



Grupo de Estudo de Sistemas de Distribuição-GDI

Desenvolvimento e Aplicação do Cabo Coberto Dupla Camada nas Redes Compactas da CEMIG D: Gestão eficiente do ativo - CAPEX/OPEX

**EDMILSON JOSE DIAS(1); WILLIAM ALVES DE SOUZA(2); FABIO LELIS DOS SANTOS(3);
Cemig D(1);Cemig D(2);Cemig D(3);**

RESUMO

O presente trabalho apresenta o projeto de implantação e padronização do cabo coberto dupla camada nas redes de distribuição compactas de energia em média tensão da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG D). Com o importante crescimento e expansão desta rede em áreas urbanas, necessidade crescente de diminuição dos impactos ambientais, melhora constante de desempenho operacional e atendimento dos índices de continuidades do órgão regulador, a padronização do novo cabo trará ganhos para a concessionária e sociedade. A partir de experiências em campo e laboratórios, o projeto de implantação alcançou os objetivos propostos para a padronização, minimizando o número de ocorrências no sistema elétrico que impactam na qualidade do fornecimento de energia, imagem da empresa, bem como aumentando a eficiência dos ativos correlacionados.

PALAVRAS-CHAVE

Cabo Coberto, Dupla Camada, Rede Compacta

1.0 - INTRODUÇÃO

O objetivo primordial na aplicação de novas tecnologias em ativos de redes de distribuição pela concessionária de energia elétrica é garantir, através da alocação ótima de recursos em soluções de engenharia, a eficiência operacional da distribuidora através da redução de custos operacionais sob observação de requisitos mínimos de qualidade de serviço. As ações eficientes de engenharia afetam positivamente a condição dos ativos da rede de distribuição, reduzindo assim a probabilidade de ocorrência e/ou o tempo de restabelecimento de energia, resultando em uma maior disponibilidade de fornecimento de energia elétrica. Assim, o resultado da renovação e/ou inovação tecnológica do ativo, deverá ser a constante melhoria de desempenho, aliado com resultados dos investimentos da manutenção, o que vai reduzir a exposição da distribuidora aos riscos financeiros associados à ocorrência de contingências, a um custo satisfatório da implementação das soluções de engenharia. Neste contexto, as soluções tecnológicas oferecem suporte à gestão de ativos para o planejamento dos investimentos em manutenção, tanto a longo prazo (através de projetos pilotos de aperfeiçoamento tecnológico) como a curto prazo (através de soluções imediatas in loco através de seleção de alvos). Baseado nestes conceitos, o trabalho a seguir visa apresentar o projeto de padronização do cabo coberto dupla camada nas redes compactas de distribuição de energia em média tensão (13,8 KV) da CEMIG D, através de ações de pesquisa, laboratórios e pilotos em campo, bem como explanar todo o histórico, desenvolvimento e desempenho atual das redes compactas de energia. Os projetos pilotos propostos e realizados comprovaram o sucesso do projeto, norteando a empresa para um novo patamar de tecnologia a ser utilizada nas suas redes de distribuição compactas

2.0 - A REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE MEDIA TENSÃO COMPACTA COM CABO COBERTO

2.1 Histórico e critérios de utilização na CEMIG D

A partir de 1950, um engenheiro americano chamado Bill Hendrix da empresa Hendrix W&C iniciou o desenvolvimento da rede compacta com os condutores instalados em espaçadores, topologia denominada de "spacer cable". A idéia era de controlar o campo elétrico pelo uso de acessórios não metálicos e feitos com a mesma base polimérica que o cabo protegido, ou seja, com a mesma constante dielétrica. Com isso, o agrupamento dos condutores em um espaçador polimérico exigiria maiores cuidados com as condições de isolamento elétrico entre os condutores fases e o mensageiro. Desta forma, seria possível evitar rupturas no isolamento do conjunto. Além disso, o novo sistema teria compactação próxima à encontrada nas redes isoladas, resultando em uma redução da impedância característica do sistema, além de possibilitar a utilização de vários circuitos na mesma posteação, aumentando o nível de desempenho, qualidade e segurança do sistema de distribuição aéreo. No Brasil, devido à grande influência dos fabricantes de equipamentos, a demanda por expansão do sistema elétrico e a necessidade de redução nos custos de implantação, adotou, como em vários outros países ao redor do mundo, as redes de distribuição aéreas convencionais como padrão. O desempenho não satisfatório das redes convencionais devido à elevada taxa de falha no fornecimento de energia, baixo nível de qualidade de fornecimento, elevado impacto ambiental e crescente custo operacional deste sistema motivou o desenvolvimento das redes aéreas compactas no Brasil, no passado conhecidas como redes protegidas com tecnologia mais moderna.

