



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

GMI 33  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

**GRUPO XII  
GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DA MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES  
ELÉTRICAS**

**SIMULAÇÃO, MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO DE DEFEITOS EM PÁRA-RAIOS DE ÓXIDO DE ZINCO**

**M. J. A. Maia(\*)\*    E. G. Costa\*\*    E. T. W. Neto\*\*    R. T. Souza\*\*    A. E. A. L. Calazans\***

**\* Chesf – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco**

**\*\* UFCG - Universidade Federal de Campina Grande**

**RESUMO**

Os pára-raios compõem o sistema de proteção de subestações elétricas, redes de transmissão e distribuição, evitando que sobretensões atinjam equipamentos de importância fundamental para o bom funcionamento do sistema elétrico. Um pára-raios defeituoso ou inadequado ao sistema pode não ser capaz de atuar satisfatoriamente diante da ocorrência de um surto e com isso apresentar um aquecimento excessivo, provocando a sua destruição, expondo o sistema que deveria ser protegido e causando riscos a equipamentos e pessoas que estejam próximas. Para evitar problemas com a operação dos pára-raios é necessário que se conheça o seu comportamento, seja através da aplicação de ensaios, seja através de simulações. Além disso, para sua manutenção, várias técnicas de monitoramento vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas. Entretanto, ainda não existem técnicas de diagnóstico consensual capaz de indicar quando um pára-raios deva ser retirado de serviço. Este trabalho apresenta uma metodologia desenvolvida para simulação, monitoramento e diagnóstico de pára-raios a ZnO. A implementação sugerida neste trabalho, resultado do projeto de pesquisa e desenvolvimento da Chesf, autorizado pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, para o Ciclo 2000/2001, em conjunto com a UFCG, apresenta resultados confiáveis, além de simplificar significativamente o circuito e as medições em laboratório e no campo.

**PALAVRAS-CHAVE**

Análise harmônica, Diagnóstico, Monitoramento, Óxido de zinco, Pára-raios, Simulação

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Os pára-raios são equipamentos largamente utilizados em sistemas elétricos de potência. Os pára-raios têm como principal função limitar sobretensões provenientes de ocorrências no sistema elétrico (ex. manobras, curtos-circuitos ou descargas atmosféricas), atuando de forma a impedir que valores de tensão acima de determinado nível preestabelecido possam atingir outros equipamentos da subestação (1).

Para evitar problemas com a operação dos pára-raios, é preciso saber se o mesmo é adequado para a aplicação proposta. Para isso, antes da aquisição do equipamento, são realizados ensaios, muitas vezes destrutivos, com a finalidade de se verificar essa adequação. Uma alternativa a estes ensaios é a realização de simulações computacionais. Essas simulações apresentam um custo bastante reduzido, além da rapidez e da versatilidade de aplicação mediante os mais variados tipos de problemas. Com base nos resultados obtidos através de simulações é possível obter um comportamento bastante fiel ao que se observa em ensaios reais.

Um outro problema em relação aos pára-raios refere-se ao monitoramento destes equipamentos quando em operação, em campo. Atualmente as técnicas mais utilizadas são a medição da corrente de fuga e a aquisição de imagens térmicas. Ambas as metodologias baseiam-se na variação das corrente de fuga quando da ocorrência de surtos elétricos ou comportamento inadequado dos pára-raios. Para a corrente de fuga, a medição é direta, sendo feita por equipamentos especiais os quais, muitas vezes, apresentam um custo elevado. Já a imagem térmica baseia-se no fato de que uma variação na corrente de fuga altera o padrão térmico do pára-raios já que essa corrente é responsável pela geração de calor no equipamento. Neste trabalho, propõe-se uma nova metodologia para medição da corrente de fuga nos pára-raios e uma metodologia para diagnóstico de defeitos através das imagens térmicas.

## 2.0 - SIMULAÇÃO ELETROTÉRMICA

Um pára-raios transforma a energia proveniente de surtos dissipando-a para o meio ambiente sob a forma de calor. Para que o equipamento seja considerado termicamente estável, ele deve voltar às suas condições normais de operação de modo que seja capaz de suportar um possível surto subsequente. Dessa forma, evita-se que o equipamento seja levado ao processo de avalanche térmica, caracterizado por um aumento contínuo de corrente e temperatura.

