



**XXI SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

**EXPERIÊNCIA CONSTRUTIVA E COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE LINHAS AÉREAS E SUBTERRÂNEAS
EM 138 KV NO DISTRITO FEDERAL**

**PINTO,P.R.V
CEB**

**LIMA,A.J.O.
AJOL ENGENHARIA**

**LEE,W.J.
PRYSMIAN**

RESUMO

A necessidade de estabelecimento dos anéis de 138 kV em Brasília aliada às limitações impostas pelos órgãos reguladores, ambientais e urbanísticos à passagem de LTA, tem estimulado o estudo da alternativa de LTS nos projetos implantados no Distrito Federal.

Este informe mostra que, ao se comparar aspectos construtivos e custos das LTA e LTS em 138 kV implantadas em Brasília chegou-se a números que podem indicar uma tendência de se adotar as LDS nas áreas urbanas.

PALAVRAS-CHAVE

Linha Subterrânea, linhas aéreas x linhas subterrâneas, custos, experiência em LD 138 kV, LTA, LTS

1.0 - INTRODUÇÃO

O setor elétrico vivenciou nos últimos 10 anos expressiva redução no custo de implantação das redes subterrâneas. No começo da década, a construção dos reticulados custava 25 vezes mais que a instalação de redes aéreas. Hoje, essa relação caiu para 2,5 vezes. Apesar disso, as redes subterrâneas ainda enfrentam uma série de entraves.

As linhas de transmissão em 138 kV também guardam uma relação alta, quando se compara com uma Linha Aérea das mesmas características. Por serem mais caras, as concessionárias de distribuição muito raramente optam por essa tecnologia quando precisam expandir sua rede de distribuição em alta tensão. Apesar de a oferta tecnológica para este setor ser muito boa tanto no Brasil quanto no exterior, ainda é preciso criar um arcabouço regulatório e normatizações específicas para esse tipo linha. Além disso, a formação de mão-de-obra para o segmento de engenharia é preocupante: dos 150 mil novos estudantes que iniciam o curso de engenharia todo ano, apenas 30 mil se formam, sendo que 7,5 mil têm formação considerada adequada. Nesse universo, somente 700 vão para área de sistemas de potência.

Na contramão desse quadro, os órgãos ambientais e de desenvolvimento urbano tem influído nas definições das características das linhas de distribuição, principalmente em áreas urbanas, por meio de exigências das mais diversas. Questões como interferência eletromagnética na vida dos habitantes, compensação ambiental mesmo em áreas antropizadas e custos de construção, manutenção e operação são freqüentemente levantadas quando se anuncia a implantação de uma linha de alta tensão em área urbana.

Em Brasília, cidade patrimônio da humanidade, há muitos anos o IPHAN proibiu a construção na área tombada de linhas aéreas e de redes de distribuição em 13,8 kV. As redes de 13,8 kV ainda têm a opção compacta, cujo custo

SQSW 306 – BLOCO B – AP 109 - SUDOESTE
70673-432– BRASÍLIA – DF - BRASIL
Tel:+556192111020
e-mail: pigceb@gmail.com;pvillela@ceb.com.br

situa-se entre o aéreo convencional e o subterrâneo. Porém, para a alta tensão em 138 kV, ainda não há um padrão compacto aéreo. Resta apenas a escolha entre as linhas aéreas e subterrâneas.

Devido à grande diferença de custo entre as duas modalidades de linhas, esse assunto tem provocado discussões e debates entre as áreas de planejamento elétrico e financeira da concessionária. No entanto, as últimas linhas construídas no Distrito Federal indicam uma tendência de aproximação entre os custos das modalidades aérea e subterrânea.

