

# Estudo de técnicas diagnósticas aplicáveis aos TIs – Desenvolvimento de ensaios preditivos para realização em campo, sem a necessidade de desligamento do equipamento.

Wilson Roberto Bacega (CTEEP), Hédio Tatizawa (IEE/USP), Kleiber T. Soletto (IEE/USP), Guido Silva (IEE/USP)

**Resumo-** Esta pesquisa foi realizada considerando-se o desenvolvimento de novos ensaios para aplicação em TPs - Transformadores de Potencial e TCs – Transformadores de Corrente, para a realização em campo, sem a necessidade de desligamento.

Nesse intuito, foram considerados para estudo ensaios para a detecção de descargas parciais através do levantamento do espectro emitido, utilizando-se nas medições antenas e TC de alta frequência, acoplados a aparelho analisador de espectro. Dentro desse mesmo objetivo, foram também realizadas atividades para o desenvolvimento de ensaio de medição de corrente de fuga, para estimativa da tangente delta do equipamento, para realização em campo também sem a necessidade de desligamento, visando igualmente o diagnóstico de estado do equipamento..

Neste artigo técnico são enfocadas as atividades voltadas aos ensaios de descargas parciais. São relatados os procedimentos utilizados e os resultados de ensaios realizados em laboratório em amostras na forma de placas isolantes, ensaios em transformador de corrente tensão 460kV, ensaios realizados em subestação em transformador de força (tensão 88kV/11,5kV-10/12,5MVA), e ensaios realizados em subestação blindada, tensão 362kV. Adicionalmente, são apresentadas as principais conclusões e considerações.

**Palavras-chave**— transformador de corrente, transformador de potencial, descargas parciais, corrente de fuga, tangente delta.

## I. INTRODUÇÃO

Atualmente, para avaliar a condição operativa dos Transformadores para Instrumentos (TC's e TP's), normalmente são realizados periodicamente a coleta de amostra do óleo isolante, naqueles equipamentos em que este procedimento é possível, para análise cromatográfica gasosa, além da execução de termografia.

Eventualmente, também são efetuadas avaliações de teor de água no óleo isolante, principalmente em Transformadores para Instrumentos (TC's e TP's), cuja relação papel isolante / óleo isolante (em kg), é representativa, bem como naqueles com significativa concentração de papel isolante,

Os Transformadores para Instrumentos (TC's e TP's), estão inseridos no grupo de equipamentos que não dispõem de indicadores ou de parâmetros claramente definidos de envelhecimento, ou seja, estando um desses equipamentos energizado, pouco se pode dizer a respeito de suas condições no que se refere ao quesito “envelhecimento”.

Por ocasião da ocorrência de falha desses equipamentos, seja devido a perdas do dielétrico ou devido a colapso mecânico dos enrolamentos, podem haver explosões de grande risco, provocando deramamento de líquido isolante, (óleo ou ascarel), estilhaçamento do invólucro de porcelana e de outras partes dos Transformadores para Instrumentos (TC's e TP's), que podem atingir e danificar outros equipamentos do sistema de transmissão, bem como pessoas que estejam próximas.

Essas falhas nem sempre são identificadas com antecedência pelas técnicas e procedimentos aplicados aos Transformadores para Instrumentos (TC's e TP's), em operação, ou, garantidamente, por quaisquer outras técnicas ou procedimentos de avaliação conhecidos.

A necessidade de melhorar as técnicas de avaliação da condição de operação dos equipamentos torna-se, a cada dia, mais importante quer pela condição do sistema de transmissão que exige contínua disponibilidade, quer pelo envelhecimento dos equipamentos.

Há de se ressaltar que o desenvolvimento e aplicação de novas técnicas, associadas às atualmente existentes são extremamente importantes para reavaliação contínua da condição de operação dos Transformadores para Instrumentos (TC's e TP's).

Dentro desse intuito, nessa pesquisa foram realizadas atividades para o desenvolvimento de novos ensaios, constituídos de ensaios de descargas parciais, através do levantamento do espectro emitido utilizando-se de antenas e TC de alta frequência acoplados a aparelho analisador de espectro.

Dentro desse mesmo objetivo, foram também realizadas atividades para o desenvolvimento de ensaio de medição de corrente de fuga, com o objetivo de estimar a tangente delta do equipamento através de medições em campo também sem a necessidade de desligamento, visando igualmente o diagnóstico de estado do equipamento..

Neste artigo técnico são enfocadas as atividades voltadas aos ensaios de descargas parciais São relatados os procedimentos utilizados e os resultados de ensaios realizados em laboratório em amostras na forma de placas isolantes, ensaios em transformador de corrente tensão 460kV, ensaios realizados em subestação em transformador de força (tensão 88kV/11,5kV-10/12,5MVA), e ensaios realizados em subestação blindada, tensão 362kV. Adicionalmente, são apresentadas as principais conclusões e considerações

## II. DESENVOLVIMENTO DE ENSAIO DE DETECÇÃO DE DESCARGAS PARCIAIS — INTRODUÇÃO

O fenômeno das descargas parciais (DP) ocorre no interior dos vazios, das bolhas ou cavidades presentes nos dielétricos submetidos a campos elétricos, quando a intensidade do campo elétrico supera a rigidez dielétrica do gás presente. Considerando a natureza gasosa do interior das bolhas ou cavidades onde se desenvolvem as descargas parciais, a mecânica da descarga elétrica pode ser descrita pelo modelo de avalanches eletrônicas de Townsend, no qual a condução da corrente elétrica é apresentada em função do gradiente elétrico aplicado.

A medição de descargas parciais é utilizada há anos para o estabelecimento da condição operativa de equipamentos de alta tensão. A detecção e análise

de descargas parciais constituem-se em importante recurso para avaliar o estado do equipamento, servindo de indicativo da presença de algum defeito importante. A possibilidade de serem efetuados diagnósticos sobre o estado da isolamento do equipamento a partir de medições realizadas do exterior do equipamento, a alta sensibilidade e a rapidez nas medições, são alguns dos pontos positivos dessa técnica.

Os efeitos comumente observados na ocorrência das descargas parciais podem ser:

- acústicos, manifestados por sons audíveis ou não;
- através da geração do campo eletromagnético;
- através da ocorrência de reações químicas;
- de ordem térmica, pela formação de pontos de aquecimento, podendo provocar o aumento da pressão de gases;
- de ordem elétrica provocando o aumento de perdas dielétricas e pela geração de descargas na forma de pulsos de correntes.