Em 1988, as concessionárias CEMIG, COPEL e Eletropaulo desenvolveram um trabalho conjunto de pesquisa para o uso de cabos cobertos em redes aéreas de 13,8 kV com topologias convencionais. Inicialmente, a pesquisa considerou a utilização de cabos de alumínio cobertos com polietileno em substituição aos cabos de alumínio nus, mantendo-se a topologia convencional com uso de cruzetas e isoladores de porcelana. O objetivo principal do trabalho era testar em campo a eficiência dos cabos cobertos aos contatos eventuais com galhos de árvores, objetos na rede e ainda ambientes com poluição. A experiência mostrou que os cabos cobertos atendiam aos requisitos mínimos de aplicação em áreas urbanas. Outro evento impulsionador para o desenvolvimento das redes compactas no Brasil ocorreu ao longo da década de 90, com o crescimento das pressões da sociedade e poder público contra a poda agressiva de árvores e a necessidade de maior confiabilidade, qualidade e segurança dos sistemas elétricos de distribuição. Neste cenário, as concessionárias brasileiras iniciaram uma pesquisa mais efetiva referente à implantação das redes aéreas compactas.

Finalmente em 1998, após vários testes realizados em laboratório e em campo com estes propósitos, o uso da rede distribuição compacta, que consiste no uso de cabos protegidos instalados em espaçadores poliméricos, foi definitivamente padronizado na CEMIG D em extensões e reformas de redes urbanas nas bitolas de 50 e 150 mm², tensões 15 e 25 KV, e hoje também é largamente utilizado na maioria das concessionárias brasileiras, substituindo gradativamente a rede convencional (nuas). Dentre as vantagens da utilização desse padrão de rede, destacam-se:

- A redução das áreas de poda de árvores em conflito com as redes elétricas;
- Diminuição dos números de interrupções de fornecimento de energia elétrica;
- Custo de implantação inferior as redes
- Melhor otimização e compactação do circuito, melhorando aspecto visual e espacial da rede.

Ao longo dos anos, a implantação do cabo coberto na CEMIG D vem crescendo quase que exponencialmente principalmente em área urbana, alcançando hoje aproximadamente 13.000 km, o que corresponde a 52% dos 37.700 km de redes de distribuição de media tensão urbana da concessionária. Com a substituição gradual ao longo dos anos das redes primárias convencionais (nuas) pelas compactas, a projeção para os próximos 8 anos é possuímos mais circuitos com redes protegidas no sistema elétrico urbano da CEMIG.

2.2 Características gerais da rede compacta

A rede compacta é constituída basicamente de cabos cobertos, cabo mensageiro, espaçadores losangulares, isoladores poliméricos e laços de amarração. Estes 3 últimos acessórios são constituídos basicamente de material polimérico com isolação termoplástica HDPE (polietileno de alta densidade), cujas propriedades

mecânicas, elétricas e químicas, fornecem a estes componentes dentre outros aspectos, resistência a tração/impacto, rigidez

dielétrica, permeabilidade e estabilidade química, os quais garantem a compatibilização elétrica com o cabo coberto e bom desempenho de todo o conjunto. O cabo coberto é dotado de cobertura protetora extrudada de material polimérico (XLPE), visando à redução da corrente de fuga em caso de contato acidental do cabo com objetos aterrados e diminuição do espaçamento entre condutores, ver Figura 1:

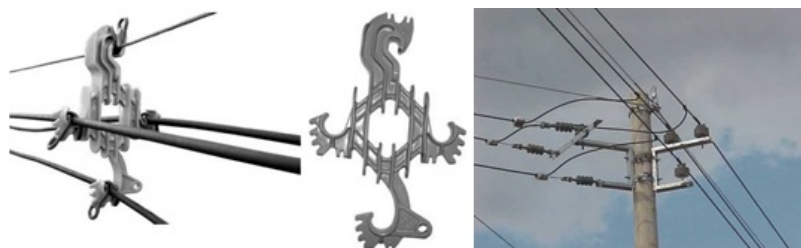


FIGURA 1 – Rede compacta de média tensão com cabo coberto e acessórios

Atualmente os polímeros que compõe a rede compacta possuem facilidade de fabricação e processamento, consolidando esta tecnologia no setor elétrico a nível nacional, e no caso da Cemig, possibilitando a sua utilização em larga escala em toda sua área de concessão.

