



GLT/010

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO III

GRUPO DE ESTUDOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

REPOTENCIALIZAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO: ASPECTOS TÉCNICOS E AMBIENTAIS

Anderson da Costa Francisco A. Rueda Luiz Carlos de Março Roberto F. Moreno

Engenheiros da EPTe – Empresa Paulista de Transmissão de Energia Elétrica

RESUMO

O trabalho apresenta, os estudos desenvolvidos no sentido de avaliar a possibilidade de recapacitação de uma linha de transmissão do sistema da EPTe.

São abordados, entre outros aspectos, critérios de projeto, atendimento à potência requerida a médio e longo prazos, análises estruturais das torres e fundações, reforços, avaliação de corrosão nos elementos enterrados, estimativa das perturbações elétricas previstas e proposição de medidas mitigadoras de impactos ambientais, uma vez que a linha de transmissão tem parte de sua rota inserida em área de preservação ambiental.

Mesmo considerando que haverá necessidade de substituição de algumas estruturas, particularmente aquelas submetidas a elevadas solicitações mecânicas, o caráter impactante da linha é significativamente atenuado, mormente em função da aplicação de técnicas construtivas que venham a prescindir da necessidade de remoção da vegetação nativa.

PALAVRAS-CHAVE: Repotencialização, Linha de Transmissão, Meio-Ambiente

1.0 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

No início deste terceiro milênio, os países em desenvolvimento se vêem às voltas com a dicotomia entre escassez de recursos, de um lado, e necessidade premente de investimento em áreas vitais para o desenvolvimento econômico, do outro.

Especificamente no caso da energia elétrica, o problema se reveste de importância ímpar, uma vez que, sem energia elétrica, restringe-se sobremaneira a possibilidade de desenvolvimento, com severas implicações no bem estar de sua população.

A conquista de posições no mercado internacional, por outro lado, depende fundamentalmente de auto suficiência energética, não só em termos de geração mas também de um adequado sistema de transmissão em operação.

Estas condições de contorno têm sido a realidade de vários países do mundo e, no caso específico do Brasil, face à sua extensão territorial, a situação se torna mais grave.

Por outro lado, o mundo tem assistido nos últimos anos a busca prioritária por alternativas ambientalmente corretas na implantação de todo e qualquer empreendimento, seja ele de cunho social ou privado.

Com uma população que chega à astronômica cifra de seis bilhões de habitantes, nosso planeta tem apresentado sinais claros de perturbação.

As montanhas de lixo geradas pelas grandes cidades, a carência de fontes de água adequadas para o consumo humano, a desertificação de extensas áreas outrora produtivas, a redução das áreas verdes, entre outras agressões ambientais têm levado os dirigentes mundiais a revisarem a forma de utilização do planeta.

O que antes se jogava fora, hoje passa a ser insumo na cadeia produtiva. Passamos a ter consciência das limitações das reservas naturais. Do desenvolvimento predatório, evoluímos para o desenvolvimento de caráter sustentado.

As palavra de ordem tem sido reciclar, reutilizar, buscar alternativas menos impactantes do ponto de vista ambiental. A legislação ambiental passa a agregar recomendações e critérios claros e restritivos em comparação com a visão anterior predominante.

Evidentemente, a nova postura ambiental pode acarretar maiores custos financeiros, agravando desta forma a já limitada disponibilidade de recursos. Como

conciliar estas realidades aparentemente inconciliáveis?

Somente através de um salto qualitativo, engendrando soluções alternativas, rompendo com os velhos paradigmas.

Foi com base nestas premissas que a área de projetos de linhas de transmissão da EPTE procurou levantar soluções alternativas para viabilizar, a um menor custo ambiental e financeiro, a interligação entre as Estações Anhanguera (EPTE) e Junção Guarulhos (Furnas).

2.0 - HISTÓRICO

A Linha de Transmissão Guarulhos – Anhanguera 230 kV (Edgard de Souza – Pirituba – Junção Guarulhos), com extensão de 21 km, foi implantada em 1971, tendo operado até o início da década de 90. A desativação final se deu alguns anos depois, tendo em vista ter sido mantido em funcionamento um dos circuitos visando atender a alimentação de serviços na Junção Guarulhos.

As características técnicas da linha de transmissão são indicadas na Tabela 1.

