



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

GLT 04
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO – GLT

NOVAS TECNOLOGIAS EM SISTEMAS DE CABOS DE POTÊNCIA EM ÁREAS URBANAS ASPECTOS LEGAIS X TÉCNICOS

Nadia Helena G. R. de Louredo *

Eduardo Karabolad Filho *

EDS – ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.

RESUMO

O que se pretende neste Informe é discutir o quanto novas tecnologias necessitam ser implementada para atender não somente demandas técnicas e novos empreendimentos, mas também para que os sistemas estejam de acordo com as legislações vigentes, sem que jamais, em tempo algum a técnica seja penalizada.

PALAVRAS CHAVE:

Metodologias, Tecnologias, Legislações.

1.0 - INTRODUÇÃO

A experiência indica que existem muitas considerações a serem feitas no que concerne a linhas de transmissão subterrâneas instaladas em áreas urbanas em diversos países, não obstante a evolução econômica e técnica.

A quantidade de linhas de transmissão subterrâneas com alta capacidade de potência que vem sendo instaladas nas últimas décadas e que, portanto exigem mais atenção, é difícil de quantificar.(WEEDY, 1979, pág. 6).

Principalmente em grandes centros urbanos, as considerações são similares, mas certamente devido às regras estabelecidas atualmente pelas autoridades, tais considerações mudam de país a país, de estado a estado e até mesmo entre cidades e municípios.

É difícil de prever a força da opinião pública no que concerne aos aspectos visuais (WEEDY, 1979, pág. 6).

As imposições legais apresentam muitas vezes situações especiais aos projetistas, onde as linhas subterrâneas requerem estratégias relacionadas a: rota, envoltória dos cabos, espaço ocupado pelos cabos condutores no solo, instalação de equipamentos nas vias e passeios públicos, etc.

A partir da premissa de que grandes blocos de potência são transmitidos via linhas subterrâneas, as regras que as mesmas deverão seguir representam um importante debate. (WEEDY, 1979, pág.6).

O Informe apresenta experiências recentes relativas à instalação de linhas de transmissão subterrâneas em tensão de operação de 88/138 kV – classe 145 kV -em grandes centros, tais como São Paulo e Brasília (Brasil), com capacidades de transmissão variando desde 50 MVA até 240 MVA.

Considerações ambientais ditarão o uso de circuitos subterrâneos em áreas urbanas e suburbanas (WEEDY, 1979, pág.6).

Novas metodologias de projeto, utilizando a pesquisa prévia do subsolo, com levantamentos não somente através de cadastro (as-built) em arquivos das Empresas, mas também, utilizando o mapeamento de interferências através da utilização de ultrassom e pesquisa eletromagnética, utilização esta que consiste no uso de equipamentos especiais providos de sensores que detectam a existência de instalações em vias de tráfego intenso.

2.0 - INSTALAÇÃO DA VALA OU BANCO DE DUTOS AO LONGO DAS VIAS PÚBLICAS

O fluxograma constante na página 6 deste Informe refere-se aos aspectos do dimensionamento de uma linha de transmissão subterrânea em alta e extra alta tensão, no que compete aos seus parâmetros dimensionais, elétricos e térmicos.

No dimensionamento dos cabos de potência, especificamente nos cálculos de ampacidade, as simulações que são realizadas envolvem parâmetros dimensionais, elétricos e térmicos. No que tange aos parâmetros dimensionais a largura da vala ou do banco de dutos é um valor resultante do espaçamento entre cabos, portanto colocando o fato de forma simplificada, quanto mais distante estiverem os cabos e/ou circuitos um do outro melhor será a troca de calor entre os mesmos. A formação plana horizontal dos cabos é obviamente também uma condição otimizada quando comparada à formação plana vertical, uma vez que esta última implica em maiores profundidades de vala ou banco de dutos, levando os cabos de energia ao encontro das instalações de outros serviços públicos; água, esgoto, gás, etc., não se esquecendo também dos problemas relativos ao material de envoltória do cabo. Portanto, tecnicamente falando, há sim uma série de formas para atender aos aspectos do dimensionamento da ampacidade dos cabos de potência, porém os aspectos legais e de custos, oferecem uma força tal, que leva o projetista a conceber outras formas de “disposição” da instalação.

Assim, as soluções empregadas atualmente, com ênfase na cidade de São Paulo (SP) são as que envolvem os cabos e circuitos em formação plana vertical com os mesmos instalados em dutos flexíveis e envolvidos em *backfill*, com a conseqüente redução da largura da vala, bem como permitindo o rápido fechamento da cava ao longo da via pública.

