



**XXI SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO -13

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

AValiação de Isoladores Naturalmente Envelhecidos: Caracterização de Isoladores Poliméricos de Alta Tensão com Mais de 5 Anos de Serviço em Ambientes Agressivos.

**Rodolfo Cardoso de Jesus(*)
BALESTRO**

**Ricardo Horácio Corral
BALESTRO**

**Silvio Luiz Miranda Brito
BALESTRO**

**Adriano Aparecido Dellallibera
BALESTRO**

**Ricardo Borges de Oliveira
BALESTRO**

**Paulo Roberto Anderson
CELESC**

RESUMO

Este trabalho apresenta resultados da avaliação de isoladores poliméricos com pelo menos cinco anos de serviço em ambientes agressivos. Os isoladores retirados de campo foram caracterizados com ensaios de laboratório: FTIR, quantidade e natureza da poluição. Ensaios elétricos e mecânicos dos isoladores envelhecidos e sem uso de características similares são apresentados. A aplicação de isoladores poliméricos em linhas de transmissão cresce devido às melhorias dos processos tecnológicos e dos compostos poliméricos nesta última década. O trabalho foi desenvolvido com isoladores instalados no litoral norte do Peru, litoral de Santa Catarina e litoral do Piauí.

PALAVRAS-CHAVE

Isolador Polimérico, Silicone, Ferragens Terminais, Envelhecimento, Poluição

1.0 - INTRODUÇÃO

Os três grupos de isoladores poliméricos estudados neste trabalho foram fabricados pela Balestro com uso de compostos de silicone HTV injetado sobre bastões de fibra de vidro tipo ECR e terminais de ferro galvanizado, os isoladores foram fabricados em todos os casos com desenho para ambientes muito poluídos (EAP – extra alta poluição), as três regiões de serviço são diferentes quanto ao nível de tensão e grau de poluição.

O primeiro grupo pertence a empresa Hidrandina e a LT é conhecida como Trujillo-Salaverry, fica no litoral norte do Peru, próximo a costa do Oceano Pacífico, sobre uma rodovia de tráfego intenso de caminhões, ladeada pelo deserto de Sechura (ou Nazca), que percorre toda a costa do Peru, e minas de extração de sal (cloreto de sódio), trata-se de uma linha de 33 kV, mas devido aos problemas de poluição a coordenação de isolamento foi feita com isoladores de transmissão de 69 kV com terminais em aço galvanizado tipo garfo-olhal, três destes isoladores foram usados neste estudo após cinco anos de serviço. Nesta região chove apenas uma vez ao ano, geralmente no mês de outubro ou novembro, os isoladores foram lavados artificialmente uma única vez após dois anos de uso e foram retirados três anos após esta lavagem no ano de 2010 antes do período de chuva do referido ano.

O segundo grupo de três isoladores de 138 kV com terminais em aço galvanizado do tipo concha-bola foi retirado da LT Imbituba-Laguna da CELESC, os isoladores estavam instalados em uma estrutura há 100 metros de distância da orla de Imbituba em Santa Catarina. Os isoladores foram retirados em janeiro de 2011 após quatro anos de serviço. Apesar de se tratar de uma região de contaminação intensa, os períodos de chuva propiciam uma eficiente limpeza de isoladores devido o alto volume de águas pluviais entre os meses de dezembro a março. Os isoladores foram retirados para ensaio poucos dias após uma semana de tempestades intensas, o que certamente interferiu nos resultados de poluição como será demonstrado em seguida neste trabalho.

O terceiro grupo de isolador, na verdade, trata-se de um só isolador de 69 kV com terminais em aço galvanizado, tipo ípsilon-bola, retirado da linha de uma Usina Eólica da empresa Tracbel Energia localizada em uma região chamada de Pedra do Sal em Parnaíba no litoral do Piauí. Este isolador esteve pouco mais de seis meses em serviço e foi adicionado a este trabalho para oferecer um contra ponto com resultados de um isolador supostamente novo em uma região muito poluída e sem passar por nenhum período de chuva.

Antes de se realizar qualquer ensaio, os isoladores foram fotografados, avaliados visualmente e também se verificou a hidrofobicidade do invólucro de borracha de silicone dos mesmo. Todos os isoladores, mesmo nas regiões aparentemente danificadas e poluídas, apresentavam hidrofobicidade HC 1 (hidrofobicidade máxima) segundo o Hydrophobicity Classification Guide – STRI (1).

