Compatibilidade Dielétrica nas Redes de Distribuição Spacer de 25 kV

Credson de Salles, Alan M. Nóbrega, Manuel L. B. Martinez, Edson L. Batista, Juliana I. L. Uchoa, Hermes R. P. M. de Oliveira

***Resumo* – O objetivo deste artigo é apresentar os primeiros resultados obtidos na pesquisa sobre o desempenho dos sistemas Spacer para redes de distribuição classe 25 kV frente à compatibilidade dielétrica. É observado o resultado das práticas de compra no Brasil em comparação com o projeto original de sistema que era vendido para a operação conjunta. A partir dos estudos de resultados de ensaios, cálculos de campo elétrico e de corrente de fuga, pretende-se levantar os parâmetros que determinam o sucesso ou falha deste conjunto. Espera-se, ainda, com este trabalho prover bases científicas para o Comitê Brasileiro de Eletricidade na elaboração de uma norma técnica amparada pela ABNT.**

***Palavras-chave* – Compatibilidade Dielétrica, Rede Compacta de Distribuição, Sistema Spacer**

I. Introdução

O Sistema Spacer, tem sido amplamente utilizado nas redes de distribuição no Brasil nos últimos anos. A maior parte dos problemas observados nas aplicações em campo é comumente atribuída à compatibilidade dielétrica entre o espaçador e o cabo coberto. O colapso na isolação resulta na interrupção do fornecimento de energia, e nos riscos em potencial ao próprio sistema, à vida e à integridade física devido ao derretimento do espaçador e/ou cabo coberto.

De maneira similar a outros equipamentos o processo de aquisição de qualquer Sistema Spacer deve seguir procedimentos específicos de cada concessionária, entre eles, a execução dos ensaios de rotina e dos ensaios de tipo.

No caso dos cabos cobertos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT disponibiliza o documento NBR 11873. No entanto, para os espaçadores, isoladores e outros não existe até o momento um documento amparado pela ABNT. Os procedimentos de ensaio seguem o recomendado pelo documento elaborado pela Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica – ABRADEE. No caso específico dos espaçadores, o documento técnico CODI-3.2-18.24.1. Atualmente, a ABNT possui um comitê trabalhando na elaboração de uma norma que trata do Sistema Spacer, com base, principalmente, no documento da ABRADEE, em experiências em campo e observações em laboratórios.

Um ponto interessante é que o ensaio de compatibilidade dielétrica não é mencionado na NBR 11873. Mas constitui-se em um requisito da ABRADEE com base em vários anos de operação de cabos protegidos em redes de média tensão.

Uma falha de compatibilidade dielétrica em laboratório não significa que o cabo é de má qualidade, ou que o espaçador não atende ao especificado. Eles apenas não estão aptos para trabalhar juntos por razões materiais e dielétricas. Esta situação resulta em outro problema considerando os fornecedores cadastrados e os fornecedores não cadastrados de cada concessionária. Em vista desta situação, este artigo comenta o resultado de ensaios de compatibilidade dielétrica considerando as combinações entre cinco fabricantes de cabos classe 25 kV e três fabricantes de espaçadores classe 25 kV (utilizando espaçadores catalogados como 36,2 kV), cadastrados na AES Sul. O objetivo é verificar se os parâmetros de ensaio podem ser considerados razoáveis, para encontrar alguns pontos chave durante o decorrer dos ensaios, e fornecer informações aos fabricantes, se necessário, com os pontos passíveis de otimização, se necessário.

Este artigo traz resultados parciais do projeto intitulado "Análise dos Parâmetros que Influenciam a Compatibilidade Dielétrica de Sistemas Compactos para Redes de Média Tensão", código ANEEL 0396-011/2009. Este projeto encontra-se em andamento no Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal de Itajubá LAT-EFEI com o suporte financeiro da AES Sul – Distribuidora Gaúcha de Energia.

II. O Ensaio de Compatibilidade Dielétrica

De acordo com [2], o ensaio de compatibilidade dielétrica é realizado em três conjuntos independentes. Cada conjunto consiste de três cabos fase com os anéis de amarração recomendado, um cabo guarda aterrado, e três espaçadores confeccionados em polietileno de alta densidade (PED). São recomendados pelo menos três metros de cabo por fase e uma distância mínima de 1 metro entre cada espaçador. Os parâmetros recomendados para o ensaio são:

- Temperatura na superfície externa do cabo: 60 ºC;
- Ciclos de chuva compostos de 5 minutos de aspersão se-

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e consta dos Anais do VI Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (VI CITENEL), realizado em Fortaleza/CE, no período de 17 a 19 de agosto de 2011.

Credson de Salles e Alan M Nóbrega são alunos de pós-graduação stricto-sensu doutorado da Universidade Federal de Itajubá, colaboradores do Laboratório de Alta Tensão (email: credson@lat-efei.org.br, Alan@lat-efei.org.br)

Manuel L. B. Martinez é Professor Adjunto na Universidade Federal de Itajubá e coordenador do Laboratório de Alta Tensão (email: martinez@lat-efei.org.br).

Edson L. Batista, Juliana I. L. Uchoa, Hermes R. P. M. de Oliveira trabalham na AES Sul – Distribuidora gaúcha de Energia (emails: Edson.batista@aes.com,juliana.uchoa@aes.com,Hermes.Oliveira@AES.com)

guidos de 15 minutos sem chuva;

- Aspersão de 1 mm/min;
- Condutividade da água (da aspersão): 750 μS/cm;
- Tensão aplicada: $2U_0$;
- Após trinta dias contínuos o conjunto não deve apresentar sinais de trilhamento, perfuração ou erosão.

