XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Redes Subterrâneas de Energia: Quem deve pagar por elas?

Everton Luis Peloso e Silva	Cyro Vicente Boccuzzi
Andrade & Canellas Consultoria e Engenharia	Andrade & Canellas Consultoria e Engenharia
everton.peloso@andradecanellas.com.br	cyro@andradecanellas.com.br

Palavras-chave
Confiabilidade
Planejamento de Sistemas
Política de Investimentos
Políticas Públicas e Regulação
Redes Subterrâneas

Resumo

O trabalho apresenta os principais aspectos envolvidos na decisão de enterramento de redes de distribuição de energia, apresentando soluções para definir o montante de custos que deve ser repassado para as tarifas da concessionária, e consequentemente dos demais consumidores de energia da área de concessão não afetados pela obra em análise, utilizando-se de participação de capital privado e público para a execução das obras necessárias para o enterramento das referidas redes aéreas.

O trabalho propõe uma metodologia inovadora para acabar de vez com a infindável discussão: quem paga pelo enterramento de redes é o consumidor de energia, os contribuintes municipais como um todo, ou então apenas os cidadãos interessados, que serão beneficiados pela obra?

1. Introdução

Apesar das pesquisas apontarem pela predileção da população pelo cabeamento subterrâneo, o cabeamento aéreo ainda predomina em todo o mundo. Para se tomar a decisão do enterramento da rede aérea deve-se inicialmente avaliar as vantagens e desvantagens do referido enterramento na região em questão.

Tabela 1 – Participação de cabeamento aéreo e subterrâneo no mundo

Região	Rede Aérea (%)	Rede Subterrânea (%)
Europa	60	40
Estados Unidos	69	31
Ásia Ocidental	97	3

Fonte: Queiroz (2003)

Segundo a literatura internacional, os principais pontos a serem considerados nessa decisão são:

- Estética;
- Confiabilidade;
- Impacto sobre a vegetação;
- Risco de acidentes;
- Custo de manutenção e operação, e;
- Custo de enterramento.

Os itens acima apontados serão discorridos neste artigo, apontando os prós e contras do enterramento e a seguir será apresentada uma sugestão de como dirimir os custos aplicados às tarifas de energia elétrica.

2. Vantagens e Desvantagens do Enterramento das Redes Aéreas

Conforme apresentado anteriormente, os principais pontos a serem estudados para elencar os prós e contras para o enterramento de redes aéreas em determinadas regiões serão apresentados neste capítulo e serão resumidos na Tabela 2 ao final do capítulo.

2.1 Estética

O principal benefício do enterramento de redes aéreas é o aprimoramento estético do ambiente.
Como todos os componentes de rede, cabos, equipamentos e postes ficarão enterrados e/ou abrigados, a poluição visual diminui. A revitalização de calçadas para a circulação de pedestres utilizando-se de estudos urbanísticos de iluminação pública eficiente, replantio de árvores, desobstrução visual de fachadas e entradas de edifícios, valoriza os imóveis da avenida em que a rede fora enterrada, assim como os demais imóveis do mesmo bairro, em menor escala.
A pesquisa Ibope Opinião, realizada em São Paulo em julho de 2006, demonstra que poucos cidadãos percebem o cabeamento aéreo como poluição visual. Conforme pesquisa, apenas 4% dos 602 entrevistados da amostra realizada na cidade de São Paulo entre eleitores com mais de 16 anos de idade, consideram "*as fiações elétricas com rabiolas/fitilhos/pipas*" poluição visual. Isto é comum em grandes centros onde a percepção de outros tipos de poluição é mais evidente, como a do ar, da água e a sonora. A intensidade das preocupações de estética parece variar entre a população de grandes centros urbanos. Normalmente as regiões em que concentram pessoas com maior poder aquisitivo é onde se concentram as maiores preocupações com a estética das ruas e avenidas, pois, na maioria das vezes, estas regiões já estão consolidadas, ou seja, as demais demandas de abastecimento de água, gás e demais ações de urbanização já foram implementadas.
O principal indicativo do benefício estético proporcionado pelas redes subterrâneas é a valorização dos imóveis que se localizam nas regiões em que a rede é implantada. Conforme o Jornal do Comércio, em matéria publicada em 18/04/2007, a valorização dos imóveis da Rua Amauri, no bairro Itaim em São Paulo, decorrente do enterramento das linhas é estimada em 30%.
Cada vez mais condomínios residenciais e loteamentos de alto padrão optam por instalar cabeamento subterrâneo, a fim de melhorar a estética, qualidade de vida e padrões de ligação dentro do condomínio, valorizando os lotes a serem vendidos.
Ao redor do mundo verifica-se uma adoção seletiva do cabeamento subterrâneo, onde é implementado primordialmente nos centros históricos, cidades turísticas, centros comerciais e em condomínios residenciais de alto padrão.