Os isoladores mais danificados sem dúvida são os isoladores do Perú (amostras 2, 3 e 4), que apresentam muita deposição escura na cobertura de borracha de silicone, algumas erosões superficiais, pequenas e não profundas, marcas de descargas elétricas, mas nenhum sintoma indica falha grave no revestimento, entretanto os terminais metálicos destes isoladores apresentam alto grau de corrosão; a camada de zinco metálico já se encontra totalmente oxidada e em alguns pontos o aço já está exposto permitindo a identificação da oxidação a olho nú. Os isoladores de Santa Catarina (amostras 7, 8 e 9) visualmente apresentam baixíssima quantidade de material depositado, mal se podem observar marcas de uso ou de descargas elétricas, invólucro perfeito e o zinco das ferragens parcialmente oxidado, mas ainda protegendo o aço. O isolador do Piauí (amostra 6) está aparentemente em perfeitas condições, mas com as ferragens bastante agredidas para apenas seis meses de instalação, é possível ver nas saias superiores algumas marcas de descargas elétricas e havia uma quantidade de depósito branco e translúcido muito grande na superfície de todo o isolador. O isolador Referência (amostra 1) se encontra em perfeitas condições tendo em vista que nunca foi instalado ou posto em uso. O isolador referência é do mesmo lote de fabricação dos isoladores instalados no Perú e foi guardado com objetivo de realizar este estudo.

2.0 - AVALIAÇÃO ELÉTRICA E MECÂNICA DOS ISOLADORES POLIMÉRICOS USADOS

Para melhor avaliar as condições mecânicas e elétricas dos isoladores deste trabalho foram feitos ensaios de medição de corrente de fuga aplicando-se tensão elétrica nos isoladores tal e qual encontrados no momento da retirada da linha a seco (poluídos), tal e qual sob umidade (água deionizada borrifada na superfície dos isoladores sem remoção da poluição), e isoladores lavados e secos (após lavagem e secagem dos isoladores com água deionizada até completa remoção da poluição). Após os ensaios de corrente de fuga, os isoladores foram submetidos a ensaios mecânicos de resistência a tração nominal e depois ensaios de tração até a ruptura.

2.1 Avaliação Elétrica - Corrente de Fuga

Os ensaios de medição da corrente de fuga em isoladores não são normalizados, portanto para melhor compreensão se apresenta uma breve descrição da metodologia empregada neste ensaio. Primeiro os isoladores são instalados em um circuito elétrico conforme a representação mostrada neste trabalho, ver Figura 1.

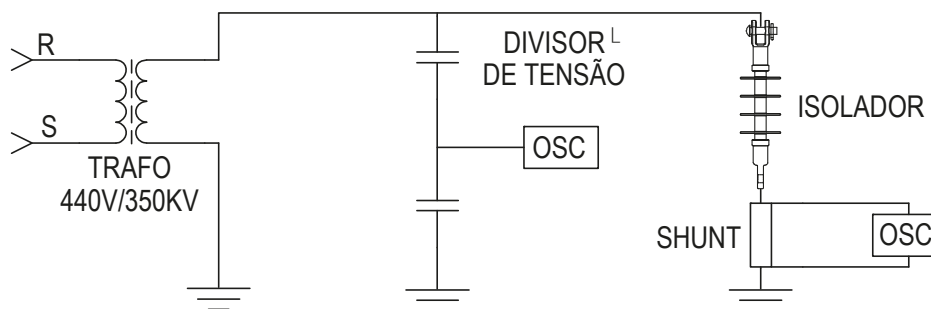


FIGURA 1 – Esquema Elétrico do Circuito de Medição da Corrente de Fuga.

Após a instalação da amostra, a tensão é elevada gradativamente até atingir a tensão de ensaio (fase-terra), quando o isolador está muito poluído é necessário aguardar alguns segundos até que a corrente de fuga estabilize e então a sua medição é realizada. Após o registro da medição, a tensão é novamente elevada até atingir a tensão nominal do isolador é então novamente aguarda-se a estabilização da corrente de fuga que é novamente registrada. Para realizar este ensaio com o isolador úmido, é aplicado uma camada de gotículas de água deionizada sobre a superfície de todo isolador com o auxílio de um aspersor manual tomando cuidado para que a água não escorra ou goteje pelo isolador, evitando desta forma que a poluição seja lavada. Isoladores muito poluídos e úmidos demoram mais para estabilizar a corrente de fuga e podem apresentar diversas descargas elétricas nestes períodos de estabilização e mesmo durante as medidas da corrente de fuga.

Para facilitar a realização dos ensaios e a demonstração dos resultados, os isolares receberam uma codificação numérica, veja na Tabela 1.

