



**SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GSE 25  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

## **GRUPO VIII**

### **GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – GSE**

#### **PROJETO MECÂNICO DE TRANSFORMADORES E REATORES Grupo de Trabalho 03.014.01- 010 COBEI/ABNT**

**Iran Prado Arantes \***  
**Eletronorte – Centrais Elétricas  
do Norte do Brasil S.A**

**Alan Sbravati**  
**Siemens Ltda.**

**Marlos Fabiano de Moraes**  
**Eng. Mecânico**  
**Consultor Independente**

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho técnico é demonstrar como o Grupo de Trabalho GT10 - Elaboração da Norma Brasileira de Projeto Mecânico de Transformador, vinculado ao CE14.01, ABNT/ COBEI, este grupo iniciou seus trabalhos em 2004 e alavancou, aproveitando a experiência de consultoria especializada e de seus técnicos de projeto de equipamentos de geração e transmissão que participam do grupo, uma profunda revisão dos conceitos de projetos de equipamentos de transmissão. A revisão dos conceitos visa aplicar o atual estágio de desenvolvimento tecnológico, buscando procedimentos de projeto menos suscetíveis à falhas e que atendam aos requisitos mecânicos à que os transformadores são submetidos e assegurar a disponibilidade exigida dos equipamentos elétricos e atendimento das regulamentações ambientais.

Até recentemente a contenção de pequenos vazamentos de óleo em transformadores e reatores isolados a óleo não demandava atenção. Entretanto as dificuldades para o desligamento dos equipamentos, medida comumente necessária para a correção dos vazamentos, os custos envolvidos e as novas políticas ambientais fomentaram o aumento de interesse pelas ocorrências de vazamentos nesses equipamentos assim como pela identificação das causas dos vazamentos. Observou-se então, através de estudos, uma considerável quantidade de falhas de estanqueidade em transformadores e reatores de diversos fabricantes por problemas mecânicos no tanque, dispositivos de segurança e em acessórios. Mesmo em equipamentos novos foram identificadas ocorrências de longos desligamentos para conter vazamentos. Essa indisponibilidade causa elevadas despesas, perda de receita e, conseqüentemente, prejuízos para as empresas concessionárias de energia e fabricantes de equipamentos.

Uma revisão mais detalhada dos projetos de equipamentos de propriedade da Eletronorte, constatou que o projeto elétrico dos elementos ativos sofreu constantes evoluções e otimizações. Entretanto, por ser um equipamento eminentemente elétrico, as partes mecânicas que envolvem o elemento ativo, destinadas a conter o elemento ativo e preservar o óleo isolante, assim como os dispositivos de segurança, não acompanharam o avanço das ferramentas de projeto mecânico, dos materiais e processos de fabricação na mesma velocidade. Assim o GT-10, composto de técnicos de projeto, operação e manutenção, incluindo engenheiros mecânicos e eletricitas, estuda atualmente os critérios de projeto mecânicos de transformador, segundo as normas vigentes. Conceitos de estanqueidade em flanges e em soldas, ensaios em fábrica, especificação de materiais, de processos de fabricação e ensaios em campo, foram revistos e já estão sendo solicitados em novos projetos por algumas empresas.

A criação de uma norma brasileira que estabeleça os requisitos mecânicos para projeto destes equipamentos tem sido um trabalho em conjunto das concessionárias e fabricantes que irá favorecer a atualização dos conceitos mecânicos para especificação, projeto, ensaios e manutenção/operação dos novos equipamentos, além de

aumentar a curto e médio prazos a disponibilidade desses equipamentos. Os resultados contribuem para a preservação do meio ambiente visto que vazamentos causam contaminação de solo e água, e, especialmente, para o aumento da disponibilidade dos equipamentos, reduzindo despesas operacionais e de manutenção por diminuir o número de paradas para intervenções emergenciais ou por acidentes, que geram danos materiais e pessoais.