Uma das formas de se analisar o comportamento térmico dos pára-raios é através de ensaios definidos por normas. Estes ensaios, além dos custos, geralmente acarretam na perda do equipamento, já que o mesmo é submetido à condições severas de operação. Uma alternativa a este tipo de ensaio é a utilização de modelagem computacional, como o modelo aqui apresentado, baseado na técnica dos elementos finitos. Este método permite a análise da variação de temperatura em um volume através da construção de uma rede de elementos representando todo o volume sob análise, como na Figura 1. O método permite o cálculo da transferência de calor através da condução, convecção e radiação, sendo que cada um destes mecanismos exerce maior ou menor influência na dissipação do calor de acordo com o meio considerado. Se forem tomados os varistores, por exemplo, o mecanismo de condução exerce papel fundamental na dissipação térmica.

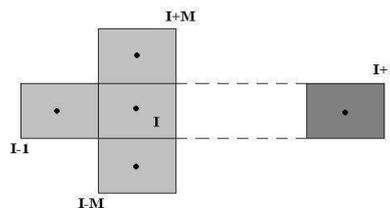


Figura 1 – Exemplo de uma rede gerada para cálculo de transferência de calor em um pára-raios.

A rotina gerada é capaz de estimar as temperaturas em todos os pontos do pára-raios mediante a aplicação de um determinado nível de tensão, ou sequência de valores de tensão. Dessa forma, é possível avaliar o comportamento do pára-raios mediante a aplicação de ensaios estabelecidos em norma ou mediante qualquer variação de tensão a respeito da qual se tenha interesse em saber como o pára-raios irá se comportar. A rotina permite também estimar as temperaturas em pontos de interesse no interior do pára-raios a partir de uma temperatura fixa estabelecida em sua superfície externa. Isto é útil, por exemplo, quando a partir de uma imagem térmica há o interesse de saber os principais pontos de aquecimento na coluna de varistores. Entretanto, é necessário que se conheça a estrutura do pára-raios e de todos os seus componentes internos, de modo que a malha possa ser gerada de maneira adequada.

## 3.0 - ANÁLISE HARMÔNICA DA CORRENTE DE FUGA (DETEÇÃO DA SUPERAÇÃO)

A corrente de fuga que flui pelo varistor apresenta duas componentes (capacitiva e resistiva). Na Figura 2 é apresentado o circuito elétrico equivalente de um varistor de ZnO, em que  $R_s$  representa a resistência dos grãos de ZnO;  $R_p$ , a resistência não linear da região intergranular e  $C_p$ , a capacitância formada pelos grãos de ZnO e a camada intergranular.

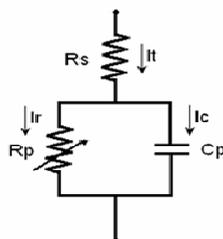


Figura 2. Circuito equivalente de um pára-raios de ZnO.

A corrente resistiva com característica não linear é responsável pelas perdas elétricas e um dos fatores do envelhecimento dos blocos de ZnO. Ela apresenta, em condições normais de operação do pára-raios, um valor baixo quando comparado à componente capacitiva. Observou-se que o envelhecimento dos varistores provoca o aumento gradual da corrente de fuga e a sua componente resistiva é mais susceptível. O aumento sem controle da componente resistiva da corrente provoca o aquecimento do pára-raios com possibilidade de provocar uma avalanche e a sua falha completa.

### 3.1 Medição da Componente Resistiva da Corrente de Fuga

Para a análise do espectro harmônico da corrente de fuga resistiva, e conseqüentemente o estado do pára-raios, é necessário inicialmente separar as componentes capacitiva e resistiva que compõem a corrente de fuga total do pára-raios. Devido à impossibilidade de se medir isoladamente apenas a componente resistiva da corrente de fuga, faz-se necessária a implementação de um circuito para obtenção da componente resistiva. Na Figura 3 é mostrado um circuito baseado no método de compensação diferencial, sendo utilizado um capacitor de alta tensão para compensação da componente capacitiva do sinal de corrente  $i_t$ .

