



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

CB/GTM/31

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - 13

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

EXPERIÊNCIA COM ENSAIOS EM COMPONENTES PARA LT 800 KV EM CORRENTE CONTÍNUA

José Antonio d'Afonseca Santiago Cardoso (*)
Cepel

Orsino Borges Filho
Consultor

RESUMO

Para atender a solicitação de ensaios dielétricos em componentes de sistemas classe 800 kVcc, o Cepel realizou ensaios corona, Tensão de Rádio-Interferência, suportabilidade sob chuva e distribuição de potencial em cadeia de isoladores.

Com este trabalho, ensaios relevantes para os sistemas ATcc do Brasil foram realizados com sucesso no país, possibilitando obter valiosas informações técnicas sobre a preparação e execução dos ensaios, principalmente as particularidades e desafios com os arranjos de grandes dimensões e com os procedimentos de ensaio. Estas informações serão úteis também para projetos e especificações de novas infraestruturas laboratoriais para ensaios em Ultra-Alta Tensão.

PALAVRAS-CHAVE

Ensaio em Ultra-Alta Tensão, Ensaio em corrente contínua, Sistemas 800kV

1.0 - INTRODUÇÃO

O primeiro sistema de transmissão ATcc no Brasil, ± 600 kV de Itaipu, foi construído há cerca de 30 anos e hoje em dia novos projetos estão prestes a entrar em operação. Os projetos recentes de hidrelétricas na bacia amazônica e o panorama hidrológico crítico que se tem observado nos últimos anos, indicam a necessidade da expansão da capacidade de transmissão, trazendo uma expectativa do aumento no número de linhas longas em Ultra-Alta Tensão (UAT), de modo a possibilitar a gestão dos estoques de energia no Sistema Interligado Nacional (SIN) entre as regiões Norte/Nordeste e o Sudeste/Centro-Oeste/Sul. Para contribuir com o desenvolvimento tecnológico ou transferência de tecnologia aplicada ao setor elétrico do país, associada a esta expansão, é desejável que ocorra uma atualização na infraestrutura laboratorial para atender aos ensaios para fins de homologação de equipamentos e projetos de P&D. Por esta razão, um novo laboratório destinado a experimentos em UAT, ao tempo, está em fase final de comissionamento no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel, em Adrianópolis, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro (1).

Este trabalho apresenta informações técnicas e resultados de ensaios de corona, Tensão de Rádio-Interferência (TRI) e distribuição de potencial em cadeia de isoladores e em componentes de sistemas classe 800 kVcc. Enquanto o novo laboratório não está finalizado, o laboratório de AT já existente no Cepel foi utilizado para ensaios em UAT. Estes ensaios foram relevantes e pioneiros já que são para os sistemas 800 kVcc do Brasil e foram realizados com sucesso no país, possibilitando obter valiosas informações técnicas relacionadas com a preparação e execução em si dos ensaios em níveis de UATcc, principalmente as particularidades e desafios com os arranjos de grandes dimensões e com os procedimentos de ensaio. Estas informações serão úteis também para projetos e especificações de novas infraestruturas laboratoriais para ensaios em componentes de sistemas em UAT.

(*) Av. Olinda, 5800 - 26053-121 Vila de Cava, Nova Iguaçu, RJ, – Brasil
Tel: (+55 21) 2666-6312 – Fax: (+55 21) 2666-6323 – Email: josecardoso@cepel.br

2.0 - PREPARAÇÃO PARA OS ENSAIOS

A realização de ensaios de corona e TRI em equipamentos submetidos à corrente alternada (CA) já é uma realidade, inclusive com a utilização da câmera UV, graças a muita pesquisa experimental para o desenvolvimento de técnicas de ensaio e posterior divulgação aos fabricantes e setor elétrico.

No entanto, com o surgimento no país de novos empreendimentos em corrente contínua (CC) nos últimos anos e tendo em vista que o mecanismo de formação da descarga em CC difere do caso em CA, foi necessária a realização de novas pesquisas experimentais para desenvolver ou adaptar metodologias e conscientizar o setor. Esse trabalho foi realizado em maior grau para atender ao primeiro dos novos empreendimentos em CC, o sistema de ± 600 kVcc, e mais atualmente para os empreendimentos de ± 800 kVcc (2), para o qual foram requeridas pequenas adaptações para atender aos novos requisitos do cliente.