#### PALAVRAS-CHAVE

Transformadores, Projeto, Estanqueidade, Disponibilidade, Meio-ambiente

### 1.0 - INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como principal objetivo, apresentar os estudos e avanços que o grupo de trabalho GT-10, têm feito para estabelecer os requisitos mecânicos mínimos que são aplicáveis aos processos de projeto e fabricação de transformadores e reatores imersos em líquido isolante de potência superior a 3500 kVA, inclusive, excluindo-se o elemento ativo. Em outras palavras a intenção do grupo é a definição dos requisitos mínimos para: projeto estrutural e requisitos técnicos, projeto de componentes mecânicos, fabricação e processos, controle de qualidade, acessórios e facilidades de manutenção mecânica e sistemas de segurança.

O mecanismo básico para o atendimento dos objetivos da norma que está em elaboração atualmente, é a reavaliação do equipamento, com a aplicação dos conceitos atuais e consagrados da Engenharia Mecânica, sempre observando o mesmo sob a ótica de um equipamento mecânico. Em todos os casos, a atualização tecnológica dos processos de cálculo e fabricação deverá ser respeitada, de forma a permitir que o equipamento seja sempre projetado e fabricado com a mais recente tecnologia. Observados os limites de durabilidade e vida útil indicados por legislação pertinente. Espera-se com isso que os equipamentos fabricados sob esta norma tenham uma performance mecânica superior, focando-se especialmente na não ocorrência de vazamentos de óleo isolante e na preservação do elemento ativo (núcleo, enrolamentos etc.).

Considerando-se que o trabalho de elaboração desta norma ainda demandará diversas etapas, por exemplo finalização/revisão do texto base, consultas pública e nacional), ressaltamos que a abrangência desta amostragem parcial inclui as conclusões do grupo GT-10 até a sua 14ª (décima quarta) reunião, realizada em fevereiro de 2007.

### 2.0 - CONDIÇÕES ESPECÍFICAS E DE FUNCIONAMENTO

Novamente observado sob a ótica de equipamento mecânico, podemos listar como condições específicas e de funcionamento dos transformadores e reatores os seguintes itens:

- Condições de montagem;
- Condições de operação;
- Condição de teste e processo;
- Condição de suspensão (içamento do equipamento);
- Condição de transporte.

Partindo-se da premissa de que o elemento ativo é, estruturalmente, independente das estruturas externas, as condições de carregamento elétrico do elemento ativo estarão intrinsecamente atendidas caso as estruturas externas atendam as condições listadas.

### 3.0 - DEFINIÇÕES

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (ABNT/CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros). Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ONS circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados. de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ONS circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

### 4.0 - O PROJETO MECÂNICO

Conforme descrito na apresentação do trabalho, a abordagem do grupo foi de buscar nos conceitos atuais de projeto mecânico técnicas e ferramentas a serem incorporadas nas rotinas de projeto dos fabricantes de transformadores, elaborando uma espécie de roteiro de projeto a ser aplicado.

O projeto mecânico, na maneira abordada pelo grupo, é entendido como a concepção, dimensionamento e detalhamento para fabricação dos componentes externos, destacando-se a não abordagem dos aspectos mecânicos relacionados com o elemento ativo. Seguindo a idéia de ser um roteiro de trabalho este item foi estruturado segundo as etapas de um projeto:

#### 4.1. Definição dos dados básicos de projeto:

Para o início do projeto é essencial o conhecimento dos requisitos básicos do equipamento. Partindo desde sua função primordial que é conter o elemento ativo, podemos incluir as condições de instalação, operação, limitações de área disponível e limitações para transporte, características dos diversos equipamentos a serem suportados pela estrutura do tanque/tampa do transformador além das condições de fabricação e teste do equipamento.

##### 4.1.1. Projeto analítico do equipamento

Definidos os dados básico, o projeto analítico consiste fundamentalmente na determinação das dimensões gerais do equipamento e na definição de todos os seus detalhes que interferem no seu funcionamento.

