



Aplicação de Trafos Flutuantes em Novos Projetos de Redes de Distribuição Urbana

Eng. Anderson Ferreira Totti
CEMIG Distribuição S.A
totti@cemig.com.br

Tec. Paulo Afonso Cubbi
CEMIG Distribuição S.A
cubbi@cemig.com.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar as formas para aplicar, nas novas obras de mercado e reforço, os **trafos flutuantes** (transformadores instalados na rede de distribuição de energia elétrica que estão vazios ou subcarregados, ou seja, com demanda igual a zero ou menor que 50% da potência nominal).

Durante a elaboração dos projetos de rede de distribuição para atender o mercado de clientes ou o reforço da rede existente, verifica-se a necessidade de utilização de um transformador de uma determinada potência, ao invés de requisitar o equipamento, é realizada uma seleção utilizando um banco de dados que possibilita localizar um transformador sub.utilizado através de alguns critérios como, carregamento, potência e localização. Após a identificação de qual o transformador que será retirado ou substituído na rede para ser utilizado no projeto que está sendo elaborado, são analisadas as várias opções práticas de modificação na rede existente para possibilitar a retirada do transformador selecionado. Com esse procedimento busca-se, em princípio atender os objetivos estratégicos da CEMIG de otimizar o uso de ativos e ser eficiente em investimentos de expansão, melhorando a utilização dos transformadores da empresa e a reduzindo os custos das obras e, em consequência, também há uma melhoria no fator de potência das redes de média tensão e uma redução das perdas elétricas.

PALAVRAS-CHAVE

Otimização de ativos; Trafo Flutuante, Transformadores sub-carregados.

1. INTRODUÇÃO

Visando dar continuidade ao trabalho de consistência em circuitos de baixa tensão para diagnosticar e solucionar erros de cadastro no GEMINI, que venham sinalizar problemas no sistema elétrico de carregamento, e também alimentar o banco de dados para o projeto **Trafo Flutuante**, identificou-se a necessidade de se criar uma forma prática de utilização dos transformadores que estão vazios ou subcarregados na rede de distribuição, nos novos projetos que são elaborados para o atendimento ao reforço da rede existente e ao mercado de clientes, para isso foi realizada a seguinte seqüência de trabalho:

1. Criação do banco de dados para seleção e identificação dos transformadores existentes na rede por carregamento, potência e localização;

2. Definição do passo a passo para a utilização do transformador flutuante.
3. Treinamento de todos os técnicos de projetos envolvidos focando, principalmente, a Identificação de qual transformador poderia ser retirado ou substituído da rede existente e utilizado no projeto, e também, a Identificação de qual é a melhor opção prática de modificação na rede existente para possibilitar a retirada ou substituição do transformador existente por um de menor potência;

Os resultados obtidos foram:

Redução no custo dos projetos, economizando, em média, 65% nos projetos em que são utilizados os transformadores subcarregados;

Redução do número de ativos sub-utilizados, reduzindo o número de transformadores com demanda igual a zero ou menor que 50%.

Tabela 1 – Redução no numero dos transformadores subcarregados

| DATA | NÚMERO TOTAL DE TRANSFORMADORES | NÚMERO DE TRANSFORMADORES SUBCARREGADOS | PERCENTUAL DE TRANSFORMADORES SUBCARREGADOS |
|----------|---------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| Jan/2004 | 18231 | 10057 | 55,25 |
| Jan/2005 | 16636 | 8756 | 52,63 |
| Jan/2006 | 16139 | 8036 | 49,79 |

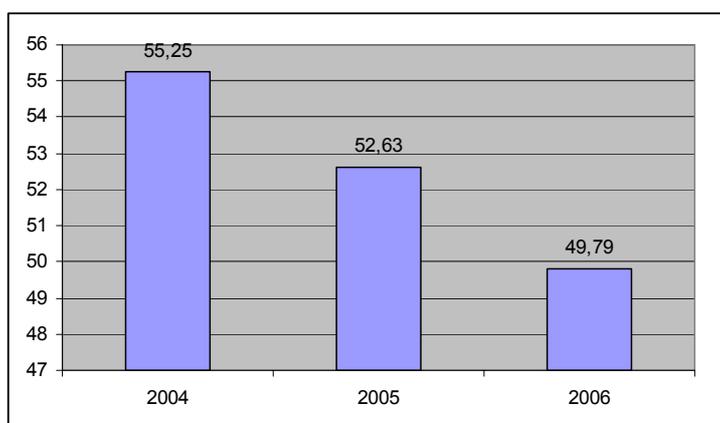


Gráfico 1 – Redução do percentual dos transformadores subcarregados

Outros resultados esperados são:

Redução do fator de potência na rede de média tensão;

Redução das perdas;

Maior satisfação dos clientes devido à redução do custo das obras;

Adequação da CEMIG à empresa referencia;

Atendimento ao objetivo estratégico da CEMIG de otimizar o uso de ativos;

Atendimento ao objetivo estratégico da CEMIG de ser eficiente em investimento de expansão.

2. GERAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Através do relatório do Gemini (Sistema Cooperativo para Gerenciamento da Rede de Distribuição) é exportado para o Excel um banco de dados contendo Referência, Município, Coordenadas de Localização, Endereço, Número/Fase/Potência do Transformador, Demanda em KVA da IP, Demanda e Carregamento Total do Transformador, conforme segue:

| Município | Coordenadas | Endereço | Trafo | | | | Dem. Kva | | Carga | | |
|-----------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-------|----------|----------|-------|-------|--------|-------|
| | | | Propriedade | Numero | Fases | Potência | IP | Total | | | |
| 83201 | CAMPO BELO | 23 477027 7684108 | ESTACAO, DA | 15 | C | 1 | 1 | 15 | 1,08 | 4,10 | 27,33 |
| 83318 | BOM JESUS DA PENHA | 23 347500 7679500 | B J DA PENHA PETUMA | 49 | C | 1 | 1 | 37 | 0 | 1,88 | 5,02 |
| 86101 | VARGINHA | 23 454779 7616279 | ANTONIO CARLOS, PRES | 538 | C | 1 | 3 | 500 | 4,94 | 212,92 | 42,58 |
| 86101 | VARGINHA | 23 454660 7613513 | JOSE BATISTA DA SILVA | 500 | C | 1 | 3 | 30 | 0,880 | 2,51 | 6,30 |
| 86101 | VARGINHA | 23 456055 7615116 | JOSE ELIAS DE OLIVEIRA | 2000 | C | 1 | 3 | 15 | 2,119 | 3,17 | 21,12 |
| 86506 | ÇAREÁQU | 23 428375 7561862 | ANTONIO SOARES PINHO | 1 | C | 1 | 1 | 10 | 0 | 0,26 | 2,65 |
| 86101 | VARGINHA | 23 454861 7616317 | RIBEIRO DE REZENDE, D | 324 | C | 1 | 3 | 112 | 0 | 11,74 | 10,48 |
| 81411 | BITURUNA | 23 526627 7681419 | MEDICE, PRESIDENTE | 1 | C | 1 | 1 | 5 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 86312 | PASSA QUATRO | 23 903102 7529655 | FAZENDINHA, DA | 1 | C | 1 | 1 | 10 | 0 | 1,12 | 11,17 |
| 86401 | ITAJUBÁ | 23 453060 7518591 | ANTONIO M LISBOA | 83 | C | 1 | 3 | 75 | 1,755 | 24,06 | 32,08 |
| 86411 | PARASÓPOLIS | 23 420455 7509067 | ORQUIDEAS DAS | 999 | C | 1 | 1 | 15 | 1,354 | 1,90 | 12,68 |
| 86533 | TURVOLÂNDIA | 23 418086 7580703 | JOAO O DOMINGUES | 368 | C | 1 | 3 | 75 | 0 | 5,22 | 6,96 |
| 86321 | LAMBARI | 23 465023 7570796 | BR, RODOVIA | 1 | C | 1 | 3 | 30 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 86907 | FAMA | 23 413859 7625269 | JOSE ROCHA SOBRINHO | 15 | C | 1 | 1 | 25 | 3,465 | 9,12 | 36,49 |
| 86621 | CAMPOS GERAIS | 23 421380 7660918 | LUIZ, SAO | 1 | C | 1 | 3 | 45 | 0 | 16,50 | 36,88 |
| 86623 | ILÓNEA | 23 413914 7684857 | CATARINA, SANTA | 82 | C | 1 | 3 | 30 | 0,678 | 12,56 | 41,85 |
| 81184 | PASSA VINTE | 23 578706 7543617 | TRADENTES | 97 | C | 2 | 3 | 30 | 0,945 | 12,69 | 42,30 |
| 86101 | VARGINHA | 23 454989 7616357 | DELFIN MOREIRA | 318 | C | 2 | 3 | 500 | 4,18 | 80,07 | 16,01 |
| 86102 | ELÓMNES | 23 440791 7609552 | PROJETADA UM | 1 | C | 2 | 3 | 30 | 1,172 | 14,39 | 47,95 |
| 86424 | SANTA RITA DO SAPUCAÍ | 23 429305 7539307 | JOSE PINTO VIEIRA | 564 | C | 2 | 3 | 75 | 1,561 | 29,61 | 39,46 |
| 86106 | SÃO BENITO DO ABADE | 23 493142 7612515 | SÃO B ABADE X TOR, ROD | 1 | C | 2 | 3 | 75 | 0 | 0,10 | 0,24 |
| 86620 | BOA ESPERANÇA | 23 440775 7666730 | CAPIM ROXO | 27 | C | 2 | 3 | 15 | 0 | 1,45 | 9,67 |
| 86516 | CALDAS | 23 352933 7573372 | ROLANDA ALBERTI | 99999 | C | 3 | 3 | 30 | 3,375 | 10,98 | 36,62 |
| 86539 | TURVOLÂNDIA | 23 418082 7580541 | AMAZONAS | 100 | C | 3 | 3 | 30 | 0,988 | 7,06 | 23,54 |
| 81179 | SERRANOS | 23 551005 7579024 | INOCENCIO, DOM | 1 | C | 3 | 3 | 75 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 86630 | MACHADO | 23 421668 7594599 | SETE DE SETEMBRO | 263 | C | 3 | 1 | 25 | 1,08 | 8,07 | 32,27 |