Porém tal concepção não prescinde, de uma intensa etapa de estudo da rota, calcada em um grande volume de levantamentos cadastrais e, ponto importantíssimo, do mapeamento de interferências executado por equipamentos que utilizam o efeito eletromagnético como meio de detecção.

Sem tais ferramentas é impossível alcançar um bom resultado, levando-se em conta a profundidade e suas conseqüentes interferências.

A Prefeitura do Município de São Paulo através da Portaria 37/SIURB-G/2002, da Lei 13.614 de 02 de julho de 2003, e do Decreto 44.755 de 18 de maio de 2004 padronizou os procedimentos relativos à programação de projetos e obras civis de infra-estrutura urbana.

Desta forma não há como separar os aspectos técnicos, de custos e legais em se tratando da ocupação do subsolo em vias públicas na cidade de São Paulo (SP).

3.0 - CAIXA PARA ABRIGO DAS CAIXAS DE DESCONEXÃO DE TERRA

A caixa de abrigo da caixa de desconexão de terra é um equipamento inerente a sistemas especiais de aterramento de linhas de transmissão subterrâneas em alta e extra alta tensão.

Até o momento, no que concerne ao Brasil desconhece-se qualquer tipo de imposição legal e específica quanto à instalação da mesma, a qual é normalmente instalada no passeio público.

Esta caixa, construída normalmente em concreto armado, possui dimensões adequadas à instalação das caixas de desconexão de terra (*Link Box*), possui uma tampa também em concreto, a qual permite que a manutenção possa acessar o equipamento visando à verificação da SVL (*Surge Voltage Limiter*) e/ou a leitura das correntes as quais estabelecem o equilíbrio do *crossbonding*. De acordo com cada instalação os níveis de surtos a que estão sujeitos estes equipamentos variam de 2700 V a 4000 V.

Existem instalações que em decorrência do curto circuito trifásico do sistema, aliado a secções de *crossbonding* muito longas e a alta capacidade de corrente, necessita instalação de SVL (*Surge Voltage Limiter*) de até 6000 V.

Segundo documentos emitidos por grupos de estudo do CIGRÉ (Comitê Nacional Brasileiro de Produção e Transmissão), na cidade de Bruxelas (Bélgica), por exemplo, está sendo proibida a instalação destes equipamentos (SVL) no passeio público.

4.0 - TRAVESSIAS COM OUTROS EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS PÚBLICOS

Até 1992 a Empresa responsável pelas vias férreas dentro do município de São Paulo era a CBTU- Companhia Brasileira de Trens Urbanos ,a partir desta data, passou a ser a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos.

Pode-se dizer que os problemas com projetos de travessias de linhas de transmissão subterrâneas com trilhos de estradas de ferro vêm crescendo ao longo da última década, porquanto até 1992, era permitido, executarem-se travessias com os cabos de potência instalados em bancos de dutos envolvidos em concreto, a uma profundidade mínima de 2,00 m abaixo do nível dos trilhos.

A partir de 1992, a nova condição imposta, e que vigora até esta data, exige que tais travessias somente sejam executadas em métodos não destrutivos, resguardando-se ainda a cota mínima de 2,00 m.

Em 2005, a CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos), passou a exigir que além da execução em método não destrutivo, a Concessionária de Energia Elétrica pagasse a mesma uma taxa mensal, pelo uso do espaço subterrâneo sob a área de propriedade da mesma.

Até a elaboração deste Informe, sabe-se que as obras foram executadas, e que a Concessionária de Energia Elétrica possui uma liminar na justiça, e que nada ainda foi decidido.

5.0 - CAMPO ELETROMAGNÉTICO

Quando se fala em assuntos polêmicos, este tem garantido seu lugar. O grande problema é que por mais que se pesquise sobre este assunto, na verdade não há uma conclusão sobre os efeitos do campo eletromagnético no ser humano.

Conforme a WHO – *World Health Organization* (2007) os campos magnéticos são criados pela corrente elétrica: quanto maior a corrente, mais forte o campo eletromagnético, outrossim, os níveis de campo magnético variam com a frequência de uma maneira bastante complexa, portanto listar todos os valores em todas as normas sob diversas frequências torna difícil a compreensão.

