltórias de campo magnético para as duas seções típicas de simulação, eixo aproximadamente central à faixa e eixo disposto segundo a borda lateral da faixa, sendo que para o primeiro caso a seção típica adotada nas simulações corresponde ao trecho com largura de faixa de 72,00 metros, situado imediatamente antes da SE PIRITUBA e, para o segundo caso, conforme já ressaltado, foi considerado o segmento da linha situado entre a derivação do RAE LAPA e a ETD CASA VERDE.

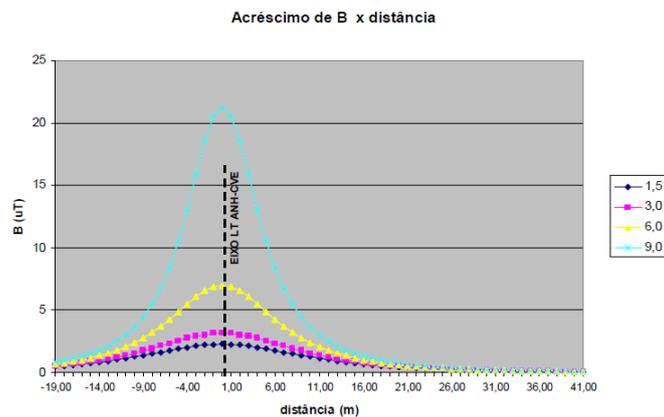


FIGURA 10 – Envoltória de B com Eixo Central à Faixa (acréscimo de B devido à LT ANH-CVE)

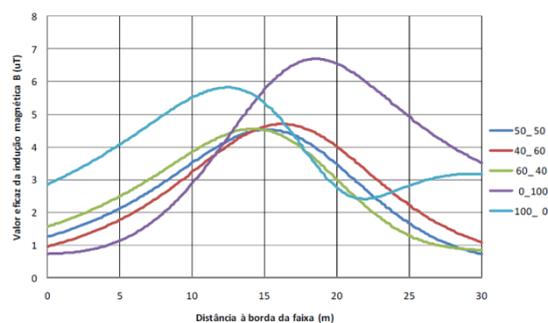


FIGURA 11 – Envoltória de B com Eixo Lateral à Faixa

## 2.3 Atendimento ao Critério Operativo da Concessionária

Conforme indicado na Figura 1 o atendimento da ETD LIMÃO é realizado pela LT PRI-TED, enquanto a ETD CVE é atendida pela LT ANH-PRI, a qual seria desmantelada, entre a derivação do RAE LAPA e a ETD CVE, visando a

instalação da LT ANH-CVE, segundo mesmo eixo e, considerando o desmantelamento citado, haveria necessidade de assegurar o fornecimento de energia às duas ETD's.

Nesse sentido, e em conformidade com estudos de planejamento da concessionária, a manutenção da continuidade operativa passa a ser assegurada mediante transferência da ETD CVE para a LT PRI-TED, e implantação de variante provisória entre a transição TRECHO I - TRECHO II da LT ANH-CVE até a ETD LIMÃO sendo que, após a completa instalação desta LT se voltaria à configuração original de atendimento à subestações LIMÃO e CVE. A Figura 12 apresenta trecho da variante na chegada à ETD LIMÃO.



FIGURA 12 – Detalhe Variante LT Provisória ANH – LIMÃO

### 3.0 - EXECUÇÃO DE OBRAS E SERVIÇOS

#### 3.1 Lançamento de Cabos em Áreas Urbanas

O lançamento de cabos em área densamente urbanizada, com inúmeros cruzamentos de viários e linhas de distribuição se caracteriza como fator determinante para adoção de medidas preventivas complementares visando mitigar possibilidade de anomalias e condições não conformes, tanto para a linha de transmissão em fase de lançamento de cabos, linhas paralelas em operação e interferências com as instalações urbanas citadas.

No caso da LT ANH - CVE tais fatores se mostraram determinantes para o Plano de Lançamento de cabos, impondo à empreiteira e fiscalização da concessionária a avaliação das interferências ponto a ponto, e posicionamento dos equipamentos de lançamento de cabos em locais nem sempre favoráveis sob o ponto de vista de sequência de lançamento, com necessidade, em alguns casos, de posicioná-los junto a áreas energizadas e na projeção de circuitos energizados, conforme retratado na Figura 13.



FIGURA 13 – Equipamentos de Lançamento de Cabos em Áreas Energizadas

#### 3.2 Conexões Entre as LT's PRI-TED e ANH-CVE

Visando flexibilizar as condições operativas das linhas de transmissão PRI – LAPA, PRI - TED e ANH - CVE a

área de operação da concessionária previu inserção de torres de chave em pontos pré-definidos destas instalações, através das quais, em decorrência de eventual contingência em uma destas linhas a alimentação das ETD's e consumidores seria assegurada mediante operação conjunta destas chaves, reduzindo possibilidade de falta.