Podemos ainda subdividir o projeto analítico em duas grandes frentes:

a. Projeto térmico: Considerando-se a necessidade de dissipação de energia térmica gerada pelo elemento ativo, o projeto térmico do equipamento é uma etapa essencial para a performance do equipamento.

b. Projeto mecânico (dimensionamento estrutural e fabricação): O projeto mecânico consiste no dimensionamento das estruturas e na elaboração de desenhos e outros documentos referentes ao equipamento. O projeto mecânico do equipamento exige a elaboração de diversos memoriais de cálculo, desenhos e documentos técnicos. Estes itens são entendidos como a documentação do projeto.

#### 4.2. Documentos de projeto

##### 4.2.1. Desenhos Técnicos

Exige a definição de padrões a serem adotados para elaboração e apresentação dos desenhos.

##### 4.2.2. Documentação Técnica

Define as informações técnicas do projeto, mínimas, a serem fornecidas pelo fabricante do equipamento:

- Desenhos de placas e diagramas, conforme ABNT NBR 5356;
- Desenhos de dimensões externas;
- Desenhos de transporte;
- Lista de embalagem, seus dimensionais e pesos;
- Desenho ou listagem para identificação de juntas de vedação;
- Certificados de qualidade dos materiais (conforme exigências do cliente).

#### 4.3. Crítérios de projeto mecânico

##### 4.3.1. Dimensionamento estrutural:

Define requisitos básicos gerais sobre as condições mínimas para o cálculo estrutural das estruturas de tanque, tampa, conservador de óleo e demais itens pressurizados, considerando: condições de montagem; condições de operação; condição de teste e processo; condição de suspensão (içamento do equipamento) e condição de transporte.

##### 4.3.2. Suportes externos, fixações e estruturas de apoio

Devem ser dimensionados para suportar as cargas apoiadas, condições de vento e eventuais cargas concentradas.

##### 4.3.3. Vida útil do equipamento

A vida útil do equipamento deve ser considerada para seleção dos componentes aplicados. Exceto quando especificado de outra forma, o tempo de vida útil considerado deve ser conforme a ABNT NBR 5416, relacionando-se diretamente com as condições de carregamento. Entretanto, é necessário admitir tempos de vida útil inferiores para itens desmontáveis ou de reposição (p. ex. bolsas de borracha para conservador de óleo), devendo estes serem claramente indicados (identificação e vida útil) na documentação do equipamento.

#### 4.3.4. Revestimento de partes externas e internas do equipamento

Conforme sua função básica de proteção ao equipamento, o revestimento possui grandes relevância para a durabilidade do equipamento. Em geral o requisito primordial para o revestimento interno é compatibilidade com o óleo isolante (sugere-se a norma ASTM D3455). Já o revestimento externo deve ser definido de acordo com as condições ambientais do local de instalação, definidas na especificação de compra.

#### 4.4. Materiais

Todos os materiais a serem aplicados deverão ter rastreabilidade de fabricação, certificação de origem, análise química, ensaios destrutivos e não destrutivos conforme aplicável. Está em estudos a elaboração de uma tabela indicando os requisitos mínimos para os materiais a serem aplicados.

### 5.0 - FABRICAÇÃO

Também é etapa essencial para o projeto mecânico. Neste item estamos tratando, basicamente de características mínimas requeridas para o transformador, desde a adoção de padronização para roscas, até flanges e alguns itens adicionais ao equipamento.

#### 5.1. Padronização Dimensional

Neste item foram tratadas as padronizações dimensionais para: Parafusos, Prisioneiros e Porcas; Conexões para eletrodutos; Roscas em tubos para condução de fluídos e Flanges.

- a. Janelas de Inspeção e Visita: dimensões mínimas requeridas e sistemas de fixação.
- b. Base para rodas orientáveis: definição de padrão de bitola e estabilidade do equipamento.
- c. Buchas e Comutadores: trata apenas do sistema de fixação destes componentes no transformador / reator.
- d. Pontos de aterramento do tanque: padrões dimensionais.
- e. Poço para sensor de temperatura: padrões dimensionais.
- f. Tubulação de desaeração: requisitos mecânicos para a tubulação de desaeração.
- g. Jateamento e Pintura: o texto define os padrões e procedimento mínimos aplicáveis e normas para verificação de sua qualidade.