A filosofia do circuito é obter a corrente de fuga do pára-raios sem a componente capacitiva. Assim, necessita-se gerar uma corrente capacitiva no ramo do capacitor de compensação C de mesma intensidade da componente capacitiva  $i_c$  no ramo do varistor e subtrair da corrente total que circula pelo varistor. Para se obter a corrente capacitiva do capacitor igual a do varistor se faz necessário ajustar os resistores de baixa tensão R e r, de modo que o sinal de saída do amplificador diferencial esteja em fase com a tensão da fonte, e assim garantir o cancelamento da componente  $i_c$  do varistor. Utilizando-se um capacitor de compensação C de alta tensão, de modo que  $1/\omega C \gg R$ , a corrente resistiva no ramo do capacitor pode ser desprezada. O capacitor de compensação C deve apresentar baixa tangente de perdas.

Embora o circuito mostrado na Figura 3 apresente resultados satisfatórios nas medições, há alguns inconvenientes. O resistor  $R_p$  da Figura 2 comporta-se como um resistor não linear, que depende da temperatura, sendo assim, para se obter valores confiáveis na medição é necessário que as resistências R e r (Figura 3) sejam ajustadas a cada aquisição dos sinais. Este procedimento torna o circuito inadequado para medições durante um período de tempo relativamente longo ou sua automatização. Outros inconvenientes são: a colocação da corrente resistiva em fase com a tensão de entrada através da análise visual e a suposição de que a corrente resistiva que circula pelo ramo do capacitor de compensação C e do resistor R é nula.

Neste trabalho, apresentam-se aspectos práticos observados durante o desenvolvimento de ensaios elétricos em pára-raios de ZnO. A implementação sugerida propõe a eliminação do capacitor de compensação do circuito apresentado na Figura 3. Na implementação sugerida, a compensação capacitiva será feita através de rotinas computacionais, sendo necessário medir apenas o sinal  $V_f$  (forma de onda da tensão aplicada ao varistor ou pára-raios) e o sinal de corrente total no varistor. O método proposto corrige os inconvenientes citados, simplificando o circuito e as medições.

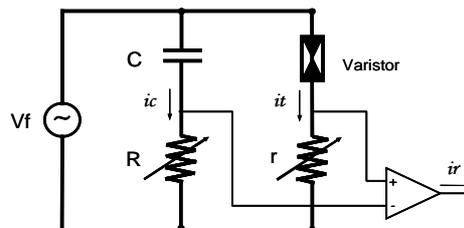


Figura 3. Circuito de medição da corrente

### 3.2 Implementação para Medição da Componente Resistiva da Corrente de Fuga

O método alternativo sugerido propõe a supressão do capacitor de compensação C e do resistor R. O sinal (forma de onda) será obtido com o auxílio de rotinas computacionais. A implementação do circuito torna-se possível utilizando-se Transformada de Fourier e técnicas de análise de circuitos de primeira ordem.

O princípio de funcionamento do circuito para medição da corrente resistiva (Figura 4) está apresentado nas equações de (1) a (4), onde são realizadas operações com os sinais  $V_2$  e  $V_3$  para se obter o sinal de corrente resistiva do varistor. Considerando-se que os sinais  $V_2$  e  $V_3$  apresentam componentes resistiva e capacitiva, eles podem ser expressos conforme as equações (1) e (2) a seguir:

$$V_2 = V_2r + jV_2c \quad (1)$$

$$V_3 = V_3r + jV_3c \quad (2)$$

Obtendo-se  $V_2$  de modo que  $V_{2c} = V_{3c}$  e realizando uma subtração entre (1) e (2), tem-se:

$$V_{23} = V_2 - V_3 = V_{2r} - V_{3r} \quad (3)$$

Sendo os valores de  $R_2$  e  $C$  conhecidos, pode-se determinar a componente  $V_{2r}$  do sinal de tensão  $V_2$ . Isolando  $V_{2r}$ , pode-se determinar  $V_{3r}$  conforme a equação (4).

$$V_{2r} - V_{23} = V_{2r} - (V_{2r} - V_{3r}) = V_{3r} \quad (4)$$

O  $V_{3r}$  apresenta a mesma forma de onda do sinal de corrente de fuga resistiva, assim, a corrente resistiva pode ser expressa conforme a equação (5).

$$i_r = \frac{V_{3r}}{R_1} \quad (5)$$

Na Figura 4, o ramo 2 do circuito apresenta-se em linha pontilhada, indicando que não é necessária a sua utilização para a obtenção da corrente resistiva no varistor.