2.0 - OBJETIVO DO TRABALHO

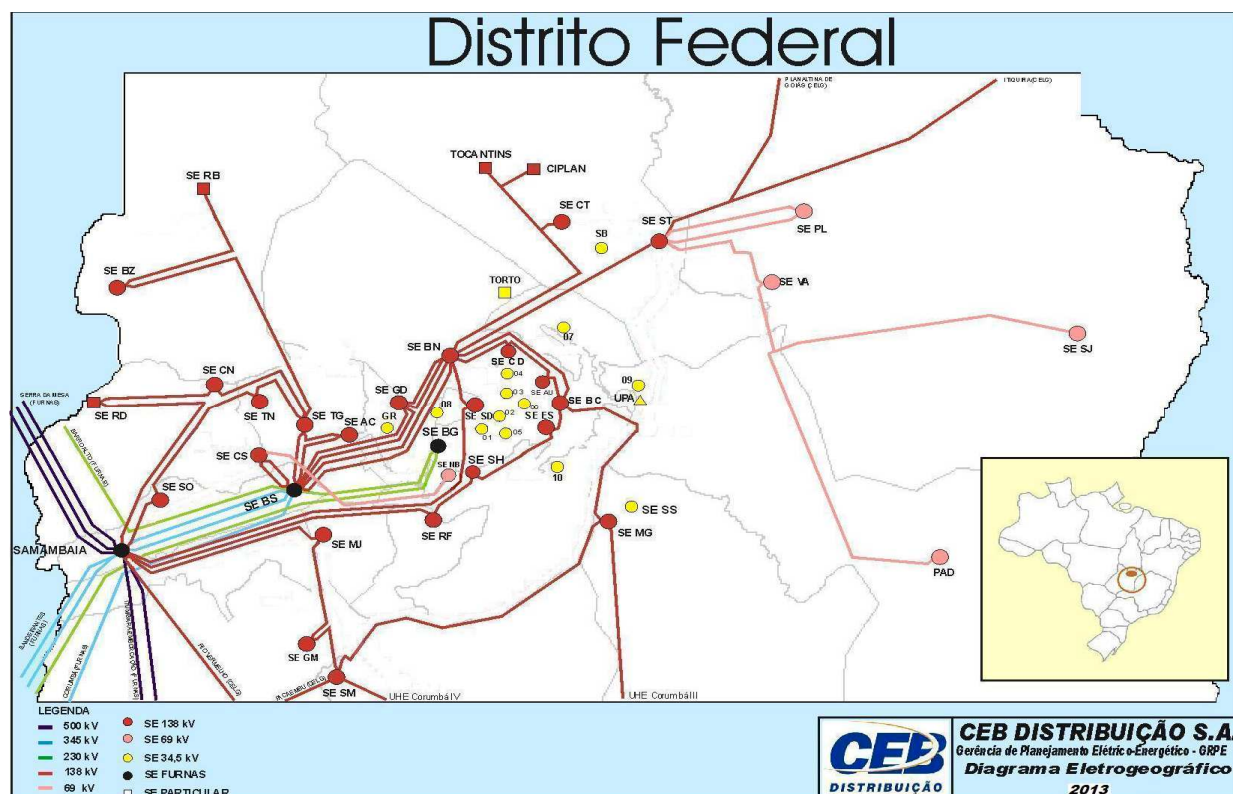
Este trabalho apresenta a experiência recente da CEB na ampliação de seu sistema elétrico por meio da construção de linhas aéreas e subterrâneas em 138 kV, com detalhamento dos custos de material, projeto, montagem eletromecânica e construção civil. Como essas linhas foram implantadas na mesma época, os valores aplicados possibilitaram a comparação dos custos atuais entre esses dois tipos de instalação.