### 6.0 - CONTROLE DE QUALIDADE

Para estabelecer claramente os requisitos de qualidade para o equipamento e facilitar a atuação dos agentes de controle de qualidade, deverá ser adotado um documento emitido pelo fornecedor e aprovado pelo cliente que contemple todas as ações de controle de qualidade realizadas pelo fornecedor e seus subfornecedores desde a aceitação da matéria prima, passando pela fabricação dos componentes, até a expedição do produto final.

Define-se o Plano de Inspeção e Controle de Qualidade - PICQ como sendo um documento emitido pelo fabricante e submetido para a aprovação do cliente, que definirá as ações de controle de qualidade realizadas pelo fornecedor e seus subfornecedores durante a fabricação do produto. O PICQ deverá contemplar cinco etapas:

- Matéria-Prima – ações de controle de qualidade realizadas em materiais que são incorporados ao fornecimento depois de trabalhados pelo fornecedor e/ou seus subfornecedores.
- Componentes – ações de controle de qualidade em partes do fornecimento adquiridas de terceiros e que estejam disponíveis no mercado, incorporados ao fornecimento sem modificações.
- Fabricação – ações de controle de qualidade realizadas pelo fornecedor e/ou seus subfornecedores durante as etapas de trabalho das matérias-primas e montagem de componentes até a obtenção do produto final.
- Ensaios Finais – ações de controle de qualidade realizadas pelo fornecedor e/ou seus subfornecedores no produto final, antes de ser embalado e transportado.
- Expedição - ações de controle de qualidade realizadas pelo fornecedor e/ou seus subfornecedores durante a etapa de embalagem do produto final, incluindo-se também a qualidade e resistência dos materiais da embalagem. Nesta etapa, inclui a verificação do atendimento ao projeto de logística de transporte do equipamento.

O PICQ deve prever o controle de qualidade da matéria prima desde a sua fabricação até a sua incorporação ao equipamento. Tais controles deverão incluir análise química, ensaios destrutivos e não destrutivos quando aplicáveis. No caso da fabricação de peças a partir de chapas e tubos, deverá ser indicado o controle de rastreabilidade das peças cortadas. Os consumíveis de solda deverão ser armazenados, manuseados e utilizados conforme as instruções do respectivo fabricante.

O fabricante do tanque deverá possuir procedimento de formação de todas as juntas soldadas (projeto das juntas soldadas), contendo especificação e simbologia de solda e geometria que deverão ser apresentadas ao cliente quando especificado. Quando especificados, deverão ser apresentadas ao cliente as Especificações de Processos de Soldagem – EPS escrituradas de forma completa, de acordo com os requisitos do código ASME, Seção IX. Os ensaios de comprovação da qualidade de cada EPS devem ser realizados em conformidade com os requisitos do código ASME, Seção IX e documentados através do Registro de Qualificação de Procedimento – RQP. Deve ser previsto no PICQ se os ensaios de comprovação da qualidade, de cada EPS. O fornecedor deve manter atualizados os registros de qualificação dos soldadores realizados de acordo com o código ASME, Seção IX. Cada soldador deve possuir um sinete próprio para marcação das suas soldas. As qualificações deverão estar disponíveis ao inspetor da contratante.

O ensaio por líquido penetrante deve ser realizado de acordo com o código ASME, Seção V, Artigo 6 com critérios de aceitação de acordo com o código ASME, Seção VIII, Apêndice 8. O ensaio por líquido penetrante fluorescente deve ser realizado de acordo com a norma IEC 68-217 (Test Qd) e conforme o procedimento detalhado no Anexo A do texto base da norma em elaboração pelo grupo. O ensaio por ultrassom deve ser realizado de acordo com o código ASME, Seção V, Artigo 5 com critérios de aceitação de acordo com o código ASME, Seção VIII, Apêndice 12, observando o prescrito no item UW-11 (a) (7) da mesma norma ou AWS D1.1. Os ensaios por líquido penetrante fluorescente e ultrassom deverão ser realizados por pessoal qualificado e devidamente registrados através de relatórios detalhados, conforme pertinência definida pelo PICQ.