3.0 - IMPLANTAÇÃO DO CABO COBERTO DUPLA CAMADA NA REDE COMPACTA DA CEMIG D

3.1 Histórico e origem do cabo coberto dupla camada

Conforme estudos, os compostos de polietileno são utilizados em todo o mundo em isolamentos de cabos de energia, devido as suas propriedades elétricas, isto é, baixo fator de dissipação e constante dielétrica e alta rigidez dielétrica em corrente alternada e impulso. Existem basicamente dois tipos de polietileno utilizados: o LDPE (baixa densidade) e o HDPE (alta densidade). Sendo o polietileno um polímero amorfo-cristalino, a densidade é intimamente relacionada ao grau de cristalização do material.

Na França, são encontradas aplicações de LDPE para tensões de até 400 KV e HDPE até 225 KV.

O HDPE tem sido utilizado nos EUA para aplicações em redes compactas para tensões de isolamento de até 35 KV, sempre em conjunto com o LDPE em dupla camada, ou seja, o LDPE funcionando como isolamento primária (ótimas propriedades elétricas) e o HDPE como isolamento secundária (ótimas propriedades mecânicas e resistência ao trilhamento elétrico quando em contato com árvores). Hoje os condutores utilizados nos Estados Unidos possuem camadas adicionais e distintas em comparação aos cabos produzidos no Brasil, que possuem camada única.

Ao longo dos últimos anos na CEMIG D, surgiu a necessidade de melhorar a performance do cabo protegido normal devido à queda de desempenho operacional das redes compactas verificadas em ocorrências no sistema, principalmente envolvendo árvores. No final de 2014, iniciou-se então o projeto de implantação do cabo coberto dupla camada, visando melhorar o desempenho das redes compactas com o foco principal de maior proteção dielétrica e mecânica do cabo frente a agentes externos.

3.2 Motivadores

Nos últimos anos, tem-se verificado na CEMIG D um aumento significativo das ocorrências relevantes (interrupção no fornecimento de energia para acima de 20.000 clientes x horas) nos circuitos urbanos de rede compacta, em comparação com os de rede convencional (nua). Em 2014, este aumento culminou com a ultrapassagem deste número de ocorrências da primeira rede em comparação com a segunda. Analisando somente as causas das ocorrências relevantes, verificamos o fator causa árvore como relevante em circuitos de redes compactas (31,4% do total), ver Figura 2:

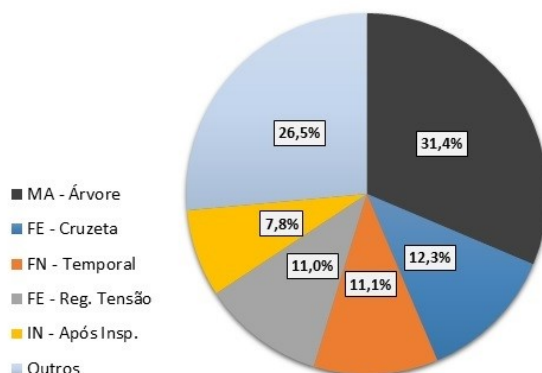


FIGURA 2 – Comparação das ocorrências relevantes em 2014 em circuitos de rede compacta – fonte: GERINT
Dentre os defeitos típicos na estrutura do cabo coberto da rede compacta, destacam-se:

- Trilhamento: formação de caminhos eletricamente condutivos iniciados e desenvolvidos sobre a superfície do material da cobertura, resultando da perda das suas características isolantes provocada pela corrente superficial e micro arcos causados pela diferença de potencial elétrico sobre a superfície;
- Erosão: perda de origem não condutiva de material da superfície isolante;
- Trincas/fendas (stress cracking) : formação de micro-fraturas superficiais em intervalos de aproximadamente 3 metros, consistindo um corte quase perfeito, transversal, deixando o condutor exposto;
- Abrasão: desgaste provocado no condutor pelo contato de galhos grossos de árvores de forma constante, diminuindo a espessura do cabo no ponto de contato levando a carbonização da cobertura.

3.3 Premissas do projeto

O projeto de padronização do cabo coberto dupla camada na rede compacta da CEMIG D objetiva:

- Redução das anomalias provocadas principalmente por árvores em contato com o cabo coberto;
- Maior resistência a abrasão, erosão, stress cracking e trilhamento elétrico;
- Redução dos custos operacionais e de manutenção;
- Maior confiabilidade e qualidade no fornecimento de energia elétrica;
- Aumento da segurança para população e empregados.

