



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

CB/GLT/29

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

IMPLEMENTAÇÃO EM REGIÃO URBANA: TORNAR UMA LINHA DE TRANSMISSÃO AÉREA UMA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA

**Eduardo K Filho (*)
EDS Engenharia**

**Waldir Govino
EDS Engenharia**

**Roberto Diniz Thomaz Júnior
EDS Engenharia**

**Eduardo Leandro Inocêncio
AES Eletropaulo**

RESUMO

São Paulo é a maior cidade do Brasil. Registrou um crescimento populacional da ordem de 800.000 pessoas na última década - em 2000 tinha 10,4 milhões de habitantes, atualmente possui 12,3 milhões. No que diz respeito às alterações na ocupação urbana e distribuição da população, o crescimento está localizado com maior densidade em algumas áreas do que em outras. A dinâmica da ocupação urbana aponta para um problema materializado neste espaço, e não há definições claras de como lidar com tal fato. A ocupação desordenada tornou-se uma realidade com a qual as Concessionárias de Energia precisam lidar.

Em algumas regiões urbanas, conseguir que as faixas das linhas de transmissão aéreas estejam a salvo de invasões, tornou-se uma tarefa, quase impossível de evitar.

A Concessionária de Energia Elétrica de São Paulo (AES Eletropaulo) diante dessa realidade com uma de suas instalações, decidiu enterrar uma linha de transmissão aérea, instalada há mais de 40 anos. De fato, a Concessionária vinha mantendo a Linha Aérea desconectada / fora de operação nos últimos 10 anos devido a crítica situação da mesma.

A implantação da futura linha de transmissão subterrânea corresponde a uma capacidade de transmissão de 200 MVA em 88 kV, com dois circuitos em operação.

A linha de transmissão aérea existente possui dois circuitos em uma faixa com 5,00 metros de largura e 2.900 metros de extensão, com algo em torno de 40 estruturas metálicas.

A faixa da linha aérea possui muitas áreas que ao longo dos anos foram enclausuradas por edificações e diversas espécies de vegetação imprópriamente implantadas.

PALAVRAS-CHAVE

Cabos isolados, linhas subterrâneas, licenciamento ambiental, projeto executivo, método não destrutivo, enterramento de linhas, mitigação de campo magnético

1.0 - INTRODUÇÃO

No relatório, “*Out of Sight, Out of Mind*” 2012 – *Edison Electric Institute: An Updated Study on the Undergrounding Of Overhead Power Lines. Prepared by: Kenneth L. Hall, P.E. Hall Energy Consulting, Inc.- January 2013*, os autores concluem que :

“... Qual é o futuro das linhas subterrâneas? Embora as comissões estaduais continuem a ser pressionadas para realização de estudos de viabilidade de enterramento de instalações elétricas, após a ocorrência de eventos de interrupção, é altamente improvável o enterramento total por parte de qualquer concessionária. Nenhum estudo conseguiu mostrar uma justificativa razoável do ponto de vista econômico para o enterramento ...

...Este estudo demonstrou que as concessionárias veem de fato valor na alternativa e estão abertas ao enterramento de suas instalações aéreas.

...O futuro de tais conversões irão tocar na habilidade dos consumidores, concessionárias e órgãos reguladores para um trabalho conjunto de forma a encontrar uma alternativa viável que vá de encontro as expectativas do cliente e compensem os custos das concessionárias ao enterrarem as linhas aéreas”

A conversão de linhas aéreas de transmissão existentes em linhas subterrâneas tem um alto custo, e estes custos são sempre maiores que os benefícios quantificáveis, exceto em raros casos onde a linha aérea é particularmente vulnerável, e tal fato é sem dúvida a razão para o enterramento da Linha Aérea Vila Mariana. Desta forma a ampliação do parque elétrico nos grandes centros urbanos tem se mostrado um desafio cada vez maior e recorrente para as Concessionárias distribuidoras de energia e, portanto essa condição passa a ser a realidade. Aumentar a potência instalada e atender as crescentes demandas de carga requerem áreas físicas difíceis de serem encontradas e de elevado custo para serem adquiridas, seja para a construção de subestações ou para a implantação de ramais elétricos. Frente a isso a reforma destes ativos elétricos se caracteriza como alternativa viável e confiável. É este o caso da LTA Vila Mariana que por inconformidades normativas e questões judiciais, será reconstruída como uma linha subterrânea em 88/138 kV, denominada LTS Gumercingo – Vila Mariana 3-4.