Considerando estes parâmetros, é possível tecer alguns comentários, como por exemplo, a temperatura de 60 ºC alcançada através de corrente induzida deve ser obtida com o cabo seco ou com o cabo úmido, ou em ambas situações? A aspersão deve ser 1 mm/min em cada componente horizontal e vertical, ou deve ser o resultado da soma entre eles? E se for a soma de ambos, quais os limites máximos e mínimos de cada um? Qual seria a tolerância para a condutividade da água utilizada na chuva artificial? O valor de condutividade recomendado seria muito alto, muito baixo, ou adequado? O sal utilizado na obtenção da condutividade requerida poderia impor um esforço extra ao conjunto?

Não há, no documento da ABRADEE, menções a respeito da tensão aplicada, se trifásica ou monofásica. Até o momento, devido aos custos e restrições de equipamentos, os testes no Brasil são comumente realizados com a aplicação de tensão monofásica. Entretanto, estudos da ABNT apontam que o próximo passo seria a utilização da tensão trifásica.

Para sistemas de 25 kV, as Figuras 1 a 5 mostram exemplos de falhas ocorridas em laboratório.

A Figura 1 mostra sinais de erosão e de queima de material no berço do espaçador e no cabo, com algum derretimento de material. Esta falha é geralmente atribuída à compatibilidade dielétrica.

Figura 1 – superfície de contato entre espaçador e cabo coberto

A Figura 2 mostra sinais de queima no berço do espaçador, no cabo e no anel de amarração elastomérico. A erosão corroeu a cobertura do cabo até a completa perfuração, expondo o condutor.

A Figura 3 mostra erosão até a ocorrência de perfuração na cobertura do cabo localizada em um ponto a meio caminho entre dois espaçadores consecutivos. Esta falha poderia ser atribuída à compatibilidade dielétrica?

Figura 2 – Erosão no cabo, espaçador e anel de amarração elastomérico

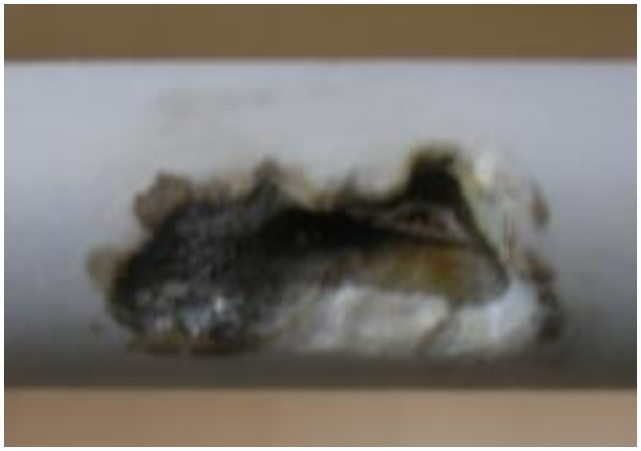

Figura 3 – Erosão na cobertura do cabo com perfuração

Figura 4 – Incêndio no conjunto sob ensaio com derretimento do espaçador e da cobertura do cabo

A Figura 5 mostra uma perfuração completa na cobertura do cabo. A ausência de sinais nítidos de erosão ou queima de material ao redor do ponto de falha, leva à hipótese de que foi iniciada de dentro para fora.

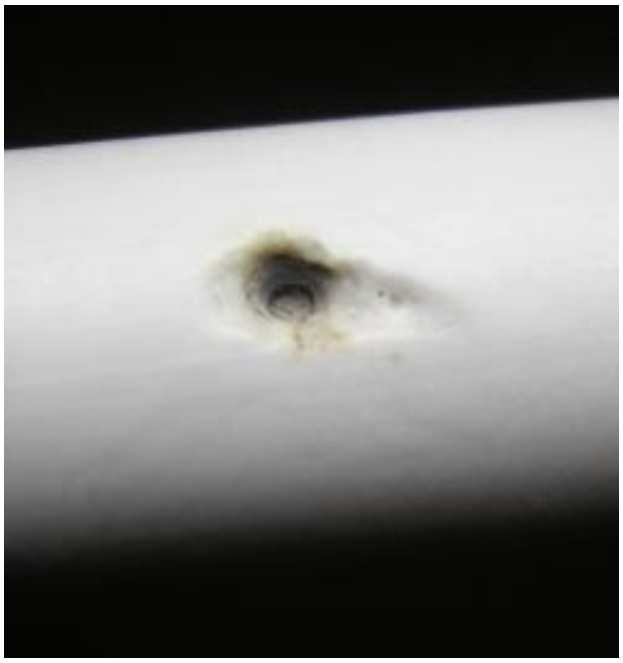

Figura 5 – Perfuração na cobertura do cabo

III. As Normas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT disponibiliza normas, inclusive as relacionadas a equipamentos elétricos, tais como cabos de potência e acessórios ou ferragens para linhas aéreas de distribuição. No entanto, o uso de equipamentos poliméricos é relativamente recente e todas as recomendações a respeito de sua aplicação vêm da Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica, a ABRADEE.

O desenvolvimento de um documento da ABNT considerando os Sistemas Spacer está em andamento, com base no documento da ABRADEE. A presente situação é que as normas de espaçadores e acessórios poliméricos em desenvolvimento são baseadas em documentos que permitem mais de uma interpretação e a norma de cabos cobertos da ABNT não menciona o ensaio de compatibilidade dielétrica com o componente para o qual foi projetado para trabalhar em conjunto.