A grande variedade de fontes de perturbações e interferências eletromagnéticas nos locais e ambientes onde são instalados os equipamentos de alta tensão dificultam a detecção e a medição de descargas parciais. As descargas do tipo Corona estão, possivelmente, entre as principais causas de interferências nessas medições.

A Figura 1 compara dois pulsos de corrente, que possuem a mesma quantidade de carga ( $q = 540\text{pC}$ ), mas que diferem entre si de um fator de 10 vezes, no domínio do tempo [4]. O pulso mais curto tem duração de 0,2ns, e o mais longo de 2 ns. O pulso mais curto tem maior energia espectral na banda de UHF (300 a 3000MHz). De forma genérica, as descargas parciais apresentam semelhanças com o pulso com menor duração, e as descargas do tipo corona, com o tipo mais longo.

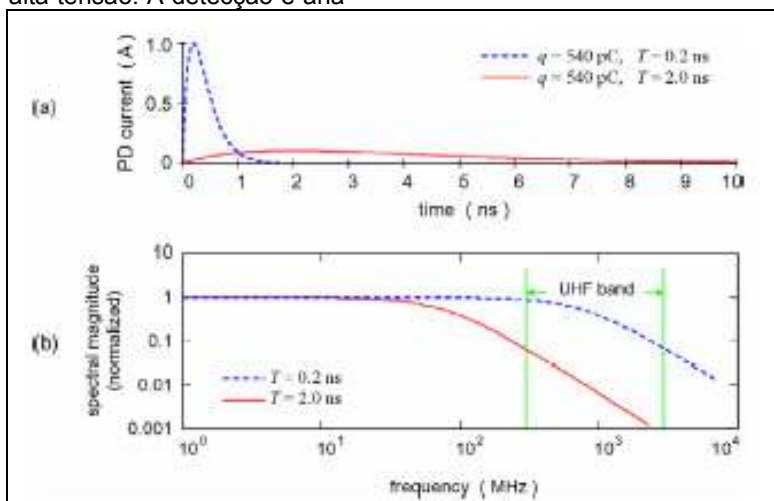


Figura 1 – Efeito da largura de pulso da DP (a) e conteúdo espectral (b) [4].

Normalmente, estão presentes no ambiente outras fontes de campo eletromagnético que podem interferir nas medições, por exemplo, as estações de

radiodifusão, de TV, de telefonia celular, dentre outras. A Figura 2 mostra o mapa de utilização do espectro eletromagnético de radiofrequências, no Bra-

sil. Para reduzir o efeito das interferências, uma possível solução é a utilização de aparelhagem de medição que opera em faixas de frequência com menor presença dessas fontes de interferência eletromagnética. Os ensaios de laboratório realizados

permitiram identificar faixas de frequências mais adequadas para as medições, e com melhor relação sinal/ruído.



Figura 2 – Espectro de radiofrequências – plano de utilização no Brasil. Fonte [http://www.anatel.gov.br/Tools/frame.asp?link=/biblioteca/releases/2003/anexo\\_release\\_05\\_05\\_2003.pdf](http://www.anatel.gov.br/Tools/frame.asp?link=/biblioteca/releases/2003/anexo_release_05_05_2003.pdf)

#### II.1 – ENSAIOS DE DESCARGAS PARCIAIS EM AMOSTRAS TIPO PLACA ISOLANTE

Com o objetivo de adquirir-se experiência e sensibilidade quanto às medições de descargas parciais através do levantamento de espectro emitido, foram inicialmente realizados ensaios em laboratório em amostras na forma de placas isolantes, nas quais foi intencionalmente produzida em seu interior uma

pequena cavidade, com o objetivo de se provocar a ocorrência de descargas parciais quando submetidas a alta tensão. Utilizaram-se placas de poliéster imersas em óleo isolante, com aproximadamente 6mm de espessura, 15 cm de comprimento e 15 cm de largura. As placas foram posicionadas entre dois eletrodos de latão, sendo aplicada alta tensão no eletrodo superior aterrando-se o eletrodo inferior. A figura 1 mostra o arranjo utilizado.



Figura 1 – Placa de poliéster imersa em óleo isolante, contendo uma cavidade, posicionada entre dois eletrodos de latão.

A detecção de descarga parcial através do levantamento do espectro eletromagnético emitido foi efetuada utilizando-se de uma antena posicionada a aproximadamente 1 metro de distância, e acoplada ao aparelho analisador de espectro. Alternativamente, os sinais de descarga parcial foram detectados

através de um transformador de corrente de alta frequência acoplado a analisador de espectro, instalado no cabo de aterramento. A Figura 2 mostra a montagem utilizada.

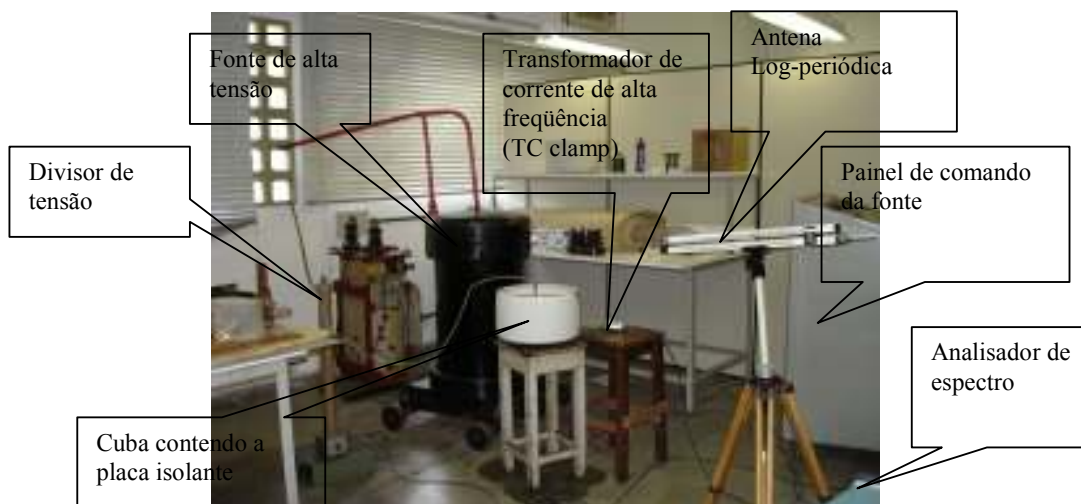


Figura 2 – Montagem utilizada no ensaio, mostrando a fonte, antena Log-periódica, TC de alta frequência e analisador de espectro.

do sinal medido, em  $\text{dB}\mu\text{A}$ .