2.0 - HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS DA LTA VILA MARIANA

A LTA Vila Mariana foi projetada e construída na década de 1940, em faixa de servidão com 5.00 m de largura, extensão aproximada de 3.00 km, aproximadamente 40 torres metálicas, 02 circuitos, cabos condutores 1/0 AWG, classe de tensão 40kV, aproximadamente 530 A de capacidade de corrente.

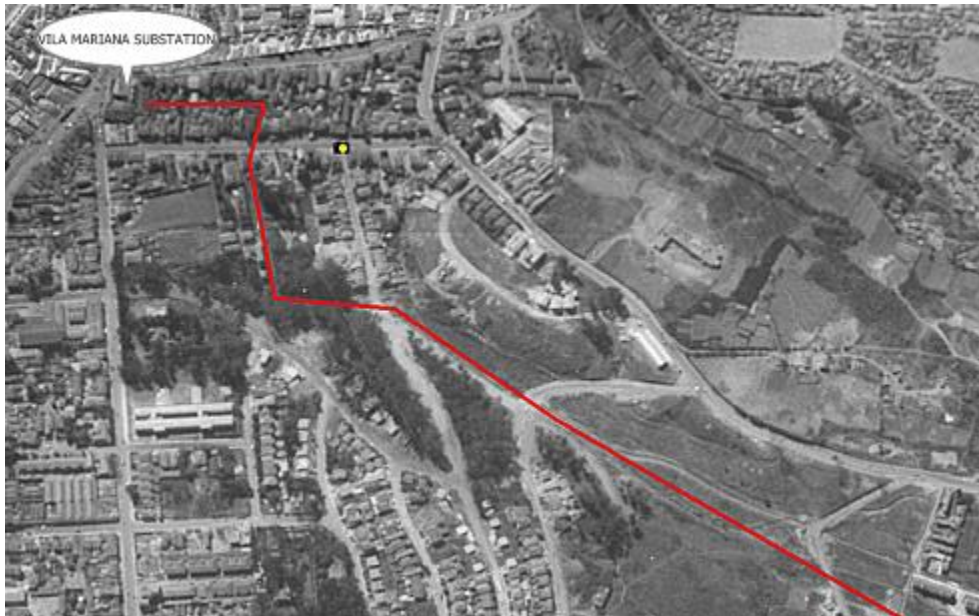


Figura 1: Faixa de servidão em 1958



Figura 2: Faixa de servidão nos dias atuais

3.0 - RECONSTRUÇÃO

Em 1985, como não haviam meios de se reconstruir a linha, pois quaisquer alterações implicariam em substituição de estruturas, optou - se por apenas substituir-se o cabo condutor pela mesma seção existente objetivando atender a nova norma vigente (NBR-5422).

4.0 - DESLIGAMENTO DA LTA VILA MARIANA

Diante da impossibilidade de conciliar o atendimento ao aumento de carga e as exigências legais oriundas de ações públicas, pois, segundo dados de Estudo de Viabilidade realizado pela Concessionária, a largura de faixa e a proximidade desta com os polos de urbanização impediriam a reconstrução do ramal aéreo a mesma optou por desconectá-lo. O desligamento ocorreu em 2005 quando a SE Vila Mariana também foi desativada e posteriormente desmantelada.

5.0 - FAIXA DE SERVIDÃO

A faixa de servidão da LTA Vila Mariana passa por bairros populosos da cidade de São Paulo, alguns considerados nobres. A venda da área da faixa em questão é impraticável uma vez que não oferece condições de acesso em função de seu enclausuramento. Cruza corredores de trânsito de grande porte, como a Avenida do Cursino e a Avenida Ricardo Jafet, sendo esta última principal acesso para o Porto de Santos através da Rodovia dos Imigrantes, além do cruzamento com o Rio Ipiranga que é tombado pelo Patrimônio Histórico. Há edificações residenciais e comerciais próximas aos limites da faixa em praticamente toda extensão.