Figura 1 – planilha para localização dos transformadores subcarregados

Através da utilização do recurso de filtros do Excel, essa planilha irá facilitar a identificação e localização do transformador com as características mais adequadas para ser utilizado no projeto que será elaborado.

3. APLICAÇÕES DO TRAFÓ FLUTUANTE

3.1. Aplicação 1 - Para os casos em que há necessidade de instalação de um transformador

3.1.1. Procura do transformador vazio ou sub carregado:

O transformador deve ser procurado de acordo com a seguinte seqüência:

- 1- Transformador na mesma localidade e com 0% de carregamento;
- 2- Transformador na mesma localidade e com até 10% de carregamento;
- 3- Transformador em localidade próxima e com 0% de carregamento;
- 4- Transformador na mesma localidade e com carregamento menor que 50%.
- 5- Transformador em localidade próxima e com carregamento menor que 50%.

3.1.2. Retirada ou substituição do transformador vazio ou subcarregado:

Caso o transformador existente seja exclusivo e tenha 0% de carregamento, deve-se apenas retirar o transformador, caso esteja subcarregado, deverá ser analisado como ficarão os níveis de tensão e carregamento do circuito existente e propor nova configuração de acordo com a seguinte seqüência:

1 - Verificar se um dos circuitos vizinhos atende o carregamento existente no circuito de onde o transformador será retirado, caso positivo, retirar o transformador e interligar com um dos circuitos;

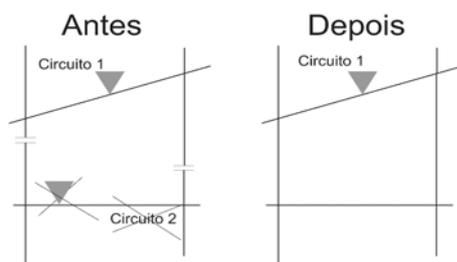


Figura 2 – Interligação com um dos circuitos vizinhos

2 - Verificar se dividir entre dois ou mais circuitos vizinhos atende; caso der positivo, retirar o transformador, dividir o circuito e interligar com os circuitos vizinhos;

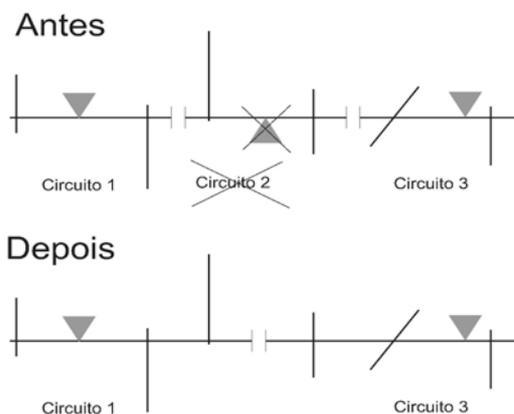


Figura 3 – Interligação com os circuitos vizinhos

3 - Trocar por transformador de menor potencia, procurar na rede um transformador de menor potencia ou requisitar.