2.2 Confiabilidade Elétrica

As redes com cabeamento subterrâneo são consideradas mais confiáveis das aéreas, principalmente devido à menor exposição dos circuitos a agentes externos, como: descargas atmosféricas, vendavais, quedas de árvores e acidentes de trânsito. O cabeamento subterrâneo utiliza cabos de maior qualidade e proteção, elevando a confiabilidade da rede como um todo.

A confiabilidade pode ser medida pela freqüência e a duração em que ocorre a interrupção de energia, estes indicadores são conhecidos como FEC (Freqüência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora). Sendo que a experiência internacional indica que o FEC medido em sistemas elétricos com cabeamento subterrâneo é cerca de um terço do medido em sistemas aéreos, e o DEC para os sistemas enterrados tende a ser superior aos do sistema aéreo.

Isto pelo fato de que o FEC está diretamente relacionado com os agentes externos anteriormente citados, reduzindo drasticamente este indicador. Enquanto o DEC está diretamente relacionado com a velocidade de se encontrar a causa da interrupção e restabelecer a energia. Em sistemas aéreos é mais rápido encontrar as falhas devido à inspeção visual e a ação direta na rede para mitigar a quantidade de consumidores atingidos é mais rápida e flexível do que os sistemas subterrâneos.

O sistema subterrâneo não está imune a todos os agentes externos, como é o caso de enchentes. Apesar dos equipamentos terem características compatíveis de isolação para funcionamento submerso em água, muitos resíduos e outras contaminações dessa água, levados pelas enchentes, podem entrar nas câmaras subterrâneas e provocar a diminuição da vida útil dos equipamentos. Cabe ressaltar, que nestes casos é necessário o bombeamento da água das câmaras de inspeção e passagem para depois poder realizar as manutenções necessárias, o que contribui para aumentar ainda mais a duração de eventuais interrupções.

Uma vantagem de se ter os cabos enterrados é a dificultação da execução e a conseqüente redução do número de ligações clandestinas, os chamados “gatos” de energia, devido ao mais difícil acesso às redes pelos consumidores. Em contrapartida, quando há um furto de cabos e equipamentos, cada vez mais comum nas cidades é mais difícil e demorada a percepção das ações de furto, bem como muito mais onerosa a sua reposição.

2.3 Impacto sobre a vegetação

Com o enterramento das redes há uma economia considerável na redução da freqüência de podas de árvores, tarefa necessária para evitar as interrupções de energia nas redes aéreas e evitar riscos com o rompimento de cabos.

Entretanto é necessário um planejamento ao realizar o plantio de árvores perto dos dutos e câmaras subterrâneas das redes, pois a ação das raízes das árvores também pode ser incompatível ou em longo prazo pode prejudicar as estruturas de construção civil que abriga os dutos de cabos nas grandes cidades.

Há como dirimir os problemas do crescimento das árvores das redes aéreas utilizando-se de redes compactas ou “*spacer aerial cable*”, onde os cabos possuem uma isolação e um espaço aéreo menor em comparação com as redes aéreas nuas.

2.4 Risco de acidentes

O risco de acidentes em redes aéreas é bem elevado em comparação com as redes subterrâneas. As redes aéreas estão expostas e pode haver rompimento de cabos e, por conseguinte, a eletrocussão de transeuntes. Há também o caso de eletrocussão por contato acidental de objetos estranhos a rede, como o caso de pipas, em redes aéreas nuas, sem proteção nos cabos.

Outro fato importante é o risco de acidentes de trânsito envolvendo postes da rede elétrica.

Portanto a rede subterrânea reduz a quase zero a probabilidade de acidentes com a rede devido ao contato inadvertido com a rede elétrica e acidentes de trânsito.