O controle dimensional deve ser realizado utilizando-se protocolos de medição para anotação das medidas efetivamente encontradas durante a inspeção. No protocolo de medição deverão constar as principais dimensões a serem registradas. O PICQ deverá prever também a realização de: exame visual nas superfícies pintadas, controles de espessura e aderência e conferência de cores de acordo com o projeto.

## 7.0 - ACESSÓRIOS E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO

### 7.1. Buchas e transformadores de corrente

As buchas devem estar localizadas convenientemente na tampa ou laterais do transformador ou reator conforme as necessidades de conexão ao sistema elétrico. As buchas condensivas devem possuir os acessórios conforme NBR 10202. Deve ser prevista uma caixa de ligação para acesso a todos os terminais secundários dos transformadores de corrente internos.

As caixas de passagem para ligação dos terminais dos transformadores de corrente deverão ser constituídas de painel e terminais de passagem. Devem ser resistentes a óleo isolante e as temperaturas nominais de operação do transformador, bem como, suportar as condições de vácuo e pressão a que estarão sujeitos, sem apresentar fadigas, trincas ou vazamentos durante a vida útil do equipamento. Os terminais deverão ser identificados de forma legível e indelével. O invólucro de proteção deve ser resistente a intempéries (IP 65 mínimo) com proteção anticorrosiva adequada. As vedações da placa dos terminais deverão ser resistentes e compatíveis com o líquido isolante. A caixa de passagem deve possuir dimensões que permitam o manuseio da fiação com facilidade e dimensões mínimas da abertura do compartimento interno de 120mm, seja redonda ou quadrada.

### 7.2. Comutador sob carga

Transformadores dotados de comutador de derivação em carga deverão possuir circuito de óleo independente, exceto quando a atuação do comutador não cause alterações no óleo. Quando existir sistema de filtragem de óleo, deve ser possível a substituição do elemento filtrante com o equipamento energizado.

### 7.3. Sistema de preservação de óleo com tanque de expansão (conservador de óleo)

As estruturas para sustentação e fixação do conservador ao corpo do transformador devem possuir ou permitir a instalação de olhais para suspensão, permitindo a sua montagem e desmontagem. O suporte do conservador deve suportar o peso do conservador com seu nível máximo de óleo, peso do mantenedor e também cargas adicionais, especialmente eólicas e sísmicas. O nível mínimo de óleo no conservador deve estar a pelo menos a 20 mm acima da válvula de desaeração do rele Buchholz para garantir o completo preenchimento do sistema. O conservador deve ser posicionado de tal forma que permita a livre movimentação para montagem e desmontagem de buchas e demais acessórios. A base de fixação do conservador deverá possuir furos oblongos para facilitar o acoplamento dos componentes entre o tanque principal e conservador.

### 7.4. Sistema de resfriamento

Nos radiadores, os elementos de dissipação devem atender a norma NBR 5915 (aço carbono) e ter no mínimo, 1.2mm de espessura (chapa nº 18, bitola USG) ou tubos conforme norma NBR 5590 com no mínimo, 1.5mm de espessura (chapa nº 16, bitola USG). Construções alternativas são possíveis desde que suportem, no mínimo, vácuo e pressão especificadas na norma NBR 5356-1 tabelas 3 e 5. Devem ser previstos pontos de desaeração / purga na parte superior (ponto mais alto) e na parte inferior dos radiadores.