Ainda de acordo com a WHO, cada país estabelece suas próprias normas de exposição a campos eletromagnéticos. Entretanto, a maioria destas normas nacionais inspira-se nos guias estabelecidos pela Comissão Internacional de Proteção a Radiação Não Ionizante - ICNIRP- *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection Exposure Guidelines*. Esta organização não - governamental reconhecida formalmente pela WHO, avalia os resultados científicos registrados ao redor do mundo. A ICNIRP produz guias recomendando os limites de exposição, saliente-se que estes guias são periodicamente revisados se necessário.

Na Europa, a frequência de 50 Hz, o valor limite de exposição ao campo eletromagnético é de 100 μT (1 μT = 10 mG).

A Norma NBR 15.415 da Associação Brasileira de Normas Técnicas –ABNT – Métodos de Medição e níveis de referência para exposição a campos elétricos e magnéticos na frequência de 50 Hz e 60 Hz (Novembro de 2006), informa valores limites de exposição ao campo eletromagnético de 100 μT a 50 Hz e de 83,3 μT a 60 Hz.

Por outro lado a Prefeitura Municipal de São Paulo, através da Secretaria do Verde e Meio Ambiente, emitiu em 2005 a Portaria No. 80/05, na qual constam no item 8.1 e 8.2 os valores de 10 μT para instalações existentes e de 3 μT para novas instalações.

Um trabalho publicado pelo Departamento de Bioengenharia da Universidade da Pennsylvania (USA) informa que cabos de potência com capacidade de corrente entre 3000 a 4000 A, emitem 100 μT de intensidade de campo eletromagnético. - *Department of Bioengineering University of Pennsylvania – Philadelphia PA – Impacts of Eletromagnetic Fields from Major Electrical Environment Electrical Technologies- K.R. Foster and MH Repacholi.*

Portanto, exigências quanto a cálculos e/ou medições de campos magnéticos para quase que 100% das linhas de transmissão subterrâneas instaladas nas últimas décadas bem como para aquelas na fase de estudos de viabilidade ou até mesmo em fase do projeto executivo demonstra-se, em princípio, um tanto inconclusivo no momento.

De acordo com recente publicação do B1-302 (9) – Grupo de Estudo do CIGRÈ, a Prysmian Cavi e Sistemi Energia, Milão, Itália, produziu um cabo condutor cuja inovação refere-se a uma blindagem que envolve o cabo fabricado com liga metálica cujo valor de permeabilidade magnética oferece uma blindagem do campo magnético emitido, uma vez que as regiões por onde passa a rota da linha da linha de transmissão subterrânea em tensão de 380 kV com capacidade de corrente de 1600 A, exigia um valor em torno de 3 μT de intensidade de campo magnético.

Não obstante a evolução tecnológica referente ao cabo condutor salienta-se que a solução de se instalar os cabos em formação trefoil, a qual tem inerente uma condição térmica desfavorável, favoreceu a minimização do campo eletromagnético na medida em o “triângulo equilátero” que representa os vetores de mesma dimensão e sentidos opostos anula as correntes circulantes na capa externa dos cabos.

6.0 - LINHAS DE TRANSMISSÃO MISTAS: TRECHOS AÉREOS E SUBTERRÂNEOS

A sociedade não apenas por questões estéticas, mas também ambientais, tem constantemente mostrado sua preferência por linhas subterrâneas em geral, sejam quais forem às tensões de operação, média, alta ou em extra alta tensão.

Não obstante este particular, a Prefeitura Municipal de São Paulo, vem exigindo o “enterramento” de algumas instalações atualmente em linhas aéreas.

Em 2006, iniciaram-se estudos para “enterramento” de trechos de linhas aéreas de alta tensão em trechos onde as mesmas encontram-se em áreas nobres da cidade de São Paulo. Estes “enterramentos” propiciariam a criação de empreendimentos de vulto no espaço atualmente ocupado pela faixa da linha aérea de transmissão.

Ocorre que tornar subterrâneo um trecho de extensão com algo em torno de 10% da extensão total da linha aérea, não é algo tão simples como pensam os empreendedores bem como a população local. Para a concessionária de energia elétrica há que se alterar, há que se reavaliar todo o sistema de proteção da linha existente.

Segundo Tziouvaras (Sel 2005) a aplicação de linhas mistas com trechos aéreos e subterrâneos é muito comum. Porém as características elétricas de cabos subterrâneos são significativamente diferentes com relação à das linhas aéreas. A blindagem do cabo subterrâneo ou o método de aterramento dos mesmos tem um grande impacto na impedância de seqüência zero dos cabos subterrâneos. Compreender como o método de aterramento afeta as impedâncias de seqüência é fundamental para a proteção de cabos subterrâneos. A complexidade do sistema de proteção em linhas mistas necessita de recomendações.