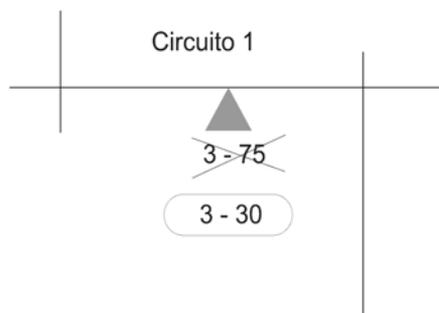


Figura 4 – Troca por transformador de menor potencia

3.1.3 Exemplos

Exemplo 1: Utilização de transformador exclusivo com 0% de carregamento, vazio.

O cliente solicita uma demanda de 50 kva.

Transformador necessário para atendimento – 75 KVA.

Verificar se existe transformador de 75 KVA no banco de transformadores com demanda = 0.

Elaboração do projeto:

Elaborar o projeto sem requisição do transformador de 75KVA, incluindo no mesmo projeto a retirada do equipamento com demanda = 0 da rede e disponibilização desse transformador para atendimento ao cliente.

Ganhos esperados:

Custo do transformador e ganho de perdas.

Despesas excedentes: Custo de mão de obra para retirado de transformado.

Abaixo, segue dados reais do projeto DL/ES-3456/04, em que foram aplicados os procedimentos acima. Segue comparação de custos entre os projetos sem e com a utilização do **trafo flutuante**, utilizando preços de 04/03/2006:

- Custo sem a utilização do **trafo flutuante**, ou seja, requisitando um novo transformador de 75 KVA: R\$ 14.842,98.
- Custo com a utilização do **trafo flutuante**, conforme mostrado no exemplo, ou seja, efetuando-se simplesmente a retirada do transformador de 75 KVA que estava vazio e o disponibilizando para atendimento a nova carga: R\$ 7.362,37.
- Economia: R\$ 7480,61 – 50,4 % de economia sobre o custo de um projeto normal.

Exemplo 2: Utilização de transformador subcarregado com a requisição de um novo transformador de menor potência.

O cliente solicita uma demanda de 50 KVA.

Transformador necessário para atendimento – 75 KVA.

Verificar se existe transformador de 75 KVA no banco de transformadores com demanda < 50% da nominal.

O equipamento identificado na análise, transformador de 75 KVA, tem uma demanda de 20 KVA.

Elaboração do projeto:

Requisita-se um transformador de 30 KVA (transformador de menor potência padronizado pela Empresa que atenda a demanda do local).

Efetua a troca do de 75 KVA pelo de 30 KVA.

Disponibiliza-se o transformador de 75 KVA para atender a solicitação do Cliente.

Ganhos esperados:

Diferença de custo dos transformadores e Ganho de perdas.

Despesas excedentes:

Custo de mão de obra para substituição do transformado subcarregado.

3.2. Aplicação 2 - Para os casos em que há necessidade da troca do transformador

Algumas vezes para atendimento das ligações novas, pedidos de aumento de carga e reforço de rede, é necessária a troca do transformador existente por um de maior potência.

3.2.1. Procura do transformador vazio ou sub.carregado

Localizar no banco de dados um transformador da mesma potência do transformador necessário no projeto e com a demanda na faixa de 50% a 90% do transformador que será retirado no projeto, (transformador existente no local onde está sendo solicitado o atendimento à nova carga).Caso o

transformador não seja encontrado, deve-se tentar localizar no banco de dados um transformador da mesma potência do transformador necessário no projeto que esteja vazio, ou seja, com 0% de carregamento. Caso não encontre, seguir a seqüência do item 5.1.1 da aplicação 1.

OBS: Neste caso, prefere-se analisar primeiramente os transformadores subcarregados e não os vazios, pois assim poupa-se a devolução de 01 transformador que futuramente poderá ser utilizado em outras situações.