As Figuras 3, 4 e 5 mostram resultados de medições efetuadas com o analisador de espectro, utilizando-se o TC tipo clamp. Nas Figuras, o eixo horizontal, das abscissas, corresponde às frequências e o eixo vertical, das ordenadas, corresponde à amplitude

A Figura 3 mostra a medição do ruído eletromagnético de fundo no laboratório, na faixa de frequências de 20MHz a 50MHz.

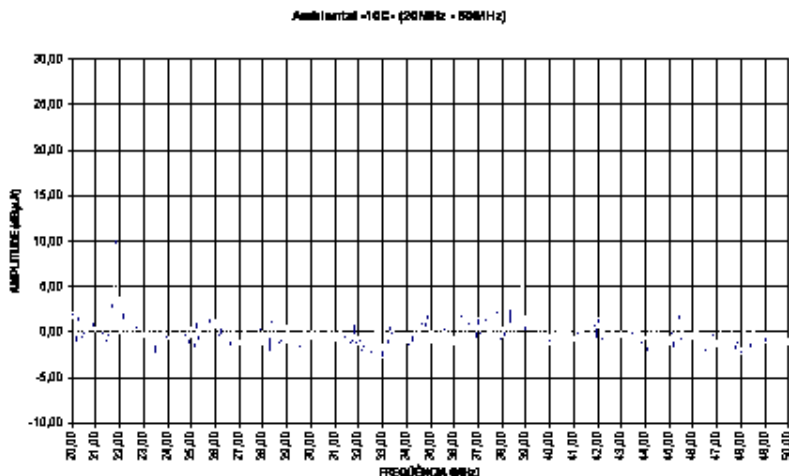


Figura 3 – Ruído ambiental conduzido – medição com o TC clamp, faixa de frequências 20MHz a 50MHz.

A Figura 4 mostra o espectro emitido por placa isolante sem cavidade e isenta de descargas parciais, na tensão de 20kV.

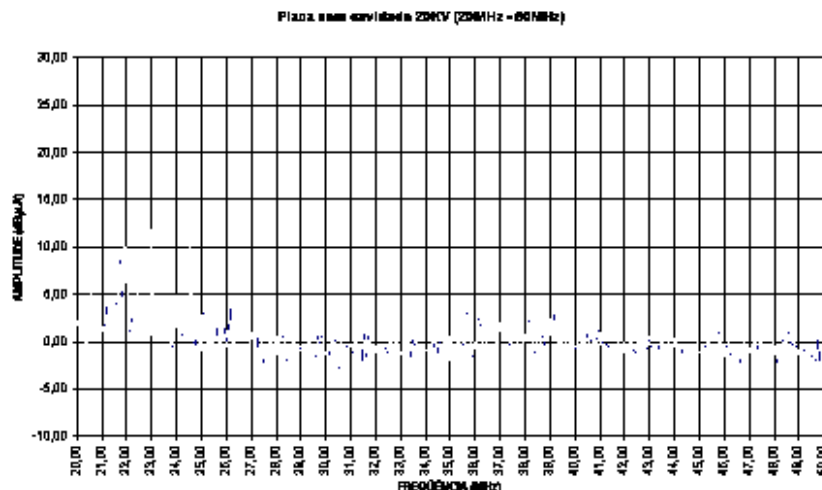


Figura 4 - Espectro gerado (conduzido) em amostra tipo placa isolante sem cavidades, isenta de descargas parciais, com aplicação de tensão de 20kV – medição com o TC clamp, faixa de frequências 20MHz a 50MHz.

Para certificação da ocorrência, ou ausência de descargas parciais, nas placas isolantes quando submetidas a alta tensão, foram realizados ensaios de medição de descargas parciais utilizando-se a medição tradicional através do método de carga aparente (método da IEC60.270), utilizando-se o Detector de Descargas Parciais de fabricação Robinson Instruments Model 5 Type 700. Esse método de ensaios é tradicionalmente utilizado nos ensaios

em fábrica e em laboratório, em equipamentos de alta tensão. Através dessa medição, determinou-se que o nível de descargas parciais aplicado durante as medições em placas isolantes para levantamento do espectro emitido foi de aproximadamente 40pC.

A Figura 5 mostra o espectro emitido por placa isolante com cavidade e apresentando descargas parciais, na tensão de 20kV.

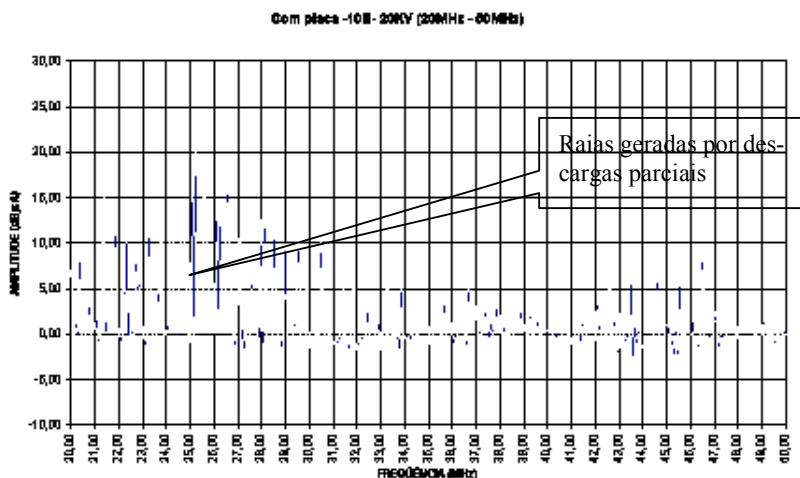


Figura 5 – Espectro gerado (conduzido) por descarga parcial em amostra tipo placa isolante, com aplicação de tensão de 20kV – medição com o TC clamp instalado no cabo de aterramento, faixa de frequências 20MHz a 50MHz (obs: comparar com a Figura 4).

A Figura 6 mostra o espectro emitido por placa isolante com cavidade e apresentando descargas par-

ciais, na tensão de 30kV.