3.0 - AS NOVAS LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO EM 138 KV DA CEB

Para melhoria da confiabilidade do sistema com muitos anos sem investimentos adequados à sua expansão, a CEB, concessionária de distribuição de energia do DF, com uma vasta malha de redes subterrâneas em 13,8 kV e 34,5 kV, se viu na obrigatoriedade de implantar suas linhas de 138 kV subterrâneas nos últimos 5 anos. Altos investimentos têm sido feitos nesses anos por meio da construção de novas subestações e linhas de distribuição em 138 kV e 69 kV, com o objetivo de atender à crescente demanda de energia e maior confiabilidade no fornecimento de energia elétrica com o fechamento dos anéis em 138 kV na área central de Brasília, cuja falta vem sendo sentida nos últimos anos pela população obrigada a conviver com apagões e desligamentos setoriais.

A figura 1 mostra o Diagrama Eletrogeográfico do DF, com destaque para o sistema de distribuição em 69 kV e 138 kV. Quatorze dessas linhas foram construídas nos últimos 5 anos, sendo que sete estão em operação e sete em fase final de construção.

FIGURA 1 – Diagrama Eletrogeográfico do DF



3.1 – Período de 2006 a 2009

- a. Em 2006, foi inaugurada a primeira Linha Subterrânea em 138 kV – 160 MVA com 4,85 km de extensão interligando a SE Brasília Centro com a SE Embaixadas Sul por meio de um circuito simples com cabo de alumínio de 630 mm², isolado em XLPE, instalado em dutos de PEAD, disposição vertical.
- b. Em 2008, outra linha em 138 kV – 160 MVA, fc=100%, com 3,2 km de extensão em circuito duplo, partindo da SE Sudoeste, interliga-se, por meio de uma subestação de transição – ver foto 1 - com um trecho aéreo de 3,485 km proveniente da SE Brasília Norte. No trecho subterrâneo foi aplicado cabo de alumínio, XLPE, 800 mm², em dutos de PEAD com disposição horizontal dos circuitos nas valas. No trecho aéreo, construído no padrão urbano, foram utilizadas 26 estruturas de concreto, todas de ancoragem para circuito simples, isoladores poliméricos nas ancoragens e line post nos jumpers, cabo condutor 795 MCM – Lilac e cabo PR HS 5/16”.
- c. Em meados de 2009 foi concluída a LD 138 kV Mangueiral x Brasília Centro, com 4,9 km subterrâneos, 1,7 km sublacustre e 14,385 km aéreos, constituindo-se em caso especial na construção de linhas urbanas, pois contém as três modalidades de linhas em implantação pelas empresas de energia.
 - c.1 - O trecho aéreo foi construído no padrão urbano (Padrão Copel), com 149 estruturas de concreto armado para circuito duplo, com instalação do 1º circuito, cabo 795 MCM – Lilac, cabo PR 3/8” e OPGW e cabo auxiliar 2/0 AWG - Quail. Este trecho interliga-se com a parte sublacustre por meio de uma subestação de transição (foto 2) situada na margem direita do lago do Paranoá.
 - c.2 – No trecho sublacustre, com 1,7 km de extensão em circuito simples, utilizou-se cabo de cobre 400 mm²-XLPE/HDPE e cabo de comunicação de fibra óptica 12 FO. Interliga-se com o trecho subterrâneo por meio de uma emenda especial na margem esquerda do lago do Paranoá, ao lado do Palácio da Alvorada, residência oficial do presidente da República.
 - c.3 – O trecho subterrâneo até a SE Brasília Centro, com 4,9 km de extensão em circuito simples, utilizou cabo de alumínio de 630 mm² – XLPE instalado em dutos de PEAD em disposição horizontal no leito de back fill (foto 3).