Além das particularidades dos procedimentos técnicos dos ensaios de alta-tensão em corrente contínua em si, os ensaios em UATcc apresentam desafios relacionados com as dimensões e pesos dos equipamentos sob ensaio e a disposição tecnicamente adequada dos respectivos arranjos de ensaios no interior do laboratório, de tal forma a respeitar as distâncias requeridas entre partes energizadas ou não.

Quanto à viabilidade de realizar os ensaios, considerando a parte elétrica, o laboratório abrigado dispõe de uma fonte de tensão de ± 1000 kVcc, suficiente para ensaiar os equipamentos com tensão até 20% acima da tensão nominal, considerando que a tensão máxima operativa do bipolo do sistema 800 kVcc é 830 kVcc (3). Outra condição importante para permitir a realização dos ensaios são as distâncias de isolamento, necessárias para fins de segurança e para não ter influência no desempenho do equipamento sob ensaio. As dimensões da área de ensaios do laboratório de AT do Cepel, são: comprimento = 44 m, largura = 30 m e altura = 27 m e se mostraram adequadas para uma montagem monopolar com um mock up da torre e um feixe de condutores de 18 metros (ver Figura 1).

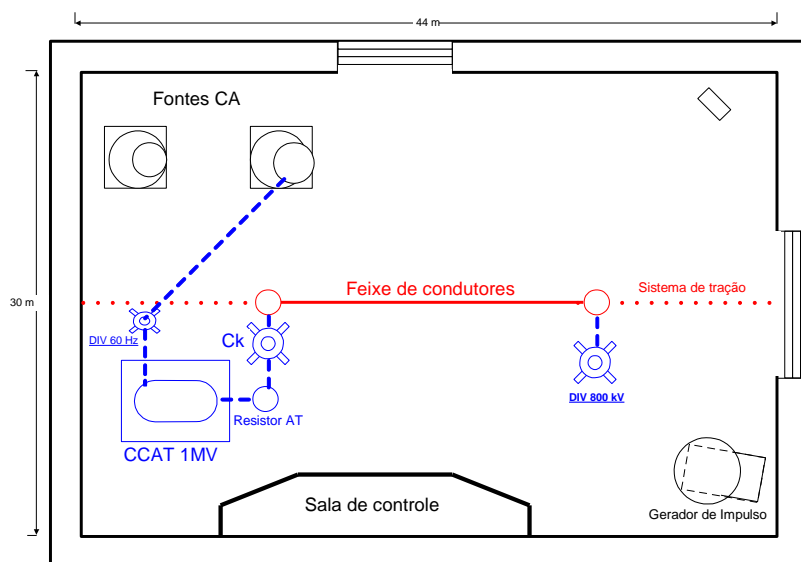


Figura 1 – Vista superior da sala de ensaio

Observou-se que as distâncias verticais foram mais restritivas, devido a uma condição particular da área de ensaio do laboratório de AT (ver Figura 2). A altura total da área de ensaio é de 27 m, mas apenas 24 m são livres entre a ponte e o solo e como o conjunto de isolador teve que ser sustentado pela ponte rolante, o afastamento entre o chão e o arranjo da cadeia de isolador foi reduzido. De acordo com a norma técnica para cadeias de isolador (4), o efeito de proximidade torna-se insignificante quando as distâncias para o chão são superiores a 1,5 vezes a distância mais curta de descarga, que neste caso é de 8,2 m. Portanto, a distância mínima exigida para o chão é 12,3 m. Como pode ser visto na Figura 2, a melhor distância possível entre a parte inferior da cadeia e o solo foi ligeiramente maior do que o mínimo.

Referente à montagem mecânica, houve a necessidade do envolvimento da oficina mecânica para construção e reforço das estruturas que sustentou e fez parte do arranjo. Procurou-se reproduzir no laboratório condições representativas do sistema em termos de distâncias de isolamento, compatibilizando as exigências de norma e os desenhos técnicos apresentados. O arranjo de ensaio foi composto por uma cadeia de isoladores de pouco mais de 8 m de comprimento, mais as ferragens, e pelo mock up representando a torre, formado por uma mísula de 10 m e painéis metálicos até o solo. Os condutores foram simulados por tubos metálicos de 18 m de comprimento com duas esferas de 2 m de diâmetro nas extremidades. O conjunto mais pesado ensaiado tinha mais de 3 toneladas, incluindo os isoladores e ferragens, além do feixe de condutores.