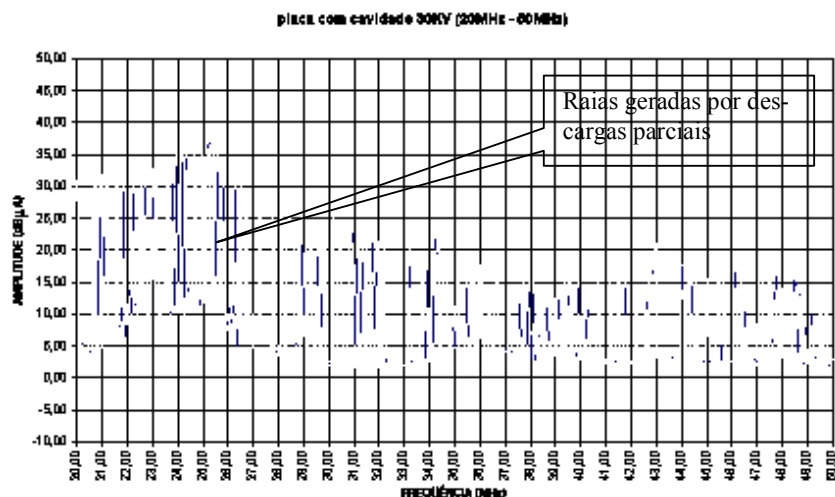


Figura 6 - Espectro gerado (conduzido) por descarga parcial em amostra tipo placa isolante, com aplicação de tensão de 30kV – medição com o TC clamp instalado no cabo de aterramento, faixa de freqüências 20MHz a 50MHz (obs: comparar com a Figura 4).

As medições adicionais efetuadas demonstraram que o espectro apresentado nas Figuras 5 e 6 correspondem a um padrão, reconhecível facilmente por inspeção visual, característico da presença de descargas parciais.

Observa-se que esse padrão característico atribuído às descargas parciais, com raias finas e bem definidas, agrupadas, com espaçamento quase uniforme, constitui-se em resultado que não é muito comum, característico de apenas determinados ti-

pos de eventos, sendo por exemplo completamente diferente daqueles atribuídos aos sinais originados por estações de radiodifusão. O espectro emitido por descarga parcial lembra, visualmente, um “pente”, ou um tipo de “cerca”.

A figura 7 mostra exemplo do espectro emitido por estações de radiodifusão, caracterizado por raias bem definidas e com amplitude bastante elevada.

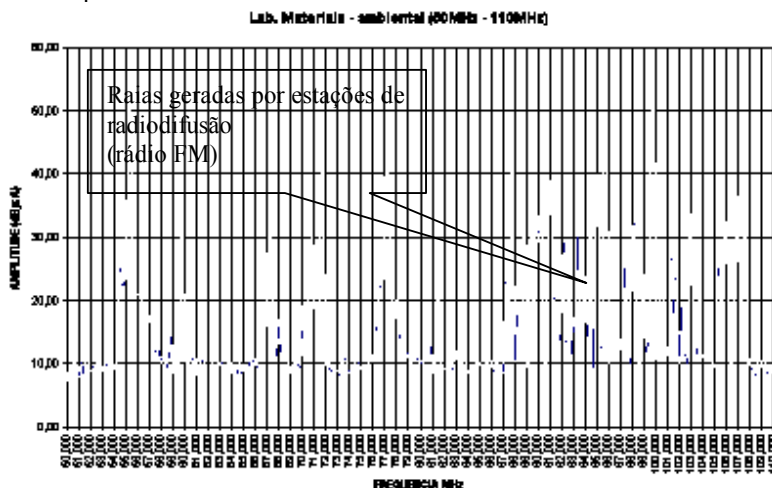


Figura 7 – Exemplo do espectro emitido por estações de radiodifusão – faixa de freqüências de 50MHz a 110MHz.

A experiência adquirida com as medições indicou que o espectro típico associado às descargas do tipo corona no ar apresenta-se da forma mostrada na Figura 8. Nessa Figura, observa-se um padrão

que lembra uma onda aproximadamente retangular, com raias ou colunas mais espessas.

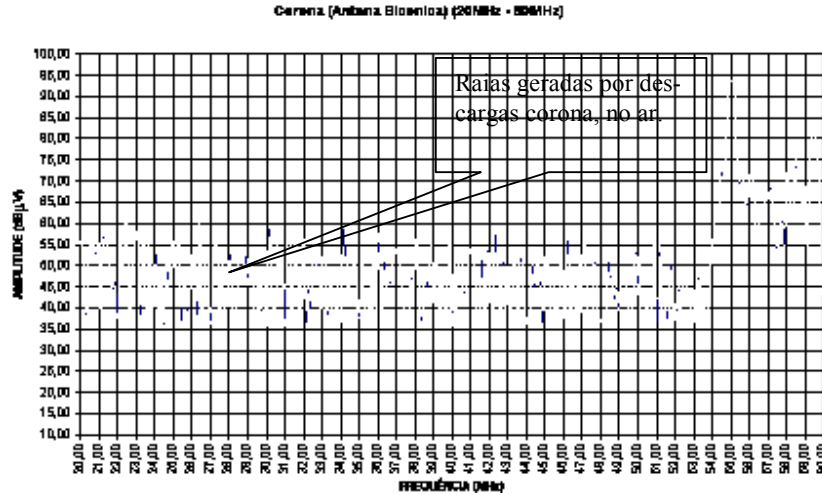


Figura 8 – Espectro característico associado a descargas do tipo corona no ar, medição com antena bi-cônica, faixa de frequências 20MHz a 60MHz (obs: comparar com as Figuras 7 e 6).

Adicionalmente, com o objetivo de se adquirir maior experiência com esse tipo de medição, foram feitos estudos com outros tipos de descargas. Utilizando-se um eletrodo tipo agulha (agulha hipodérmica) imerso em óleo isolante e submetido a alta tensão, foram provocadas no interior da cuba descargas do

tipo corona no óleo isolante, através da aplicação de alta tensão, causando ionização do óleo isolante situado ao redor da ponta do eletrodo tipo agulha. O espectro emitido por descargas corona no óleo encontra-se na figura 9.