O cabo coberto normal em operação na CEMIG D possui basicamente um condutor de alumínio com uma cobertura de termofixo extrudado de polietileno reticulado (XLPE), provendo o mesmo a capacidade de permitir contatos eventuais com arborização e alguns elementos aterrados. Porém, nem sempre esta propriedade é capaz de evitar danos a estrutura do seu isolamento, quando do contato eventual com elementos externos aterrados devido a não equalização das linhas de campo elétrico na superfície do condutor. Uma equalização dessas linhas de campo elétrico na superfície do condutor, através de um material semiconductor, basicamente elimina a distorção das mesmas produzida pelos fios da camada externa do condutor, ver Figura 3:

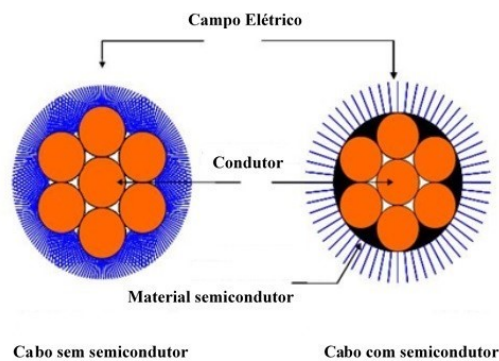


FIGURA 3 – Comparação do campo elétrico no cabo com e sem o material semicondutor

Além da camada semicondutora, uma proteção adicional da cobertura existente de XLPE, garante maior resistência ao trilhamento elétrico e abrasão, dois das principais anomalias de origem elétrica e mecânica atuais no cabo protegido normal. O Polietileno Reticulado (XLPE) é obtido a partir da modificação da estrutura do Polietileno Termoplástico (LDPE), e possui, além de todas as suas propriedades elétricas, melhores propriedades físicas e melhor retenção destas propriedades com o aumento da temperatura. O HDPE, que é um polietileno amorfo-cristalino de alta densidade e essencialmente linear, possui baixo fator de dissipação e constante dielétrica e alta rigidez dielétrica em corrente alternada e impulso. Agrupado numa única estrutura de cabo:

- Material semicondutor atenuando a distorção das linhas de campo elétrico na camada externo do condutor;
- Primeira cobertura XLPE com a função de isolamento primária com ótimas propriedades elétricas;
- Segunda cobertura HDPE com a função de isolamento secundária possuindo ótimas propriedades mecânicas e resistência ao trilhamento elétrico quando em contato com árvores;

Esta é a composição básica do cabo coberto dupla camada 15 KV que potencializa toda a estrutura de isolamento da estrutura, devido a união de todas as propriedades físicas e químicas dos componentes das camadas da composição, ver Figura 4:

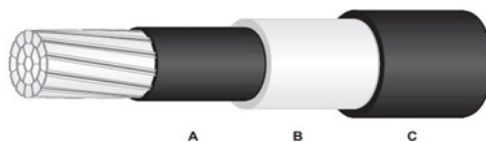


FIGURA 4 – Estrutura física do cabo coberto dupla camada

- A. Semicondutora com função de equalização do campo elétrico, espessura 0,4 mm;
- B. XLPE com função de isolamento primaria/atenuação dos efeitos do campo elétrico, espessura 1,5 mm;
- C. HDPE com função de isolamento secundária, proteção mecânica/elétrica do cabo, espessura 1,5 mm.

3.4 Ensaio realizados

Os principais ensaios no cabo realizados em fábrica, além dos exigidos pela NBR11873 vigente antes da sua aquisição para a realização o projeto piloto, foram:

- Características físicas do composto da cobertura e da semicondutora;
- Resistência da cobertura à abrasão;
- Resistência da cobertura ao trilhamento elétrico (cabo coberto envelhecido em câmara de intemperismo);

- Verificação da compatibilidade do material de bloqueio com as conexões;
- NBI – Nível Básico de Isolamento (aumento de 70% em comparação com o cabo coberto normal).