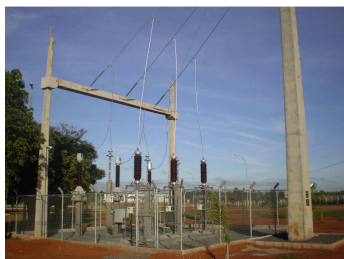


FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3

3.2 – Período de 2010 a 2013

- a. O fechamento do anel de 138 kV na SE Embaixadas Sul será efetivado com a construção da LD 138 kV Riacho Fundo x Embaixadas Sul em meados de 2012. Essa linha terá 13,5 km de extensão em circuito simples, com cabo 630 mm² e interligará as subestações Riacho Fundo, Núcleo Bandeirante, Hípica e Embaixadas Sul.
- b. Nas SEs Sudoeste e Brasília Norte o fechamento do anel se dará por meio de duas linhas aéreas em 138 kV, em construção, que interligam as subestações Samambaia 500 kV, de Furnas, ao ponto de transição aéreo/subterrâneo, nas proximidades do viaduto Ayrton Senna, onde a linha interliga-se com o trecho subterrâneo até a SE Sudoeste; desta SE segue subterrâneo até o ponto de transição na Rodoferroviária e finalmente por linha aérea até a SE Brasília Norte.
- c. Para atendimento das exigências da FIFA para a Copa 2014 serão construídas 3 linhas de 138 kV subterrâneas totalizando 7,2 km de extensão, cabo 630 mm², interligando as SEs Brasília Centro, Autarquias e Estádio Nacional.

- d. Adicionalmente ao seu programa de obras, a CEB preparou o Projeto Básico para licitação do Módulo Eletromecânico do Projeto Interbairros a ser empreendido pelo Governo do Distrito Federal, que trata da substituição de seis circuitos em 138 kV e dois em 230 kV aéreos por subterrâneos, com o objetivo de adequação urbanística. Nesse projeto serão instalados cerca de 250 km de cabos subterrâneos de alta tensão e pelo menos duas centenas de emendas e terminações.

4.0 - CUSTOS ENVOLVIDOS

Cada linha tem suas particularidades em função da potência transmitida, do tipo de estrutura suporte e do local de implantação. As linhas em 138 kV construídas recentemente em Brasília foram projetadas para transmitir 160 MVA, com fator de carga 100% e utilização do cabo 795 MCM TERN ou LILAC. As anteriores utilizavam cabo CAA 336,4 MCM – ORIOLE ou CAA 477 MCM – HAWK, com potência transmitida de 120 MVA.

Para os custos comparativos foram utilizados os valores de construções de LT Aérea em área urbana, com custos e exigências atuais. Os custos de LT Subterrâneas são das linhas atuais, todos colocados numa mesma base e para a mesma potência.

Com exceção do valor total da LDS 138 kV Riacho Fundo – Embaixadas Sul, que está em fase de licitação, os valores das outras linhas abordadas neste informe são contratuais em andamento ou encerrados.

A relação de custos surpreendeu, pois ficou bem abaixo dos valores adotados historicamente para o planejamento de linhas ou trechos aéreos e subterrâneos com cabos nu e isolados em 138 kV, respectivamente.

4.1 – Linhas Aéreas

As tabelas 1 e 2 abaixo apresentam as características físicas e custos das linhas aéreas em 138 kV implantadas no período 2006 a 2011.

As linhas 4 e 5 estão em operação e as outras, em construção, com termos previstos para o início de 2012.