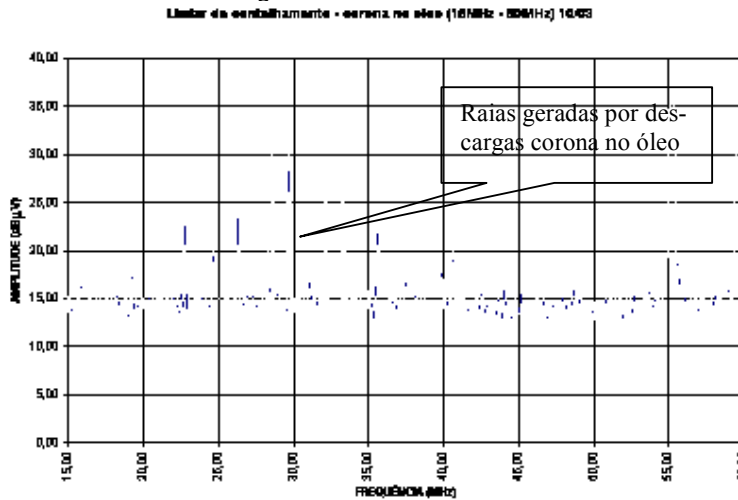


Figura 9 – Descargas do tipo corona em óleo isolante, eletrodo tipo agulha, medição com antena bi-cônica, faixa de frequências 15MHz a 60MHz.

Aumentando-se a tensão aplicada ao eletrodo, foram obtidas descargas incompletas de natureza intermitente (centelhas), as quais originavam-se na ponta do eletrodo tipo agulha, porém sem atingir o

eletrodo de aterramento. O espectro obtido para as descargas incompletas está representado na Figura 10.

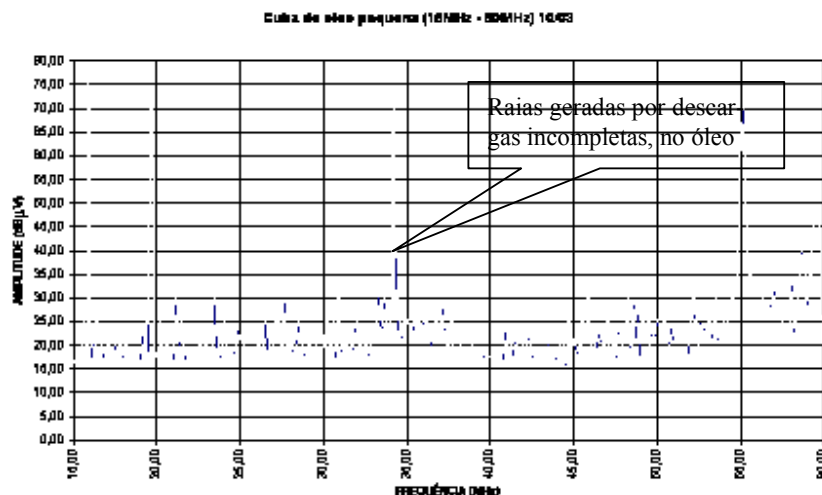


Figura 10 – Descargas incompletas (centelhas) em óleo isolante, eletrodo tipo agulha, medição com antena bi-cônica, faixa de frequências 15MHz a 60MHz.

III – ENSAIOS EM LABORATÓRIO EM EQUIPAMENTO –  
LEVANTAMENTO DO ESPECTRO EMITIDO POR  
TRANSFORMADOR DE CORRENTE - 460kV, APRESENTANDO  
DESCARGAS PARCIAIS.

Para esse estudo, foram escolhidos TCs retirados de campo, com vários anos de utilização em subestações do Sistema CTEEP.

Para se validar a aplicação do método de medição proposto neste estudo, identificaram-se inicialmente os TCs que comprovadamente apresentavam nível elevado de descargas parciais, através da medição de descargas parciais utilizando-se o método tradicional, medição da carga aparente em pC, previsto na norma IEC60.270, utilizando-se o Detector de Descargas Parciais de fabricação Robinson Instru-

ments Model 5 Type 700. Como referência, considera-se como elevado o nível de descargas parciais nesses equipamentos, quando estes apresentam níveis superiores à 10pC nas condições de ensaios estabelecidos nas normas técnicas pertinentes.

Dessa forma, foi escolhido um TC de tensão 460kV retirado de campo, fabricado em 1982, que apresentou nível de 40pC na tensão de ensaio.

A figura 11 mostra a tela do detector de descargas parciais, mostrando nível de descargas parciais de 40pC na tensão de ensaio de 1,1x Tensão fase-terra nominal do equipamento, no método tradicional.

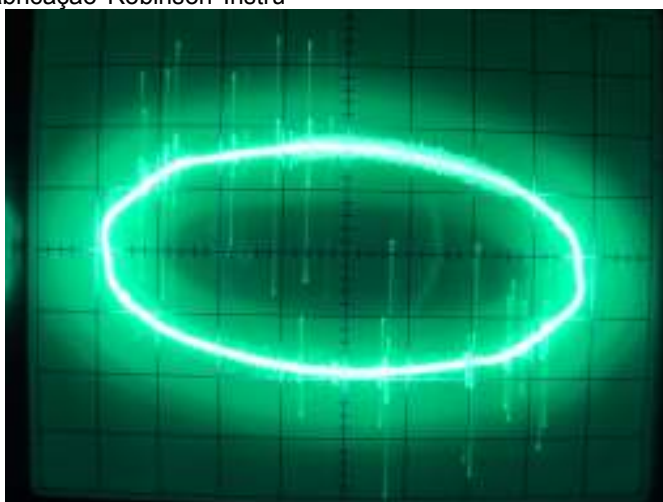


Figura 11 – TC tensão nominal 460kV - Tela do Detector de Descargas Parciais (medição tradicional) – Nível de Descargas parciais de 40pC, após sofrer prestress – tensão de ensaio 292kV.

Adicionalmente, foi feito o levantamento do espectro emitido pelas descargas parciais utilizando-se uma antena posicionada nas proximidades do equipamento, a aproximadamente 5 metros de distância, acoplada ao aparelho analisador de espectro. Alternativamente, os sinais de descarga parcial foram

detectados através de um transformador de corrente de alta frequência acoplado a analisador de espectro, instalado no cabo de aterramento. As Figuras 12 a 13 mostram a montagem utilizada.