Figura 3: Vista da faixa de servidão



Figura 4: Limites da faixa de servidão



Figura 5: Trecho de faixa de servidão enclausurada

6.0 - PROGRESSÃO DE NORMAS TÉCNICAS

Na década de 1940, não havia no Brasil normas regulamentadoras para projetos de linhas aéreas de transmissão. Até então eram seguidas as práticas disseminadas de engenharia, sem instrumentos normativos legais. Em 1969 foi publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, a ABNT, a NBR 5422 - Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica, cuja versão mais atual foi publicada em março de 1985 e que atualmente está em processo de revisão/atualização.

7.0 - CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA

Classe de Tensão	145 kV
Classe de Tensão de Operação - Atual	88 kV
Classe de Tensão de Operação – Futuro	138 kV
NBI	650 kV
Potência (88 kV)	200 MVA
Potência (138 kV)	314 MVA
Corrente de curto circuito – Trifásica	40 kA
Corrente de curto circuito – Monofásica	40 kA
Tempo de atuação das proteções	1 second
Frequência	60 HZ
Fator de carga	0,85
Sistema de aterramento	Crossbonding

8.0 - CARREGAMENTO DOS CIRCUITOS DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA

Condição de Operação	Circuito 3	Circuito 4
Contínua	30%(60 MVA)	70% (140 MVA)
Contínua	70% (140 MVA)	30% (60 MVA)
Contínua	100% (200 MVA)	Desligado
Contínua	Desligado	100%(200 MVA)
Contingência	100% (200 MVA)	100%(200 MVA)

9.0 - CARREGAMENTO DOS CIRCUITOS DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA

A rota da linha subterrânea percorre a faixa de servidão existente e faz cruzamentos com diversas vias públicas com variadas intensidades de tráfego. Em alguns pontos devido a restrições de passagem pela faixa de servidão a linha subterrânea será instalada em vias públicas. A Linha de Transmissão Subterrânea Gumercindo – Vila Mariana 3-4 percorre o trecho compreendido entre a Estação de Chaves Gumercindo – ECH Gumercindo – que será construída dentro da área da Subestação Gumercindo – ETD Gumercindo – até os equipamentos da SE Vila Mariana, que será reconstruída na mesma área da antiga subestação que foi desmantelada. O grande desafio seria viabilizar um projeto que atendesse as solicitações dos órgãos públicos e ambientais e também, técnica e economicamente as demandas elétricas da Concessionária. Como pode ser observado na tabela abaixo a maior extensão da linha estará confinada na faixa de 5,00m de largura, portanto os cálculos desenvolvidos consideraram esta condição como a mais crítica.

10.0 - CARREGAMENTO DOS CIRCUITOS DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA

TRECHOS	EXTENSÃO (m)
Estação de transição (ETR Gumercindo)	34.00
Banco de dutos em vias públicas	712.50
Método não destrutivo (Grande avenida)	25.50
Método não destrutivo (Grande avenida e Córrego Ipiranga)	79.00
Método não destrutivo (Grande avenida)	186.00
Faixa de servidão – 4 metros largura	109.00
Faixa de servidão – 5 metros largura	1575.00
Faixa de servidão – 6 ou mais metros largura	180.00
Subestação Vila Mariana	29.00
TOTAL	2930.00

Estudos de ampacidade para determinar a melhor seção do condutor e a capacidade de condução de corrente dos mesmos convergiram para uma solução em que cada circuito será instalado em banco de dutos independente com distanciamento mínimo de 1.5 m entre os eixos dos mesmos.

11.0 - CAMPO MAGNÉTICO

Na cidade de São Paulo a Secretaria do Verde e Meio Ambiente – SVMA – é a agência responsável pelo licenciamento ambiental dos empreendimentos em todos os âmbitos. Através da Portaria 80 regulamenta as condições limites para emissão de campos magnéticos, que no caso de novas instalações deve ser igual ou inferior à $3 \mu\text{T}$. A fim de mitigar e conter a densidade do fluxo de campo magnético foi estudado o distanciamento entre os circuitos no bancos de dutos, a profundidade da instalação dos mesmos e a proximidade final com áreas habitadas, de forma que a curva resultante se mantivesse dentro dos limites estabelecidos. A formação dos cabos de potência nos bancos de dutos que melhor respondeu às simulações de campo magnético foi o trefoil com distância de 250 mm entre fases.