No ensaio de resistência ao trilhamento elétrico realizado em 28/04/2015, a amostra de cabo coberto dupla camada apresentou um resultado bem acima da expectativa para um cabo coberto, ver Tabela 1:

Tabela 1 – Resultados obtidos no ensaio de trilhamento elétrico

Ensaio resistencia ao trilhamento elétrico	Tensão inicial de ensaio	Tensão mínima a suportar	Tempo mínimo de ensaio	Resistividade da solução contaminante
Especificações	2,5 Kv	2,75 Kv	2 horas	3,95 Ω.m
Resultados do ensaio	2,5 Kv	6,0 Kv	16 horas	3,8 Ω.m

A amostra do cabo suportou por 16 horas uma tensão final de 6,0 Kv sem apresentar nenhum evento que reprovasse o ensaio. O ensaio só foi finalizado devido o equipamento ter chegado a sua tensão limite. Nos ensaios de verificação dos níveis de suportabilidade a Impulsos (NBI), os resultados comprovaram um aumento médio de 63% dos valores em comparação com o cabo coberto normal, o que contribui também positivamente na performance das redes sob descargas atmosféricas em sua proximidade, ver Tabela 2:

Tabela 2 – Resultados obtidos no ensaio de NBI

<i>Estrutura CM2</i>	<i>Cabo XLPE</i>	<i>Cabo XLPE/HDPE</i>	<i>Aumento %</i>
<i>Polaridade Positiva</i>	237,8 kV	405,0 kV	70,3
<i>Polaridade Negativa</i>	215,9 kV	336,8 kV	56,0

3.5 O projeto piloto

Em 2015, foram selecionados 2 circuitos na região da grande Belo Horizonte para a realização do projeto piloto instalando o cabo coberto dupla camada, com 2 principais premissas dos trechos locais: circuito com condutor coberto normal, bitola 50 mm² em derivação trifásica (proteção com chave fusível) e maior número de ocorrências com reincidências causa árvores, indeterminada e vento (causadas por árvores que apenas tocam transitoriamente a rede), num período médio de 1 ano. A periodicidade média de podas em redes de média tensão na CEMIG D é de 1 intervenção/ano. Para os 2 trechos selecionados do projeto, suspenderam-se as podas programadas nos mesmos após a data de instalação do cabo coberto dupla camada, visando o teste de desempenho físico e operacional do ativo, ver Figuras 5 e 6:



FIGURAS 5 e 6 – Circuitos selecionados para o projeto piloto instalando o cabo coberto dupla camada

3.5.1 1º circuito do projeto piloto

O primeiro circuito selecionado do projeto piloto localiza-se no município de Contagem, com proteção primária utilizando chave fusível e circuito com características de grande concentração de árvores de grande porte

(Eucaliptos) acima da rede primária e outras de pequeno porte (Castanheiras). O conflito árvores/redes é quase constante com um número considerável de ocorrências com reincidências.

- Data da execução do projeto piloto em Contagem: 23/09/2015;
- Número de ocorrências acidentais com reincidências de Jan/2014 até 23/09/2015: 06 (fonte: CONINT);
- Tempo total em minutos das interrupções / Número total de clientes interrompidos: 573,87 / 2.760 (fonte: CONINT);
- Comprimento total do condutor dupla camada instalado no circuito: 2 Km;
- Custo total (mão de obra + materiais) e data de execução do projeto = R\$ 34.184,00 ; 23/09/2015.

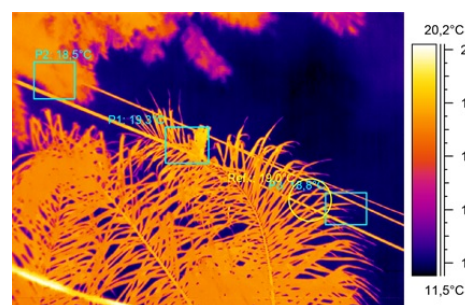
3.5.2 2º circuito do projeto piloto

O segundo circuito selecionado do projeto localiza-se no município de Nova Lima com proteção primária utilizando chave fusível e circuito com características de grande concentração de árvores tipo “Palmeira” que, em conflito com o cabo coberto normal, causa danos na cobertura do cabo e consequente número considerável de reincidências.

- Data da execução do projeto piloto em Nova Lima: 11/11/2015;
- Número de ocorrências acidentais com reincidências de Jan/2014 até 11/11/2015: 07 (fonte: CONINT);
- Tempo total em minutos das interrupções / Número total de clientes interrompidos: 445 / 1.249 (fonte: CONINT);
- Comprimento total do condutor dupla camada instalado no circuito: 800 metros;
- Custo total (mão de obra + materiais) e data de execução do projeto = R\$ 6.100,00 ; 11/11/2015.

