



**XXII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GTM/19  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO – XIII**

**GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAIS E TECNOLOGIAS EMERGENTES -  
GTM**

**REVITALIZAÇÃO DOS TRANSFORMADORES ELEVADORES 111 MVA DA UHEGNB  
- USINA HIDRELÉTRICA GOV. NEY AMINTAS DE BARROS BRAGA -**

**Pedro Luiz Wutkiewicz (\*)**  
**Copel Geração e Transmissão SA**

**Roberlei Linzing**  
**Copel Geração e Transmissão SA**

**RESUMO**

O objetivo deste Informe Técnico (IT) é apresentar algumas melhorias feitas nos transformadores monofásicos de 111 MVA da UHEGNB – Usina Hidrelétrica Gov. Ney Amithas de Barros Braga, que, com o passar do tempo, começaram a apresentar elevação na temperatura e, em consequência, um envelhecimento precoce do óleo isolante, papel e oxidação de algumas chapas de silício do núcleo. Também será evidenciada a diminuição da temperatura em um transformador revitalizado, comparando-o com um transformador não revitalizado.

**PALAVRAS-CHAVE**

Transformadores, UHEGNB, Revitalização, Segredo, Temperatura.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

No decorrer do tempo de operação (aproximadamente 17 anos), observou-se com dados em análises de amostras de papel isolante, análise dos gases dissolvidos no óleo isolante e inspeções com termovisor, que estava ocorrendo um aumento significativo na temperatura dos transformadores, ocasionando um envelhecimento precoce do óleo isolante, do papel e oxidação de algumas chapas de silício do núcleo.

Com essas análises, a equipe de engenharia da COPEL Geração decidiu revitalizar os transformadores elevadores da UHEGNB, um total de 12 transformadores, sendo onze (11) operando e um reserva, para agilizar o processo de revitalização, foi necessário adquirir um transformador novo.

Para a fabricação e revitalização dos transformadores, a empresa vencedora da licitação foi a ABB, com a coordenação da DEMG (Departamento de Engenharia de Manutenção da Geração da Copel).

Durante as revitalizações, foram realizadas algumas modificações técnicas, visando atualizações tecnológicas e ganhos de confiabilidade, proporcionando maior tempo de vida útil com a redução da temperatura dos transformadores.

**2.0 - CARACTERÍSTICAS DOS TRANSFORMADORES DA UHEGNB**

A UHEGNB possui 4 unidades geradoras, cada unidade possui 3 transformadores monofásicos elevadores. A TABELA 1 abaixo mostra as características destes transformadores:

TABELA 1 – Dados dos transformadores

<b>Potencia Nominal</b>	83,5 / 111 MVA
<b>Tensão Nominal Primária</b>	13,8 KV
<b>Tensão Nominal Secundária</b>	525 ± 2 x 12,5 / $\sqrt{3}$ KV

(\*) Usina Hidrelétrica Gov. Ney Aminthas de Barros Braga – CEP 85195-000 Reserva do Iguaçu, PR – Brasil.  
Tel: (+55 42) 3675-1664 – Fax: (+55 42) 3675-1623 – Email: pwutkiewicz@gmail.com

<b>Comutador de TAP</b>	A vazio, sem tensão, 5 posições A, B, C, D e E
<b>Ligação Fasorial do Banco</b>	Primário – Delta / Secundário - Estrela Aterrado
<b>Peso Total</b>	115.000 kg
<b>Volume de Óleo</b>	25.600 L
<b>Sistema de Resfriamento</b>	OFAF

### 3.0 - PROCESSO DE REVITALIZAÇÃO DOS TRANSFORMADORES

#### 3.1. Processo de revitalização dos transformadores

O processo de revitalização seguiu as seguintes etapas:

- 3.1.1. Drenagem do óleo isolante;
- 3.1.2. Desmontagem dos componentes periféricos (buchas, aerotermos, tanque de expansão, etc.);
- 3.1.3. Retirada do núcleo e bobina;
- 3.1.4. Desembaralhamento das chapas de silício do núcleo;
- 3.1.5. Inspeção e troca das chapas de silício oxidadas;
- 3.1.6. Montagem das chapas de silício;
- 3.1.7. Montagem do núcleo e instalação de nova bobina (enrolamentos AT e BT);
- 3.1.8. Tanque: reparos no tanque, pintura interna e externa;
- 3.1.9. Recorte na chapa de aço carbono do tanque do lado das buchas de Baixa Tensão (BT);
- 3.1.10. Soldagem de chapa de aço inox na área próxima as buchas de Baixa Tensão (BT);
- 3.1.11. Colocação da parte ativa no tanque;
- 3.1.12. Fechamento e teste de estanqueidade;
- 3.1.13. Processo de secagem com vácuo e circulação do óleo isolante aquecido;
- 3.1.14. Montagem dos componentes periféricos (buchas, aerotermos, tanque de expansão, etc.);
- 3.1.15. Ensaios dielétricos e liberação para instalação.