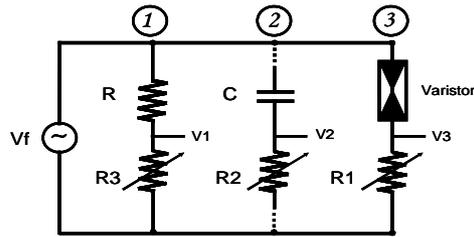


Figura 4. Circuito de medição da corrente de fuga total.

Para o cálculo do sinal  $V_2$  através de simulação computacional é necessário conhecer previamente a forma de onda do sinal da fonte ( $V_f$ ). Sendo a forma de onda de  $V_f$  periódico, ela pode ser mostrada como a superposição de uma componente senoidal fundamental pura e outras senóides puras, as harmônicas (7). Assim,  $V_f$  pode ser expresso conforme a equação (6), em que  $V_0$  é o valor instantâneo em qualquer tempo  $t$ ,  $V_n$  é o valor máximo da componente de  $n$ -ésimo harmônico e  $\theta$  define o ângulo de defasagem de cada harmônico em relação ao sinal transformado.

$$V_f = V_0 + V_1 \text{sen}(wt + \theta_1) + V_2 \text{sen}(wt + \theta_2) + \dots + V_n \text{sen}(wt + \theta_n) \quad (6)$$

Conhecendo-se as amplitudes e fase dos harmônicos do sinal  $V_f$ , o sinal  $V_2$  pode ser expresso conforme a equação (7).

$$V_2 = \frac{V_1}{|Z_1|} \text{sen}(wt + \theta_1 + \phi_1) + \frac{V_2}{|Z_2|} \text{sen}(2wt + \theta_2 + \phi_2) + \dots + \frac{V_n}{|Z_n|} \text{sen}(nwt + \theta_n + \phi_n) \quad (7)$$

Em que  $Z_n = R_2 - j \cdot (1/n\omega C)$ ,  $|Z_n|$  é o valor absoluto de  $Z_n$  e  $\phi_n$  é o ângulo de  $Z_n$ .

Na Figura 5 é apresentado o fluxograma com a seqüência dos passos da rotina computacional para a obtenção da corrente de fuga resistiva. Para o cálculo da forma de onda de  $V_2$ , o valor da capacitância do capacitor de compensação  $C$  pode ser considerando constante. Nos ensaios em laboratório e nas simulações implementas utilizou-se uma capacitância de 1200 pF. O valor da resistência do resistor  $R_2$  é calculado através de iterações.

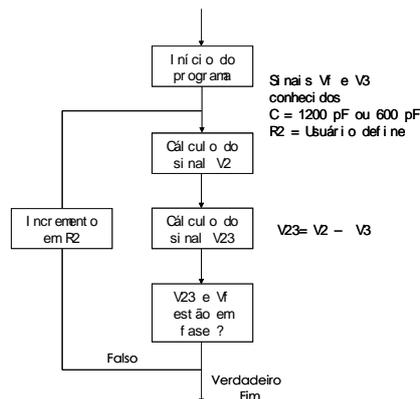


Figura 5. Fluxograma para obtenção da corrente de fuga resistiva.

#### 4.0 - ANÁLISE DE DEFEITOS NOS PÁRA-RAIOS A ZNO

Os pára-raios a ZnO são equipamentos de uso relativamente recente nos sistemas elétricos havendo poucos dados relacionados a falhas e ao seu envelhecimento natural. Isto porque a vida útil estimada para os pára-raios a ZnO é de 30 anos, de forma que esse é o tempo de instalação aproximado dos primeiros equipamentos nos sistemas elétricos.

Tem-se constatado um procedimento tomado pela maioria das companhias de transmissão de energia quando alguma anormalidade é detectada por meio do termovisor. Normalmente, quando não se trata de um caso crítico, executa-se a limpeza do equipamento seguida de sua reenergização. No caso do comportamento anormal voltar a ocorrer, ou em casos críticos, o pára-raios é prontamente substituído sem que nenhum estudo posterior seja feito no sentido de se avaliar o problema causador da anormalidade detectada, seja ela proveniente do sistema, seja ela no próprio equipamento.