TABELA 1

Quant. de torres	Número de Circuitos	Cabo Condutor	Para Raios	Tipos de Torre	Vão Médio	Vão Gravante	Fundações
62	2	1 condutor Grosbeak 636 MCM por fase	HS 3/8"	Standard (39) Standard Light (3) Semi-Strain (7) Anchor (13)	350	750	Grelhas Metálicas

TABELA 2

Quant. de torres	Número de Circuitos	Cabo Condutor	Para Raios	Tipos de Torre	Vão Médio	Vão Gravante	Fundações
64 (*)	2	4 condutores Rail 954 MCM por fase	Leghorm 134 MCM	3 SA 3 SB 3 SC 3 AA	350	750	Concreto Armado

(*) estimativa preliminar

Uma particularidade importante da rota da linha de transmissão é a inserção de trecho da mesma na mata da Serra da Cantareira, acarretando com isto a locação das estruturas nos pontos mais altos, implicando na existência de extensos vãos de vento e gravante.

Contatos prévios com a Administração do Instituto Florestal balizaram positivamente quanto à dispensa de apresentação de EIA-RIMA no caso de reconstrução da linha de transmissão, com substituição das torres existentes por outras de maior porte, desde que fossem mantidos os pontos de locação das estruturas.

Tal informação é vital para implantação da linha em 345 kV, tendo em vista que a região esta submetida a severas restrições ambientais.

3.0 - CONDIÇÕES INICIAIS DE PROJETO

Os estudos desenvolvidos para a implantação da Linha de Transmissão Guarulhos – Anhanguera 345 kV estavam concentrados nas análises de custos e prazos, considerando as definições do Planejamento, em termos de capacidade de transmissão, as quais conduzem às características indicadas na Tabela 2.

Os vãos médios e gravante, a princípio, seriam idênticos ao da linha desativada, tendo em vista a manutenção dos pontos de instalação das estruturas, havendo apenas a inserção de algumas torres intermediárias.

4.0 - PROPOSTA DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA

Há alguns anos, tem sido desenvolvidos estudos no Brasil e, mais intensamente, no exterior, no sentido de reaproveitar estruturas e fundações existentes, submetendo-as a condições de carregamento de maior intensidade do que aquelas levadas em consideração no projeto das mesmas.

Tais estudos tem recebido denominações variadas (upgrade, refurbishment, repotencialização, recapacitação) e, basicamente, visam ampliar as condições de carregamento elétrico e mecânico de linhas de transmissão implantadas e de torres projetadas sob condições mais leves de carga.

Desta maneira, têm sido viabilizadas consideráveis reduções nos custos de implantação das linhas de transmissão.

5.0 - CONCEITUAÇÃO DO ESTUDO PROPOSTO

A partir da necessidade de reconstrução da Linha de Transmissão Guarulhos – Anhanguera em 345 kV, há cerca de 2 anos a EPTE iniciou os estudos básicos requeridos para o projeto da mesma.

Nas inspeções realizadas na faixa da linha de transmissão, observou-se que as estruturas existentes se encontram em bom estado de conservação, basicamente sem focos extensos de corrosão, havendo ainda preservação parcial da pintura em algumas torres.

Neste sentido, foi levantada a possibilidade de reaproveitamento destas estruturas, mediante análise das limitações impostas pelas hipóteses de projeto das mesmas.

Evidentemente, a proposta de reaproveitamento das torres existentes trará vantagens e desvantagens, as quais se encontram resumidas na Tabela 3.

TABELA 3

Aspectos	Desmantelamento e Reconstrução	Reutilização das Torres Instaladas
Investimento	Elevado custo de implantação 64 torres (1860 toneladas) 256 fundações (1540 m ³ concreto) 504 km cabos condutores	Menor custo de implantação 25 torres com subst. cantoneiras 80 fundações a serem reforçadas 27 torres (540 toneladas) 108 fundações (490 m ³ concreto) 252 km cabos condutores
Aspectos Ambientais	Considerável impacto	Menor impacto
Capacidade de Transmissão	2160 MVA	1080 MVA
Atendimento do Sistema	Atende a longo prazo	Atende a curto e médio prazo
Fechamento do Anel 345 kV	Sem restrições	Restrições em termos de potência
Aspectos de manutenção	Somente em alguns anos Permite manutenção ao potencial	Requer manutenção prévia Restringe trabalhos em linha viva

6.0 - CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA FAIXA DE DOMÍNIO

No caso da LT Guarulhos – Anhanguera, a rota da linha de transmissão atravessa trechos com características bem delineadas, tais como:

- trecho inicial:

extensão: 3,50 km
topografia: suave
vizinhança: pequeno trecho urbano e, na seqüência, trecho com propriedades de uso agrícola e de criação de animais, com raras edificações
vegetação: cobertura vegetal variada com existência de poucas árvores de porte lateralmente à faixa
acesso: fácil