Tabela 1 – Isoladores Estudados, Códigos e Descrição

Isoladores	Local	Ano	Un (kV)	Uc (kV)	Descrição
1	Referência	–	69	40	69 kV – concha-bola – 70 kN – silicone – EAP
2, 3 e 4	Hidrandina	2005	69	40	69 kV – concha-bola – 70 kN – silicone – EAP
6	Pedra do Sal	2010	69	40	69 kV – ipsolon-bola – 80 kN – silicone – EAP
7, 8 e 9	CELESC	2006	138	79	138 kV – concha-bola – 120 kN – silicone – EAP

Para avaliar a corrente de fuga máxima dos isoladores foram feito quatro tipos de ensaios, com os isoladores poluídos secos, isoladores poluídos e umidificados, isoladores limpos e secos e isoladores limpos e umidificados. A tensão aplicada para cada isolador foi de dois tipos, tensão nominal do isolador (U_n) e tensão de operação do sistema (tensão fase-terra – U_c) determinada como a tensão nominal dividida por raiz quadrada de três para sistemas trifásicos, veja equação 1.

$$U_c = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \quad \text{Equação 1}$$

Os resultados de corrente de fuga obtidos para os isoladores em tensão nominal do sistema podem ser observados na Figura 2 enquanto os resultados de corrente de fuga para os isoladores ensaiados em tensão de operação do sistema podem ser observados na Figura 3. É fácil notar que a única situação realmente crítica nos ensaios de corrente de fuga, tanto na tensão nominal quanto na tensão de operação do sistema (também conhecida como fase-terra), é quando os isoladores se encontram poluídos e úmidos, nestas situações foi observado valores de corrente de fuga realmente altos para os isoladores de números 2, 3, 4 e 6. De fato foram observadas diversas e intensas descargas resistivas de coloração vermelha alaranjada nos ensaios dos isoladores 2, 3, 4 e 6 durante o ensaio, o que dificultou inclusive a estabilização da corrente para que esta pudesse de fato ser medida, a presença de umidade no isolador ao final do ensaio garante que a estabilização da corrente não ocorreu pela secagem da água, embora a formação de regiões de bandas secas tenha sido observada.

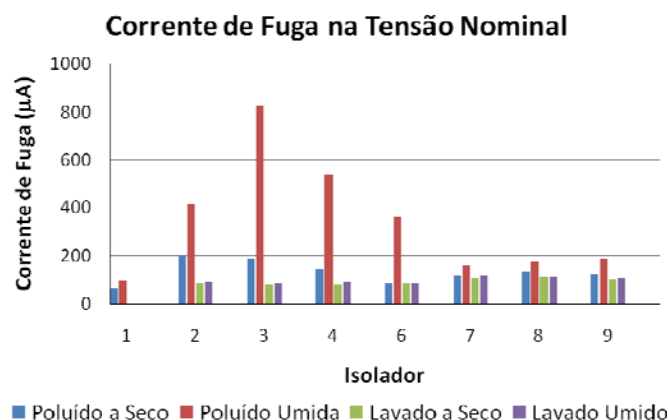


FIGURA 2 – Corrente de Fuga Nominal

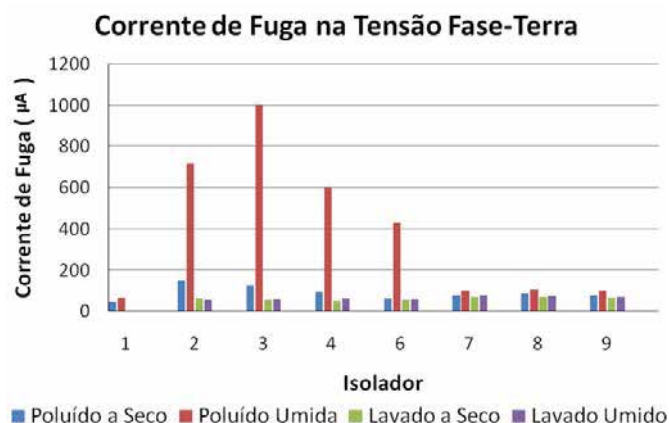


FIGURA 3 – Corrente de Fuga Fase-Terra

Os isoladores 2, 3 e 4 também apresentaram correntes de fuga ligeiramente mais altas nas situações de poluição seca, principalmente no ensaios de tensão nominal. Estes resultados mostram claramente que duas coisas são necessárias para que haja um aumento na corrente de fuga dos isoladores, primeiro que haja poluição na superfície do isoladores, segundo que haja umidade na superfície, pois apenas a poluição, mesmo em grandes quantidades, não produz um aumento significativo na corrente de fuga. Isto pôde ser concluído porque nas situações de isoladores limpos e secos não foram observados aumento na corrente de fuga, o mesmo aconteceu para isoladores limpos e umidos, ou seja, só umidade também não é motivo para aumento da corrente de fuga.