3.5.3 Avaliação técnica do projeto piloto

Após 36 meses decorridos das instalações nos dois circuitos selecionados do projeto piloto, realizaram-se avaliações de desempenho em campo e operacional (CONINT): não foram registradas ocorrências acidentais nos trechos e avarias nos cabos após inspeções visuais/termográficas realizadas nos 2 circuitos, mesmo após a interrupção de todas as podas e o crescimento/convivência normal das árvores com a rede em 3 períodos anuais chuvosos, ver figuras 7, 8, 9 e 10:



FIGURAS 7, 8, 9 e 10 – Conflito do cabo dupla camada com arborização nos 2 trechos após 36 meses

3.5.4 Avaliação econômica do projeto piloto

Considerando o número total de interrupções de energia com reincidências causa árvores, indeterminada e vento, num período médio de 1 ano nos 2 circuitos dos projetos pilotos, e as consequentes despesas operacionais com manutenção corretiva, compensação real e energia não faturada, o custo total foi de R\$ 11.154,96, ver tabela 3:

Tabela 3 – Análise das interrupções nos 2 trechos do projeto piloto (fonte:GDIS)

Reincidências - 1º projeto piloto	Duração (min)	Causa	Equipamento	NºEquip	Cientes totais	Cliente Hora	Compensação Real	KWH não faturado	KWH + Comp. Real	Custos de manutenção
01/10/2014 - 14:16:00 a 17:46:00	210,00	Arvore	Chave Fusível	242682	426	1491,00	R\$ 1.118,08	R\$ 89,46	R\$ 1.207,54	R\$ 217,25
27/05/2014 - 08:58:00 a 10:40:00	102,00	Arvore	Chave Fusível	242682	465	790,50	R\$ 592,88	R\$ 47,43	R\$ 640,31	R\$ 128,52
01/10/2014 - 14:16:00 a 17:46:00	76,00	Arvore	Chave Fusível	242682	422	534,53	R\$ 400,90	R\$ 32,07	R\$ 432,97	R\$ 131,57
01/10/2014 - 14:16:00 a 17:46:00	110,00	Indeterminada	Chave Fusível	242682	234	429,00	R\$ 321,75	R\$ 25,74	R\$ 347,49	R\$ 131,57
01/10/2014 - 14:16:00 a 17:46:00	32,87	Arvore	Chave Fusível	242682	749	410,30	R\$ 307,73	R\$ 24,63	R\$ 332,36	R\$ 217,25
01/10/2014 - 14:16:00 a 17:46:00	43,00	Vento	Chave Fusível	242682	464	332,53	R\$ 249,10	R\$ 33,31	R\$ 282,41	R\$ 131,57
TOTAL	573,87		TOTAIS		2760	3987,86	R\$ 2.990,44	R\$ 252,64	R\$ 3.243,08	R\$ 957,74
Reincidências - 2º projeto piloto	Duração (min)	Causa	Equipamento	NºEquip	Cientes totais	Cliente Hora	Compensação Real	KWH não faturado	KWH + Comp. Real	Custos de manutenção
23/11/2014 - 00:49:00 a 01:45:00	56,00	Indeterminada	Chave Fusível	12606	213	198,80	R\$ 602,37	R\$ 60,58	R\$ 662,95	R\$ 238,67
19/02/2014 - 00:27:00 a 01:01:00	34,00	Indeterminada	Chave Fusível	12606	180	102,00	R\$ 309,06	R\$ 31,11	R\$ 340,17	R\$ 131,57
04/09/2014 17:57:00 a 18:27:00	30,00	Indeterminada	Chave Fusível	12606	178	89,00	R\$ 269,67	R\$ 27,15	R\$ 296,82	R\$ 238,67
05/08/2015 00:54:00 a 02:02:00	68,00	Arvore	Chave Fusível	12606	229	259,53	R\$ 786,38	R\$ 79,16	R\$ 865,54	R\$ 238,67
02/08/2015 - 11:18:00 a 12:40:00	82,00	Arvore	Chave Fusível	12606	178	243,27	R\$ 737,11	R\$ 74,81	R\$ 811,92	R\$ 238,67
08/08/2015 09:53:00 a 11:27:00	94,00	Arvore	Chave Fusível	12606	154	241,27	R\$ 731,05	R\$ 73,59	R\$ 804,64	R\$ 238,67
29/05/2015 08:59:00 a 10:20:00	81,00	Arvore	Chave Fusível	12606	117	157,95	R\$ 475,02	R\$ 47,22	R\$ 522,24	R\$ 1.324,93
TOTAL	445		TOTAIS		1249	1291,82	R\$ 3.910,66	R\$ 393,62	R\$ 4.304,28	R\$ 2.649,86
TOTAL GERAL	R\$ 11.154,96									