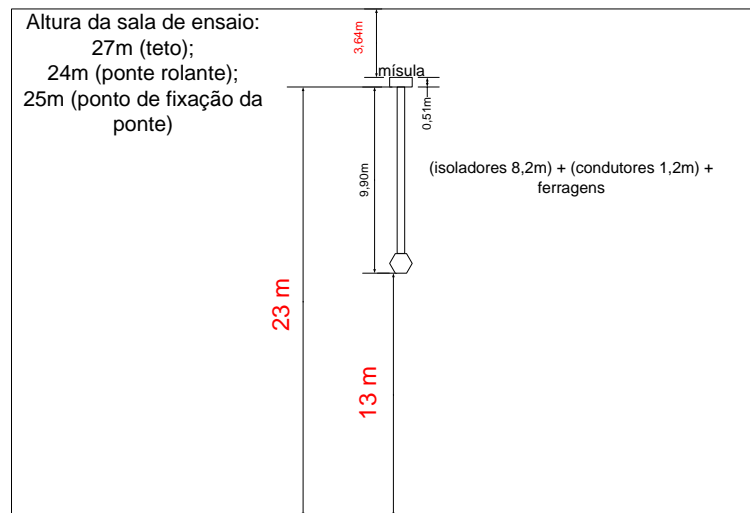


Figura 2 – Distâncias verticais do arranjo

3.0 - PROCEDIMENTOS DE ENSAIO E CONSIDERAÇÕES

3.1 TRI E CORONA

Os ensaios de TRI e Corona foram realizados no mesmo arranjo (ver Figura 3). O ensaio de TRI foi feito em degraus de tensão com duração de um minuto, visando evitar a ocorrência de ionização no entorno do equipamento, já que muitos degraus de tensão foram necessários durante o ensaio, levando a uma maior duração total sob tensão aplicada. No caso da medição do nível de TRI, em cada degrau de tensão aplicada, todos os pulsos detectados durante o intervalo de um minuto foram registrados e o máximo valor obtido foi considerado como resultado válido. Nenhum registro foi feito durante a transição de tensão de um degrau para o outro.

O fenômeno corona foi observado com o uso de câmera UV, que possibilitou a realização do ensaio durante o dia, e as imagens relacionadas com o início e extinção de corona foram registradas. A tensão de início de corona foi definida como a tensão na qual a imagem UV associada com a descarga caracterizava o modo de início de corona.

É interessante destacar que de acordo com as normas aplicáveis (5), as medições das características de radio-interferência de um isolador são associadas à sua tensão de serviço, sem considerar sobretensões transitórias, apesar de ensaios de TRI serem comumente realizados no mesmo arranjo usado para outros ensaios dielétricos, nos quais os níveis de tensão aplicados podem ser maiores do que a tensão de serviço do equipamento.

O circuito de ensaio foi composto por uma fonte UATcc, capacitor de acoplamento, divisor de tensão CC e o equipamento sob ensaio. Um filtro foi utilizado no lado de alta, dentro do eletrodo esfera no topo do capacitor de acoplamento. O medidor de TRI foi um detector de quase-pico de acordo com a norma NEMA e a medição foi feita em 1,0 MHz, com impedância de medição de 150 Ω .

Para evitar resultados instáveis durante o procedimento de calibração no ensaio de TRI, que podem ocorrer em caso de arranjo de grandes dimensões, o ponto de injeção do sinal que simula TRI foi o mais perto do capacitor de acoplamento possível e não perto do item sob ensaio.

Durante o ensaio de corona, é necessário que a câmera UV focalize todo o equipamento sob ensaio de uma só vez. Se isso não for possível, o técnico deve mover a câmera adequadamente a fim de observar toda a área de interesse durante o ensaio, de tal maneira que as descargas observadas possam ser associadas a atividades de corona no item sob ensaio, sendo possível descartar descargas em outros pontos do arranjo de ensaio.