- trecho intermediário (Parque da Cantareira):

extensão: 6,00 km
topografia: acidentada com torres situadas nos picos mais altos
vizinhança: mata do parque
vegetação: porte arbóreo, inclusive na faixa da linha de transmissão
acesso: através das trilhas de acesso e pelas avenidas que circundam o mesmo

- trecho final:

extensão: 11,5 km
topografia: suave
vizinhança: variada
vegetação: cobertura vegetal tipo gramínea
acesso: fácil

Particularmente para o trecho intermediário, o qual está inserido integralmente na Reserva da Cantareira, tendo em vista a existência da faixa de domínio da EPTE, são esperadas restrições ambientais menos severas para reconstrução da linha de transmissão, conforme comentado anteriormente.

7.0 - PROGRAMAÇÃO DAS ETAPAS DE TRABALHO

Considerando-se que a linha atual foi projetada há mais de 30 anos, apoiada em metodologias diferenciadas daquelas existentes atualmente, houve necessidade de avaliar o comportamento elétrico e mecânico das estruturas à luz das normas e condições atuais de projeto, operação e manutenção.

A conversão de uma linha de transmissão para um nível de tensão mais alta, acarretando ajustamento na geometria e na capacidade de resistência mecânica do suporte tem sido chamada Uprating da linha e, para o desenvolvimento dos estudos requeridos se fez necessário o trabalho de um grupo multidisciplinar,

Outros aspectos vitais a serem considerados nos estudos de reaproveitamento, referem-se ao tempo de instalação da linha de transmissão, cerca de 30 anos, num ambiente de alto índice de umidade, aspectos estes que, aliados ao longo período sem manutenção preventiva, irão requerer inspeção detalhada em cada uma das estruturas a permanecer e medição do potencial de corrosão das fundações a serem reutilizadas.

Os estudos básicos requeridos estão concentrados basicamente em 3 grupos:

Estudos civis / mecânicos:
análise estrutural das torres
análise geotécnica / estrutural das fundações

Estudos elétricos:
isolamento / aterramento
desempenho
capacidade de transmissão

Estudos ambientais:
perturbações elétricas
Impacto de implantação

A Tabela 4 apresenta o detalhamento das atividades previstas em cada uma das etapas.

Os itens constantes na mesma, em função da abrangência dos estudos desenvolvidos, foram adotados como "Diretrizes para Análise de Repotencialização de Linhas de Transmissão", recomendando-se a sua utilização em estudos ulteriores.

Após a conclusão dos estudos deverá ser elaborado Relatório Final com indicações das torres passíveis de reaproveitamento, estimativa de peso de aço e volume de concreto requeridos para reforço das torres e fundações.

TABELA 4

ETAPA	DESCRIÇÃO
1	Avaliação preliminar do estado de conservação das estruturas
2	Recuperação das Condições de Projeto
3	Análise da linha sob a ótica das necessidades futuras do sistema
4	Análise estrutural das torres
5	Definição de reforços e substituições de peças
6	Análise geotécnica e estrutural das fundações
7	Estudo das perturbações elétricas (meio ambiente) -rádio interferência -campos elétrico e magnético -TVI -efeito corona
8	Inspeção Integral das estruturas
9	Ensaio de Carga nas Estruturas e Fundações
10	Recomendações para uso e substituição das estruturas

8.0- ADEQUAÇÃO ÀS NECESSIDADES DO SISTEMA

Conforme salientado anteriormente, uma das maiores restrições existente quanto à repotencialização da LT Guarulhos – Anhanguera refere-se ao atendimento da demanda de longo prazo prevista nos estudos do Planejamento.

A solução em estudo, acarreta limitações à evolução futura de carga, devendo ser criteriosamente analisada, sob o ponto de vista de definição de alternativas de atendimento não só quanto à carga de longo prazo, mas também no que se refere à importância desta linha de transmissão para plena eficiência do anel de 345 kV. Considerações adicionais sobre este aspecto são melhor delineadas no item 12 do trabalho.

9.0- RESULTADOS DOS ESTUDOS

Estudos obtidos dos estudos, podem ser resumidos no seguinte:

9.1 Considerações sobre os estudos civis e mecânicos

Estimativa preliminar permite concluir que cerca de 50% a 60% das torres da linha poderão ser reaproveitadas, mediante substituição e reforço das peças mais solicitadas. A Tabela 5 apresenta os resultados dos estudos iniciais com indicação, por tipo de torre, das porcentagens de reutilização e substituição de estruturas.