O arranjo a seguir, Figura 14, apresenta a conexão da LT PRI - TED com a LT ANH - CVE.

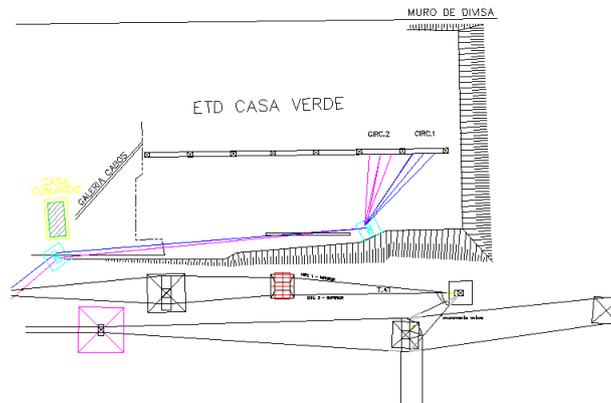


FIGURA 14 – Conexão entre as LT's PRI-TED e ANH-CVE na Região Frontal à ETD CASA VERDE

### 3.2 Cabo Cantante – Fato Atípico

Fato atípico, na etapa de lançamento dos cabos condutores, refere-se à interferência eletromagnética causada por radio AM, com ocorrência de descargas para a terra, embora os condutores estivessem aterrados nas extremidades, sensação térmica de aquecimento intenso, percebida pelos operários encarregados dos trabalhos de lançamento, nivelamento e grampeamento, e emissão sonora sempre e quando se realizasse o contato do cabo em lançamento com o solo.

Caracterizados os fenômenos, as equipes envolvidas no projeto, instalação e fiscalização da linha de transmissão deram início à identificação de possíveis fontes de perturbação que pudessem gerar efeitos observados pelos operários, tendo sido constatada a presença de radio AM, com duas antenas de elevada altura, a uma distância aproximada de 100,00 metros em relação ao eixo da linha de transmissão LT ANH-CVE, conforme Figura 14.

Através de contato com a administradora da Radio AM foi obtida informação de que a potência da rádio era de 100.000 W, haja vista a imensa área na qual havia recepção do sinal da estação, tendo sido pleiteado a redução da potência visando confirmar a associação entre a emissão da estação e a ocorrência dos referidos fenômenos eletromagnéticos.

Reduzida a potência da estação, para 15000 W, os cabos puderam ser lançados em adequadas condições de trabalho para os operários.



FIGURA 15 – Vista das Antenas de Rádio AM (planta e visão da rua próxima)

#### 4.0 - CONCLUSÕES

O trabalho relata os resultados obtidos na implantação da linha de transmissão LT ANH - CVE 88/138 kV, sendo ressaltadas as iniciativas na modelagem, concepção, projeto e execução de obras e serviços, etapas que vieram a requerer parcelas determinantes de inventividade e proposição de alternativas arrojadas, com atendimento integral dos requisitos técnicos, de segurança e atendimento às normativas ambientais aplicáveis, os quais se mostram, neste último aspecto, bastante restritivos no que concerne ao atendimento de níveis de campo magnético na lateral das faixas de transmissão inseridas no Município de São Paulo.

#### 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Roberto F. Moreno: Engenheiro civil (Politécnica USP - 1978) e ambiental (Faap - 2002), ex-funcionário das empresas Light, Eletropaulo, EPTE e CTEEP, diretor técnico da EDF Engenheiros Associados (EPTE).

José de Melo Camargo: Engenheiro elétrico (Universidade Mogi das Cruzes – 1985), Mestre em Sistemas de Potencia (Universidade Federal de Uberlândia - 2009), Membro do Cigré Brasil. Especialização em Subestações e Linhas de Transmissão. Engenheiro Especialista na AES Eletropaulo, de 1986 a 2014. Engenheiro de subestações na EDF Engenheiros Associados (EPTE)

Eduardo Leandro Inucencio: Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Paulista (UNIP) – Concluído em 2004. Pós-graduado em Administração de Empresas da Universidade Nove de Julho (UNINOVE) – Concluído em 2007. Pós-graduado em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Armando Álvares Penteado (FAAP) – Concluído em 2012. Pós-graduado em Gestão de Negócios de Energia pela Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM) – Concluído em 2012. Certificado Project Management Professional (PMP) pelo Project Management Institute (PMI) – Concluído em 2013. Experiência profissional: 20 anos de experiência trabalhando na Eletropaulo com atuação nas área de Manutenção e Operação de Subestações, Proteção, Fiscalização de Obras de Linhas de Transmissão e Subestações e atuação na área de Projetos de Linhas Aéreas, Subterrâneas e Subestações.