Figura 3 – Arranjo de ensaio de corona

No caso do ensaio de TRI, o procedimento foi adaptado a partir do já utilizado para ATca, visando considerar todas as peculiaridades do efeito corona em ATcc, tais como baixa repetibilidade, maior influência de condições ambientais, importância da duração da tensão aplicada e necessidade de manter a área de ensaio limpa de poeira, insetos voadores e partículas de fumaça. Neste ensaio, todos os pulsos oriundos de atividades no arranjo, incluindo nos condutores de AT, dispositivos de medição e conexões à terra, foram registrados. A câmera UV foi utilizada como uma ferramenta complementar no procedimento de ensaio de TRI, com o objetivo de localizar possíveis pontos de descargas incipientes. Ainda que este procedimento com câmera UV não possa ser utilizado para modificar os resultados, ele possibilita obter informações relevantes disponibilizadas ao cliente para subsidiar discussões técnicas posteriores e possíveis melhorias no projeto e construção do equipamento sob ensaio. Como se pode ver na Figura 4, os resultados dos ensaios de TRI e Corona apresentaram boa correlação: tensão de início de corona na região de disparo do nível de TRI.

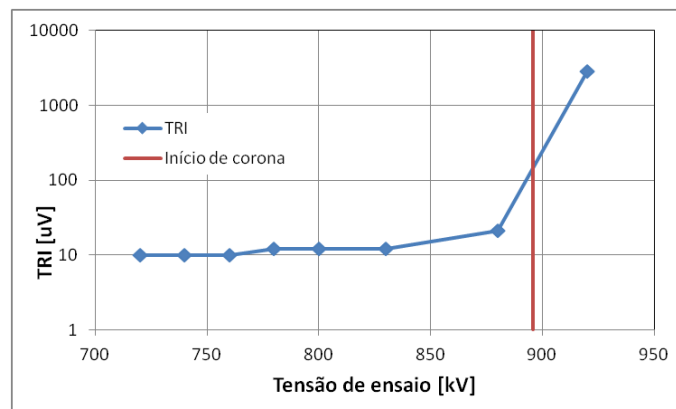


Figura 4 – Curva característica obtida no ensaio de TRI a Tensão de início de corona

3.2 Tensão suportável sob chuva

Além dos ensaios sob tensão em CC à seco, também foram realizados ensaios sob chuva artificial. A viabilidade de se realizar ensaios sob chuva em UATcc foi previamente analisada, considerando as dificuldades previstas para se obter condições normatizadas de uniformidade da chuva em laboratório para equipamentos de grandes dimensões. O ensaio foi então executado e obteve-se as condições de chuva uniforme ao longo da cadeia de isoladores classe 800 kVcc, utilizando-se a infraestrutura existente no laboratório de AT do Cepel. Alguns detalhes do arranjo com a estrutura de chuva e o perfil final da chuva ao longo da cadeia de isoladores são mostrados na Figura 5.

A distância entre a estrutura de chuva artificial e a cadeia de isoladores sob ensaio foi aproximadamente igual à distância de arco da cadeia: 8 m. Esta distância não precisa atender aos critérios de distância mínima, já que nestes ensaios a taxa de precipitação de chuva é o principal parâmetro para determinar o desempenho dielétrico da cadeia de de isoladores.



Figura 5 – Arranjo para ensaio sob chuva artificial e chuva uniforme ao longo da cadeia de isoladores

3.3 Medição da distribuição de potencial

Os equipamentos elétricos quando energizados em alta tensão estão submetidos a um campo elétrico cuja intensidade e distribuição depende do tipo de tensão aplicada, da geometria e do material utilizado. Além de sofrer interferência, caso este equipamento esteja na proximidade ou em conjunto com outros equipamentos, por exemplo, isoladores e ferragens, a distribuição de campo é modificada, podendo ser aumentada ou atenuada, influenciando significativamente na distribuição de potencial da cadeia de isoladores.

Para equipamentos energizados com tensão CA, esta distribuição é bem conhecida e entendida, sendo influenciada pelo conjunto da resistência superficial e capacitâncias associadas ao circuito. A curva de distribuição de potencial em cadeias para sistema CA não é linear, tendo uma característica de forte carregamento elétrico nos isoladores lado fase, diminuindo significativamente no meio da cadeia e aumentando no lado terra, pelo efeito do plano de terra sobre o campo elétrico.

Quando o valor do campo elétrico local ultrapassa o valor crítico do meio no qual o equipamento opera, denominado de rigidez dielétrica, inicia-se um processo de formação de descargas elétricas na superfície e/ou interfaces dos materiais componentes do equipamento, como a descarga corona, que podem gerar perdas, criação de ozônio (agente oxidante) e corrosão elétrica nos isoladores.