### 4.0 - MELHORIAS REALIZADAS DURANTE AS REVITALIZAÇÕES

#### 4.1. Sistema de circulação externa do óleo isolante

Para melhorar a refrigeração e a circulação do óleo isolante nos transformadores, optou-se por mudar o posicionamento do tubo de entrada de óleo isolante no aerotermo central, para captar o óleo quente na extremidade oposta dos aerotermos do transformador (FIGURAS 1 e 2). A saída de óleo refrigerado do terceiro aerotermo (direita) foi posicionado para a outra extremidade do transformador (FIGURAS 3 e 4).



FIGURA 1 – Antes da revitalização

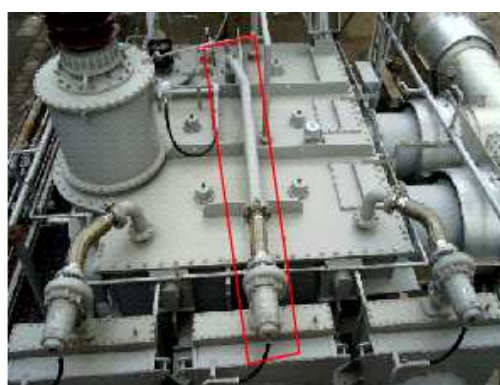


FIGURA 2 – Após a revitalização



FIGURA 3 – Antes da revitalização



FIGURA 4 – Após a revitalização

#### 4.2. Circulação do óleo isolante no núcleo

Para melhorar a refrigeração do núcleo, foi aumentando o número de canais de fluxo de óleo, passando de dois canais para quatro canais, conforme mostram as FIGURAS 5 e 6. Estes canais adicionais permitem que o óleo isolante circule melhor no núcleo e absorva as calorias nele gerado.



FIGURA 5 – Antes da revitalização



FIGURA 6 – Após a revitalização

#### 4.3. Aumento da área do tanque principal com material não magnético no lado da Baixa Tensão

Para diminuir a influência do fluxo magnético (gerado pela passagem da corrente elétrica nos terminais das buchas de Baixa Tensão) na chapa de aço carbono, e, em consequência, o aquecimento dessa região e elevação da temperatura do transformador, aumentou-se a área de material não magnético do tanque principal na região da Baixa Tensão. Para isso, foi cortada a chapa de aço carbono na área das buchas de Baixa Tensão (BT) e soldado chapa de aço inox. As FIGURAS 7 e 8 mostram como era essa área antes e como ficou após a revitalização.

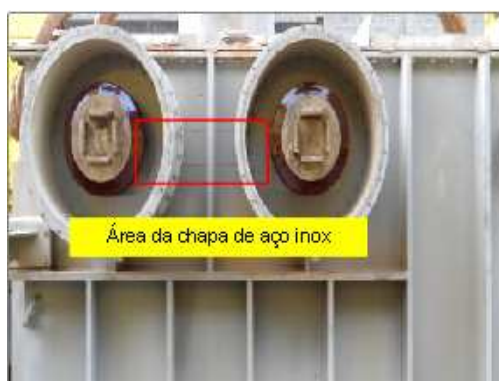


FIGURA 7 – Antes da revitalização



FIGURA 8 – Após a revitalização

#### 4.4. Direcionadores de ar dos aerotermos

Para diminuir a temperatura próximo a área dos aerotermos, foram instalados direcionadores (defletores) de ar em cada exaustor dos aerotermos, direcionando a saída do ar quente. Com este direcionamento, evita-se que o ar quente bata nas paredes corta-fogo dos transformadores e retornar novamente para o aerotermosto. Ver FIGURAS 9 e 10.