##### 4.1 Defeitos Comuns

De modo geral, quando se disponibiliza alguns equipamentos para análise após sua retirada do sistema, ou quando são realizados ensaios de degradação e envelhecimento, há uma série de defeitos cuja ocorrência é observada com mais frequência. Os mais comuns seriam a perda de estanqueidade, a degradação dos varistores, a poluição externa, a presença de umidade interna e o desalinhamento da coluna de varistores. Além disso, o aquecimento anormal do pára-raios muitas vezes é também detectado como resultado da distribuição irregular de tensão ao longo do seu comprimento.

Com a finalidade de se analisar a influência dos defeitos mais comuns em pára-raios a ZnO sobre o seu perfil térmico, foram realizados alguns ensaios em laboratório. Os defeitos simulados foram: Poluição, distribuição de potencial, perda de estanqueidade, umidade interna, varistor defeituoso, deslocamento da coluna ativa.

Para cada um dos pára-raios utilizados, foi feita uma análise do seu estado e comportamento elétrico antes de sua abertura, ou seja, no estado em que foram entregues ao laboratório. Para cada um deles foi feito o levantamento da curva característica, a análise térmica e a análise do estado da coluna de varistores. Dessa forma foi possível fazer um avaliação das mudanças apresentadas durante os experimentos.

#### 5.0 - RESULTADOS

##### 5.1 Simulação Eletrotérmica

Para a rotina de simulação eletrotérmica são apresentados a seguir alguns resultados na forma de gráficos de temperatura. Para validação dos valores obtidos com a rotina, os mesmos foram confrontados com valores de temperatura medidos diretamente através de termômetros de contato.

Na Figura 6 é mostrada a estimativa dos valores de temperatura ao longo de um pára-raios sob sua superfície externa e sob a superfície dos varistores quando submetido à sua tensão de operação contínua. Na Figura 7, temos os resultados para um ensaio definido por norma da ANSI, na qual é apresentada a evolução dos valores de temperatura em um ponto sobre a superfície dos varistores, um ponto sob a superfície externa da porcelana e um ponto sob a superfície interna da porcelana.

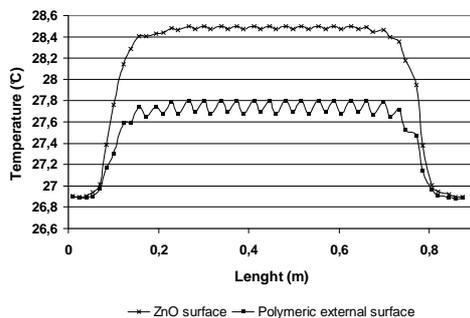


Figura 6 – Comparação entre as temperaturas na superfície da coluna de varistores e entre a temperatura na superfície externa de um pára-raios polimérico.

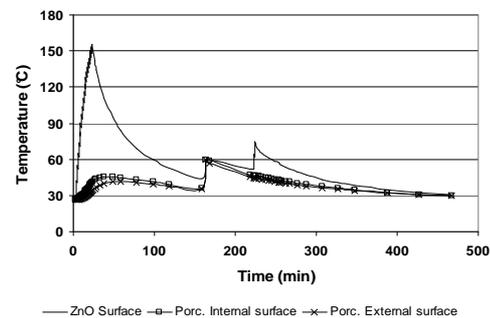


Figura 7 – Evolução das temperaturas em diversos pontos de um pára-raios submetido a ensaio da norma da ANSI.

##### 5.2 Análise Harmônica

A eficiência da rotina computacional foi validada através de comparação entre os sinais medidos e gerados utilizando-se um varistor. O circuito foi ajustado para permitir a obtenção da corrente resistiva no varistor.