Tabela 1 – Custos das Linhas Aéreas

Nº	LD 138 KV - aéreas	Serviço-ME+CC	Estruturas	Materiais	Total	Km	R\$/km	Cabo condutor	R\$/MVA*km
1	Samambaia - Riacho Fundo	4.407.528,26	4.528.421,65	3.866.267,65	12.802.217,56	23,60	542.466,85	795-Tern	1.695,21
	%	34,43	35,37	30,20				CD	
2	Santa Maria - Mangueiral	2.855.847,45	4.163.571,11	2.357.724,92	9.377.143,48	32,00	293.035,73	477-Hawk	2.441,96
	%	30,46	44,40	25,14				CD 1°	
3	Riacho Fundo - Sudoeste	4.031.168,94	4.473.297,31	1.712.379,93	10.216.846,17	15,15	674.379,29	795-Tern	4.214,87
	%	39,46	43,78	16,76				CD 1°	
4	Brasília Norte - Sudoeste	552.022,73	590.663,73	583.613,53	1.726.300,00	3,485	495.351,51	795-Lilac	3.095,95
	%	31,98	34,22	33,81				CS	
5	Mangueiral - Brasília Centro	2.783.153,36	3.281.606,85	2.889.597,46	8.954.357,67	14,39	622.478,81	795-Lilac	3.890,49
	%	31,08	36,65	32,27				CD 1°	
6	Samambaia - Samambaia Oeste	2.215.516,78	1.145.225,24	1.204.180,44	4.564.922,46	6,65	686.454,51	795-Lilac	2.145,17
	%	48,53	25,09	26,38				CD	
7	Taguatinga - Radiobrás-Ramal BZ	2.493.180,80	1.225.275,40	1.200.414,62	4.918.870,82	13,29	370.118,20	336,4-Oriole	2.056,21
	%	50,69	24,91	24,40				CD	

Tabela 2 – Características construtivas das Linhas Aéreas

Nº	LD 138 KV - aéreas	Cabo Condutor n° circuitos	Cabos PR	Nº estruturas	Tipo	R\$/estrutura
1	Samambaia - Riacho Fundo	795-Tern - CD	HS 3/8" e Petrell	119	Conc.Conv	38.053,96
2	Santa Maria - Manguelral	477-Hawk - CD 1º	HS 3/8"	133	Conc.Conv	31.305,05
3	Riacho Fundo - Sudoeste	795-Tern - CD 1º	HS 3/8" e OPGW	76	Conc.Urbano	58.859,18
4	Brasília Norte - Sudoeste	795-Lilac - CS	HS 3/8"	26	Conc.Urbano	22.717,84
5	Manguelral - Brasília Centro	795-Lilac - CD 1º	HS 5/16" e OPGW	149	Conc.Urbano	22.024,21
6	Samambaia - Samambaia Oeste	795-Lilac - CD 1º	CAA Leghorn e HS 5/16"	1	Conc.Urb+Met	18.178,18
7	Taguatinga - Radiobrás-Ramal BZ	336,4-Oríole - CD	HS 5/16"	58	Metálica TP	21.125,44

4.2 – Linhas Subterrâneas

As tabelas 3 e 4 abaixo apresentam os custos e as características físicas das linhas subterrâneas em 138 kV implantadas no período 2006 a 2011.

As linhas 11, 12 e 13 estão em operação e a linha 14, que se divide em dois trechos – o primeiro, com 4,5 km, da SE de Transição Núcleo Bandeirante até a SE Hípica, e o segundo, com 11 km, da SE Hípica até a SE Embaixadas Sul -, está em construção com término previsto para o mês de maio de 2012.

Tabela 3 – Custos de Linhas Subterrâneas

Nº	LD 138 KV - subterrâneas	Serviço ME	Serviço CC	Materiais	Total	Km	R\$/km	U\$/km	U\$/R\$
11	Brasília Centro - Embaixadas Sul	925.695,74	1.470.821,03	3.586.697,01	5.983.812,17	4,85	1.233.775,71	514.073,21	2,4
	%	15,47	24,58	59,94					2006
12	Brasília Norte - Sudoeste	1.422.711,83	2.294.806,81	7.681.275,87	11.399.934,50	6,4	1.781.239,77	809.654,44	2,2
	%	12,48	20,13	67,38					2008
13	Manguelral - Brasília Centro	1.157.632,06	1.977.101,06	6.472.171,92	9.606.905,03	5,5	1.746.710,01	793.959,09	2,2
	%	12,05	20,58	67,37					2009
14	Riacho Fundo - Embaixadas Sul	3.202.959,72	5.656.383,28	12.929.498,62	21.788.841,62	15,5	1.405.731,72	826.901,01	1,7
	%	14,7	25,96	59,34					2012