Os isoladores 7, 8 e 9 não apresentaram nenhuma elevação no valor da corrente de fuga em nenhuma das situações de ensaio, como observado com o isolador referência (amostra 1). Estes três isoladores foram retirados após intenso período de tempestades em Santa Catarina, a característica de hidrofobicidade própria do invólucro de composto de borracha de silicone permite a limpeza natural pela ação das chuvas e remoção total da poluição depositada nestes isoladores, desta forma, estes isoladores, mesmo após quatro anos de serviço em ambiente altamente agressivo, apresentaram valores reduzidos de corrente de fuga.

2.2 Ensaio Mecânico – Resistência a Tração

Para avaliar o desempenho mecânico dos isoladores envelhecidos em ambiente agressivo foram realizados dois tipos de ensaio de tração, tração em carga mecânica nominal (CMN) e tração a carga mecânica de ruptura (CMR) segundo as normas IEC 61109 (2) e ABNT NBR 15122 (3). Os resultados do ensaio de tração em CMN podem ser observados na Figura 4 e os resultados de tração a CMR pode ser observado na Figura 5.

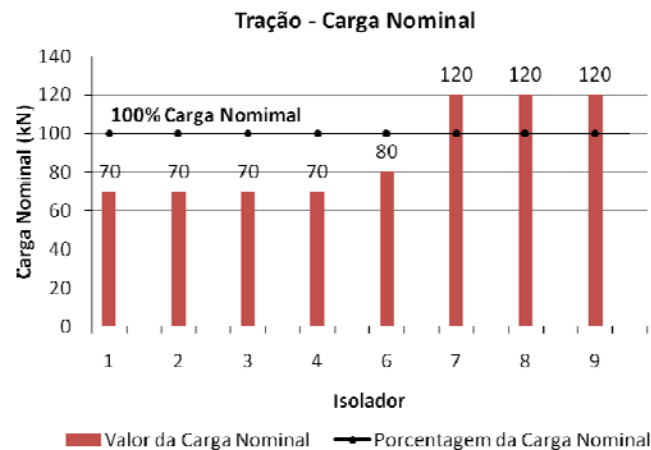


FIGURA 4 – Tração em Carga Nominal (CMN)

Os resultados dos ensaios de tração demonstram que todos os isoladores, mesmo aqueles com as ferragens danificadas em processo avançado de corrosão (Amostras 2, 3 e 4) suportarem o ensaio de tração em CMN sem falhar. Todos os isoladores foram submetidos a ensaio de tração a CMR a fim de se determinar a carga de ruptura dos mesmos, por se tratar de ensaio destrutivo, estes ensaios foram realizados após a tração em CMN. Os resultados de tração a CMR também foram satisfatórios para todos os isoladores ensaiados, pois foram superiores a CMN e os terminais não romperam, apenas soltaram dos bastões.

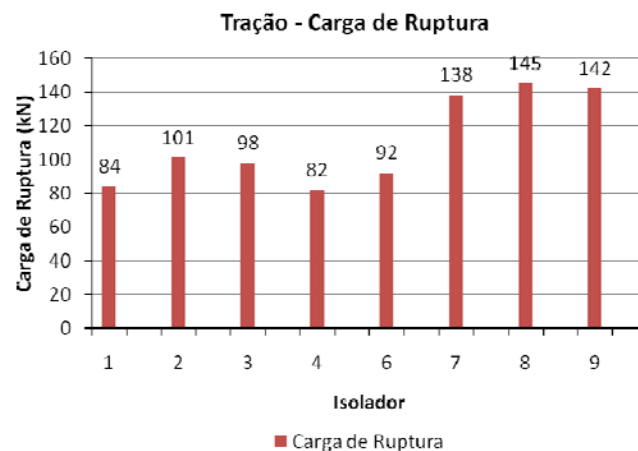


FIGURA 5 – Tração a Ruptura (CMR)

Estes resultados são bastante importantes, pois, a julgar pelo aspecto visual dos isoladores estudados, é razoável admitir que a primeira falha mais provável de qualquer um deles seria nos terminais metálicos devido à evidente corrosão observada nestas partes. Os invólucros estavam todos intactos e aparentemente, os núcleos bem protegidos, desta forma, o esperado é que a ação do esforço mecânico permanente leva-se ao rompimento dos terminais. Entretanto, mesmo com dano visível as ferragens ainda se mostraram capazes de suportar o ensaio a carga nominal segundo as normas. O fato das ferragens sofrerem mais danos que o revestimento evidencia que os isoladores poliméricos são especialmente capazes de suportar e durar muito tempo em regiões de alta agressão ambiental se houver uma preocupação especial com os terminais metálicos tais como o uso de uma galvanização mais robusta ou mesmo terminais em aço inoxidável nestas regiões.