Praticamente, do ponto de vista atual, o desempenho do Sistema Spacer é uma preocupação apenas dos fabricantes de acessórios.

No entanto, considerando a tendência atual, espera-se que as novas normas sobre espaçadores e ferragens sejam as únicas a definir os requisitos mínimos para um desempenho adequado do sistema 'Espaçador/isolador/amarração/cabo coberto' como um todo. Neste ponto levanta-se uma questão: Em caso de falha do sistema, principalmente se for seguido de danos pessoais, quem seria o responsável pelo evento?

IV. Esforços Elétricos

O Sistema Spacer é projetado para ser instalado em um sistema trifásico, no entanto, considerando o presente documento, não há qualquer menção a respeito do modo de aplicação de tensão. Consequentemente existem duas maneiras possíveis de executar o ensaio de compatibilidade dielétrica: aplicação de tensão trifásica e aplicação de tensão monofásica.

De acordo com a Figura 6, para a aplicação de tensão monofásica (mesmo potencial entre fases) o sistema sob ensaio funciona de forma similar a um sistema de condutores múltiplos, e não existe corrente de fuga entre as três fases A-B-C. Ao invés disso, todo o fluxo é em direção ao cabo mensageiro aterrado M. Como será visto mais adiante, o esforço de tensão devido aos campos elétricos normal e tangencial nos cabos e acessórios durante os ensaios são menores que os encontrados na operação em campo.

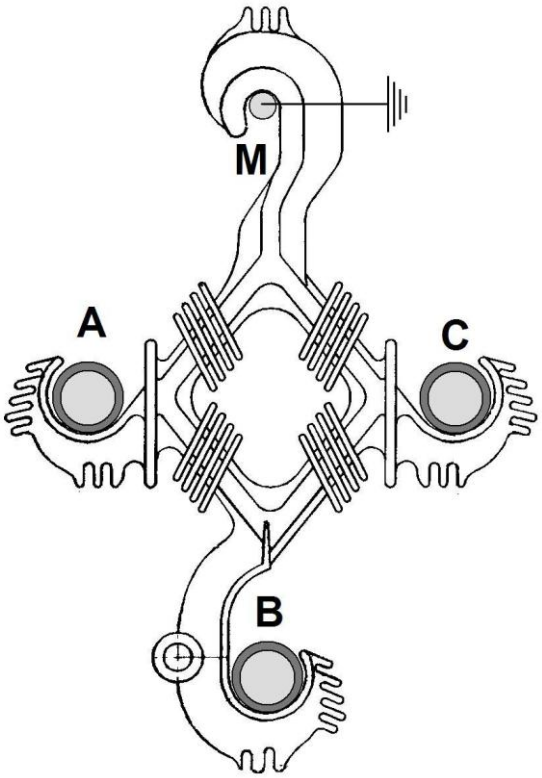

Figura 6 – Espaçador típico com cabos fase e mensageiro [2]

Por outro lado, para a aplicação de tensão trifásica, considerando um sistema totalmente equilibrado, a corrente de fuga aconteceria entre as fases, e seria praticamente zero entre qualquer uma das fases e o mensageiro aterrado. Tal fato resulta ainda em maiores esforços elétricos. O valor de tensão para a terra de $2U_0$ ($1.15 * \sqrt{3}$) considera a possibilidade de aplicação do Sistema Spacer completo em redes isoladas ou aterradas por neutro ressonante, uma condição que deve ser observada nos equipamentos de média tensão. Isto significa que qualquer redução na tensão de ensaio deve ser efetivamente evitada.

Considerando os efeitos da corrente de fuga, o primeiro resultado é o trilhamento, tanto na cobertura do cabo quanto na superfície externa dos espaçadores. De uma deterioração

inicial resultam as perfurações, o derretimento de material e a conseqüente falha completa do sistema.

Se por um lado a corrente de fuga pode causar trilhamento, por outro a concentração de campo elétrico pode provocar perfurações principalmente devido a distorções na região de interface entre a cobertura do cabo e os espaçadores/acessórios. A presença de água durante o estágio úmido do ciclo de chuva artificial é uma fonte de distorção de campo elétrico e acentuação do esforço ao longo do cabo, o que pode ser a causa de falhas como mostradas na Figura 3, onde é possível observar o condutor de alumínio.

A Figura 7 mostra a influência da aplicação da camada semicondutora sobre o condutor que, de acordo com [1], é obrigatória apenas para tensões acima de 36,2 kV.

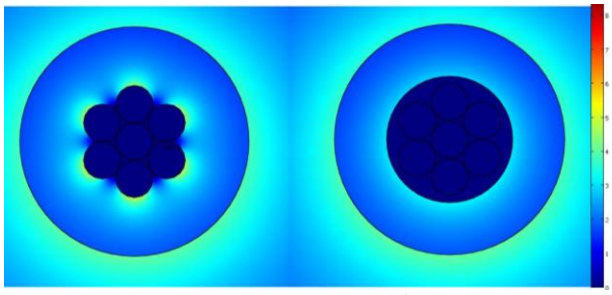

Figura 7 – Camada semicondutora e o campo elétrico

A ausência da camada semicondutora resulta em um acréscimo de aproximadamente 60% no valor do campo elétrico normal próximo ao condutor na face interna da cobertura. Isto sugere que o desenvolvimento de uma perfuração pode ter início do condutor para a face externa da cobertura do cabo.

