

Grupo de Estudo de Linhas de Transmissão-GLT

Sistema de Monitoramento e Diagnóstico de Biofilmes Condutores em Isoladores da Regional de Transmissão do Pará da Eletronorte

BRUNO ALBUQUERQUE DIAS(1); EDSON GUEDES DA COSTA(1); ANDRÉ DANTAS GERMANO(1); TARSO VILELA FERREIRA(2); KAL-EL BASILIO BRITO(1); LENILSON ANDRADE BARBOSA(1); ALFREDO IRINEU NETO(1); SIRNEY SILVEIRA(3); DARCY RAMALHO DE MELLO(1); ROSILDO SANTOS PAIVA(4); RICARDO DA CUNHA BEZERRA(5); UFCG(1); UFS(2); CPQD(3); UFPA(4); ELETRONORTE(5);

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de análise do estado operacional de isoladores tipo disco de vidro temperado com contaminação biológica (limo). O sistema aplicado à inspeção possibilita a redução das falhas em linhas de transmissão monitorando a proliferação do limo (microalgas e fungos) que compromete a capacidade de isolamento das cadeias de isoladores. A técnica se baseia na avaliação do ruído ultrassônico emitido por ondas mecânicas. As descargas elétricas geradoras do ruído ultrassônico provêm de isoladores que estejam sob o efeito de campo elétrico intenso. Os objetos de ensaio utilizados são isoladores tipo disco de vidro temperado, limpos e poluídos com limo. A técnica empregada permitiu verificar a diferença entre cadeias de isoladores limpos e contaminados considerando diferentes condições de umidade. Também permitiu a formação de um banco de dados para futuras análises, em laboratório e em campo, com áudios de isoladores limpos e poluídos.

PALAVRAS-CHAVE

Alta tensão, isoladores de vidro, limo, manutenção, ruído ultrassônico, subestações

1.0 - INTRODUÇÃO

A dependência da sociedade moderna por energia elétrica é indiscutível. Em todos os estágios compreendidos entre a obtenção e o consumo da energia elétrica, os isoladores são essenciais na garantia do transporte da energia com baixas perdas. Isoladores têm a função de suportar mecanicamente condutores e isolar regiões de potencial elétrico diferente. Os isoladores, idealmente, impedem que correntes significativas se estabeleçam entre seus terminais [1].

Um isolador perde sua capacidade de isolamento quando os poluentes que existem no ar se depositam em sua superfície, e umedecidos por neblina, chuva ou orvalho, formam uma camada condutora, o que resulta no aumento da condutividade elétrica, promovendo o aumento da corrente de fuga. Possibilitando em um estágio seguinte, a ocorrência de uma ruptura. Assim, a poluição prejudica a capacidade dos isolamentos, alterando as características elétricas dos isoladores, podendo comprometer a confiabilidade, a disponibilidade e as ações da manutenção das linhas de transmissão [2-6].

As não conformidades causam perda de faturamento, muitas severas devido à indisponibilidade das linhas, além dos impactos na Parcela Variável (PV) das empresas do setor elétrico. Além disso, as agências regulamentadoras também se sentem na responsabilidade de aplicar multas devido ao aspecto visual inadequado, causado pela incidência da poluição, caracterizando falta de manutenção das linhas e subestações. Na região Norte do Brasil parte significativa da poluição é caracterizada por contaminadores biológicos,

conhecida como limo, comumente formado por microalgas e fungos. Na Figura 1 são apresentadas ocorrências da formação destes biofilmes sobre equipamentos.



FIGURA 1 – Base de equipamentos contaminada por limo nas subestações da Eletronorte [7].

A evolução dos mecanismos de crescimento do limo, que permite a ocorrência de correntes de fuga elevadas, deve ser constantemente monitorada. A detecção visual é a técnica de monitoramento mais utilizada, contudo não é a mais eficaz. Além disso, seu uso implica em tornar o diagnóstico suscetível à subjetividade do avaliador. Neste contexto, novas técnicas de inspeção estão sendo desenvolvidas com base em ondas acústicas e eletromagnéticas emitidas por isoladores em operação [8-12].