TABELA 5

TIPO	Instaladas	Possibilidade de Reutilização da Estrutura (*)				
		sim	provável	improvável	não	sem análise
STANDARD	39	18	13	0	8	0
STANDARD Light	3			3		0
SEMI STRAIN	7	5		2		0
ANCHOR	13	4	2	1	3	3
TOTAL	62	27	15	6	11	3
		43,60%	24,20%	9,70%	17,70%	4,80%

(*) resultados preliminares

Na torre tipo Standard, mais comum ao longo do traçado, com 39 estruturas, o acréscimo de peso por torre, decorrente das alterações estruturais, deverá ficar em torno de 2500 kg, não incluídos eventuais reforços nas cruzetas da torre, as quais deverão ser redimensionadas geometricamente, visando atender critérios de desempenho e segurança da LT.

Para as demais torres (Semi-Strain, Anchor e Standard Light), verificação estrutural preliminar baliza para acréscimos percentuais de peso similares àqueles observados para a torre tipo Standard.

Evidentemente, um parecer definitivo sobre a aplicabilidade das torres, sob novas condições de carregamento mecânico, somente poderá ser efetivado após ensaios de protótipos, tendo em vista a completa reformulação das condições de projeto, tanto no que se refere às normas pertinentes, quanto aos aspectos de ampliação dos esforços solicitantes sobre as mesmas.

Projeto eletromecânico básico indica a necessidade de inclusão de algumas estruturas intermediárias, no sentido de aumentar o "clearance" cabo x solo, tendo em vista que a inserção de cabos de maior peso unitário levará necessariamente à ocorrência de flechas mais acentuadas, comprometendo as distâncias regulamentares.

9.2 Considerações sobre os estudos elétricos

A configuração admitida para a linha de transmissão, com instalação de 2 (dois) circuitos, com feixe de 2 (dois) subcondutores 954 MCM (Rail) por fase, permitirá atendimento de carga de 1080 MVA por circuito.

Verificação das condições de aterramento da linha de transmissão deverá ser realizada simultaneamente às etapas de levantamento topográfico e sondagem, sendo então avaliada a necessidade de eventuais reforços, havendo ou não a repotencialização da LT.

Os demais estudos elétricos (isolação, desempenho, potência máxima transmitida, entre outros), dependem de verificações por parte da área de Planejamento, uma vez que, deverão ser analisados sob o enfoque de operação desta linha no sistema, confiabilidade,

remanejamento de cargas e demais avaliações necessárias.

9.3 Considerações sobre os estudos ambientais

Existem dois enfoques distintos no que se refere aos estudos ambientais requeridos para a linha de transmissão, quer seja adotada a alternativa de reutilização das torres existentes, quer se promova a reconstrução da mesma.

Parte dos estudos referem-se aos efeitos decorrentes das perturbações elétricas provocadas pela linha e a outra parcela, aos aspectos relativos às restrições ambientais existentes para as áreas de preservação atravessadas pela rota da linha de transmissão.

Evidentemente a alternativa de reconstrução, acarretará maiores impactos ambientais, tendo em vista a extensão das obras e serviços requeridos.

Os estudos relativos às perturbações elétricas concentraram-se basicamente na avaliação da intensidade dos campos elétrico e magnético, rádio-interferência, TVI e efeito corona.

Medições realizadas em outras linhas do sistema de transmissão da EPTE indicaram valores para a relação sinal / ruído compatíveis com os valores limites estabelecidos pela legislação pertinente. Para a condição de chuva, os valores previstos superam em alguns pontos os limites recomendados, tendo-se obtido valores inferiores a 24 db para a relação sinal x ruído.

Quanto à intensidade dos campos elétrico e magnético, os mesmos se mostraram dentro dos limites prescritos pelos institutos regulamentadores internacionais (IRPA / CENELEC / ICINIRP) e ONS, tendo-se calculado, para a lateral da faixa, valores inferiores a 5 kV/m para o campo elétrico e 100 mG para o campo magnético.

As Figuras 1 e 2 apresentam as envoltórias dos campos elétrico e magnético, calculadas para 1,0 metro de altura, com uso do programa FIELD.