Tabela 4 – Características construtivas das Linhas Subterrâneas

Nº	LD 138 KV - subterrâneas	Nº de circuitos	Cabo isolado XLPE	Valas	Potência	Km	Km
11	Brasília Centro - Embaixadas Sul	CD - 1º INST	630 mm²	1,0m-PEAD-vertical	160 MVA	60-80%	4,85
12	Brasília Norte - Sudoeste	CD	800 mm²	1,7m-PEAD-horizontal	160 MVA	100%	6,4
13	Manguelral - Brasília Centro	CS	630 mm²	0,9m-PEAD-horizontal	160 MVA	100%	5,5
14	Riacho Fundo - Embaixadas Sul	CS	630 mm²	0,9m-PEAD-horizontal	160 MVA	100%	15,5

5.0 - ANÁLISE

5.1 – Linhas Aéreas

Históricamente, as linhas de 138 kV da CEB faziam uso do cabo CAA 477 MCM – HAWK ou CAA 336,4 MCM – ORIOLE com capacidade de transporte de 120 MVA e 90 MVA, respectivamente. Com o acentuado crescimento da demanda de energia elétrica, aliado à dificuldade de se conseguir faixas para implantação de suas linhas, a CEB, a partir de 2004, passou a fazer uso do cabo 795 MCM - TERN ou LILAC como forma de garantir corredores de potência.

Quando se compara os custos de implantação das linhas aéreas com o novo cabo – 795 MCM - vê-se que houve aumento na relação R\$/km. Basta comparar a relação R\$/km das linhas 2 e 7 com as outras.

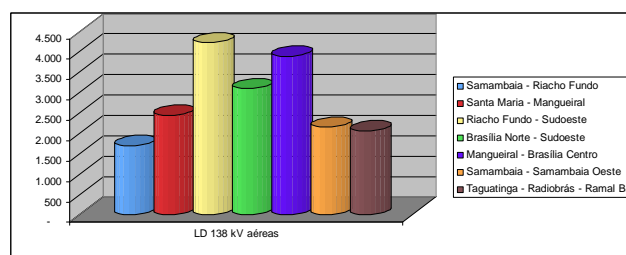
O principal fator deste aumento é o preço das estruturas, que passaram a ter um porte maior em função do maior carregamento. Isso provoca acréscimo nas estruturas e fundações e, conseqüentemente, no preço final da linha.

Porém, essa comparação é incompleta, se analisarmos a potência transportada pelas linhas. A última coluna da tabela 1 apresenta um indicador que relaciona o custo de implantação, o comprimento e a capacidade de transporte da linha construída.

Os valores mostram que as linhas construídas em circuito duplo - CD têm relação mais favorável do que aquelas em circuito simples - CS ou em CD-1° instalado, com o se pode verificar comparando o indicador nas linhas 1, 6 e 7. Logicamente, se todas fossem de mesma configuração, CD por exemplo, a comparação seria mais correta e os valores, mais reais. Não está analisado neste trabalho o custo da antecipação de investimento para que se equalizassem os valores de implantação.

A figura 3 apresenta um gráfico comparativo dos valores de R\$/MVA*km das linhas da tabela 1.

Figura 3 – Custo unitário de implantação das Linhas Aéreas



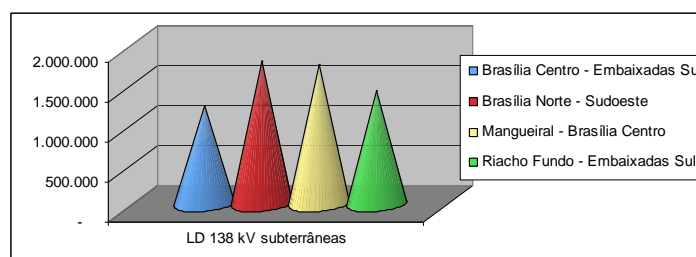
5.2 – Linhas Subterrâneas

A primeira Linha Subterrânea em 138 kV da CEB foi implantada em 2006 para alimentação da SE Embaixadas Sul, por meio da SE Brasília Centro. Em 2009 foi implantada a LD 138 kV Manguelral – Brasília Centro e em 2012 entrará em operação a LD 138 kV Riacho Fundo – Embaixadas Sul para fechamento do anel em 138 kV na região central de Brasília.