FIGURA 9 – Antes da revitalização



FIGURA 10 – Após a revitalização

### 5.0 - GANHOS COM A REVITALIZAÇÃO DOS TRANSFORMADORES

#### 5.1. Diminuição da temperatura na área entre as buchas de Baixa Tensão

Com inspeções termográficas, percebeu-se que houve redução da temperatura do corpo dos transformadores na região entre as buchas de Baixa Tensão (BT). Fato este devido o aumento da área de chapa de aço inox. Conforme mostrado no item 4.3 desse informe técnico. As imagens com termovisor mostram a situação de um transformador revitalizado (FIGURA 11) em comparação com um transformador não revitalizado (FIGURA 12), ambos da mesma unidade geradora, trabalhando sob as mesmas condições de carga. Na FIGURA 11 percebe-se que a temperatura é de 78,6 °C no transformador revitalizado, e na FIGURA 12 a temperatura é de 100,9 °C no transformador não revitalizado. Com esta comparação, percebe-se uma redução de mais de 20 °C nesta região.

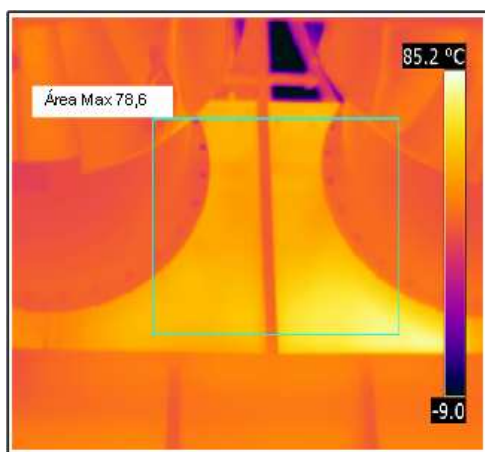


FIGURA 11 – Transf. Revitalizado

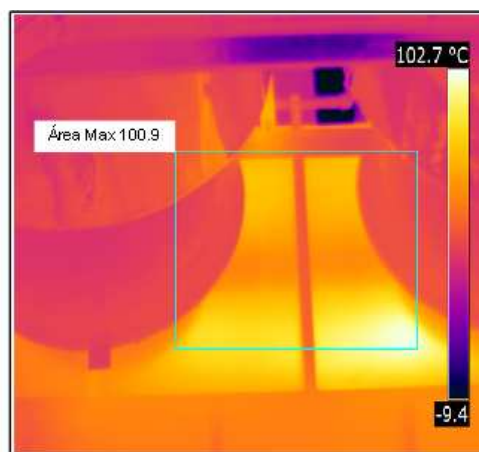


FIGURA 12 – Transf. não Revitalizado

### 5.2. Diminuição da temperatura na região entre os aerotermos e as paredes corta fogo

Conforme acompanhamento realizado com termômetros instalados na região entre os aerotermos e as paredes corta fogo de um transformador revitalizado e um ainda não revitalizado, estando ambos, sob as mesmas condições de carga, constatou-se que a temperatura teve uma queda média de 5 °C. Melhorando assim a eficiência dos aerotermos, conforme item 4.4 deste informe técnico.

### 5.3. Diminuição da temperatura dos transformadores

A FIGURA 13 abaixo, mostra a diferença da temperatura entre os transformadores revitalizados das fases A, B e C, das unidades geradoras 1, 2 e 3, e os ainda não revitalizados das fases A, B e C da unidade geradora 4. Se compararmos as temperaturas dos transformadores da Unidade 3 com os da Unidade 4, que operavam com valores de carga semelhantes, percebemos que a temperatura, em especial dos enrolamentos tiveram uma queda significativa.

GRUPO	GRANDEZA	FASE A	FASE B	FASE C
Unidade 01	Corrente Primário	11.7 kA	11.9 kA	12.0 kA
	Corrente Secundário	307.8 A	316.5 A	312.3 A
	Temperatura do Óleo	48.4 C	49.2 C	48.0 C
	Temperatura do Enrolamento	65.2 C 1ª 2ª	65.8 C 1ª 2ª	64.6 C 1ª 2ª
	Ruptura da Membrana			
	Concen. M. Alta H2 e CO no Óleo			
Unidade 02	Corrente Primário	11.6 kA	11.7 kA	11.9 kA
	Corrente Secundário	304.3 A	309.8 A	306.0 A
	Temperatura do Óleo	48.3 C	48.5 C	48.7 C
	Temperatura do Enrolamento	64.5 C 1ª 2ª	64.9 C 1ª 2ª	65.2 C 1ª 2ª
	Ruptura da Membrana			
	Concen. M. Alta H2 e CO no Óleo			
Unidade 03	Corrente Primário	12.6 kA	12.6 kA	12.7 kA
	Corrente Secundário	332.5 A	335.0 A	332.8 A
	Temperatura do Óleo	44.3 C	48.1 C	47.9 C
	Temperatura do Enrolamento	57.4 C 1ª 2ª	66.8 C 1ª 2ª	66.3 C 1ª 2ª
	Ruptura da Membrana			
	Gás ou Umidade no Óleo			
Unidade 04	Corrente Primário	12.6 kA	12.6 kA	12.7 kA
	Corrente Secundário	328.8 A	335.0 A	330.0 A
	Temperatura do Óleo	49.7 C	48.2 C (Futuro)	48.0 C (Futuro)
	Temperatura do Enrolamento	85.7 C 1ª 2ª	84.3 C 1ª 2ª	84.6 C 1ª 2ª
	Ruptura da Membrana			
	Concen. M. Alta H2 e CO no Óleo			