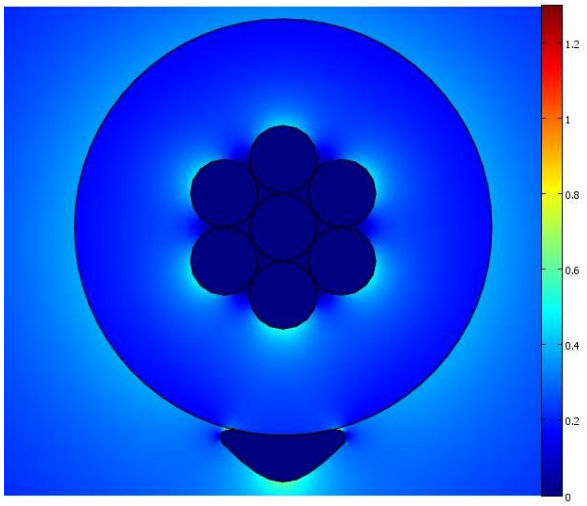

Figure 8– Campo elétrico entre a cobertura do cabo e a gota de água

A Figura 8 mostra a distorção do campo elétrico na superfície externa do cabo devido à presença de uma gota de água. Quando a superfície externa do cabo está seca, o gradiente de campo elétrico normal é de 0,4 kV/mm. A gota de água na face externa eleva este gradiente ao valor de 1,1 kV/mm. O gradiente é então multiplicado por quase 3 vezes o valor inicial em condições secas, no ponto de interface entre a gota da água e a superfície externa como mostrado na Figura 9 zoom na região de interface.

Esta maior concentração de campo sugere que o desenvolvimento de uma perfuração pode também ter início da superfície externa da cobertura para o condutor.

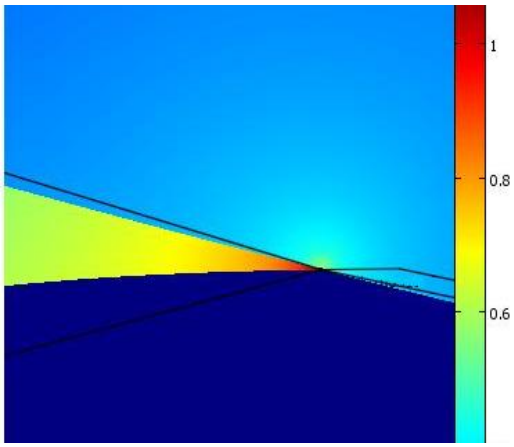

Figure 9 – Campo elétrico entre a cobertura do cabo e a gota de água – vista aproximada

A título de compreensão do problema da compatibilidade dielétrica foram realizadas algumas simulações de gradiente de campo elétrico utilizando o método dos elementos finitos.

Nas figuras 10, 11 e 12 podem ser verificadas as variações de gradientes de campo elétrico variando-se a constante dielétrica do espaçador de 2,3 para 3, utilizando a constante de 2,3 para a cobertura do cabo. A simulação foi executada considerando o sistema trifásico.

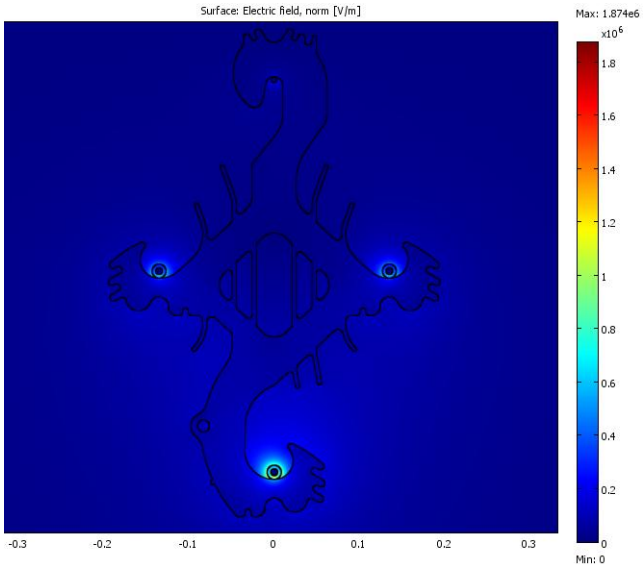

Figura 10 – Simulação de gradiente de campo elétrico normal em um sistema spacer cable classe 25 kV

Nas figuras 11 e 12 pode ser verificado um aumento do campo elétrico de 1,57 para 1,89 kV/mm devido a alteração da constante dielétrica do espaçador de 2,3 para 3, tal aumento resulta em um aumento percentual de 20% no gradiente de campo elétrico normal, caracterizando o problema de incompatibilidade dielétrica. Os valores de permeabilidade relativa variam devido ao tipo de polietileno utilizado Este fato ocorre porque a produção dos acessórios no Brasil geralmente utiliza o polietileno de alta densidade (HDPE) enquanto que na cobertura dos cabos utiliza-se o polietileno

reticulado (XLPE). Outro fator a ser considerado são os diferentes métodos de produção aplicados aos acessórios e cabos pelos diversos fabricantes encontrados no mercado.