Medições experimentais foram realizadas e os sinais de tensão V1, V2 e V3 do circuito da Figura 4 foram adquiridos. Foi aplicado um sinal de tensão de pico de 3 kV ao varistor, utilizando-se um capacitor de compensação de 1200 pF. O espectro harmônico do sinal de tensão aplicado ao varistor, com amplitude e fase de cada componente harmônico, foi calculado. Com os valores de amplitude e fase do espectro harmônico do sinal de tensão no varistor, foi determinado o sinal de tensão V2. Com os sinais V2 e V3 foi determinado o sinal de corrente resistiva no varistor. Os sinais medidos, de tensão no ramo do capacitor e de corrente resistiva no varistor, foram comparados com os sinais gerados pela rotina computacional e estão mostrados nas Figuras 8 e 9.

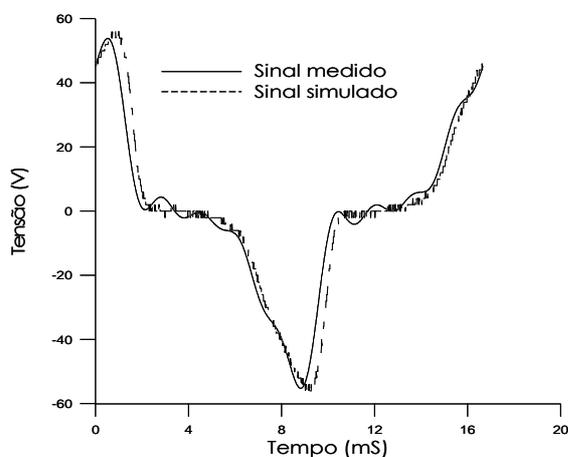


Figura 8. Sinal de tensão no resistor R2

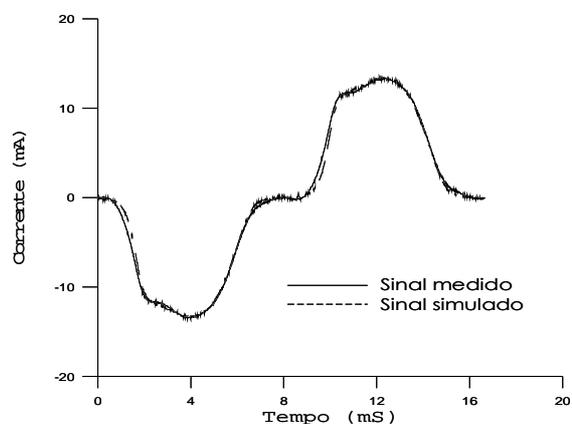


Figura 9. Sinal de corrente resistiva no varistor.

A medição e análise da corrente de fuga resistiva apresentam-se como parâmetros promissores no diagnóstico e monitoramento da degradação dos pára-raios de ZnO. A implementação sugerida neste trabalho apresenta resultados confiáveis, além de simplificar o circuito e as medições em laboratório e no campo, como também, torna o circuito adequado para medições durante um período de tempo relativamente longo, em tempo real e com possibilidade de monitoramento dos sinais da tensão aplicada e da corrente resistiva no pára-raios à distância.

### 5.3 Análise de Defeitos

Vários experimentos foram realizados sendo, por limitação de espaço, escolhido o defeito poluição externa para ser analisada.

Uma mistura salina foi borrifada sobre os pára-raios PR4 e PR5, simulando assim a presença de poluição mais severa sobre a porcelana dos equipamentos. A Figura 8 mostra uma foto dos dois pára-raios cobertos por poluição salina. A Figura 9 mostra uma descarga superficial a partir do terminal de alta-tensão do pára-raios PR2. Esta descarga provavelmente é resultante da presença de gotículas de solução salina nas proximidades do terminal. As imagens térmicas para os dois pára-raios defeituosos podem ser vistas nas Figuras 10 e 11.



Figura 8 - Pára-raios cobertos por poluição salina.

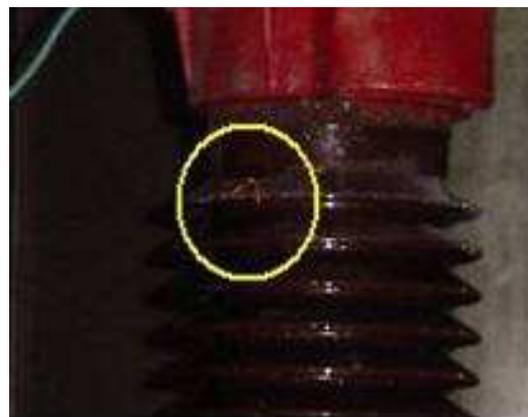


Figura 9 - Descarga superficial em pára-raios coberto com poluição salina.