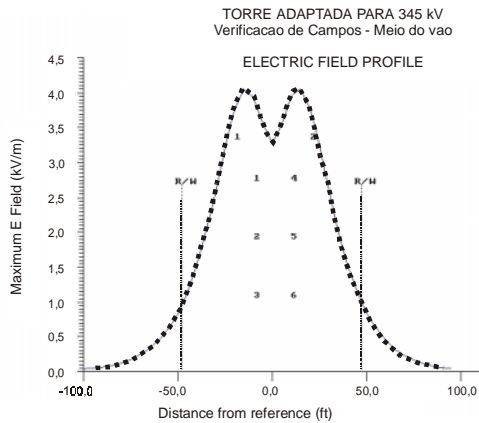


FIGURA 1- Estimativa de campo elétrico

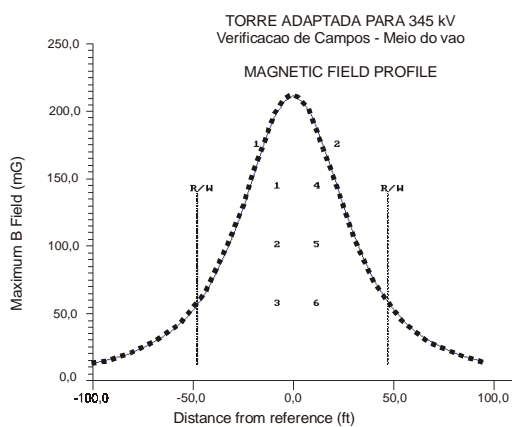


FIGURA 2- Estimativa de Campo Magnético

10.0-CONSIDERAÇÃO FINAIS

A partir dos resultados parciais delineados no item 9, podemos concluir que, salvo eventuais restrições impostas pela operação do sistema, decorrentes de necessidades futuras requeridas para a linha de transmissão, é possível o reaproveitamento das estruturas da linha de transmissão desativada.

Conforme salientado ao longo do corpo do relatório, tal procedimento acarretará limitações de ordem variável, as quais devem ser equacionadas no sentido de serem evitados gargalos futuros. Por outro lado, a adoção desta alternativa trará, num primeiro aspecto, vantagens no que se refere ao dispêndio financeiro imediato, tendo em vista os menores custos finais de implantação da linha de transmissão.

Um segundo aspecto, deverás relevante para o caso em questão, refere-se aos menores impactos ambientais produzidos no trecho do Parque da Cantareira. Todo e qualquer empreendimento em região de preservação deverá ser adequado à legislação ambiental pertinente, a qual é restritiva no que se refere às regiões de mata nativa. A existência da faixa de transmissão atenua as implicações (EIA / RIMA) conforme informações prévias da administração do Parque mas, deverão ser envidados esforços no sentido de mitigar o caráter impactante da linha de

transmissão e, nesta diretriz, a repotencialização da mesma, atendidos os aspectos de operação, mostra-se como solução a ser avaliada.

11- CONCLUSÕES

As conclusões preliminares balizam para a possibilidade de reaproveitamento de parcela considerável das torres de transmissão instaladas permitindo, desta forma, a mudança da classe de tensão de 230 kV para 345 kV.

Apesar de alguns aspectos ainda estarem pendentes, dependendo de avaliações relativas à previsão de demanda futura e necessidade de conexões adicionais para a confiabilidade do sistema interligado, a proposta apresentada mostra-se como bastante interessante, tanto do ponto de vista econômico quanto aos aspectos de redução dos impactos ambientais decorrentes da implantação de linha de transmissão em área de preservação ambiental.

As alterações adicionais previstas para o setor elétrico, a curto e médio prazo, tornam a proposta ainda mais atraente do ponto de vista financeiro pois, a repotencialização viria a atender às necessidades de médio prazo, cerca de 7 a 8 anos, reduzindo o investimento imediato por parte dos poderes públicos.

Outrossim, mesmo que se estabeleça a necessidade de implantação da linha nas condições iniciais previstas nos estudos do planejamento, no sentido de atender condições de carga mais severas, o estudo desenvolvido foi extremamente abrangente, tendo sido avaliados praticamente todos os aspectos relacionados ao projeto de linhas de transmissão. Ficou caracterizado que, sempre que possível, a alternativa de repotencialização de linhas de transmissão deve ser avaliada nos estudos preliminares de ampliação do sistema elétrico face às sensíveis reduções de custo que podem ser obtidas.

12.0- AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos a todos os profissionais da EPTE que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização do presente trabalho.

Especial agradecimento aos colegas que se aposentaram nestes últimos anos. Profissionais dedicados e competentes, orientadores excepcionais na preparação dos novos quadros técnicos que, hoje, têm a missão de dar continuidade ao trabalho por eles iniciado.

13.0 – BIBLIOGRAFIA

(1) Silva, J.B.G.F., Nolasco, J. F. – Aplicação de critérios probabilísticos no reaproveitamento ou recapacitação de linhas de transmissão. X XNPTEE – Curitiba – 1989.