Sabe-se que o principal interesse do fabricante de isoladores e do responsável pela operação e manutenção da linha de transmissão é poder prevenir uma elevada solitação elétrica sobre os isoladores. Por meio do ensaio de TRI em unidades de isoladores, o qual pode ser exigido em especificação e realizado facilmente na fábrica ou em laboratório independente, o valor unitário de TRI pode ser obtido. Mas para o conjunto completo, isso só é possível se a distribuição de potencial sobre a cadeia de isoladores for caracterizada, de tal forma a se conhecer a solitação de tensão em cada isolador ou, pelo menos, em regiões ao longo da cadeia de isoladores.

Espera-se que a distribuição de potencial sobre uma cadeia de isoladores operando em CC seja mais linear quando comparada a do sistema AC. Isto se deve à não atuação das capacitâncias próprias e parasitas que ocorre no sistema AC, sendo assim considerada somente a resistência dos isoladores e possivelmente o efeito das ferragens sobre a coluna isolante.

O ensaio de medição da distribuição de potencial em CC também requereu uma pesquisa prévia, realizada em uma cadeia reduzida, a fim de viabilizar sua realização em grande escala (6). Existe pouca literatura sobre esse tipo de ensaio em ATcc, já que ele não é comumente realizado devido às dificuldades inerentes ao processo de medição e do tipo de tensão aplicada à cadeia. É destacável que o processo de medição, a técnica do ensaio e a interpretação física do fenômeno em causa diferem do caso do ensaio análogo realizado sob ATca, porém a técnica de medir a tensão sobre cada isolador utilizada foi a mesma, ou seja, foram utilizadas duas esferas de metal conectadas às campânulas dos isoladores.

Devido às diferenças físicas da distribuição de potencial do equipamento submetido a CA e a CC, como pode ser visto na Figura 6, alguns cuidados foram tomados durante a realização do ensaio. Como por exemplo, o material utilizado para fabricar o suporte de fixação das esferas primeiramente em PVC e depois em fibra de vidro, precisou ser trocado por um de metal apenas. O que foi observado é que como o PVC armazenava a carga da aplicação anterior e tem um tempo de decaimento muito superior ao da fibra de vidro, as aplicações sucessivas sofriam interferência dessa carga. Outro exemplo de influência é o tempo, que afetou os resultados em duas situações: no tempo de subida da tensão, que impõe à cadeia de isoladores uma distribuição de tensão capacitiva por haver uma

variação da tensão e no tempo de duração da aplicação da tensão, já que em regime permanente, por haver um campo elétrico uniforme, que pode levar a disrupção da esferinha em momentos aleatórios devido à ionização do ar no entorno da cadeia.

Os resultados encontrados na pesquisa prévia realizada em uma cadeia de 4 isoladores submetida a tensão em CC pode ser vista na Tabela 1, onde também são apresentados os resultados da medição da distribuição da mesma cadeia, porém submetida à tensão de CA.

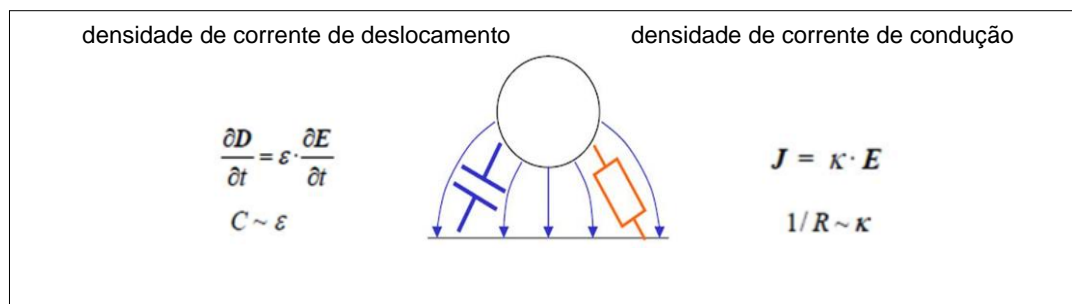


Figura 6 – Diferenças físicas que influenciam as distribuições de potencial na cadeia submetida a CA e CC

Tabela 1 – Resultados da medição de distribuição de potencial em CC e CA

Isolador Número	Distribuição de Potencial (%)	
	CC	CA
1 (fase)	19	29
2	22	22
3	24	23
4 (terra)	19	23
SOMA	84	97

4.0 - NOVA INFRAESTRUTURA LABORATORIAL

O Cepel tem uma nova infraestrutura laboratorial em fase de comissionamento com capacidade de realizar pesquisas experimentais, desenvolvimentos e ensaios em configurações de linhas de transmissão e equipamentos associados, na classe de UAT, com tensões de até 1200 kVca e ± 1000 kVcc.