Este custo total de R\$ 11.154,96 (OPEX), dispendido no atendimento de todas as reincidências nos circuitos dos 2 trechos, viabilizaria todo o investimento (CAPEX) para aquisição de 2.800 metros de cabo dupla camada utilizados nos 2 projetos (valor total de R\$ 8.512,00), e sobraria R\$ 2.643,00 que poderiam ser investidos na aquisição de 870 metros adicionais de cabo.

3.6 Revisão da Especificação Técnica

A especificação técnica da Cemig “CABOS DE ALUMÍNIO COBERTOS PARA MÉDIA TENSÃO - 02.118 379K”, foi revisada em 2016 alterando os valores dos ensaios de rotina e de tipo especificamente para o cabo dupla camada, principalmente no requisito elétrico da cobertura com valores mínimos de 5,5 kV e 6,0 KV para tensões de trilhamento elétrico envelhecido em câmara de intemperismo artificial e novo respectivamente. Estes novos requisitos garantem a boa performance do cabo coberto dupla camada quando em operação conflitante com arborização nas piores condições físicas e climáticas.

3.7 Análise técnica – posição atualizada em 2019

Após 41 meses das instalações do cabo coberto dupla camada nos 2 projetos pilotos, não foram registradas ocorrências causa árvores nos 2 circuitos em questão: 4 períodos chuvosos (novembro a março). Este fato comprova a eficácia do projeto piloto, visto que o cabo coberto dupla camada tem mostrado um comportamento bem parecido com o cabo isolado quando em conflito com arborização. Ao longo de 2017, foram instalados mais 6 Km de circuitos utilizando cabo 50 mm² em derivações e 22 Km de cabo 150 mm² em alimentadores/saídas de subestações. Em 2018 foram instalados mais 43 Km de cabo 50 mm².

3.8 Viabilidade técnico econômica da padronização do cabo coberto dupla camada

3.8.1 Estudo de caso: otimização de CAPEX

Foram elaborados 2 projetos executivos para reforma de 3 km de um circuito de media tensão no município de Montes Claros em conflito permanente com arborização, e consequente ocorrências relevantes causa árvores com OPEX dispendido: o primeiro utilizando cabo isolado 185 mm² e o segundo utilizando o cabo coberto dupla camada 150 mm². A redução de custos (mão de obra/material) a favor do cabo coberto dupla camada evidenciou-se em 51 %, conforme tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Análise comparativa dos custos em obra: cabo coberto dupla camada x cabo isolado

Análise comparativa em obra: cabo dupla camada 150 mm² x isolado 185 mm²			
Isolado - 185 mm ²		Dupla Camada 150 mm ²	
NS 2000020993 - FI 01 e 02	NS 2000020994 - FI 01 e 02	NS 2000020993	NS 2000020994
R\$ 665.741,22	R\$ 426.345,00	R\$ 311.357,88	R\$ 218.879,19
Total : R\$ 1.092.088,22		Total : R\$ 530.237,07	
Redução no custo na obra			
NS 2000020993	R\$ 354.383,34		
NS 2000020994	R\$ 207.465,81		
Redução total (R\$)	R\$ 561.849,15		
Redução total (%)	51,44		

Este fato explica-se pelo menor valor unitário do cabo dupla camada e seus acessórios (os mesmos utilizados na rede compacta com cabo coberto normal) quando comparado com a rede isolada. Comparando o investimento para aquisição do cabo coberto normal com o dupla camada, observa-se atualmente um acréscimo médio de 15 a 20 % a mais para o segundo. Mas se expandirmos este comparativo para um determinado conjunto de obras com consumo de cabos dupla camada acima de 100 KM, onde possivelmente teremos ganhos de escala e de produção, esta diferença comparativa tende a reduzir para uma faixa de 3 a 5%. Mensurando os ganhos futuros (melhor desempenho operacional e de segurança do cabo coberto dupla camada) conforme verificado nos projetos pilotos, o investimento fica totalmente viável e lucrativo apesar da pequena diferença de custos.