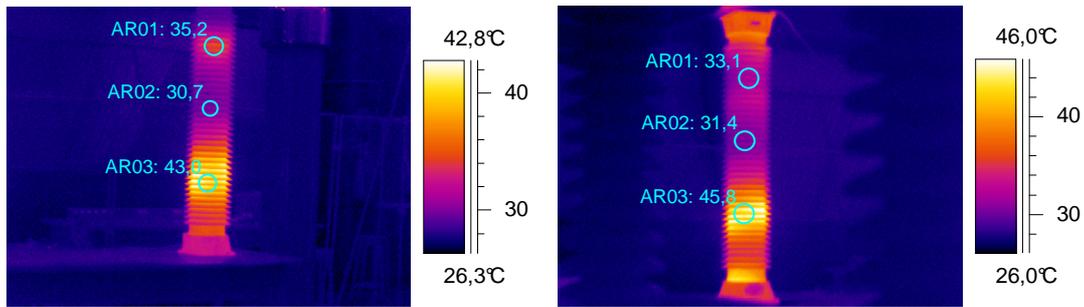


Figura 10 - Imagem térmica para PR4 com defeito. Figura 11 - Imagem térmica para PR5 com defeito.

Conforme se pode observar nas imagens térmicas obtidas, ocorre um aquecimento maior nos terminais do pára-raios e na sua porção inferior, havendo ainda um baixo aquecimento na metade superior da coluna de porcelana, quando comparada à sua metade inferior.

Os perfis de temperatura analisados comprovam as observações feitas visualmente através das imagens térmicas. É possível que a poluição tenha se concentrado na parte inferior do pára-raios provocando descargas parciais nesta região. Tal fato pode ser observado nos gráficos de perfil de temperatura mostrados nas Figuras 12 e 13. Uma outra possibilidade é a ocorrência de uma corrente superficial elevada na parte superior do pára-raios a qual, a partir de uma determinada altura do equipamento, migra através do invólucro para a coluna de varistores.

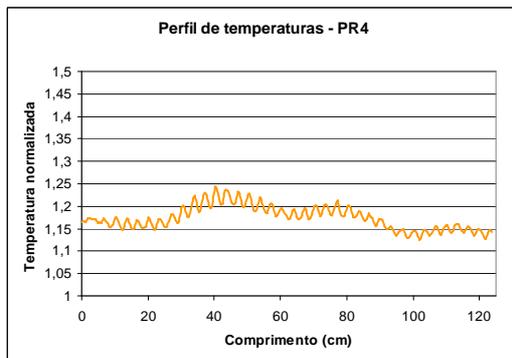


Figura 12 - Perfil térmico antes do defeito.

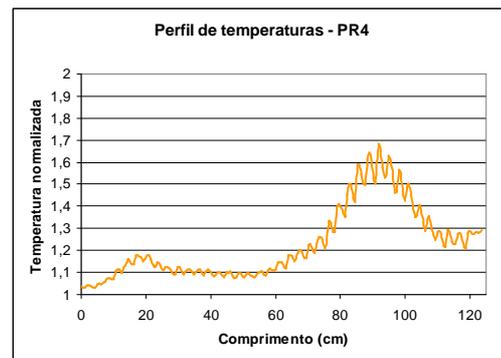


Figura 13 - Perfil térmico com o defeito.

## 6.0 - CONCLUSÕES

### 6.1 Simulação Eletrotérmica

Os resultados mostram que a simulação eletrotérmica é uma ferramenta eficiente para a análise e avaliação do comportamento térmico de pára-raios. Deve-se ter o prévio conhecimento da estrutura do equipamento e seus componentes internos. É possível fazer a previsão de falhas e estudar a adequação do equipamento ao sistema antes de se realizar sua compra, além de verificar as condições de suportabilidade do mesmo.

### 6.2. Análise Harmônica

As condições internas de um pára-raios de ZnO não podem ser precisamente definidas, por possuir um grande número de variáveis e dificuldades de implementação de ensaios elucidativos, tornando o diagnóstico do equipamento uma tarefa mais difícil.