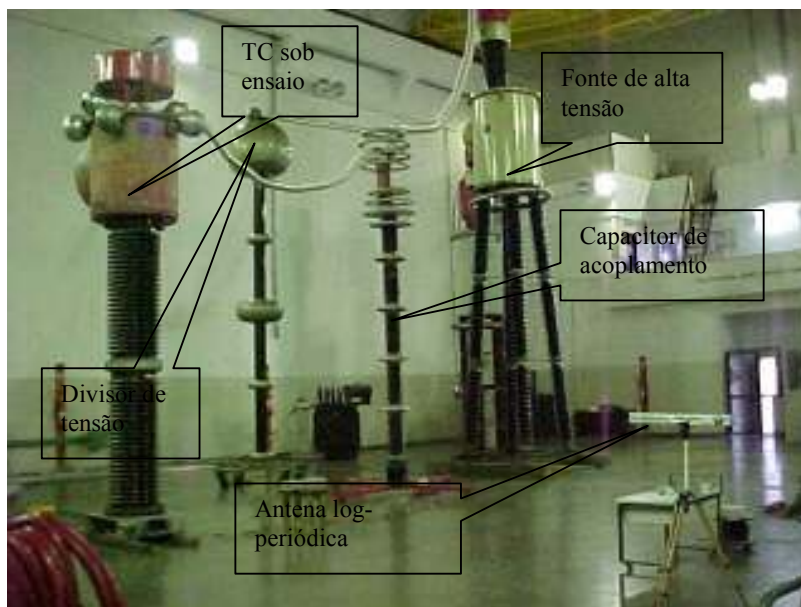


Figura 12 – Levantamento do espectro emitido por descargas parciais em TC 460kV - Montagem utilizada na medição com antena,



Figura 13 – Levantamento do espectro emitido por descargas parciais em TC 460kV – Medição com transformador de corrente de alta frequência tipo clamp instalado no condutor de aterramento. Durante os ensaios, foram identificadas as faixas de frequências que apresentam boa relação sinal-ruído para a medição de descargas parciais, nas condições do laboratório de Alta Tensão onde foram realizados os ensaios. na, correspondente ao ruído ambiental na faixa de frequências de 20MHz a 60MHz, na presença da fonte de tensão utilizada nos ensaios ligada e ajustada em 292kV, mas com o TC de 460kV desconnectado da fonte de ensaio.

A figura 14 mostra o espectro levantado com ante-

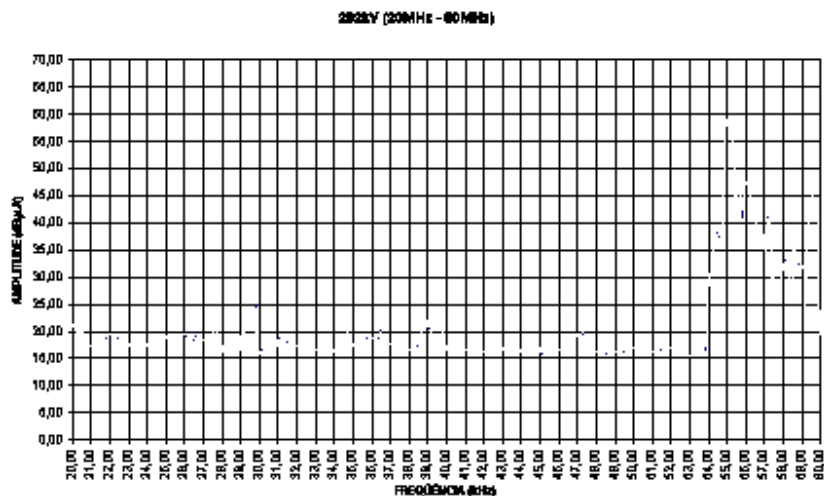


Figura –14 - Ruído ambiental na frequência de 20MHz a 60MHz – fonte de tensão ajustada na tensão de 292kV, TC desenergizado.

A Figura 15 mostra espectro obtido na faixa de frequências de 20MHz a 60MHz, com o TC energizado na tensão de 292kV, na ausência de descargas parciais.

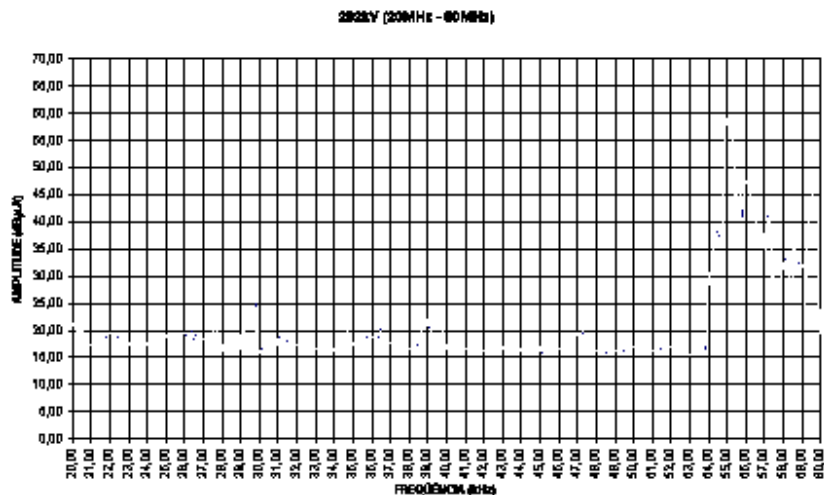


Figura 15 — TC energizado na tensão de 292kV, faixa de frequências de 20MHz a 60MHz – ausência de descargas parciais.

A figura 16 mostra o espectro obtido para o mesmo TC, durante “prestress” através da aplicação de tensão de 360kV. Observa-se a presença de raias de elevada amplitude, produzidas por descargas parciais (comparar com a figura 15, que mostra a situação sem o “prestress”).

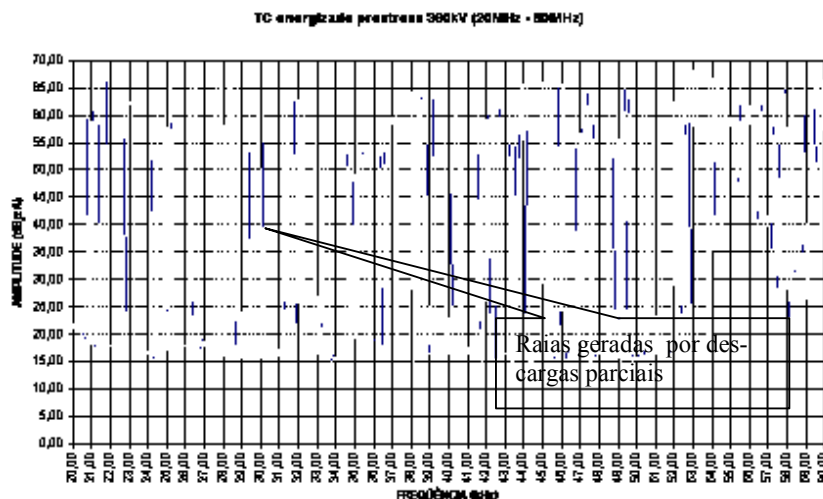


Figura 16 — TC energizado na tensão (de prestress) de 360kV, faixa de frequências de 20MHz a 60MHz – observa-se a presença de descargas parciais.