2.5 Custo de operação e manutenção

O enterramento da rede elétrica reduz consideravelmente os custos de operação e manutenção devido a diminuição de ocorrência de falhas, eliminação da necessidade de poda de árvores e outras ações devido a rede estar exposta às intempéries do tempo. Entretanto, a experiência internacional indica que

o custo de manutenção e operação de sistemas com cabeamento subterrâneo tende a ser maiores ao das redes aéreas, devido à maior dificuldade de identificação de falhas, dificuldade de acesso e a execução especializada dos serviços.

As equipes necessárias para a execução de serviços em redes subterrâneas necessitam de capacitação maior do que as equipes para redes aéreas. O tempo de execução dos serviços, na maioria dos casos, é maior do que os de redes aéreas. Entretanto, a freqüência das ocorrências é menor em redes subterrâneas.

Os custos de homem/hora para a execução dos serviços em redes subterrâneas são mais elevados e como a duração do serviço também é maior do que a da rede aérea, muitas vezes o resultado da equação de custo pelo tempo e quantidade de ocorrências pode ser maior do que o realizado em redes aéreas.

Portanto não se pode afirmar que o custo de operação e manutenção das redes subterrâneas são inferiores aos das redes aéreas.

2.6 Custo de enterramento

O enterramento dos cabos requer um investimento inicial mais elevado do que para uma rede aérea, sendo que a tecnologia utilizada e as características do local estão diretamente relacionadas com o incremento do custo do enterramento.

A tecnologia aplicada irá depender dos padrões de qualidade que serão aplicados à rede em questão e pode ser afetada devido a técnica de instalação escolhida, a configuração da rede e os equipamentos e cabos que serão instalados.

Os cabos poderão ser enterrados em valas, que dependendo das condições do local, podem ser colocados diretamente no solo, abrigados em conduítes ou abrigados em conduítes e protegidos por estrutura de concreto. Esta técnica é conhecida como *trenching*.

Outra técnica é o chamado *boring*, onde a perfuração subterrânea é guiada, sem a necessidade de se abrir uma vala na superfície em toda a extensão do enterramento do cabo.

A configuração da rede utilizada irá comprometer futuramente a operação e manutenção da rede, onde um investimento inicial mais caro irá proporcionar um custo de operação e manutenção menor, devido a flexibilização da operação das redes.

Há quatro padrões de redes subterrâneas:

- Rede radial com recurso de câmara transformadora: toda a infra-estrutura é enterrada, requerendo a construção de câmaras, poços de inspeção e dutos "*envelopados*".
- Rede radial com recurso em pedestal: os cabos são enterrados, mas os transformadores e quadros de emendas primárias são mantidos acima da terra em "*pedestais*".
- Rede radial somente com os transformadores em pedestal: alternativa a rede anterior, sendo que apenas os transformadores estão instalados nos "*pedestais*", as chaves são colocadas no subsolo.
- Sistema reticulado: sistema muito mais caro, mas que proporciona um sistema com grau de proteção capaz de operar em contingência 1, ou seja, não causará a interrupção do fornecimento de energia mesmo na ocorrência de falha em um dos cabos alimentadores, transformadores ou trechos da malha de baixa tensão, pois a rede reticulada possui diversos pontos alimentadores para servir os consumidores. Este sistema existiu em grande quantidade nos centros urbanos e está sendo descontinuado na maioria desses locais, devido aos elevados custos e possibilidades de automação, que não existiam no passado quando foram concebidos.

Os cabos utilizados são mais caros do que os utilizados em redes aéreas, devido ao grau de proteção elevado necessário para a operação e em caso de enchentes, e precisam ser blindados para garantir segurança e confinar o campo elétrico.