Como contribuição, este trabalho apresenta-se o desenvolvimento do Sistema de Monitoramento e Diagnóstico para Biofilmes Condutores em Isoladores (SMDBCI). O SMDBCI é um software desenvolvido em ambiente Matlab® por meio de um conjunto de rotinas que implementam uma técnica de detecção acústica, baseada nos Vetores de Energia dos Centróides das Subbandas Espectrais (VECSE). O objetivo consiste em determinar o estado operacional de isoladores tipo disco de vidro submetidos à contaminação por limo. Também foi proposta uma metodologia desenvolvida para a medição dos ruídos ultrassônicos, em laboratório e em campo, além da forma como é realizada a extração dos atributos importantes e a classificação automática.

A pesquisa desenvolvida faz parte do projeto ANEEL denominado “Soluções para eliminação de limo e outros materiais característicos da região amazônica de isoladores de Subestações da Regional de Transmissão do Pará”, pertencente ao ciclo de 2014 da ELETRONORTE, possui o número 4500084727 e tem por objetivo desenvolver técnicas de monitoramento do estado operacional de isoladores e desenvolver um revestimento que, aplicado na superfície dos isoladores, mitigue o crescimento do limo

2.0 - METODOLOGIA

2.1 Material

Os objetos teste utilizados foram isoladores tipo disco de vidro temperado, tanto contaminados com limo, quanto em boas condições. Os isoladores foram utilizados em duas situações: na análise em laboratório para teste do sistema de monitoramento e na análise em campo, para validação do sistema de monitoramento.

Os isoladores contaminados utilizados em laboratório foram retirados da subestação Guamá, localizada em Belém, Pará, fornecidos pela Eletronorte. Os isoladores limpos foram coletados no almoxarifado do Laboratório de Alta Tensão (LAT) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). A fotografia de alguns dos isoladores contaminados está mostrada na Figura 2 (a). Para análise em campo foram escolhidas algumas torres do sistema Eletronorte, como pode ser observado na Figura 2 (b). A escolha destas torres se deu tomando como critério principal a taxa de crescimento do limo, dado que seria desejável que numa mesma instalação houvesse tempo para o crescimento do biofilme durante a execução do Projeto.

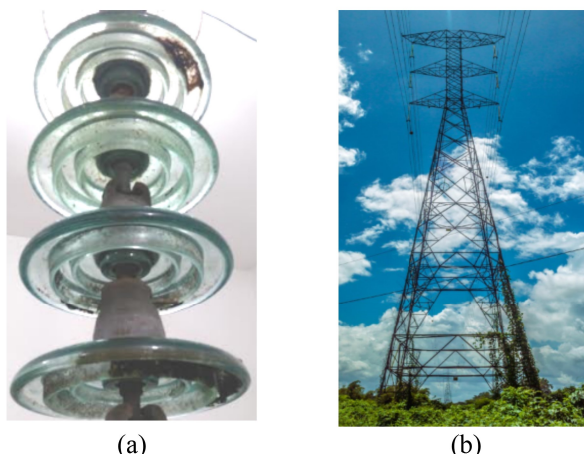


FIGURA 2 – (a) Fotografia de cadeia de isoladores contaminada com limo, (b) Torre do sistema Eletronorte [13].

2.2 Métodos

A pesquisa foi dividida nas seguintes fases: desenvolvimento do algoritmo de extração de atributos, desenvolvimento do software e ensaios em laboratório e em campo. As etapas serão descritas a seguir:

2.2.1 Algoritmo de extração de atributos

Os algoritmos de extração de atributos são utilizados na implementação de sistemas de reconhecimento de áudio. Assim, o método dos VECSE é aplicado para extrair do áudio informações relevantes, sendo capaz de descartar informações redundantes ou irrelevantes, como ruídos de natureza não identificada ou sem interesse prático [14].