3.0 - AVALIAÇÃO SEMIQUANTITATIVA, SEMIQUALITATIVA E ELETROQUÍMICA DA POLUIÇÃO

Para entender melhor os fenômenos eletro-químicos e a degradação observada nos isoladores envelhecidos foram realizadas avaliações da poluição semiquantitativa (natureza química), semiquantitativa (quantidade de poluição) e eletroquímica (condutividade da poluição).

Após a medição das correntes de fuga dos isoladores poluídos secos e úmidos, todos os isoladores foram submetidos a um processo de lavagem no qual se empregou 2,5 litros de água deionizada para cada isolador, uma esponja de poliuretano macia e sem uso foi usada para auxiliar na remoção da sujeira. A água do banho de cada isolador foi filtrada e guardada. O resíduo sólido do filtrado de cada água de banho dos isoladores foi seco em estufa e pesado em balança. Os isoladores foram pesados antes da lavagem e após serem lavados e secos.

Através das massas dos isoladores sujos e limpos, foi obtida a quantidade total de poluição em cada isolador através de cálculos de subtração. Ao subtrair do valor da massa total de poluição o valor da massa de resíduo sólido obtido no processo de filtragem, foi obtido o valor de resíduo solúvel. Assim, veja na Figura 6 os valores semiquantitativos de poluição total, poluição solúvel e poluição insolúvel de cada isolador. Ver na Figura 7 o valor da condutividade da solução resultante da limpeza dos isoladores obtida em um condutivímetro digital.

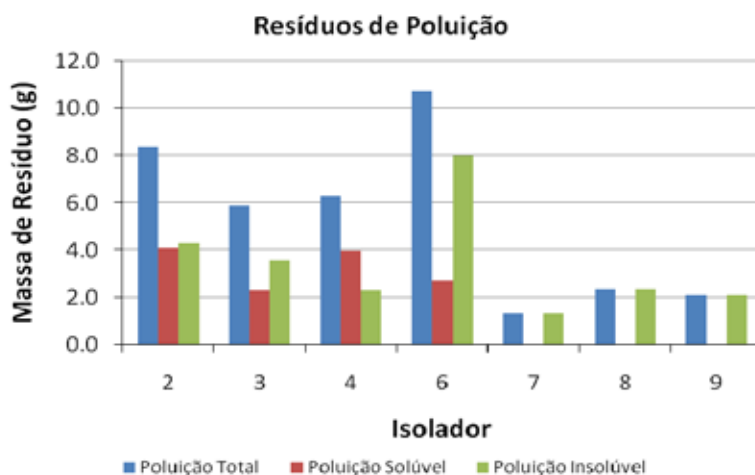


FIGURA 6 – Poluição (Solúvel e Insolúvel)

O isolador referência (amostra 1) não passou pelo processo de limpeza por razões óbvias, entretanto os resultados de resíduos fornecem informações bastante importantes sobre a natureza química dos poluentes. A primeira coisa a chamar a atenção é que os isoladores 7, 8 e 9 não apresentam resíduos solúveis e somente uma quantidade muito pequena de resíduos insolúveis na sua superfície; isto confirma o comportamento da corrente de fuga observado nas Figuras 2 e 3, ou seja, a menor quantidade de poluente (principalmente os solúveis) faz com que a corrente de fuga seja minimizada.

Também é observado na Figura 6 que os isoladores 2, 3, 4 e 6 apresentam resíduos insolúveis e solúveis em quantidade significativamente superiores aos isoladores 7, 8 e 9, isto é ainda mais notável se pensarmos que o tamanho dos isoladores 7, 8 e 9 (138 kV) é substancialmente maior que os isoladores 2, 3, 4 e 6 (69 kV). Esta quantidade maior de poluentes também confirma o comportamento do ensaio de corrente de fuga observado nas Figuras 2 e 3. Em outras palavras, maiores quantidades de poluição, principalmente solúvel, acarretam em um significativo aumento na corrente de fuga.

