



## XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

### Redes Subterrâneas em Cidades Históricas – Soluções para Redução de Custos

<b>Roberto Carlos de Souza</b>	<b>Mário Lúcio Sales Brito</b>
<b>Cemig Distribuição S.A.</b>	<b>Cemig Distribuição S.A.</b>
<b>rcds@cemig.com.br</b>	<b>mbrito@cemig.com.br</b>

#### **PALAVRAS CHAVE:**

Redes Subterrâneas  
Cidades Históricas  
Rede Subterrânea Mergulhada

#### **1. RESUMO**

A CEMIG com sua ampla experiência em redes subterrâneas incluindo as aplicadas a cidades históricas como, por exemplo, Ouro Preto, São João Del Rei, Tiradentes, Sabará, Santa Luzia, etc, recebeu uma importante demanda da “Associação das Cidades Históricas de Minas Gerais” de elaborar 33 projetos para 33 cidades históricas de Minas Gerais. A CEMIG elaborou estudos e treinamentos onde foram definidos critérios cujo resultando foram projetos padronizados de uma Rede Subterrânea Mergulhada (RSM), que atenderam plenamente a solicitação, inclusive na questão de redução do custo construção.

#### **2. INTRODUÇÃO**

Um dos maiores entraves para a larga utilização das redes subterrâneas é o elevado custo de construção. Para contornarmos este problema devemos passar a projetar modelos de redes com configurações e equipamentos que atendam as exigências do local, mantendo a alta confiabilidade e segurança que lhes são características. O custo final da obra é diretamente proporcional a complexidade da rede a ser projetada.

Nas cidades históricas, o apelo principal é a retirada das redes aéreas, que causam um impacto moderno às construções históricas, substituindo-as por redes subterrâneas com configurações o mais simples possível, com instalação de equipamentos, os mais avançados, quando necessário, e lampiões coloniais em postes ou volutas (suporte de parede) alusivos à época.

A rede subterrânea é padrão para o fornecimento de energia elétrica em praças, travessias sob viadutos, travessias sob rodovias, proximidade de aeroportos, condomínios, cidades históricas, locais com alta densidade de carga, locais onde a interferência da rede elétrica aérea não é aceitável por estar bloqueando fachadas arquitetonicamente planejadas.

Podemos separar as modalidades de redes subterrâneas em quatro tipos básicos:

- Mergulhada;
- Radial;
- Dupla alimentação;
- Reticulada (NetWork).

Todas as modalidades são aplicáveis, de acordo com o local e os objetivos pretendidos.

No caso das cidades históricas a melhor modalidade de rede para atender plenamente o objetivo de eliminar toda e qualquer interferência da rede aérea nas ruas e fachadas, que desvirtuam o foco histórico do local, além de minimizar o custo de sua construção é a rede subterrânea mergulhada onde, com sua instalação, é eliminado o impacto moderno da eletricidade.



Figura 1- Ouro Preto



Figura 2- Diamantina

### 3. DESENVOLVIMENTO

A Cemig elaborou 33 projetos elétricos e civis de Rede de Distribuição Subterrânea para a “Associação das Cidades Históricas de Minas Gerais”.

Tabela 1- Cidades contempladas com o projeto de rede subterrânea com seu respectivo km linear de rede projetada.

<b>Cidade</b>	<b>Km de rede</b>
Baependi	0,940
Barão de Cocais	5,140
Bom Jesus do Amparo	0,572
Caeté	1,902
Campanha	1,990
Cataguases	0,483
Catas Altas	0,802
Chapada do Norte	1,807
Conceição do Mato Dentro	4,237
Congonhas	1,067
Diamantina	8,890
Diogo de Vasconcelos	0,234
Estrela do Sul	2,802