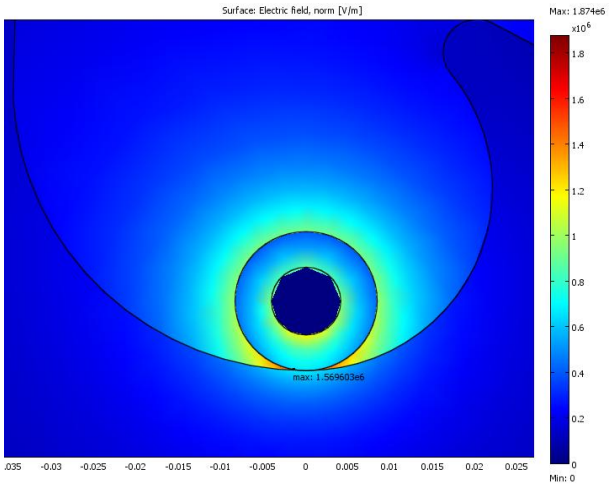

Figura 11 – Detalhe do berço inferior do espaçador considerando a situação de o espaçador e a cobertura do cabo possuírem constantes dielétricas iguais a 2,3.

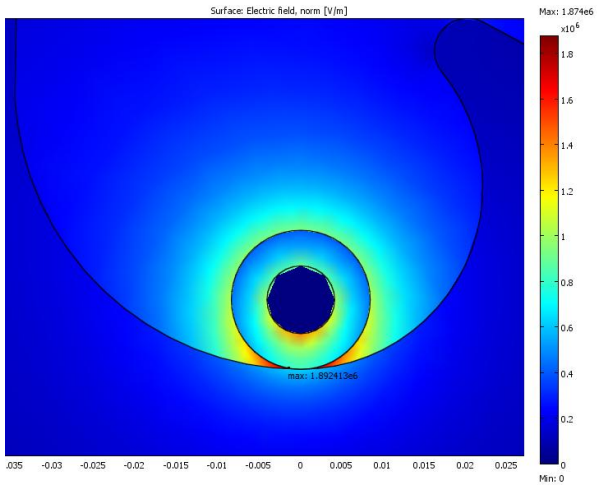

Figura 12 – Detalhe do berço inferior do espaçador considerando a situação de o espaçador possuir constante dielétrica 3 e a cobertura do cabo 2,3.

O problema de incompatibilidade dielétrica pode ser agravado com a utilização de isoladores de vidro ou porcelana devido à permeabilidade relativa da ordem de 6,5. No caso dos isoladores, a incompatibilidade é agravada pela presença de pinos metálicos aterrados. Pode-se verificar o impacto da utilização de isoladores de porcelana com pinos metálico e isoladores poliméricos com pinos metálicos nas figuras 13, 14 e 15.

Nas simulações de campo elétrico no berço de isoladores foram encontrados valores máximos em torno de 1,33 kV/mm em isoladores poliméricos com pinos poliméricos, tais valores são menores que nas situações expostas na figuras 14 e 15 devido ao material de composição do isolador possuir constante dielétrica próxima da encontrada na cobertura do cabo e também ao fato de o pino ser polimérico, afastando o ponto de terra do cabo coberto.

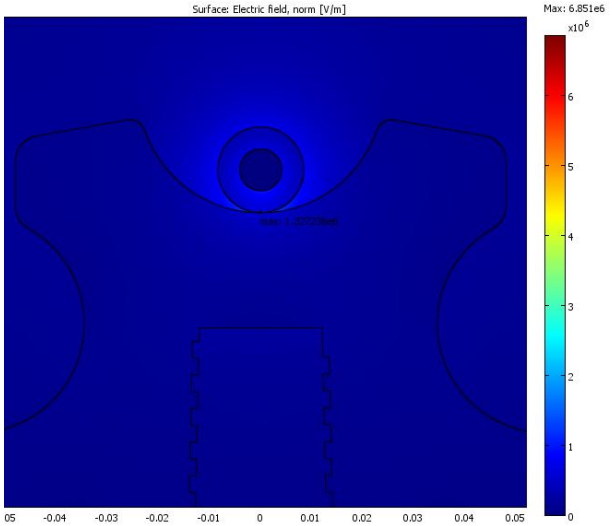

Figura 13 – Detalhe do berço de um isolador polimérico que utiliza pino polimérico.

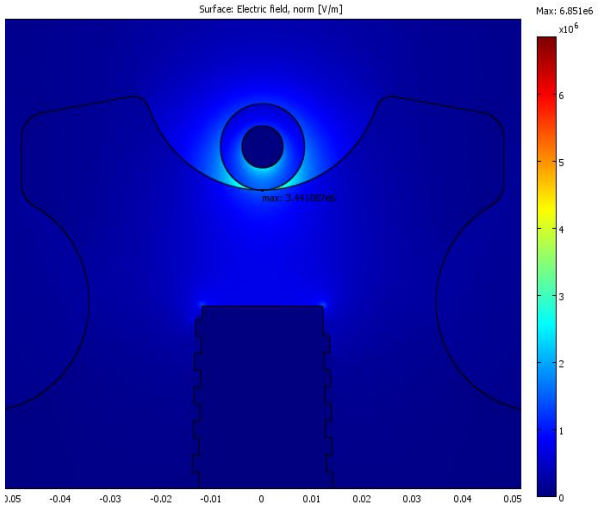

Figura 14 – Detalhe do berço de um isolador polimérico que utiliza pino metálico aterrado.