3.8.2 Estudo de caso: otimização de OPEX

Pela curva de tendência de crescimento da rede compacta urbana e decréscimo da convencional na CEMIG D, a previsão é que tenhamos em 2024 aproximadamente o mesmo comprimento instalado das duas modalidades nos diversos circuitos urbanos. Com a padronização do cabo coberto dupla camada a partir de 2019, a expectativa é que daqui a 7 anos cerca de 20 % da rede urbana seja constituída desta modalidade. Propondo a mudança da periodicidade de podas em circuitos com conflito de arborização para 1 vez a cada 2 anos (bienal), apenas nos circuitos com cabo coberto dupla camada, teremos, nos dois primeiros anos após a padronização, uma redução de aproximadamente 5% do total de podas e um consequente OPEX evitado de 2% do total anual. Logicamente esta redução de OPEX será gradativamente significativa ao longo dos anos, com projeção de redução de 6,5% do total até 2025.

4.0 - CONCLUSÕES

Para qualquer concessionária de energia elétrica quanto menor o OPEX em manutenção corretiva e correta aplicação de CAPEX em ativos eficazes, maior será a eficiência operacional e retorno financeiro para a empresa e melhor desempenho para o sistema. Diminuindo a periodicidade de podas nos circuitos com cabo coberto dupla camada, a despesa anual pode ser reduzida e alocada em outro programa de investimento. O investimento preciso em ativos eficientes mitiga riscos de falhas, os quais promovem menores custos na manutenção corretiva. No caso deste projeto, fica evidenciada a viabilidade de investimento neste novo ativo, norteando a empresa para a padronização definitiva a partir de 2019 e efetivação futura de quantidades maiores e significativas de aquisição, com as seguintes expectativas:

- Maior desempenho operacional e confiabilidade do sistema elétrico com alinhamento regulatório;
- Renovação eficiente dos ativos com aumento de receita;
- Redução dos custos de manutenção preventiva (periodicidade de podas);
- Melhora dos índices DEC/FEC e consequente qualidade de fornecimento de energia para os clientes.

Atividades do projeto em andamento:

- Sinalização de todos os circuitos com cabo coberto dupla camada no campo e no sistema georeferenciado;
- Elaboração da instrução técnica que define critérios para a aplicação do cabo dupla camada na rede compacta;
- Definição da periodicidade de podas em circuitos urbanos com cabo coberto dupla camada de anual para bienal;
- Acompanhamento constante de desempenho operacional nos referidos circuitos.

CONINT - CONTROLE DE INTERRUPÇÕES DA CEMIG D

GDIS - GESTÃO DE DISTRIBUIÇÃO DA CEMIG D
GERINT – GERENCIAMENTO DE INTERRUPÇÕES DA CEMIG D

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CEMIG, Especificação Técnica - Cabos de Alumínio Cobertos para média tensão. 02.118 379K. Belo Horizonte/ MG, outubro/2014.
- (2) CEMIG, Norma de Distribuição - Instalações Básicas de Redes de Distribuição Compactas. ND-2.9. Belo Horizonte/ MG, junho/2012.
- (3) CEMIG, Norma de Distribuição - Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas. ND-3.1. Belo Horizonte/ MG, janeiro/2014.
- (4) ROCHA TEIXEIRA JUNIOR, Mario Daniel - Cabos de Energia - 2ª Edição 2004

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Edmilson Jose Dias

Belo Horizonte-MG, 1971.

Belo Horizonte-MG, 1995; Belo Horizonte-MG, 2012; Belo Horizonte-MG, 2018.

Engenheiro Eletricista; Pós-graduado em Gerenciamento de Projetos de Engenharia; Geração Distribuída Atuação em Planejamento e Engenharia de manutenção dos ativos de redes de distribuição aéreas e subterrâneas de energia elétrica, em tensões de 127 a 34.500 volts; Gestão de ativos de redes de distribuição da CEMIG D.

William Alves de Souza

Sete Lagoas, 1974.

Uberaba, 2007; Belo Horizonte, 2012; Belo Horizonte, 2014; Belo Horizonte, 2015.

Engenheiro Eletricista; Pós-graduado em Sistema Elétrico de Potência; Mestrado em Engenharia Elétrica. Engenheiro de Planejamento do sistema Elétrico na CEMIG D.

Fábio Lelis dos Santos

São João Del Rei-MG, 1984.

São João Del Rei, 2010; São João Del Rei, 2012.

Engenheiro Eletricista, Mestre em Engenharia Elétrica. Atuação em estudos e projetos de cabos condutores aplicados a redes de distribuição.

Engenheiro de Planejamento do sistema Elétrico na CEMIG D.