Essas 3 linhas, juntamente com a LD 138 kV Brasília Norte – Sudoeste formam o conjunto de 4 Linhas Subterrâneas implantadas nos últimos 5 anos na capital federal. Todas têm capacidade de transmissão de 160 MVA com fator de carga de 100%.

Observa-se que os custos de implantação apresentam tendência de redução em reais. Com o ajuste dos valores para o dólar de cada época, nota-se tendência de estabilização de preços, já que a diferença é pequena e situa-se entre 2% e 4%. Há que se considerar a atual queda do dólar em relação ao real, o que mascara um pouco a relação entre os valores de implantação das linhas.

Figura 4 – Custo unitário de implantação das Linhas Subterrâneas



5.2 – Linhas Aéreas x Linhas Subterrâneas

Com esse elenco de 14 linhas construídas e/ou em construção nesses últimos 5 anos, tornou-se interessante comparar o custo de implantação das linhas aéreas e subterrâneas.

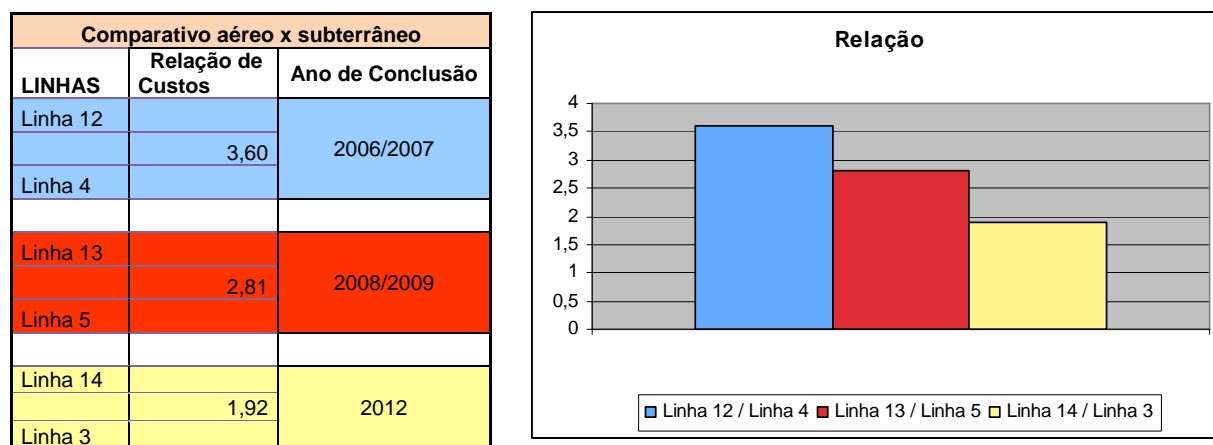
Para tanto, dividimos as linhas em três grupos com duas linhas cada, uma aérea e uma subterrânea. Pode parecer estranha a idéia, mas, ao verificarmos as datas de implantação dessas duplas de linhas, chegamos a uma conclusão interessante.

A primeira dupla compõe-se dos dois trechos da linha LD 138 kV Brasília Norte – Sudoeste, que foram construídos simultaneamente em 2008. A relação entre seus custos por km é de 3,6, conforme se ilustra na figura 4.

A segunda dupla compõe-se dos trechos aéreo e subterrâneo da linha LD 138 kV Mangueiral – Brasília Centro, que foram construídos em 2008/2009. Essa linha também teve um trecho sublacustre, cujos custos de implantação foram excluídos para efeito desta análise. A relação ficou em 2,81.