O acoplamento dos radiadores no transformador deve ser dimensionado para suportar, no mínimo, o peso próprio (completamente preenchidos) e as possíveis cargas adicionais, tais como ventiladores acoplados e a carga do mantenedor. Todos os radiadores devem apresentar algum travamento na direção horizontal adicionalmente à fixação no tanque do transformador, exceto quando comprovado por memória de cálculo. Os radiadores devem ser identificados de forma indelével, permitindo reproduzir em campo as posições de montagem em fábrica. Deve ser utilizada fixação com estojos ou prisioneiros passantes. O acoplamento dos trocadores de calor no transformador deve ser dimensionado para suportar, no mínimo, o peso próprio (completamente preenchidos) e as possíveis cargas adicionais, tais como ventiladores acoplados e a carga do mantenedor.

Radiadores, trocadores de calor e bombas de circulação de óleo devem ser instalados com válvulas que permitam a retirada dos mesmos sem a necessidade de drenagem do óleo do tanque principal do transformador. Devem ser previstos ainda meios para suspensão que facilitem a montagem e retirada destes acessórios para manutenção. As bombas de circulação de óleo devem atender aos mesmos requisitos de pintura do transformador e possuir, no mínimo, bujão de sangria na parte inferior e bujão de desaeração na parte superior, respeitando a posição de montagem. Os motores dos ventiladores devem ser conforme NBR 8441 e possuir grau de proteção IP-55 para a montagem com eixo do motor na horizontal e IPW-55 para eixo do motor na vertical.

#### 7.5. Válvulas e registros de óleo

O transformador ou reator deve possuir válvulas e registros de óleo respeitando as definições da NBR 5356-1 Tabela 1. Os dispositivos de amostragem, drenagem e filtragem do tanque principal devem possuir uma área de acesso em seu redor que permitam operação dos mesmos sem obstruções.

#### 7.6. Apoios para macacos

Devem ser previstos pelos menos quatro pontos de apoio para macacos. As posições para instalação dos macacos devem ser claramente identificadas.

#### 7.7. Meios para locomoção

Os transformadores devem dispor de meios para locomoção, como base própria para arrastamento ou rodas orientáveis. Estes devem permitir a movimentação bidirecional e uma inclinação mínima suficiente para a substituição e rotação das rodas no transformador completo ou parcialmente montado, quando aplicável. Os transformadores devem possuir meios de fixação de cabos e correntes, que permitam movimentação sobre um plano, segundo duas direções ortogonais.

#### 7.8. Meios para suspensão do transformador, das tampas e demais acessórios e manuseio

Os meios para suspensão das partes principais devem ser indicados no desenho de arranjo geral. Os dispositivos de levantamento do tanque são dimensionados para manuseio do transformador completo, no entanto, massas isoladas superiores a 100 toneladas preferencialmente devem ser suspensas sem a presença de óleo isolante.

A localização dos dispositivos de suspensão, o ângulo máximo de abertura entre os cabos de suspensão permitido para o levantamento, a altura mínima da tampa até o gancho do guindaste e a massa do transformador (para condição de transporte e completamente montado) deverão constar no desenho de dimensões externas. Deve ser indicado ainda no desenho de dimensões externas o deslocamento máximo permitido para cada etapa de levantamento pelos apoios para macacos (máximo desnivelamento entre apoios).

Para manuseio do transformador, deverão ser seguidas as referências contidas nos desenhos de dimensões externas, dimensões máximas para transporte, placa diagramática e placa de identificação, documentos estes fornecidos pelos fabricantes.

### 8.0 - CONCLUSÃO

A principal expectativa do grupo de trabalho é a garantia de tornar o transformador um equipamento mais seguro e minimizar as intervenções para manutenção mecânica, através da adoção dos conceitos atuais de cálculo e

projeto de equipamentos. O presente texto está focado em alguns dos pontos identificados como críticos, tais como: dimensionamento das junções, especificação de materiais, execução do arranjo físico, adoção de sistema com baixa eficiência para preservação do óleo isolante, utilização inadequada de sistema de alívio de pressão súbita, deficiência na fixação dos elementos.