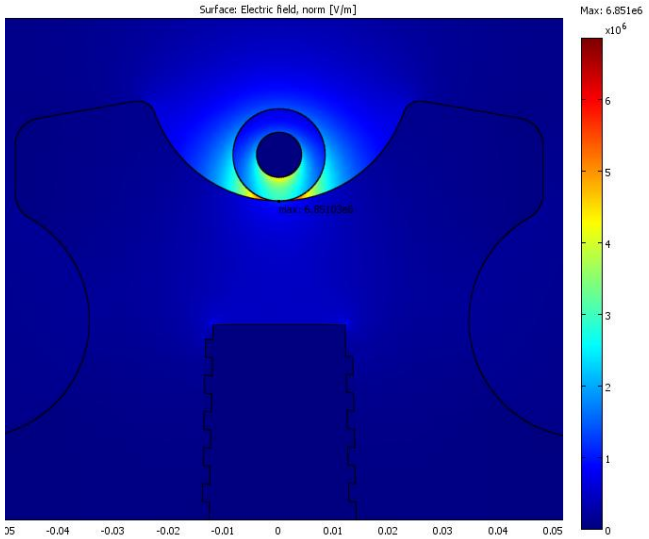

Figura 15 – Detalhe do berço de um isolador de porcelana que utiliza pino metálico aterrado.

A utilização do isolador de porcelana com pino metálico leva-nos a valores de gradiente de campo elétrico normal da

ordem de 6,9 kV/mm, resultando em um maior esforço elétrico na cobertura do cabo, podendo levá-lo a falhas prematuramente.

V. Ensaios Complementares

A. Ensaio de Radioscopia

Após os ensaios de compatibilidade, foram retiradas várias amostras de cabos que compuseram tais conjuntos, com comprimento de aproximadamente 30 cm para exames de radioscopia. Durante os ensaios de radioscopia puderam-se verificar problemas de excentricidade em algumas amostras, conforme pode ser visualizado nas Figuras 16 e 17.

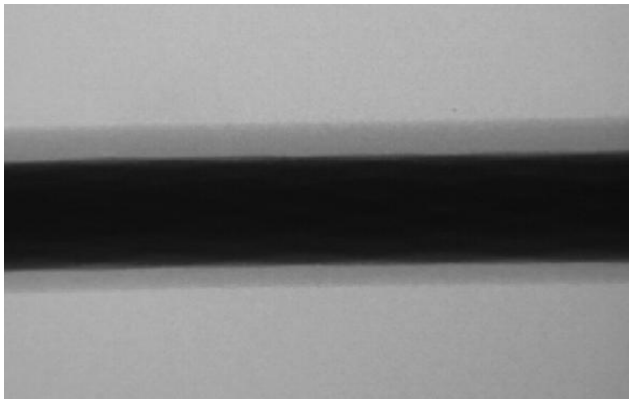

Figura 16 – Fotografia do exame de radioscopia com a presença de uma intensa excentricidade.

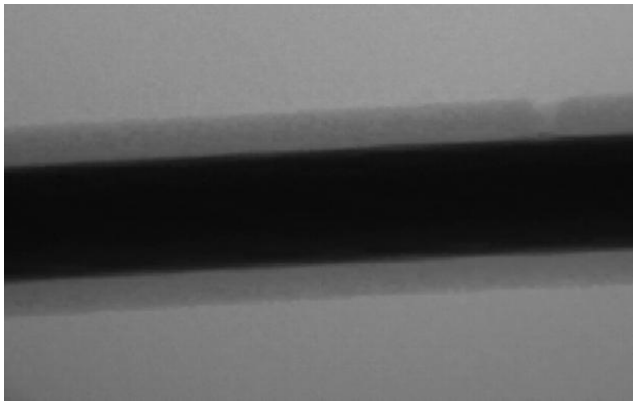

Figura 17 – Fotografia do exame de radioscopia com a presença de um defeito em formato cônico.

Um fato interessante é a presença de defeitos em forma de perfurações que, na maioria das vezes, possuem formato cônico que afunilam no sentido do condutor, conforme pode ser verificado na Figura 17. Em poucos casos tais defeitos se aproximaram de uma forma cilíndrica.

B. Corrente de Fuga

Um parâmetro que também pode ser decisivo no sucesso ou falha de um conjunto submetido ao ensaio de compatibilidade dielétrica é a corrente de fuga. Mesmo não existindo qualquer menção deste ensaio em norma, foram tomados valores utilizando amostras de cabos de três fabricantes, e suas combinações com três tipos de espaçadores classe 25 kV.

Este ensaio foi realizado com o cabo guarda aterrado, e energização das fases uma a uma com as demais flutuando. Este procedimento foi tomado para as condições a seco e sob chuva com a água apresentando valores de condutividade de 68, 250, 500 e 750 μS/cm.

Em outro procedimento o cabo foi envolvido por uma fita metálica na largura do berço do espaçador, conforme Figura 18 para verificar a corrente de fuga com as três fases curto-circuitadas.

Os resultados expostos nas tabelas de I a VII referem-se a leitura de corrente de fuga para cabos cobertos da classe de tensão 25 kV trabalhando com espaçadores considerados no presente e sob revisão como Classe 36,2 kV. Os valores observados sugerem que durante o processo de chuva, o espaçador se comporta como algo próximo de um curto, ficando o cabo responsável pela isolação do sistema.

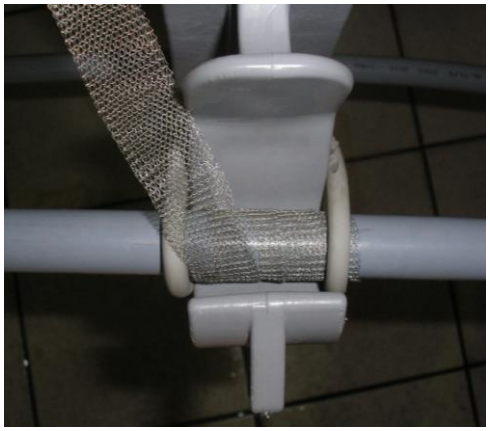

Figura 18 – Fotografia que ilustra como foi realizada a medição de corrente de fuga curto-circuitando o espaçador.