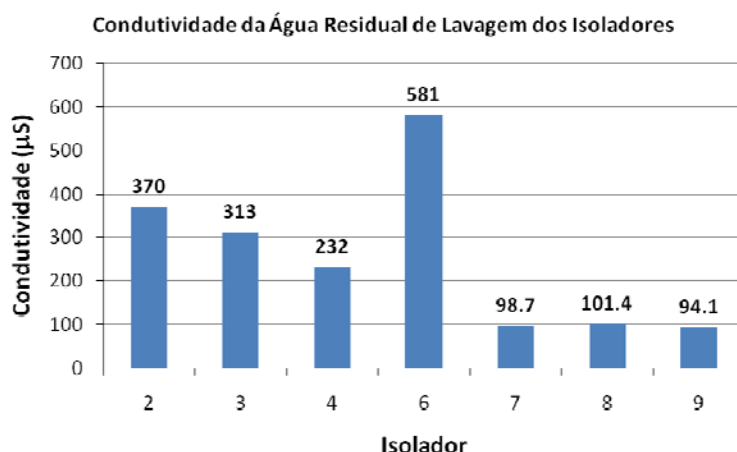


FIGURA 7 – Condutividade da Água Residual

Uma informação importante para fins comparativos é de que a condutividade medida para a água deionizada foi de 0,53 μS . Na grande maioria das vezes, a poluição e outras substâncias solúveis são formadas de compostos químicos iônicos, por exemplo o cloreto de sódio, enquanto a poluição e outras substâncias insolúveis contêm compostos químicos moleculares. Compostos iônicos solúveis em água são capazes de transportar carga gerando corrente, portanto, o aumento na quantidade de poluição solúvel causa um aumento na corrente de fuga, o que propicia o aumento de descargas elétricas e ocorrência de centelhamentos no isolador poluído; isto pode implicar na decomposição eletroquímica do invólucro e envelhecimento acelerado devido a formação de bandas secas nos isoladores poliméricos. A poluição insolúvel exerce importante ajuda neste processo, geralmente agindo em sinergismo com a poluição solúvel. Os compostos não solúveis, em geral, são abrasivos e bastante porosos (ou líquidos viscosos) e ancoram com mais facilidade na superfície do isolador ajudando a retenção da poluição solúvel, que de outra forma seria removida mais facilmente da superfície do isolador.

Os resultados das medições de condutividade elétrica das águas de lavagem com resíduo solúvel dos isoladores confirmam que a condutividade em isoladores com poluição solúvel aumenta; o que provavelmente é responsável pelo maior número de fenômenos eletro-químicos e descargas elétricas na superfície destes isoladores causando diminuição na vida útil destes equipamentos. Tais resultados confirmam também a alta agressividade de todos os ambientes nos quais estes isoladores atuam e não diminuem a agressividade do ambiente existente no litoral de Santa Catarina. É importante ressaltar que Santa Catarina possui estações chuvosas que diminuem muito o efeito da poluição tendo em vista o processo de lavagem natural e que estes isoladores foram recolhidos em plena temporada de chuvas. Os isoladores 2, 3, 4 e 6 tiveram alta condutividade elétrica em suas águas de lavagem, enquanto os isoladores 7, 8 e 9 tiveram condutividades menores. O isolador 6 (Piauí) apresentou condutividade muito maior que confirma a maior presença de íons capazes de conduzir carga.

4.0 - AVALIAÇÃO DO INVOLUCRO DE BORRACHA DE SILICONE POR INFRAVERMELHO (FTIR-DRIFT)

Na tentativa de avaliar a extensão dos danos na borracha de silicone causados pela poluição nos isoladores foram realizadas análises de infravermelho usando a técnica FTIR-DRIFT nas saias dos isoladores estudados neste trabalho. Duas regiões foram estudadas para cada um dos isoladores, a primeira região escolhida foi uma área da saia que não apresentasse nenhum dano aparente, pelo contrário, foi escolhida a área mais intacta possível em cada isolador para realizar o ensaio. A segunda região, ao contrário, foi a região de aspecto visual mais degradada em cada isolador onde a deterioração por ação da poluição e das condições ambientais e de serviço causaram o maior dano aparente possível.