<b>CIDADE</b>	<b>km de rede</b>
Grão Mogol	1,413
Itabira	5,145
Itabirito	1,424
Itapecerica	3,220
Januária	1,914
Mariana	1,076
Minas Novas	6,163
Nova Era	0,700
Ouro Branco	0,093
Ouro Preto	1,196
Paracatu	2,525
Pitangui	5,950
Prados	0,285
Sabará	12,037
Santa Bárbara	2,170
Santa Luzia	1,300
São Gonçalo do Rio Abaixo	1,480
São Thomé das Letras	1,530
Serro	7,460
Tiradentes	0,640
<b>TOTAL</b>	<b>88,587</b>

Visando viabilizar a implantação da rede subterrânea nas cidades históricas, foi elaborado um estudo para redução dos custos de construção da rede com a definição dos critérios básicos para a elaboração dos projetos.

Os projetos são segmentados em blocos para possibilitar às prefeituras viabilizar a construção adequando-a aos recursos destinados para este fim.

A modalidade de rede a ser projetada deve ser a mais simples, com o menor custo de implantação (Rede Subterrânea Mergulhada na baixa tensão). Para isso a área a ser construída deveria ser subdividida projetando um transformador no poste mais próximo ao seu limite e ao centro de carga, mergulhando circuito(s) de baixa tensão para atendê-la. O tamanho destes circuitos esta limitado ao percentual de queda de tensão.

Caso existam circuitos de média tensão, eles deverão ser redirecionados, quando possível, para fora da área a ser instalada a rede subterrânea. Quando não for possível projetar a rede subterrânea mergulhada em baixa tensão por não ter como retirar os circuitos de média tensão ou acontecer um percentual de queda de tensão alto (acima de 5%) a modalidade de rede a ser projetada passaria a ser uma Rede Subterrânea Mergulhada em alta tensão.

Os consumidores atendidos em média tensão poderão optar em continuar com o mesmo atendimento através de um ramal de média tensão mergulhada ou passarem a ser atendidos através de ramais de baixa tensão.

Se apenas não for possível redirecionar a média tensão, ela deverá ser mergulhada e aflorada no menor encaminhamento possível, mantendo o atendimento da rede com o mergulho em baixa tensão.

Não sendo possível atender ao percentual de queda de tensão deverá ser projetado o transformador tipo pedestal com óleo isolante vegetal cujas características podemos destacar:

- Fluido dielétrico resistente ao fogo à base de éster natural.
- Alto ponto de fulgor (330°C) e combustão (360°C).
- Reciclável e facilmente descartável (biodegradável).
- Proporciona aumento da vida útil do transformador pela baixa agressão aos seus componentes.

Nas cidades atendidas por rede aérea de média tensão monofásica deverá ser utilizado o transformador tipo pedestal monofásico conseguindo os seguintes ganhos:

- Deixar de reforçar a rede aérea por ter que atender a um transformador trifásico.
- Redução do custo do transformador tipo pedestal.
- Redução do custo elétrico da obra, referente aos cabos e acessórios de média tensão.



Figura 3- Transformador Pedestal

O QDP (Quadro de Distribuição Pedestal) deverá ser utilizado quando for projetado dois ou mais circuitos de baixa tensão na saída do transformador.

Os dutos e caixas deverão ser dimensionados tendo em vista a largura das calçadas, procurando minimizar a interferência nas pistas de rolamento, devido ao grau de dificuldade na recomposição, o que encarece a obra.

Na iluminação pública deverão ser utilizados postes, lampiões coloniais e lâmpadas vapor metálico, aprovados pelo IPHAN.



Figura 4- Lampião colonial instalado com voluta reta

Os projetos deverão ser elaborados utilização a plataforma CAD (AutoCad ou MicroStation). Para viabilizar a capacitação dos técnicos de projeto foi montado um curso de projetos de redes de Distribuição subterrâneas na EFAP “Escola de Formação e Aperfeiçoamento Profissional” da CEMIG em Sete Lagoas.