As características do local também influenciam os custos de instalação da rede subterrânea, como o tipo de terreno, a topologia e a densidade de consumo.
O tipo de terreno em que será enterrada a rede vai determinar o custo de escavação, enquanto que a topologia do terreno vai indicar a existência de obstáculos naturais o que poderá dificultar a construção da rede.
A densidade de consumo irá implicar no tipo de cabo e a área necessária do conduíte, pois após a implantação a troca do referido cabo devido a um aumento da demanda da região poderá implicar em custos elevados. Além disso, bancos de dutos com vários conduítes impõem limitações de corrente aos cabos, dependendo do arranjo destes nos dutos.
O custo de mão-de-obra para a instalação da rede também é superior ao da instalação de redes aéreas, devido à capacitação necessária destas equipes ser diferenciada.
Em alguns locais podem existir entraves legais, ou seja, alvarás ou licenças ambientais necessárias para o enterramento da rede no subsolo.
Quando do enterramento das redes elétricas aéreas, também será necessário o enterramento das demais redes que hoje compartilham as estruturas dos postes, como as redes de TV a cabo, fibras ópticas, telefonia. Isto requer coordenação eficiente entre as diversas companhias interessadas no enterramento dos cabos.
Em determinados locais há restrição de horário de trabalho, devido a emissão de ruídos, tráfego de veículos na área a se executar as obras, proteções extras para garantir a segurança dos trabalhadores nas obras e dos transeuntes próximo das obras.
Todos estes pontos enumerados devem ser muito bem estudados e coordenados para se evitar gastos desnecessários para a execução da obra e minimizar os custos de instalação das redes, encontrando o ponto ótimo entre o tipo de cabo instalado e o crescimento da demanda da região, evitando sub ou super dimensionamentos da rede acarretando no primeiro caso custos em trocas de cabos antes do necessário, ou no segundo caso custos iniciais desnecessários.
Por esse motivo, sugere-se o enterramento de redes aéreas existentes em locais onde a ocupação da área esteja consolidada, ou seja, que o planejamento de ocupação da área urbana já se encontre de acordo com as diretrizes urbanísticas para aquela dada região. Por exemplo: centros históricos e comerciais, bairros residenciais tombados, ou seja, locais onde não há planos e nem possibilidade de modificações substanciais na curva de carga dos consumidores das referidas redes.
A experiência internacional diz que o custo do cabeamento subterrâneo é entre 11 a 15 vezes maior do que o cabeamento aéreo, mas desenvolvimentos recentes têm viabilizado projetos na cidade de São Paulo da ordem de quatro a sete vezes o custo da rede aérea, simplesmente considerando-se a infra-estrutura elétrica e sem a parte dos outros ocupantes dos postes.

2.7 Tabela comparativa entre redes

A Tabela 2 representa um resumo do que foi apresentado neste capítulo, realizando a comparação entre redes aéreas convencionais e redes subterrâneas.
Estes pontos deverão sempre ser estudados para se determinar a real necessidade do enterramento da rede aérea.

Tabela 2 – Comparações entre redes aéreas convencionais e redes subterrâneas

Características	Rede Aérea Convencional	Rede Subterrânea
Confiabilidade	Baixa	Alta
Segurança	Baixa	Alta
Interferência com arborização	Alta	Nenhuma
Complexidade	Baixa	Alta
Resistência a descargas atmosféricas	Baixa	Alta

Localização de falhas	Fácil	Difícil
Campo elétrico	Aberto	Confinado
Campo Magnético	Médio	Baixo
Investimento inicial	Baixo	Alto

Fonte: Queiroz (2003)

3. Soluções econômicas para a viabilização do enterramento das redes elétricas

Após os estudos e a conclusão de que é necessário o enterramento de redes elétricas em determinadas regiões da cidade, seja para atender às exigências regulamentares de qualidade e serviço, ou para atender à demanda dos consumidores por áreas urbanística e esteticamente revitalizadas, ainda resta a necessidade de definir a responsabilidade pela questão econômica envolvida.

No decorrer deste artigo, concluiu-se que os custos iniciais são muito mais elevados para a implantação de redes subterrâneas, comparativamente às aéreas.

A legislação do setor elétrico existente impõe que todo investimento prudente é repassado às tarifas da área de concessão para todos os consumidores, não podendo consumidores classificados na mesma classe de consumo possuir tarifas diferenciadas, ou seja, os custos das redes subterrâneas executadas pela concessionária de energia serão diluídos na tarifa de todos os consumidores da área de concessão, onerando as tarifas de todos os consumidores, inclusive daqueles que não se beneficiaram diretamente pelo custo do enterramento da referida rede.

Em concessionárias com grandes áreas de concessão e maiores quantidades de consumidores estes custos são diluídos ao ponto de não serem tão perceptíveis. Entretanto, para áreas de concessão menores, quanto maior o enterramento de redes, maior a contribuição para o incremento da tarifa de energia para todos os consumidores.

Cada vez mais consumidores de áreas nobres, centrais e comerciais dos grandes centros urbanos do país querem ter ruas e bairros com redes enterradas com a justificativa de redução da poluição visual, melhoria da qualidade de vida ao se revitalizar calçadas e passeios públicos, melhorando o acesso às áreas comerciais (atualmente os postes concorrem com os transeuntes em calçadas públicas). Além do fato da valorização imobiliária da região em que foram enterradas as redes.