A figura 17 mostra o espectro para o mesmo TC retornando-se a tensão para 292kV, após sofrer o “prestress”. Esse valor correspondente à tensão prescrita pelas normas para a realização de ensaios

de descargas parciais (valor igual a  $1.1 \times U_m/\sqrt{3}$ ).

Observa-se também nessa situação a presença de raias de grande amplitude, causadas pelas descargas parciais.

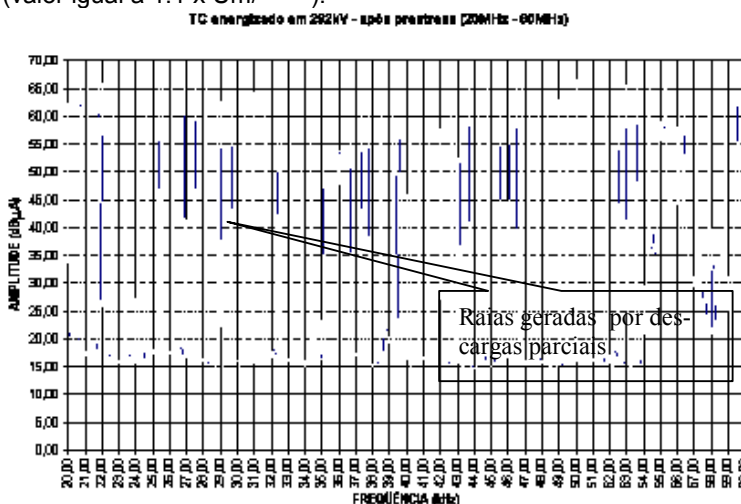


Figura 17 — TC energizado na tensão de 292kV, após sofrer prestress na tensão de 360kV. Faixa de frequências de 20MHz a 60MHz – observa-se a presença de descargas parciais.

#### IV – MEDIÇÕES DE CAMPO – LEVANTAMENTO DO ESPECTRO EMITIDO

##### IV.1 – MEDIÇÕES REALIZADAS EM SUBESTAÇÃO BLINDADA A SF6, TENSÃO 362kV

Com o objetivo de se adquirir dados experimentais em campo dos espectros característicos associados a descargas parciais, foram realizadas medições adicionais em SE Blindada do Sistema CTEEP, de 362kV.

Nessa subestação blindada a SF6, inicialmente foram realizadas medições conduzidas, utilizando-se

o TC clamp de alta frequência, em pontos de aterramento da blindagem da subestação.

Constatou-se um comportamento, na faixa de 300kHz-400kHz, característico de descarga parcial com amplitudes baixas em relação aos espectros levantados em laboratório.

No que diz respeito a emissões radiadas, medidas com antena tipo loop, foram rastreados diversos pontos de emissividade, sendo que o de maior intensidade foi localizado no quadro de comando dos Disjuntores, mostrado na figura 18.



Figura 18 – SE Blindada do Sistema CTEEP – 362kV – medição no quadro de comando do disjuntor.

Observou-se comportamento espectral semelhante aos atribuídos a descarga parcial na faixa de 300kHz-400-kHz com uma amplitude significativa ao se varrer o espectro em frequências superiores. Esse comportamento de emissão que chamaremos

de digital, é geralmente causado por fontes de tensão do tipo chaveada, comum na alimentação de circuitos eletrônicos, e pode ser confundido com descarga parcial. A Figura 19 mostra o espectro obtido.

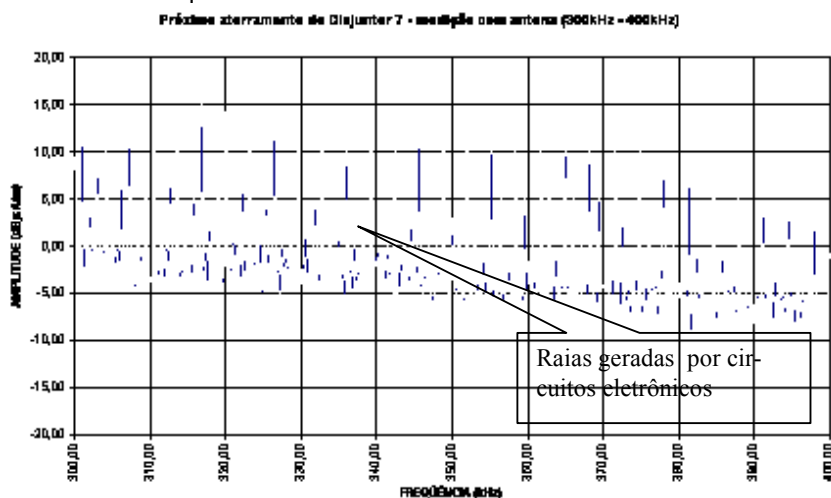


Figura 20 – Espectro obtido próximo ao painel do Disjuntor 7 – medição com antena – Frequência de 300kHz a 400kHz.

Não foi detectado corona na parte abrigada da subestação, como esperado por se tratar de SE blindada.

Com essa medição, foi possível constatar que as proteções digitais geram um espectro de frequência muito parecido com o espectro da descarga parcial, porém até a faixa de frequência de dezenas de MHz.

#### IV.2 – MEDIÇÕES REALIZADAS EM CAMPO, EM TRANSFORMADOR COM TENSÃO 138kV/11.2kV, 10.000kVA(LN), 12.500kVA(VF).

Com a finalidade de se avaliar sob condições de campo, a viabilidade da aplicação deste método de detecção de descargas parciais, foram realizadas medições em Subestação do Sistema CTEEP.

Essa subestação foi escolhida por apresentar equipamento com suspeita de presença de descargas parciais. O transformador TR2 dessa subestação apresentou histórico de presença de acetileno, nos ensaios cromatográficos de verificação de gases dissolvidos no óleo isolante. A presença de acetileno nesses ensaios é um indicativo da ocorrência de descargas parciais ou descarga elétrica de alta energia.

Mesmo considerando que o escopo deste projeto de pesquisa está focado principalmente no estudo dos Transformadores de Instrumentos, a realização dessas medições num transformador de força permitiram avaliar a factibilidade do método desenvolvido proposto, também para outros tipos de equipamentos.

A Figura 20 mostra o transformador de potência

submetido ao ensaio de levantamento do espectro emitido.