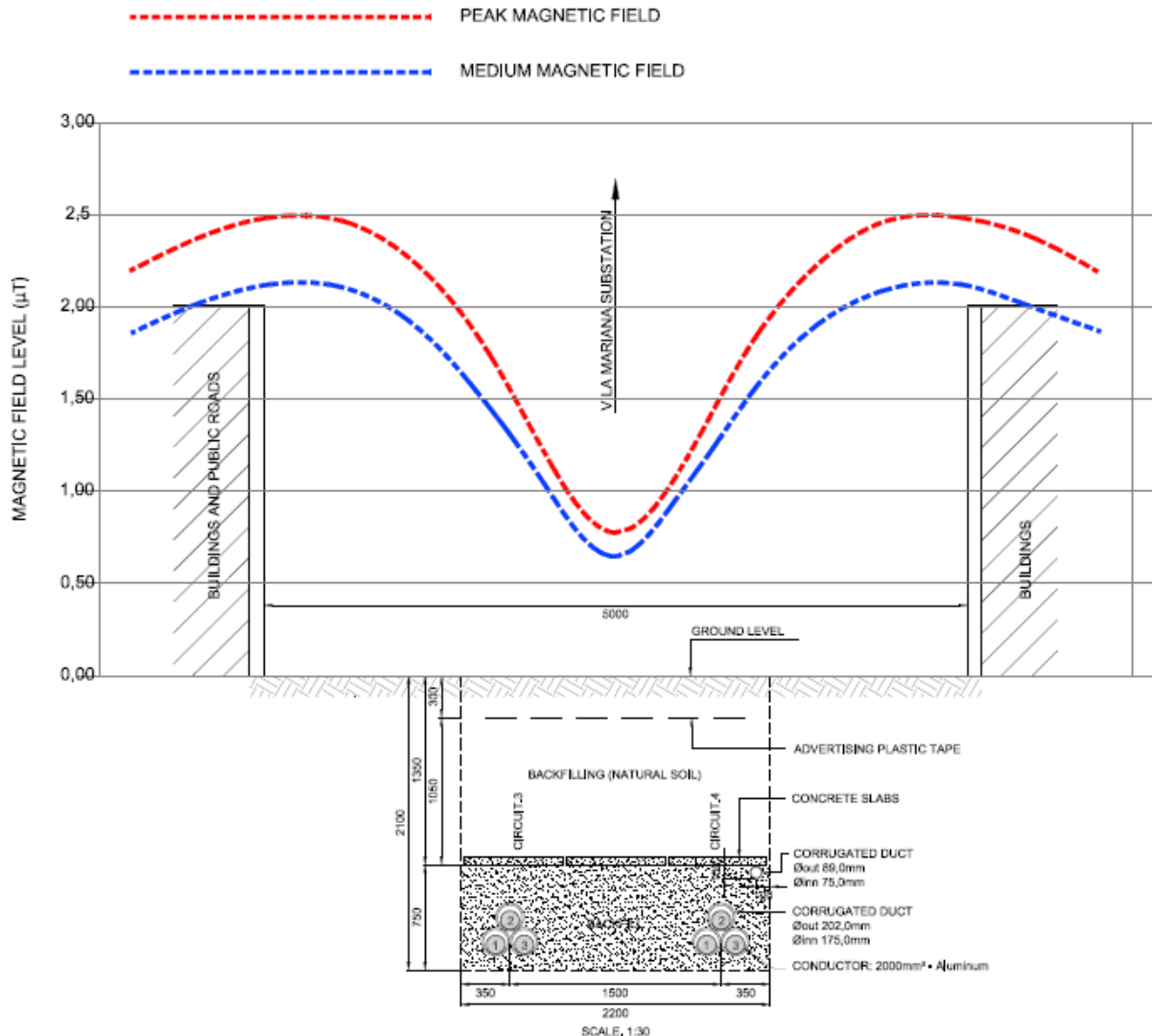


Figura 6 : Banco de dutos e campo magnético

12.0 - REMOÇÃO DA LTA VILA MARIANA E PROVIDÊNCIAS NA FAIXA DE SERVIDÃO

Para viabilizar a utilização da faixa de servidão para instalação da Linha de Transmissão Subterrânea Gumerindo – Vila Mariana 3-4 a concessionária contratou mão de obra especializada na desmontagem das estruturas metálicas e remoção das fundações. As estruturas desmontadas serão entregues à concessionária e as fundações em local adequado e licenciado pela agência ambiental para o tipo de material.