Tabela I. Valores de corrente de fuga encontrados para o espaçador A, sem chuva.

Cabos	**Espaçador A**		
	Corrente [μA]		
	Fase a	Fase b	Fase c
Cabo A – 25 kV/50 mm^2	33	21	28
Cabo A – 25 kV/95 mm^2	35	22	31
Cabo A – 25 kV/95 mm^2 Com semicondutora	35	28	35
Cabo B – 25 kV/50 mm^2	26	21	27
Cabo B – 25 kV/95 mm^2	31	27	32
Cabo C – 25 kV/50 mm^2	31	28	33
Cabo C – 25 kV/95 mm^2	34	29	38

Tabela II. Valores de corrente de fuga encontrados para o espaçador B, sem chuva.

Cabos	**Espaçador B**		
	Corrente [μA]		
	Fase a	Fase b	Fase c
Cabo A – 25 kV/50 mm^2	34	22	27
Cabo A – 25 kV/95 mm^2	30	27	33
Cabo A – 25 kV/95 mm^2 Com semicondutora	35	28	34
Cabo B – 25 kV/50 mm^2	32	29	26
Cabo B – 25 kV/95 mm^2	33	28	37
Cabo C – 25 kV/50 mm^2	33	26	26
Cabo C – 25 kV/95 mm^2	33	30	32

Tabela III. Valores de corrente de fuga encontrados para o espaçador C, sem chuva.

Cabos	Espaçador C		
	Corrente [μA]		
	Fase a	Fase b	Fase c
Cabo A – 25 kV/50 mm^2	34	30	37
Cabo A – 25 kV/95 mm^2	26	23	28
Cabo A – 25 kV/95 mm^2 Com semicondutora	35	28	35
Cabo B – 25 kV/50 mm^2	27	26	30
Cabo B – 25 kV/95 mm^2	31	30	37
Cabo C – 25 kV/50 mm^2	34	28	37
Cabo C – 25 kV/95 mm^2	32	28	31

Tabela IV. Valores de corrente de fuga encontrados para o espaçador A, com chuva (750 μS).

Cabos	Espaçador A		
	Corrente [μA]		
	Fase a	Fase b	Fase c
Cabo A – 25 kV/50 mm^2	85	143	153
Cabo A – 25 kV/95 mm^2	86	280	386
Cabo A – 25 kV/95 mm^2 Com semicondutora	118	176	220
Cabo B – 25 kV/50 mm^2	146	182	385
Cabo B – 25 kV/95 mm^2	96	190	250
Cabo C – 25 kV/50 mm^2	100	200	200
Cabo C – 25 kV/95 mm^2	130	219	550

Tabela V. Valores de corrente de fuga encontrados para o espaçador B, com chuva (750 μS).

Cabos	Espaçador B		
	Corrente [μA]		
	Fase a	Fase b	Fase c
Cabo A – 25 kV/50 mm^2	164	190	185
Cabo A – 25 kV/95 mm^2	98	282	222
Cabo A – 25 kV/95 mm^2 Com semicondutora	121	270	230
Cabo B – 25 kV/50 mm^2	153	245	186
Cabo B – 25 kV/95 mm^2	147	329	255
Cabo C – 25 kV/50 mm^2	183	142	180
Cabo C – 25 kV/95 mm^2	283	424	270

Tabela VI. Valores de corrente de fuga encontrados para o espaçador C, com chuva (750 μS).

Cabos	Espaçador C		
	Corrente [μA]		
	Fase a	Fase b	Fase c
Cabo A – 25 kV/50 mm^2	182	228	292
Cabo A – 25 kV/95 mm^2	148	224	176
Cabo A – 25 kV/95 mm^2 Com semicondutora	194	215	189
Cabo B – 25 kV/50 mm^2	90	200	207
Cabo B – 25 kV/95 mm^2	175	310	236
Cabo C – 25 kV/50 mm^2	233	338	354
Cabo C – 25 kV/95 mm^2	109	288	389

Com a execução de tais ensaios foi possível verificar que durante a chuva a forma como a água flui sobre o espaçador pode ser mais importante do que a própria distância de escoamento.

Tabela VII. Valores de corrente de fuga encontrados para os cabos com o espaçador curto-circuitado.

Cabos	Corrente [μA]		
	Fase a	Fase b	Fase c
Cabo A – 25 kV/50 mm^2	352	298	332
Cabo A – 25 kV/95 mm^2	385	351	381
Cabo A – 25 kV/95 mm^2 Com semicondutora	409	375	383
Cabo B – 25 kV/50 mm^2	370	302	361
Cabo B – 25 kV/95 mm^2	394	404	385
Cabo C – 25 kV/50 mm^2	327	300	324
Cabo C – 25 kV/95 mm^2	360	335	334

VI. Resultados de Ensaios

Até o momento, considerando um sistema composto por cabos classe 25 kV (espaçadores classe 36,2 kV), foram ensaiados vinte conjuntos segundo os parâmetros recomendados pela ABRADEE, e com a aplicação de tensão monofásica. Apenas um conjunto suportou os 30 dias de ensaio, e ainda assim, apresentou sinais de erosão no cabo.

Os danos observados nestes ensaios são tipicamente similares aos mostrados nas Figuras 1 a 3 e na Figura 5. O acompanhamento do processo de falha permitiu observar que os primeiros sinais de falha do conjunto aparecem na superfície do cabo. Há inclusive casos em que o ensaio foi interrompido devido a sérios danos no cabo, sem que os espaçadores fossem danificados. Consequentemente, não há falhas no espaçador sem uma falha simultânea do cabo.