3.2.2. Substituição do transformador vazio ou subcarregado

Retirar da rede o transformador subcarregado, que foi localizado através do banco de dados, e instalar no local onde está sendo solicitado o atendimento à nova carga; instalar no lugar do transformador subcarregado o transformador que foi retirado da obra.

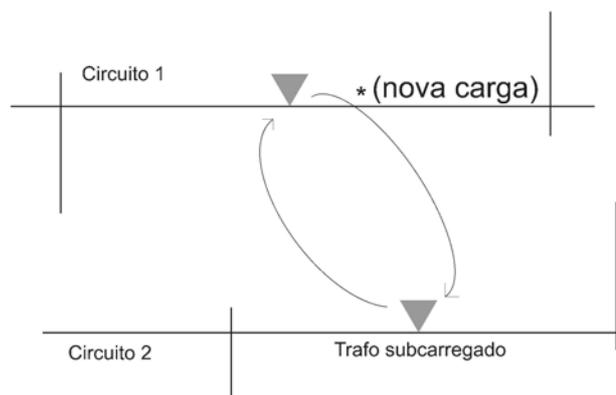


Figura 5 – Troca do transformador subcarregado com o transformador da obra

Caso tenha utilizado um transformador vazio, o transformador retirado do local onde está sendo solicitado o atendimento à nova carga deverá ser devolvido como material salvo.

3.2.3. Exemplos

Exemplo 1: *Utilização de transformador subcarregado sem a requisição de um novo transformador.*

O cliente solicita uma demanda de 50 KVA, já existe um transformador de 30 KVA com demanda atual de 15 KVA no poste que será ligado o cliente.

Transformador necessário para atendimento – 75 KVA.

Verificar se existe transformador de 75 KVA no banco de transformadores com demanda < 50% da nominal.

O transformador de 75 KVA identificado na análise tem uma demanda de 20 KVA.

Elaboração do projeto:

Efetua-se a troca do transformador de 75 KVA pelo de 30 KVA e troca-se o de 30 KVA pelo de 75 KVA para atender à solicitação do Cliente.

Ganhos esperados:

Custo do transformador e ganho de perdas.

Despesas excedentes:

Custo de mão de obra para substituição do transformador subcarregado.

Abaixo, segue dados reais do projeto DL/ES-3167/04, em que foram aplicados os procedimentos acima. Segue comparação de custos entre os projetos sem e com a utilização do **trafo flutuante** utilizando preços de 04/03/2006:

- Custo sem a utilização do **trafo flutuante**, ou seja, requisitando um novo transformador de 75 KVA: R\$ 8.130,54.

- Custo com a utilização do **trafo flutuante**, conforme mostrado no exemplo, ou seja, efetuando-se simplesmente a troca dos transformadores de 30 KVA pelo de 75 KVA que estavam subcarregados: R\$ 649,93.
- Economia: R\$ 7.480,61 – 92% de economia sobre o custo de um projeto normal.

Temos também como exemplo real semelhante ao citado acima, o projeto DL/ES – 1635/06. Neste projeto os transformadores envolvidos foram de 30 KVA e 45 KVA. Abaixo compara-se o custo entre os projetos sem e com a utilização do **trafo flutuante** utilizando preços de 04/03/06:

- Custo sem a utilização do **trafo flutuante**, ou seja, requisitando um novo transformador de 45 KVA: R\$ 8.700,74.
- Custo com a utilização do **trafo flutuante**, conforme mostrado no exemplo, ou seja, efetuando-se simplesmente a troca dos transformadores de 30 KVA pelo de 45 KVA que estavam subcarregados: R\$ 2.848,50.
- Economia: R\$ 5.852,24 – 67% de economia sobre o custo do projeto normal.

Exemplo 2: Retirada e utilização de transformador subcarregado sem a necessidade de reposição deste transformador.

O cliente solicita uma demanda de 50 KVA. Já existe um transformador de 45 KVA com demanda atual de 15 KVA no poste que será ligado o cliente.

Transformador necessário para atendimento – 75 KVA.

Verificar se existe transformador de 75 KVA no banco de transformadores com demanda < 50% da nominal.

O transformador de 75 KVA identificado na análise tem uma demanda de 2 KVA.