Os espectros de infravermelho mostrados tanto na Figura 8 quanto na Figura 9 mostram bandas de absorção típicas do espectro de compostos de borracha de silicone usados em isolamento elétrico. Inone et al (4), atribuiu as bandas de compostos de silicone de isoladores presentes no mercado. As bandas de 2960 e 1270 cm^{-1} , resultam de vibrações das ligações Si-CH e CH_3 , respectivamente, que estão associados aos grupos CH_3 laterais, enquanto a banda observada em 1020 cm^{-1} é referente a vibração das ligações Si-O-Si, pertencentes à cadeia principal. As bandas entre 3700 e 3200 cm^{-1} é resultante de vibrações de grupos OH pertencente ao trihidrato de alumina, ou alumina trihidrata (ATH).

O fato de tanto as regiões com dano quanto as regiões sem dano aparente apresentarem espectros de infravermelho idênticos demonstra duas coisas, primeiro que a análise de infravermelho não é a mais adequada para obter informações de degradação de compostos de silicone, pois o resíduo principal da degradação da borracha de silicone é óxido de silício que é invisível ao infravermelho; segundo que a região degradada no composto de silicone é tão pequena que não produziu modificações químicas suficientes para que a análise de infravermelho pudesse demonstrar alguma modificação química no composto estudado.

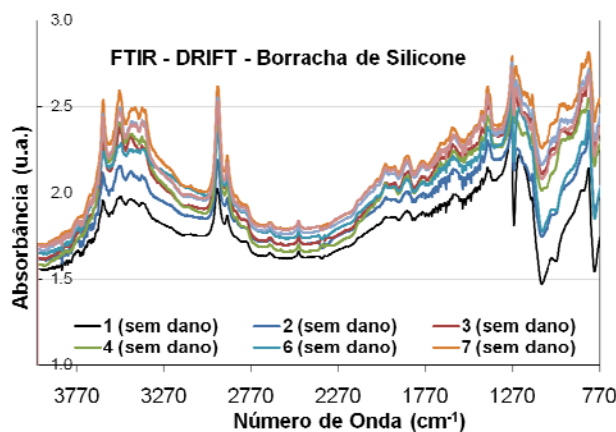


FIGURA 8 – FTIR Borracha de Silicone sem Dano

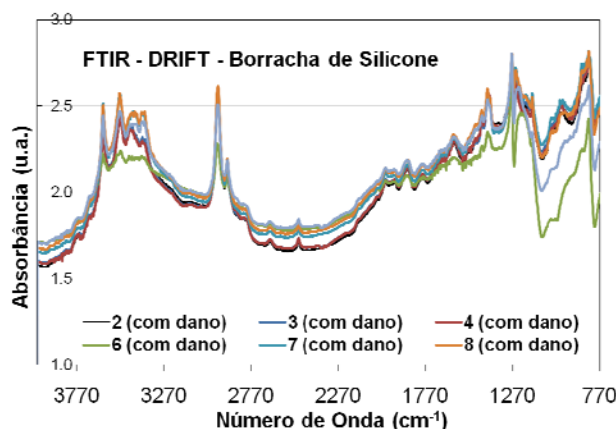


FIGURA 9 – FTIR Borracha de Silicone com Dano

Entretanto a análise de infravermelho é importante para confirmar três coisas, os compostos usados em todos os isoladores estudados são iguais, os compostos são realmente de silicone e os compostos possuem alumina trihidratada em sua composição.

5.0 - CONCLUSÃO

Através dos resultados dos ensaios realizados neste trabalho com isoladores poliméricos instalados em ambientes agressivos e envelhecidos naturalmente se pode concluir que:

- O comportamento da corrente de fuga medida na tensão nominal ou na tensão de operação do sistema em isoladores poliméricos envelhecidos em ambientes de poluição severa pode gerar muitas informações sobre a poluição presente neste ambiente, sobre o envelhecimento do isolador e a confiabilidade da coordenação de isolamento desde que seja conhecido o histórico do isolador e das condições climáticas no trajeto da linha;
- Ensaios mecânicos demonstraram que nos isoladores estudados, mesmo após oxidação severa, ferragens podem suportar a CMN de isoladores poliméricos envelhecidos naturalmente em ambientes severamente agressivos, mostraram também que estes mesmos isoladores apresentaram CMR à tração superiores ao valor da CMN;
- A hidrofobicidade é fator muito importante na durabilidade de isoladores compostos poliméricos de silicone, e a presença de chuvas é fator determinante na durabilidade destes equipamentos;
- Mesmo depois de cinco anos instalados em ambiente muito agressivo, os isoladores estudados mantiveram sua hidrofobicidade apesar da agressividade ambiental. Cinco anos é pouco tempo se considermos a vida útil esperada para o isolador em condições normais de operação, mas na área estudada é considerado um sucesso pelo usuário que tinha gastos excessivos com limpeza, manutenção e substituição de equipamentos;
- A poluição solúvel é fator fundamental na degradação eletro-química de compostos poliméricos e propicia os processos de centelhamento e descargas elétricas, entretanto a poluição insolúvel pode agir como fator sinérgico para tais processos;