Teoricamente, durante o período seco, toda a suportabilidade da isolação é atribuída ao espaçador (ou acessórios). E no período úmido, é possível assumir que o espaçador é curto circuitado pelo filme de água com alta condutividade sobre sua superfície. Portanto, toda a isolação nesta fase do ciclo seria atribuída à cobertura do cabo. Deste ponto de vista, seria conveniente que ambos os componentes reduzissem ao máximo a corrente de fuga para o ponto de terra.

No Brasil, para as redes de distribuição, até que seja publicada a Norma ABNT correspondente, não há espaçadores especificamente projetados para a classe de tensão 25 kV. Neste caso, usualmente, são aplicados equipamentos da classe 36,2 kV. Entretanto, considerando que a distância de arco padrão para sistemas de 36,2 kV os espaçadores projetados no Brasil não se enquadram aos requisitos de nível básico de isolamento. Deste modo, estes projetos começam a ser revistos. Considerando estes fatos, a utilização atual de espaçadores em redes de 25 kV não caracteriza sobre dimensionamento.

As falhas neste sistema devido a problemas de compatibilidade dielétrica podem ser atribuídas a vários fatores. Em laboratório, no entanto, há uma tendência entre fabricantes em afirmar que o problema não é com seus respectivos produtos, sejam eles espaçadores, isoladores ou cabos. Na prática não importa se o componente mais frágil é o cabo ou espaçador/acessórios, ou se ambos são os melhores já fabricados em seus respectivos segmentos. O resultado é: “Até o momento não há compatibilidade dielétrica entre estes dois componentes em específico”.

Entretanto, em caso de perfuração em uma posição no ca-

bo distante de um espaçador, considerando que a solicitação principal é a atribuída ao gradiente de campo, é possível se questionar se há compatibilidade dielétrica entre a cobertura do cabo e a gota de água?

VII. Comentários

O ensaio de compatibilidade dielétrica foi levantado com base em experiências reais em campo, obtidas por várias concessionárias de energia no Brasil durante vários anos de trabalho com sistemas de cabos cobertos. A principal razão por trás deste ensaio é verificar a ação da presença de corona, fato considerado como um dos mais importantes fatores do colapso dielétrico.

Para alcançar um desempenho apropriado, os componentes ou conjuntos devem trabalhar juntos e isto deve ser reconhecido por todos os agentes envolvidos no processo. A presente situação é que apenas uma das partes reconhece a necessidade dos ensaios de compatibilidade dielétrica. Este fato resulta em um problema real para o departamento de compra das concessionárias. O procedimento atual resulta em diferentes formas de trabalho com ambos os setores da indústria. Os fabricantes de cabo devem atender às normas de cabo e os fabricantes de espaçadores/acessórios devem atender aos requisitos de suas normas particulares e especificamente à operação contínua dos componentes, referenciado apenas nestes documentos em particular.

Isto sugere que a responsabilidade pelo desempenho adequando de um sistema compacto de distribuição como um todo cabe apenas ao fabricante dos espaçadores/acessórios. A questão é: Isto é adequado? De fato isto não é observado na relação entre os fabricantes de cabos isolados e seus acessórios como terminações (muflas) e emendas.

Se cada fabricante de cada componente é aprovado e cadastrado para fornecimento a uma concessionária, a decisão de compra é baseada principalmente no preço. Isto ocorre, é claro, apenas se não for considerado o desempenho conjunto destes fornecedores de cabos e espaçadores como recomendado pelo ensaio de compatibilidade dielétrica.

A interpretação atual é que se o sistema falhar é porque o espaçador não atende aos requisitos mínimos de desempenho. Afinal de contas o ensaio de compatibilidade dielétrica é mencionado apenas nas normas de espaçadores/acessórios e não há qualquer menção nas normas de cabos cobertos. É claro também que toda interpretação pode estar mais de acordo com os interesses de cada fabricante.

Este artigo mostra que existem vários possíveis pontos responsáveis pela falha do sistema. Um deles é o elevado gradiente de campo elétrico no ponto de contato entre a cobertura do cabo e o berço do espaçador. Isto pode ser atribuído à compatibilidade dielétrica entre os materiais ou problemas dimensionais associados à necessidade de reduzir os custos de manufatura, aumentando a competitividade de mercado.

A presença da camada semicondutora nos cabos de 25 kV pode ou não prover um melhor desempenho ao sistema. No entanto, considerando os preços isto pode resultar em vários problemas de compra face aos procedimentos atuais.

Sobre os valores toleráveis de condutividade da água, até o momento não há razão para alterar o valor proposto, ou até mesmo a taxa de precipitação, desde que sejam considerados os efeitos da gravidade e do vento sobre a água durante as chuvas. A respeito da tensão aplicada, parece fazer mais sentido a utilização de tensão trifásica nos ensaios.

Finalmente, o ensaio de compatibilidade dielétrica deve ser um procedimento reconhecido por todas as partes envolvidas.

VIII. Referências Bibliográficas

[1] ABNT NBR 11873:2003 – Cabos cobertos com material polimérico para redes aéreas compactas de distribuição em tensões de 13,8 kV a 34,5 kV, Abril de 2003.

[2] ABRADEE – CODI-3.2.18.24.1 – Especificação de Espaçador, separador e amarrações para rede compacta de 13,8 kV e 34,5 kV.

[3] W. Brian, *Wood Pole Overhead Lines*, IEE Power & Energy Series, 2005, p. 154.