Neste trabalho foi apresentado os aspectos práticos observados durante o desenvolvimento de ensaios elétricos em pára-raios de ZnO e as suas dificuldades. Um método alternativo corrigindo as dificuldades na realização das medições foi também descrito.

### 6.3 Análise de Defeitos

Partindo dos resultados obtidos com a realização dos ensaios, concluiu-se que através da análise das imagens térmicas e dos perfis de temperatura na superfície de um pára-raios, é possível detectar irregularidades que geralmente estão associadas a defeitos ou falhas provocadas por meios externos, como a poluição.

Os resultados obtidos representam a confirmação de que a inspeção térmica através da termovisão é um método adequado para prevenção e detecção de falhas que, apesar de não ser utilizado em todo o seu potencial, pode ser aprimorado de modo a se tornar mais eficiente e preciso.

#### 6.4 Trabalhos Futuros

A pesquisa desenvolvida aponta para uma necessidade de unir as três ferramentas. Assim, será possível a obtenção de um sistema de análise e acompanhamento do pára-raios desde a sua aquisição, até a sua retirada do sistema. Este sistema permitirá avaliar o pára-raios de acordo com as principais grandezas envolvidas em sua operação: tensão, corrente e temperatura.

#### 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Equipamentos elétricos - especificação e aplicação em subestação de alta tensão. PEREIRA, M. P., e outros. Furnas, Rio de Janeiro”, 1985.
- (2) Diagnostic methods in revealing internal moisture in polymer housed metal oxide surge arresters, LAHTI, K., KANNUS, K. e NOUSIAINEN, K.; IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 17, No. 4, pp. 951-956, 2002.
- (3), “Diagnostics and monitoring of metal oxide surge arresters in high-voltage networks- comparison of existing and newly developed procedures”, HEINRICH, C. e HINRICHSEN, V.; IEEE Transactions Power Delivery, vol. 16, nº 1, pp. 138 – 143, 2001.
- (4) Avaliação do estado e do comportamento de pára-raios de média e alta tensão, dos tipos de carboneto de silício (SiC) e de óxido metálico de zinco (ZnO)”, SOBRINHO, P. F. P. e outros; Seminário interno de manutenção de subestações, CTEEP e EPTE, 2001.
- (5). “Maintenance of surge arrester by a portable arrester leakage current detector”, SHIRAKAWA, S. et al. (1988); IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 3, No. 3, pp. 998-1003.
- (6) ABB – Catálogo Técnico – Pára-raios de ZnO, 1985.
- (7) Harmônicas nas instalações elétricas, MORENO, H.; Procobre Brasil, São Paulo, 2001.

#### 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Marcelo José Albuquerque Maia

Nascido em Campina Grande, PB, em 1956

MBA em Administração (1997): FGV-RJ, Especialização em Sistemas Elétricos (1980): UNIFEI-MG e Graduação em Engenharia Elétrica (1978): UFPB-PB;

Empresa: Chesf – Desde 1978

Assessor da Superintendência de Planejamento da Expansão da Transmissão.

Edson Guedes da Costa

Nascido em Areia, PB, em 1954;

Doutor (1999) e Mestre (1981) e Graduação (1978) em engenharia elétrica pela Universidade Federal da Paraíba  
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Departamento de Engenharia Elétrica Desde 1978

Ronimack Trajano de Sousa

Nascido em Serra Grande, PB, em 1976;

Mestre (2005) e Graduação (2003) em Engenharia Elétrica pela UFCG;

Empresa: Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA.

Estácio Tavares Wanderley Neto

Nascido em Campina Grande, PB, em 1977.

Doutorando, Mestre (2003) e Graduação (2001) em Engenharia Elétrica pela UFCG

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande.

Adolpho Eugênio Andrade Lima Calazans

Nascido em Garanhuns, PE, 1958

Mestre (2004), Especialização em Sistemas Elétricos (1995): UNIFEI-MG e Graduação em Engenharia Elétrica (1981): UFPE-PE;

Empresa: Chesf – Desde 1980

Gerente da Divisão de Manutenção de Equipamentos de Manobra – DOMM