FIGURA 13 – Quadro comparativo de temperatura dos transformadores

Vale salientar que além das melhorias relacionadas no item 4.0. deste informe técnico, foram realizadas outras, como:

Substituição do sistema de monitoramento de temperaturas do óleo e enrolamento, sendo retirados os sensores RTDs e instalados PT100 a 4 fios e controladores de temperatura mais modernos, que apresentam temperaturas mais precisas. Também implementações de novas tecnologias de monitoramento como: Calisto (detecção on-line de gases dissolvidos no óleo) e TEC (Monitoramento da vida útil do transformador com acesso via rede Copel).

## 6.0 – DESMONTAGEM DOS TRANSFORMADORES PARA A REVITALIZAÇÃO

As FIGURAS 14, 15, 16 e 17 abaixo, mostram alguns problemas encontrados na desmontagem dos transformadores para revitalização.



FIGURA 14 – Verniz isolante das



FIGURA 15 – Papel isolante



FIGURA 16 – Parafusos de fixação de apoio do núcleo oxidados



FIGURA 17 – Degradação do verniz isolante das chapas de silício

## 7.0 - CONCLUSÃO

Com a revitalização dos transformadores elevadores de 111MVA da UHE GNB, as medições obtidas com inspeções termográficas e com o monitoramento on-line, conclui-se que houve ganho significativo na redução da temperatura dos transformadores, depois das revitalizações, tendo em vista que altas temperaturas diminuem a vida útil e a confiabilidade do sistema de geração. Paralelamente, com os trabalhos realizados durante a revitalização, houve um ganho de conhecimento técnico das equipes de manutenção e operação da usina, aumentando a eficiência no desempenho de suas funções e intervenções com melhores resultados.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Apostila Curso Transformadores Elevadores 111MVA - TECUS GNB 2011 (Tecnologia de Usinas - UHEGNB);
- (2) ABB, Manuais dos Transformadores Elevadores 111 MVA Revitalizados;
- (3) Manual de Montagem, Manutenção e Operação de Transformador Tipo MOV-FFA da COENSA ANSALDO;
- (4) Manual ABB de Montagem e Manutenção de Transformadores 111 MVA da UHEGNB.

## 9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

### **Pedro Luiz Wutkiewicz –**

Bituruna – PR, 1964;

Formação em Eletrotécnica - Formado no Instituto Politécnico do Paraná (IPE); Curitiba – PR / 1994;

Experiência Profissional: Cursos de Tecnologia de Equipamentos de Subestações; Ensaio Elétrico de Equipamentos de Subestações; Ensaio Elétrico em Equipamentos de Transformação; Tecnologia de Usinas Hidráulicas;

Apresentação de informe técnico (Revitalização Transformadores UHEGNB) no ETOM 10/2012; Apresentação da disciplina de Transformadores Elevadores 111 MVA da UHEGNB no módulo do curso de Tecnologia de Usina (TU) da UHEGNB;

Área de atuação – Manutenção elétrica de Usina hidroelétrica.

### **Roberlei Linzing –**

Curitiba – PR, 1976;

Técnico em eletrotécnica - Formado no Instituto Politécnico do Paraná (IPE); Curitiba – PR / 1994;

Engenheiro Industrial Eletricista - CEFET - PR - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - 05/2002;

Especialização em Proteção de Sist. Elétrico - UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá - MG – 2010/2012.

Experiência Profissional na Copel Geração e Transmissão:

Apresentado informe técnico (Simulação de Incêndio no Transformador da U3 da UHEGPS) no ETOM 2006;

Apresentado disciplina de proteção de geradores, no módulo do curso de Tecnologia de Usina (TU) da UHEGNB;

Elaborado os seguintes relatórios técnicos:

- Relatório Técnico 10/2010 - Seminário Paranaense de Manutenção;

- Relatório Técnico Comissionamento Transformador Novo de 111 MVA da UHEGNB na Fábrica da ABB;

## 9.1. Fotografias



Pedro Luiz  
Wutkiewicz



Roberlei Linzing