O laboratório é composto por uma área externa de 40800 m², sendo 220 m de comprimento com 3 pórticos de largura útil igual a 70 m e altura de 70 m. Nessa área é possível realizar montagens de linhas de transmissão para sistemas em CA e CC com dois vãos em suas configurações reais (trifásica ou bipolar), como também pequenos trechos de linhas, estruturas e arranjos para ensaios voltados à pesquisa experimental (ver Figura 7).

Existe grande flexibilidade para montagens neste laboratório por meio do reposicionamento das fontes e de outros componentes do circuito como também pela disponibilidade de diversas bases de montagem. Essa característica de mobilidade e versatilidade possibilita maior taxa de ocupação das instalações físicas do laboratório e flexibilidade com relação aos arranjos para ensaios, sem as restrições de dimensão que a área de ensaios abrigada de AT apresenta.

Contudo, por se tratar de um laboratório desabrigado, as atividades estão sujeitas às condições atmosféricas e do ambiente, principalmente em ensaios de corrente contínua, como descrito anteriormente. Então, como as condições de temperatura, umidade e pressão não podem ser controladas, é sempre necessário verificar a validade dos ensaios quanto aos requisitos das normas, que estabelecem condições restritas para esses parâmetros. Para se obter informações confiáveis sobre as condições atmosféricas no novo laboratório, será instalado um sistema de estação meteorológica. Os dispositivos de medição serão similares aos utilizados no laboratório abrigado, porém os procedimentos e técnicas de ensaio também precisarão ser adaptados para as condições específicas de laboratório ao tempo, sem blindagem eletromagnética, e com arranjos de grandes dimensões.

Mesmo que alguns ensaios não possam ser realizados na área externa segundo as normas vigentes, por não atender as restrições das condições atmosféricas ou por causa das interferências a que uma área sem blindagem

eletromagnética está sujeita, os equipamentos ou arranjos podem ser ensaiados para fins de pesquisa experimental e ou para alguns ensaios extremos, que não seriam possíveis no laboratório abrigado, por limitações impostas pelas paredes e fontes, com o objetivo de se avaliar o projeto. Por exemplo, para ensaiar equipamentos da classe de 800 kVcc, podem ser necessários níveis de tensão de até 1250 kVcc, então algum ensaio que precise de valores superiores a 1000 kVcc poderia ser realizado na área externa, desde que seja acordado e entendidas as restrições inerentes à área.



Figura 7 – Visão geral do laboratório e montagem de uma torre em tamanho real de um bipolo de 800 kVcc

5.0 - CONCLUSÃO

Os ensaios citados anteriormente foram realizados com sucesso em equipamentos classe 800 kVcc no laboratório de AT, que não foi originalmente projetado para ensaios em níveis de UAT. Com relação às distâncias de isolamento, a experiência com a montagem e o processo de análise de viabilidade para ensaios em cadeias de isoladores 800 kVcc mostraram que a altura do laboratório é mais restritiva do que a largura ou comprimento, contudo todos os requisitos mínimos de distância foram atendidos neste caso.

Do ponto de vista elétrico, a máxima tensão de fonte pode ser uma limitação para o ensaio, já que o nível de tensão dos ensaios em CC não são padronizados e o cliente pode especificá-lo de acordo com seu projeto. Os procedimentos de ensaio para CC devem ser específicos para este tipo de tensão, já que nem sempre é padronizado. Então o valor e o procedimento devem ser informados e analisados antes dos ensaios.