Elaboração do projeto:

Efetua-se a troca do transformador de 45 KVA pelo de 75 KVA, devolve-se o transformador de 45 KVA como material salvo e transfere-se a carga do circuito existente de 75 KVA para o circuito dos transformadores vizinhos.

Abaixo, segue dados reais do projeto DL/ES-1180/06, em que foram aplicados os procedimentos acima. Segue comparação de custos entre os projetos sem e com a utilização do **trafo flutuante** utilizando preços de 04/03/2006:

- Custo sem a utilização do **trafo flutuante**, ou seja, requisitando um novo transformador de 75 KVA: R\$ 3.241,62 (já abatido o custo do transformador salvado).
- Custo com a utilização do **trafo flutuante**, conforme mostrado no exemplo: R\$ 496,80 (somente custo relativo à mão de obra).
- Economia: R\$ 2.744,82 – 84,6% de economia sobre o custo de um projeto normal.

Exemplo 3: Utilização de transformador exclusivo com 0% de carregamento, vazio.

O cliente solicita uma demanda de 50 kva. Já existe um transformador de 30 KVA com demanda atual de 15 KVA no poste em que será ligado o cliente.

Transformador necessário para atendimento – 75 KVA.

Verificar se existe transformador de 75 KVA no banco de transformadores com demanda = 0.

Elaboração do projeto:

Elabora-se o projeto sem requisição do transformador de 75KVA, incluindo no mesmo projeto a retirada do equipamento com demanda = 0 da rede e disponibilização desse transformador para atendimento ao cliente, devolve-se o transformador de 30 KVA como material salvo.

Ganhos esperados:

Custo do transformador, transformador salvo e Ganho de perdas.

Despesas excedentes: Custo de mão de obra para retirado de transformado.

Exemplo 4: Utilização de transformador subcarregado com a requisição de um novo transformador de menor potencia.

O cliente solicita uma demanda de 50 KVA.

Já existe um transformador de 30 KVA com demanda atual de 15 KVA no poste que será ligado o cliente.

Transformador necessário para atendimento – 75 KVA.

Verificar se existe transformador de 75 KVA no banco de transformadores com demanda < 50% da nominal.

O equipamento identificado na análise, transformador de 75 KVA, tem uma demanda de 20 KVA.

Elaboração do projeto:

Requisita-se um transformador de 30 KVA (transformador de menor potência padronizado pela empresa que atenda a demanda do local)

Efetua-se a troca do transformador de 75 KVA pelo de 30 KVA e do transformador de 30 KVA pelo de 75 KVA, devolve-se o transformador de 30 KVA retirado como material salvo.

Ganhos esperados:

Diferença de custo dos transformadores e Ganho de perdas.

Despesas excedentes:

Custo de mão de obra para substituição do transformador subcarregado.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Essa forma simples de aplicação do **trafo flutuante** nos novos projetos de distribuição facilita o aproveitamento pelos projetistas desse valioso ativo disponível na rede de distribuição, com isso consegue-se uma significativa redução nos custos das obras e uma melhor utilização dos ativos da empresa, atendendo assim dois dos objetivos estratégicos da CEMIG que são, otimizar o uso de ativos e ser eficiente em investimento de expansão.

Numa menor escala consegue-se, também, uma melhoria no fator de potência dos alimentadores e redução das perdas elétricas.

Para os casos de simples troca entre os transformadores envolvidos sem a requisição de um novo transformador, devido ao risco de ocorrer danos aos transformadores durante as substituições e transporte, ocasionando a falta de energia aos clientes por mais tempo que o previsto, recomenda-se que a equipe de operação e manutenção empreste um transformador de reserva para a empreiteira que irá executar a obra.

Antes de se retirar um transformador e interligar ou dividir o seu circuito com os circuitos vizinhos, verificar se existe consumidor com disjuntor com capacidade superior a 150 amperes e/ou novas edificações, devido a possibilidade de um grande acréscimo de carga repentino.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – CEMIG Pereira, Antônio: PO – ED/CN 010 – Transformador Flutuante para Atendimento a Reforço do Sistema Elétrico em baixa tensão / MG, setembro/2002.
- 2 – CEMIG Pereira, Antonio: PO-EP/CN 009 – Transformador Flutuante para atendimento a Expansão e Modificação do Sistema. Belo Horizonte / MG, janeiro /2002.
- 3 - CEMIG: ND-3.1 – Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas. Belo Horizonte / MG, setembro/2005.