Figura 20 – Transformador TR-2 da SE (em segundo plano, à esquerda, Transformadores TR-1 e TR-3)

Nas medições realizadas no transformador TR2, foi possível identificar uma região do tanque, situada na parte face inferior do tanque, de emissão mais elevada, com característica parecida com o padrão característico de descarga parcial.

A Figura 21 mostra o resultado da medição no ponto de máxima emissão do transformador TR2.

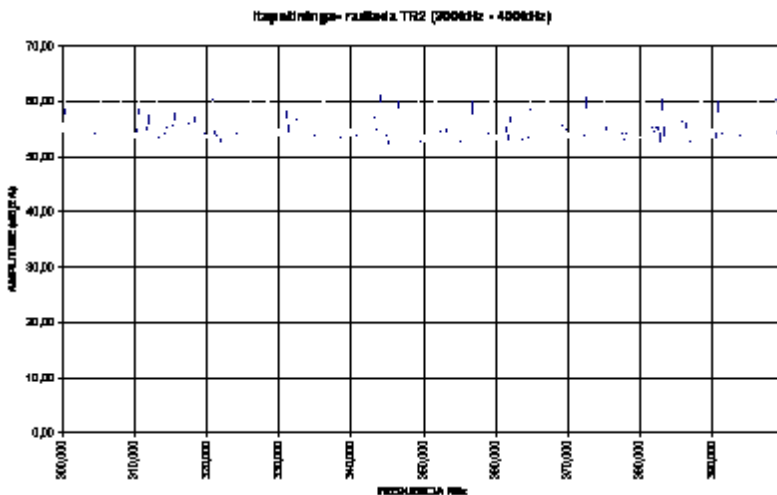


Figura 21 – Resultado de medição com a antena magnética (loop)– ponto de máxima intensidade do sinal.

A delimitação do local de origem desse sinal, na face inferior (embaixo) do tanque do transformador TR2, permitiu descartar as descargas corona como origem desse sinal, pois embaixo do transformador todas as partes metálicas estão aterradas. Adicionalmente, descartaram-se as fontes chaveadas e circuitos eletrônicos como origem desse sinal, pois uma comparação com o espectro radiado pelos cabos de sinal no quadro do transformador mostrou tratar-se de sinal distinto desse.

Uma verificação futura, por exemplo com a abertura

do transformador para manutenção, poderia confirmar esse resultado.

V – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS –  
LEVANTAMENTO DO ESPECTRO EMITIDO POR DESCARGAS PARCIAIS.

Os ensaios de detecção de descargas parciais através do levantamento do espectro emitido realizados utilizando-se nas medições o TC de alta frequência e as antenas, associadas ao aparelho analisador de espectro, permitiram realizar a verificação da pre-

sença de descargas parciais nas amostras em placa de forma bastante clara, mesmo na presença de interferências eletromagnéticas presentes no laboratório. Nos ensaios em laboratório de alta tensão, realizados em Transformador de Corrente com tensão nominal 460kV, igualmente foram obtidos resultados bastante positivos, verificando-se ser possível a realização de medições sob condições de boa relação sinal/ruído, através da seleção da faixa de frequência de trabalho mais favorável, e com a vantagem adicional de realização sem promover o contato físico com a instrumentação, nas medições com antenas, ou sem submeter a instrumentação ao potencial (alta tensão), nas medições com o TC. Essas características são importantes, particularmente em medições realizadas em campo, por permitir a realização sem a necessidade do desligamento do equipamento para instalação de sensores. O aperfeiçoamento do método na detecção de descargas parciais em equipamentos, e em ambientes típicos de subestações, representaria um avanço muito grande nas técnicas diagnósticas.

As primeiras medições realizadas em campo mostraram que a técnica é viável, com grandes possibilidades de serem aperfeiçoadas. No levantamento do espectro emitido realizado num transformador de potência, apresentando alto nível de acetileno nos ensaios cromatográficos de gases dissolvidos no óleo isolante, também indicaram espectro característico semelhante ao de descargas parciais. A utilização das antenas ativas permitiu descartar com grande probabilidade as interferências causadas por corona e por circuitos eletrônicos, interferências muito comuns em subestações. Medições realizadas em subestação blindada com tensão 362kV também indicaram a presença desse tipo de interferência, causada por equipamentos eletrônicos contendo fontes chaveadas e circuitos geradores de sinais do tipo "clock" (principalmente relés eletrônicos da proteção digital, controladores e microcomputadores), os quais podem gerar espectro de sinais que podem ser confundidos com descargas parciais.

Devido aos resultados já alcançados, considera-se que a técnica utilizada é bastante promissora para a detecção de descargas parciais em campo, necessitando adquirir-se mais dados através de medições em subestações, para lapidação da metodologia, envolvendo outras situações típicas de campo, visando o aperfeiçoamento da interpretação e redução das interferências principalmente, dificuldades sempre presentes nesse tipo de medição, mas que considera-se como perfeitamente passíveis de solução tendo em vista os resultados já alcançados.

## VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - Kuffel E, Zaengl WS, High Voltage Engineering – Fundamentals, Pergamon International Library, 1984.

2 – Bartnikas R, McMahon EJ (editors), Engineering Dielectrics Vol.I, Corona measurement and interpretation, ASTM STP 669, 1979.

3 – International Electrical Commission, IEC 60.270 Standard, 2000.

4 - Judd MD, Yang L, Hunter IBB, Partial discharge monitoring for power transformers using UHF sensors Part I: Sensors and Signal interpretation. IEEE Electrical Insulation Magazine, vol 21, n2, 2005.

5 - Judd MD, Yang L, Hunter IBB, Partial discharge monitoring for power transformers using UHF sensors Part II: Field experience. IEEE Electrical Insulation Magazine, vol 21, n3, 2005.

6 – Qifu L, Chengong L, et all, Study on UHF real-time spectrum characteristics of PD signals in transformer oil, Proc. XIV ISH, Beijing, China, 2005.

7 – Convery AR, Judd MD, Measurement of propagation characteristics for UHF signals in transformer insulation material, Proc. XIII ISH, Delft, Netherlands, 2003.

8 - CIGRÉ GT/WG 07 Instrument transformers technology and service behaviour, checking and monitoring. ELECTRA, n. 124, 1989

9 – Tatizawa, H. Análise e localização de descargas parciais em transformadores de potência utilizando métodos elétricos, tese de doutorado, EPUSP, São Paulo, 2000.