Estes consumidores querem que a empresa de serviço público arque com os custos de enterramento das referidas redes. Entretanto, moradores de outras áreas, que não dependem dessa rede, não desejam pagar por ela, pois o benefício da valoração imobiliária não os atingirá.

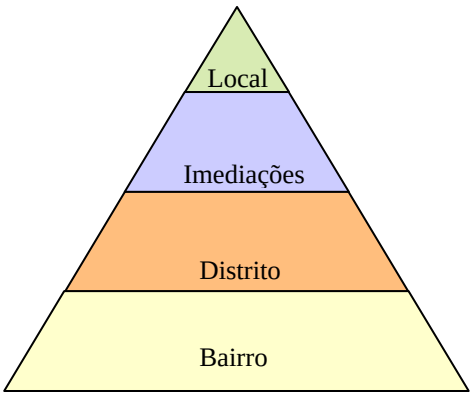
As prefeituras normalmente não querem arcar com os custos de enterramento das linhas, por desconsiderarem a possibilidade de retorno desse investimento pela valorização dos imóveis e pelo correspondente acréscimo de impostos (IPTU) referente a atualização dos valores venais dos imóveis que serão beneficiados com a valorização imobiliária da região.

A implantação de rede subterrânea normalmente implica em valorização dos imóveis na área atendida pela mesma. Para efeito ilustrativo pode ser citado que a reurbanização da Rua Amauri, que considerou a conversão da rede de energia para subterrânea, implicou em um acréscimo de 40% nos valores dos imóveis (declaração de José Auriemo Neto, presidente executivo da JHSF – Folha de São Paulo de 08/07/2005). Os beneficiários diretos da valorização dos imóveis são os clientes enquanto que a prefeitura provavelmente terá benefícios indiretos decorrentes de aumentos do IPTU.

Nossa proposta é que todos paguem dentro de um mecanismo de financiamento que torne viável tais projetos em maior escala, visando atender aos anseios das comunidades.

Os clientes mais próximos, que serão mais beneficiados, pagam mais pela obra, que os mais distantes. Mas os clientes do mesmo bairro também vão pagar, desde que a obra e seus custos seja aprovada por 70% da comunidade afetada. É possível viabilizar financiamento na modalidade de "*project finance*" para a execução da obra, tendo como garantia uma pré definida e legitimada fórmula de aumento do IPTU nos próximos 20 anos, dos imóveis beneficiados pela obra.

Figura 1 – exemplo de escala de contribuição proporcional ao benefício pela obra de enterramento



A concessionária incorporaria os ativos como obrigações especiais não inferindo na tarifa de energia elétrica. Apenas o acréscimo dos custos operacionais estaria sendo pago por todos os consumidores da área de concessão.

A prefeitura e o órgão financiador, que poderia ser o BNDES, deverão firmar acordos para o repasse da arrecadação do IPTU após a valorização dos imóveis atingidos pela obra.

A participação dos custos bancada pelos consumidores, no caso das demandas para o enterramento das redes partirem de exigências dos mesmos, seguindo critérios definidos de acordo com a abrangência do benefício do enterramento das redes para determinada rua, avenida, imediações, distrito e bairro.

Ao se enterrar as redes em uma determinada rua ou avenida, os imóveis que estão situados ao longo dela serão os mais beneficiados e valorizados. As imediações, pode-se sugerir como sendo os quarteirões em que a rua se encontra, também se beneficiarão com a valorização imobiliária, mas em menor escala. O distrito e o bairro se beneficiarão por possuírem um passeio público diferenciado que atrairá mais consumidores e maior qualidade de vida à região, com projetos urbanísticos diferenciados, com estudos de arborização e iluminação pública eficientes direcionados à valorização do bem estar do pedestre, por exemplo, melhorando os acessos para deficientes físicos.

A Tabela 3 é um exemplo de como poderia ser aplicada a divisão do pagamento pela obra.

Tabela 3 – Proposta do financiamento da obra para o enterramento das redes

Área Beneficiada	Número de Clientes	% Obra	% Aprovação	Custo da obra (R$ MM)	Custo / Cliente (R$)	Custo Anual / Cliente (R$)
Local	100	30	70	4,5	45 mil	4.500,00
Imediações	500	30	60	4,5	9 mil	900,00
Distrito	1.000	20	51	3	3 mil	300,00
Bairro	10.000	20	51	3	300	30,00

4. Conclusões

As redes subterrâneas apresentam diversas vantagens em relação às redes aéreas convencionais, mas por possuir mais alto custo, ainda tem aplicação restrita, mesmo em outros continentes, demandando estudos prévio da ocupação da região onde será implantada e normalmente contando com a contribuição econômica dos consumidores que serão beneficiados.