13.0 - PROCESSOS LEGAIS E PROJETOS

O Projeto CONVIAS (avaliado pelo Departamento de Controle de Uso de Vias Públicas) – é necessário para obtenção do Termo de Permissão de Ocupação de Via – TPOV. É expedido pela Prefeitura Municipal de São Paulo mediante projeto de implantação do traçado da Linha de Transmissão Subterrânea com indicação dos métodos construtivos e pagamento de caução mediante área de ocupação das vias públicas.

Projeto de Sinalização de Obras – Aplicação necessária para obtenção de licença para executar intervenções nas vias públicas. O projeto é avaliado pela Companhia de Engenharia de Tráfego da Prefeitura Municipal de São Paulo – CET. As instruções para elaboração do projeto fazem parte do Manual de Sinalização Urbana.

Projeto de Travessias – Aplicação necessária para obter permissão de cruzamento com Rodovias, Vias férreas, Rios e outros cursos d'água e demais equipamentos urbanos que estejam sob a outorga de agências e órgãos específicos. No caso da linha subterrânea em questão existe a travessia com o Rio Ipiranga e o órgão responsável é o Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE.



Figura 7 : Trecho com travessia do Rio Ipiranga

14.0 - ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL

As Concessionárias de energia elétrica para as classes de tensões de 69kV até 230kV são obrigadas a apresentar o Estudo de Viabilidade Ambiental (EVA), que é avaliado pela Secretaria do Verde e Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de São Paulo. São informadas as criticidades ambientais na região envolvida além do cadastramento de indivíduos arbóreos, fragmentos de mata nativa, presença de cursos d'água, entre outros. Dados fundamentais da obra como finalidade, localização, materiais aplicados no cabo condutor, equipamentos, dutos corrugados e no recobrimento dos mesmos, seção típica do banco de dutos e volume de escavação, informações sobre canteiro de obras, entre outros, são objeto do informativo técnico que compõe o EVA. Eventualmente, em função das peculiaridades do empreendimento pode ser solicitado o projeto executivo de construção completo, junto ao EVA, para refinar a verificação e concessão da licença ambiental.

15.0 - CONCLUSÃO

Diante do que foi explicitado fica claro que o enterramento de uma linha aérea em região urbanizada não é um processo simples, mesmo quando se utiliza a faixa de servidão. As condições de contorno, as dificuldades técnicas, os processos de licenciamento, enfim atingir o conjunto ideal de medidas necessárias exige um perfeito controle de todos os parâmetros relativos ao projeto, a construção civil e a instalação da futura linha de transmissão subterrânea. Ao tempo da emissão deste artigo, os processos de licenciamento e permissões ainda encontram-se em tramitação.

O início das obras está previsto pela Concessionária para o segundo semestre de 2017.

16.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] History owner collection of Light SE SA and AES Eletropaulo Utilities
- [2] ABNT NBR 5422 - Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica (last version 28/02/1985 – Brazil)
- [3] Portaria n° 80 – Secretaria do Verde e Meio Ambiente. City Hall of São Paulo, 2005.
http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=14102005P%20000802005SVMA
- [4] Urban Signaling Manual – Traffic Engineering Company of São Paulo City Hall (last version 2012)
http://www.cetsp.com.br/media/391986/msuvol01_introducaorev01.pdf
- [5] Design approval by CONVIAS - São Paulo City Hall Law 13.614, July 2nd 2003 ; and Decree 44.755, May 18th 2004.

17.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Eduardo Karabolad Filho

Nascido em São Paulo, SP em 03 de março de 1951.

Graduação (1982) em Engenharia Elétrica: Faculdade de Engenharia São Paulo - FESP - São Paulo

Empresa: LIGHT – Serviços de Eletricidade S.A. / Eletropaulo –Eletricidade de São Paulo, de 1974 a 1997.

Engenheiro do Departamento de Projetos de Linhas de Transmissão.

Diretor da EDS Engenharia e Consultoria Ltda. desde 1997