- A análise de infravermelho é uma ferramenta eficiente para identificar compostos de borracha de silicone e seus principais componentes;

- Por fim, mas não menos importante, este trabalho demonstra por si a necessidade da continuidade do acompanhamento periódico dos isoladores ainda instalados nas linhas de origem e se possível a ampliação deste estudos para outras linhas de situação ambientalmente adversas, afinal, através da continuidade destes estudos será mais fácil se fazer um modelo de predição de manutenção de isoladores poliméricos e avaliação da coordenação de isolamento de linhas de transmissão que percorrem ambientes desfavoráveis e agressivos e que podem ser inferidos posteriormente à linhas de ambientes menos severos.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE. Hydrophobicity Classification Guide ,1 92/1 – STRI AB, 1992, Ludvika - Suécia.

(2) INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Composite Insulators for AC overhead lines with a nominal voltage greater than 1000V – Definitions, test methods and acceptance criterias – IEC 61109, 1995, Genève - Suíça.

(3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Isoladores-bastão compostos poliméricos para tensões acima de 1 000 V – ABNT NBR 15122:2004. Brasil.

(4) P. C. Inone, F. Piazza, J. Tomioka, J. M. M. Sales , “Caracterização de Isoladores Envelhecidos Artificialmente”, II CINETEL (Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica), pp. 520–524, 2003.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Rodolfo Cardoso de Jesus

São Paulo – SP (BR), 24 de abril de 1978

Bacharel em Química em 2005 pela UNICAMP e Mestre em Engenharia Química pela UNICAMP em 2008. Ex Professor Universitário em universidades do interior paulista e sul de mineiro, há cinco anos Pesquisador e Especialista em Polímeros da Indústria Eletromecânica Balestro. Consultor Técnico e Científico de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor Elétrico, Membro Ativo do Grupo de Pesquisa Internacional de Isoladores do CIGREE Brasil e Membro Ativo do Grupo de Normatização de Isoladores da ABNT.

Ricardo Horacio Corral

Buenos Aires – BA (AR), 31 de julho de 1956

Formado em Engenharia Eletromecânica pela Universidade Nacional de Buenos Aires (UNBA) em 1966. Trabalhou na CEGBA por 14 anos, desde então trabalhou muitos anos na área comercial em diversas empresas voltado para linhas de transmissão e está na Balestro desde 2003.

Silvio Luiz Miranda Brito

São Paulo – SP (BR), 18 de agosto de 1976

Graduado como Tecnólogo em Materiais, Processos e Componentes Eletrônicos pela FATEC (São Paulo) em 1998, Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo (Escola Politécnica / USP) e Doutor em Engenharia de Materiais em 2009 também pela USP. Tecnólogo de Materiais da Balestro desde 2002.

Adriano Aparecido Dellalibera

São Paulo – SP (BR), 21 de março de 1963

Formado em Eletrotécnica, trabalha há 26 anos na Indústria Eletromecânica Balestro e é o atual Gerente do Departamento de Engenharia. Hoje é o principal responsável pelos para-raios fabricados na Balestro. Também é coordenador do grupo normalizador de pára-raios no Brasil (COBEI – ABNT) e membro atuante de grupos internacionais de pesquisa e normalização de pára-raios do Cigré e IEC.

Ricardo Borges de Oliveira

Casa Branca – SP (BR), 14 de março de 1979

Técnico em eletrônica (1998) pela ETE João Baptista de Lima Figueiredo (Mococa) e técnico em eletrotécnica (2007) pelo Colégio São Francisco (Mogi-Guaçu). Atualmente, formando em Engenharia Elétrica pela Faculdade Comunitária de Campinas. Encarregado do Laboratório de Alta Tensão (LAT I) da Balestro desde 2001.

Paulo Roberto Anderson

Curitiba – PR (BR), 06 de agosto de 1963

Engenheiro Eletricista formado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Especialista em Engenharia de Produção pela mesma instituição. Também Engenheiro de Segurança e Especialista em Administração e Gestão Estratégica pela ESAG. Trabalha há vinte e três anos com Manutenção de Subestação e Linhas de Transmissão da CELESC onde é gerente do Departamento de Manutenção do Sistema Elétrico há quatro anos.