Normalmente os grandes centros urbanos optam pelo enterramento de redes aéreas em áreas comerciais e regiões onde a ocupação do solo já está consolidada, e em áreas turísticas, a fim de aprimorar a estética urbanística e melhorar a qualidade do serviço prestado.

Entretanto, quando é a concessionária de energia elétrica que opta pelo enterramento destas redes, o custo envolvido é repassado a todos os consumidores da área de sua área de concessão, onerando também consumidores que não tiveram benefício algum quanto ao enterramento das redes envolvidas.
A metodologia apresentada, que ainda carece de estudos de maior detalhamento e reprodutibilidade no quesito de valorização imobiliária esperada, é que os consumidores diretamente envolvidos no enterramento destas redes arquem com os custos envolvidos, na medida em que seus imóveis serão valorizados, sendo elegíveis a um incremento nos IPTU.
Este incremento de receita, após aprovação do projeto por mais de 70% da população beneficiada, seria oferecido como garantia de um "*project finance*" para a implantação do sistema subterrâneo naquela região, por um período de 20 anos. Esta aprovação prévia garantiria tanto a necessidade do projeto, do ponto de vista da população envolvida, como a legitimidade da cobrança do imposto incremental. Para isto, é necessária a previsão deste mecanismo de financiamento em lei.
Esta metodologia vem disciplinar adequadamente uma questão ainda em aberto, que promove a cada necessidade uma desgastante batalha entre concessionárias e seus clientes, interessados em redes subterrâneas.

5. Referências bibliográficas e/ou bibliografia

BOCCUZZI, C.V. Implantação de redes subterrâneas em condomínio residencial. Revista Eletricidade Moderna 25(275)1997, p. 90-100.

Bruxelles, Council of European Energy Regulators. Third Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply – 2005 (Electricity Working Group – Quality of Supply Task Force).

California, Truckee. CVO Electrical Systems (2006). Undergrounding Feasibility Study for Tahoe Donner. Association Truckee. Tahoe Donner Association.

Dorling, D. WorldMapper Project Dataset 194: Housing Prices (www.worldmapper.org). Sheffield, UK: Social and Spatial Inequalities Group (SASI), University of Sheffield. 2006

Florida Public Service Commission. Preliminary Analysis of Placing Investor-Owned Electric Utility Transmission and Distribution Facilities Underground. Tallahassee: Florida Public Service Commission. 2005.

Gouvea, M.; E. Belvedere; P. Mascigrande; D. Brisighelo; J. Oliveira. Sistema híbrido de distribuição de energia subterrânea. Revista Eletricidade Moderna 373(05) 2005. p: 224-37.

InfraSource Technology. Undergrounding Assessment Phase 1 Final Report: Literature Review and Analysis of Electric Distribution overhead to underground conversion. Tallahassee: Florida Public Service Commission. 2007

Johnson, B. Out of Sight, Out of Mind? (A study of the costs and benefits of undergrounding overhead power lines). Washington: Edison Electric Institute. 2006

Maryland Selective Undergrounding Working Group. Report to the Public Service Commission of Maryland on the Selective Undergrounding of Electric Transmission and Distribution Plant. Baltimore: Public Service Commission of Maryland. 2000

Navigant Consulting. A Review of Electric Utility Undergrounding Policies and Practices. Westbury, NY: Navigant Consulting. 2005

North Carolina Utilities Commission. The Feasibility of Placing Electric Distribution Facilities Underground. Raleigh: North Carolina Utilities Commission.2003

Scientech. Utility Undergrounding Programs. Scientech May 2001.

Veja (02/05/07). Veja São Paulo 40(17): 16. São Paulo: Editora Abril.

Velasco, G.; A Pereira Lima; e H. Couto. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. Sociedade de Investigações Florestais 30(4). p: 679-86 (Viçosa, Minas Gerais). 2006.

Virginia State Corporation Commission. Placement of Utility Distribution Lines Underground (Report to the Governor and the General Assembly of Virginia). Richmond: Commonwealth of Virginia. 2005.