Os trabalhos levaram a uma série de recomendações que podem ser seguidas de imediato nas especificações de compra, projetos, fabricação e, possivelmente, para manutenções e reparos. Adicionalmente entendemos que este trabalho, apesar de poder representar, num primeiro momento, um pequeno aumento de custo final dos equipamentos, no longo prazo deve contribuir para a redução de custos diretos e indiretos para os compradores e fabricantes de equipamentos, que ganharam em qualidade e durabilidade. Espera-se ainda que os custos em períodos de garantia e com os prêmios dos seguros sejam reduzidos após a evidenciação dos benefícios atingidos.

Nestes dois anos de trabalho do grupo, graças à preciosa colaboração de todos os envolvidos diretamente com o setor elétrico, quer sejam usuários, fabricantes, neutros e concessionárias, a elaboração do texto base é um importante passo em direção à conclusão de uma nova norma nacional e também em direção ao objetivo maior, que é o aprimoramento dos aspectos mecânicos dos transformadores e reatores.

## 9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) J. Carlos Veiga, "Juntas Industriais", 4a. Edição, Teadit, Rio de Janeiro, 2003.
- (2) ABNT-NBR-7505-1/ 2000: Armazenagem de líquidos inflamáveis e combustíveis.
- (3) ABNT- NBR-5356: Transformador de Potência - Especificação.
- (4) ABNT- NBR-5416/ 1997: Aplicação de cargas em transformadores de potência – Procedimento.
- (5) ASME - Sections VIII and IX
- (6) NFPA - 30/ 87: Flammable and Combustible Liquids Code.
- (7) Flammable and Combustible Liquids Code Handbook, Robert P. Benedetti, Editor, Third Edition, National Fire Protection Association.
- (8) Diversos, "Influência dos Sistemas de Preservação na Vida Útil dos Óleos e Equipamentos Elétricos", GCOI - Volume I.
- (9) P. C. da Silva Telles, "Vasos de Pressão", Livros Técnicos e Científicos, 1991.
- (10) A. Moriama, K. Miyashiro e outros, "Relatório Técnico: Reengenharia em Transformador – SE Presidente Dutra", Eletronorte, 2004.
- (11) M.F. de Moraes, I. P. Arantes, G. L. C. Nicola e outros, "A Experiência da ELETRONORTE na Revisão dos Requisitos Mecânicos nos Projetos de Transformadores e Reatores Imersos em Óleo Isolante", XVIII SNPTEE, 2005.
- (12) M.F. de Moraes, I. P. Arantes, G. L. C. Nicola e outros, "A Experiência da ELETRONORTE na Revisão dos Requisitos Mecânicos nos Projetos de Transformadores e Reatores Imersos em Óleo Isolante", XI Eriac, 2005.

## 10.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Iran Prado Arantes

Nascido em Ituiutaba, MG, em 27 de junho de 1955.

Graduação (1986) em Engenharia Elétrica: Faculdade de Engenharia de Ituiutaba

Empresas: CELG – Centrais Elétricas de Goiás S.A, de 1977 a 1988

Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A., desde 1988

Engenheiro de Projeto e Construção de Subestação

Coordenador do Grupo de Trabalho 03.014.01 – 010 COBEI / ANBT - Projeto Mecânico de Transformadores e Reatores

Alan Sbravati

Nascido no em Piracicaba, SP, em 02 de setembro de 1979.

Graduação (2001) em Engenharia Mecânica: UNICAMP

Empresas: Siemens Ltda – PTD T (Divisão de Transformadores de Força), desde Janeiro de 2001

Engenheiro de Projeto e Desenvolvimento

Atualmente Gerente de projeto de pesquisa e desenvolvimento sobre sistemas de refrigeração de transformadores e secretário do grupo GT-10.

Marlos Fabiano de Moraes

Nascido em Goiânia, GO, em 01 de julho de 1973.

Graduação (1999) em Engenharia Mecânica: Universidade de Brasília

Empresas: Eletronorte Centrais Elétricas do Norte do Brasil (2003 – 2005) / Vice-presidente da SERGI Brasil (2005 – 2007) / Consultor Independente, desde Março de 2007

Atualmente envolvido com a análise e aprovação dos projetos de equipamentos Eletromecânicos da UHE Mazar no Equador, como Consultor da Leme Engenharia