Além das grandes dimensões envolvidas no arranjo e as medidas limitadas da área de ensaios AT do laboratório, as condições ambientais no interior do laboratório, bem como a presença de insetos e partículas no ar, são outros aspectos de influência nos resultados para ensaios em UAT. As condições são normalmente controladas internamente no laboratório por sistemas de ar condicionado. No entanto, devido à posição das saídas de ar distribuídas nas paredes do laboratório, tais sistemas foram mantidos desligados para que não fossem mais uma causa de dispersão nos resultados, o que exigiu maior atenção para manter a umidade e temperatura nas respectivas faixas aceitáveis.

Para os ensaios de TRI e Corona observou-se que quanto mais compacto for o arranjo de ensaio menos interferências ocorrem nas medições e problemas na calibração são evitados. Particularmente para ensaios em cadeia de isoladores em CC, as distâncias verticais podem variar muito, já que para sistemas ATcc o grau de contaminação é o fator determinante das distâncias de fuga.

A câmara de UV mostrou ser uma ferramenta muito útil para detectar e registrar imagens relacionadas ao efeito corona, independente da luminosidade e tipo da tensão do sistema (CA ou CC). O operador da câmera, porém, deve conhecer a teoria sobre formação de descargas em tensão CA e CC para saber como interpretar as imagens que são diferentes em cada caso. A câmara de UV foi também uma valiosa ferramenta complementar para a execução dos ensaios de RIV, permitindo que os pontos de descarga incipiente fossem detectados e possibilitando fazer melhorias efetivas no arranjo sob ensaio, no caso de valores inaceitáveis de TRI.

Foi confirmado pelos ensaios realizados em CA e CC em cadeia reduzida que as distribuições de potencial têm

comportamentos distintos em cada caso. Observou-se maior solicitação elétrica no primeiro isolador lado fase em CA, apresentando uma distribuição de tensão menos uniforme do que em CC. Este comportamento é conhecido pelos diversos ensaios já realizados para os sistemas de potência em CA e, na prática, causa corrosão em isoladores de cadeias não protegidas ou em isoladores com projeto inadequado para níveis de tensão distintos em uma mesma cadeia. Estes efeitos influenciam diferentemente a vida útil dos isoladores em CA e CC.

Em CC, a distribuição de potencial mais linear na cadeia de isoladores é um aspecto importante porque pode ter impactos benéficos no desempenho dos isoladores quanto à corrosão de suas partes metálicas, bem como pode simplificar o uso de anéis uniformizadores de campo elétrico. Esta linearidade possibilita também uma redução do número de níveis de tensão necessários para o ensaio de RIV.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MELLO, D. R. ; DART, F. C. ; FERREIRA, W. F. ; ARRUDA, C. K. C. . Implantação de um Laboratório para Avaliação e Desenvolvimento de Linhas de Transmissão em Ultra Alta Tensão. In: Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Brasília de 2013.
- (2) JUNIOR, D.D.S.C., CARDOSO, J.A.D.S., FILHO, J.C.S., DART, F.C., DOMINGUES, L.A.M.C. Novos Requisitos para Concepção Básica da Segunda Linha de Transmissão em ± 800 kV CC do Brasil, Xingu – Terminal Rio de 2015.
- (3) EDITAL DE LEILÃO No. 011/2013-ANEEL, ANEXO6AB de 2013.
- (4) NBR15123, 2016, Isoladores para Linhas Aéreas com Tensões Nominais Acima de 1 000 V - Cadeias e Arranjos de Isoladores para Sistemas de Corrente Alternada.
- (5) NBR15121, 2004, Isolador para Alta-Tensão - Ensaio de Medição da Radiointerferência.
- (6) RAVI, K. N., RAMAMOORTHY, M. and NAIDU, M. S., "Voltage distribution of a string insulator under DC voltages," [Proceedings] 1992 Annual Report: Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Victoria, BC, 1992, pp. 805-810. doi: 10.1109/CEIDP.1992.283197

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Possui graduação em Engenharia Elétrica - Eletrotécnica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2001) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006). Atualmente é pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica desde 2002, trabalhou também na Empresa de Pesquisa Energética - EPE de 2011 a 2015, na superintendência de Transmissão de Energia. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em técnica de ensaios em equipamentos de Alta Tensão e planejamento da expansão do sistema de transmissão. Atua principalmente nos seguintes temas: ensaios de equipamentos de alta tensão, corona em linhas de transmissão, monitoramento de equipamentos em subestações e estudos de transitórios eletromagnéticos de sistemas CA e CC.