Uma importante diferença reside no fato de que muitos usuários permitem uma alta velocidade de religamento na porção aérea da linha, porquanto a porção aérea é muito maior do que o trecho subterrâneo. (TZIOUVARAS, Sel 2005).

Outro fato importante refere-se aos casos em que a porção subterrânea encontra-se no início do sistema, próximo de uma das terminais. (TZIOUVARAS, Sel 2005).

Conforme o mesmo autor embora as características elétricas de linhas de transmissão subterrâneas em alta tensão sejam significativamente diferentes das características das linhas aéreas, pode-se adequar a proteção, especialmente com modernos reles de proteção.

Uso de reles diferenciais, de comparação de fase e esquemas direcionais de reles de comparação, (Tziouvaras, Sel 2005).

Tem sido extremamente difícil sensibilizar leigos quanto a estas considerações técnicas, bem como qual o impacto das mesmas na viabilidade técnica e econômica quanto ao projeto, instalação, manutenção e operação de sistemas mistos.

7.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar quase que com absoluta propriedade, que não houveram no passado tantas exigências como nos tempos atuais, em termos legais para se viabilizar, projetar e instalar linhas de transmissão subterrâneas em média, alta e extra alta tensão.

O lado das legislações ou jurídico, com queira, tem aspectos do bem estar do ser humano, bem como dos interesses financeiros deste ou daquele órgão público, porém não importa discutir sobre as finalidades das normas e leis, o fato é que para os projetistas torna-se imprescindível trabalhar sobre novas metodologias e tecnologias, e é claro, isto só poderá ser realizado na parceria com pesquisadores e fornecedores de cabos e equipamentos.

Torna-se extremamente importante o estudo de viabilidade executado, pois nesta fase pode-se levantar / verificar todos os enquadramentos legais e jurídicos pelos quais a linha de transmissão estará envolvida e adotarem-se metodologias e técnicas eficazes para obter-se um produto final perfeitamente adequado em suas soluções técnicas e na medida do possível de acordo com os preceitos legais.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) WEEDY, B. M, *Underground Transmission of Electric Power, Department of Electrical Engineering. The University of Southampton, John Wiley & Sons, 1979.*
- (2) PORTARIA 37/SIURB-G/2002. Prefeitura Municipal de São Paulo.
- (3) LEI No. 13.614 DE 02 DE JULHO DE 2003, Prefeitura Municipal de São Paulo.
- (4) DECRETO No. 44.755 de 18 de maio de 2004. Prefeitura Municipal de São Paulo
- (5) WORLD HEALTH ORGANIZATION WHO.
Disponível em www.who.int.com.
Acesso para consulta em 20 fev. 2007
- (6) NORMA NBR 15.415. Associação Brasileira de Normas Técnicas –ABNT –
Métodos de Medição e Níveis de Referencia para exposição a Campos Elétricos e
Magnéticos na freqüência de 50 Hz e 60 Hz (Nov. de 2006)
- (7) PORTARIA No. 80/05. Secretaria do Verde e Meio Ambiente – Prefeitura do Município de São Paulo-2005.
- (8) FOSTER, K.R.REPACHOLI, M.H. *Impacts of Eletromagnetic Fields from Major Electrical Environment Electrical Technologies.*
Disponível em www.who.int.com.
Acesso para consulta em 20 fev.2007.
- (9) RENDINA, R., POSATI, A. REBOLINI, M. BRUNO, G. TERNA-ROME; BOCCHI, F. MARELLI, M.,
ORINI,A., PRYSMIAM CAVI E SISTEMI ENERGIA, MILAN-ITALY – *The New Turbigo-Rho 380 kV Transmission Line; An Example of the use of Underground XLPE Cables in a Meshed Transmission Grid. – B1-302 – CIGRÉ 2006.*
- (10) TZIOUVARAS, D.A. *SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES. Protection of High Voltage AC Cables.*
Disponível em www.selinc.com
Acesso para consulta em 20 fev. 2007.

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Nadia Helena Gama Ribeiro de Louredo

Nascida em Itajubá, MG em 19 de novembro de 1952.

Graduação (1976) em Engenharia Elétrica: Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie – São Paulo

Empresa: LIGHT –Serviços de Eletricidade S.A. / Eletropaulo –Eletricidade de São Paulo, de 1977 a 1998.

Engenheira do Departamento de Projetos de Linhas de Transmissão.

Engenheira Consultora da EDS Engenharia e Consultoria – desde 1998

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 – desde 1997

Floograma