Finalmente, a terceira dupla é composta da LDA 138 kV Riacho Fundo – Sudoeste e LDS 138 kV Riacho Fundo – Embaixadas Sul, que estão em construção e com término previsto para o início de 2012. A relação está em 1,92. Lembra-se que na data de término deste trabalho somente a Linha Aérea está contratada. A Linha Subterrânea está em processo de licitação.

Figura 5 – Comparativo de custos entre linhas aéreas e subterrâneas



6.0 - CONCLUSÃO

As Linhas de Transmissão Subterrâneas são estudadas apenas na existência de exigências técnicas, sociais ou ambientais pertinentes.

A relação entre os custos, da ordem de 3 vezes, é pequena em relação ao que se esperava ou se praticava.

A baixa relação de custos entre as Linhas Subterrâneas e Aéreas e a mudança que esse fator, associado às exigências urbanísticas e sociais atuais, tem dado à construção de Linhas Subterrâneas no Distrito Federal, pode significar tendência a ser seguida por outras concessionárias ou cidades.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CEB DISTRIBUIÇÃO - Relatórios de Obras – 2006/2010
- (2) CEB DISTRIBUIÇÃO - Editais de Licitação - DIVERSOS
- (3) CEB DISTRIBUIÇÃO - Projeto Básico de implantação de linhas aéreas e subterrâneas da CEB
- (4) CEB DISTRIBUIÇÃO - PDD 2010-2013.
- (5) JORNAL ENERGIA – Junho/2010.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Paulo Roberto Vilela Pinto, ex-engenheiro da CEB Distribuição e consultor em Engenharia.

Nascido em Itanhandu-MG, em 20/10/1955, é formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá - Unifei, em julho de 1985. Conta com especialização em Matemática Superior (CEUB-1986), Gestão Empresarial (UnB-1993) e Cenários Energéticos (USP/EFEI/Unicamp-2002), foi professor de matemática e física nos cursos pré-vestibulares Anglo-Latino, Objetivo e Super Curso das cidades de Itajubá e Pouso Alegre, MG e de matemática financeira nos cursos de Administração, Economia e Turismo da UPIS, em Brasília, DF. Foi Coordenador Geral do XVI Sendi – Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, em 2004, em Brasília, membro das Comissões Técnicas do X CBE, IV CBPE e do XVII Sendi. É responsável pela edição de diversos livros de resgate histórico e criador do portal “A Mão e a Luz”, de resgate da memória da distribuição da energia elétrica no Brasil.

Aloísio José de Oliveira Lima nasceu em Bernardino Campos, SP, em 12 de janeiro de 1942. É formado em Engenharia Elétrica, modalidade Eletrotécnica, pela Escola Politécnica da USP, turma de 1966. Fez curso de Especialização em distribuição de Energia Elétrica pela Escola de Engenharia Mauá. Foi coordenador do Comitê de Estudo B1, do Cigre, por 6 anos. Foi membro do Study Committee B1- 25 para elaboração da brochura “Advanced Design of Metal Laminated Covering”. Foi Gerente de Projetos de Alta Tensão da Prysmian Energia e Sistemas do Brasil S.A. até 2007 e, a partir de 2008, passou a ser responsável técnico pela AJOL Engenharia e Assessoria Ltda.

Woong Jin Lee Woong Jin Lee nasceu em Seul, Coréia do Sul, em 14/05/1972. É formado em engenharia elétrica (mod. eletrotécnica) pela Escola de Engenharia Mauá, em dezembro de 1993. Concluiu pós-graduação (MBA) em Administração de Projetos e Conhecimento, Tecnologia e Inovação (CTI) pela Fundação Instituto de Administração em 2002 e 2003 respectivamente. Atualmente é gerente de projetos e sistemas de alta tensão da Prysmian Energia Cabos e Sistema do Brasil SA, onde atua na área de engenharia desde 1997.