Comparando os custos médios das modalidades de Rede Subterrânea com a Rede Aérea Protegida, padrão mínimo para novas construções de rede aérea em área urbana na CEMIG:

Tabela 2- Tipos de redes com seus respectivos custos médio de construção.

<b>TIPO DE REDE</b>	<b>CUSTO / km DE REDE</b>
Aérea protegida	R\$ 110.000,00
Subterrânea mergulha	R\$ 420.000,00
Subterrânea radial	R\$ 600.000,00
Subterrânea dupla alimentação	R\$ 720.000,00
Subterrânea reticulada	R\$ 990.000,00

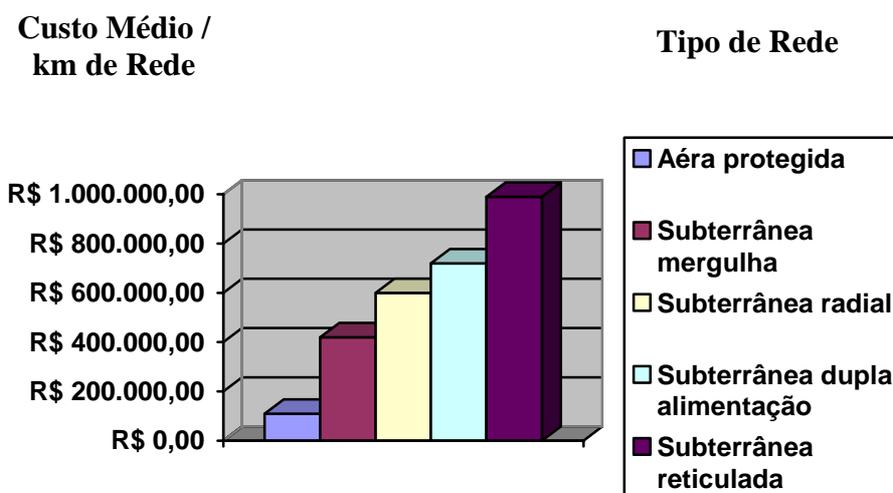


Figura 5- Gráfico comparativo das redes subterrâneas com a rede aérea protegida.

Analisando a tabela e o gráfico, verificamos que o custo da rede subterrânea mergulhada é aproximadamente quatro vezes o custo da rede aérea protegida o que a torna bastante atraente se compararmos a mesma rede protegida com as redes subterrâneas radial, dupla alimentação e reticulada, que são aproximadamente 5, 7 e 9 vezes respectivamente.

#### **4. CONCLUSÃO**

A rede subterrânea mergulhada é a melhor opção para o atendimento às cidades históricas, cujas vantagens podemos destacar:

- Maior confiabilidade do sistema elétrico.
- Redução significativa das interferências externas.
- Menor custo implantação e manutenção comparada às outras modalidades de rede subterrânea.
- Aumento da segurança da população através da evolução tecnológica de seus equipamentos e instalações.
- Maior segurança e valorização do patrimônio histórico.

O resultado do processo é um projeto onde a rede subterrânea a ser construída terá a configuração o mais simples possível, utilizando as melhores tecnologias disponíveis, com o custo de construção otimizado, atendendo plenamente ao apelo histórico.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

- 01000-RH/FA-39b - Introdução a Projetos de Redes de Distribuição – EFAP – CEMIG.
- Norma de Distribuição 2.3 (ND-2.3) – Instalações Básicas de Redes de Distribuição Subterrâneas – CEMIG.
- 02.111-EG/PR-17b – Transformador Pedestal 15 kv e 24,2 kv – CEMIG.
- 02.111-ED/CE-060a – Quadro de Distribuição Pedestal – QDP – RDS – 06/1kv Especificação Técnica CEMIG.
- 02.118-CEMIG-575a – Luminária Lâmpião Colonial – CEMIG.
- 02.111-DT/ED-244c – Poste para Luminária Tipo Lâmpião Colonial – CEMIG.