O método dos Vetores de Energia dos Centróides das Subbandas Espectrais é baseado no algoritmo Vetores de Energia dos Centróides (VEC), originalmente proposto para reconhecimento da fala. O método dos VECSE é utilizado para o reconhecimento e extração de características de ruído ultrassônico, considerando a energia do centróide representada vetorialmente [14]. O diagrama de blocos que representa o algoritmo utilizado na estimação dos VECSE é mostrado na Figura 3.

Os procedimentos de estimação de acordo com o algoritmo dos VECSE são descritos abaixo [14]:

- Para cada arquivo de áudio capturado, calcula-se o espectro por meio da Transformada Rápida de Fourier, popularmente conhecida como FFT, do inglês, Fast Fourier Transform;
- Divide-se o espectro em subbandas sobrepostas, por meio da aplicação de filtros passa-faixas retangulares e sobrepostos entre si;
- Estima-se matematicamente a localização dos centróides espectrais de cada subbanda no espectro estimado, segundo (1):

$$E_C = \sum_{k=C_H-\delta.N}^{C_H+\delta.N} P(k) \quad C_H = \frac{\sum_{k=0}^{N-1} H_m \cdot P(k)}{\sum_{k=0}^{N-1} P(k)}, \quad (1)$$

em que $P(k)$ é a faixa do espectro de potência estimado, que foi limitado pelo filtro; $H_m(k)$ é o vetor de frequências e N é o número de amostras disponíveis na subbanda.

- Por fim, estima-se a energia associada a cada centroide por meio de (2):

$$E_C = \sum_{k=C_H-\delta.N}^{C_H+\delta.N} P(k) \quad E_C = \sum_{k=C_H-\delta.N}^{C_H+\delta.N} P(k), \quad (2)$$

em que $P(k)$ é o parâmetro que definirá a largura da faixa em torno do centróide, que será utilizada para o cálculo da energia medida. A extração de atributos consiste em uma das rotinas implementadas pelo sistema desenvolvido, apresentado a seguir.

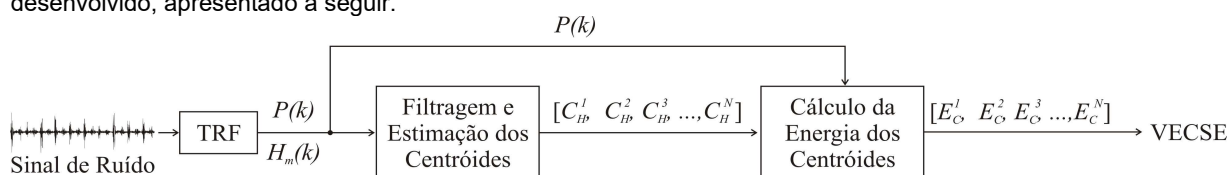


Figura 3: Fluxograma do algoritmo dos VECSE

2.2.2 Desenvolvimento do software

O SMDBCI consiste em uma ferramenta computacional desenvolvida para monitoramento de isoladores contaminados por biofilmes. Desenvolvido em ambiente MATLAB®, o software possui três abas destinadas a realizar adição de banco de áudios, captados em laboratório ou em campo, treinamento da Rede Neural Artificial (RNA), que implementa a classificação automática, e por fim o diagnóstico do isolador, apresentado na forma de um valor percentual que tem correlação direta com o nível de limo depositado sobre o isolador inspecionado.

(i) Aba Gerenciar bases de dados: implementa rotinas que realizam o controle da base de dados armazenada no software. Dados com classificação conhecida são armazenados de forma que sejam comparados e ajudem na classificação de isoladores a serem analisados. A aba gerenciar bases de dados pode ser observada na Figura 4(a).

Nesta aba são informados dados dos isoladores, identificador, tipo de isolamento, classificação prévia, umidade, temperatura, data, horário e informações adicionais. Ainda é possível atualizar a base de dados e realizar a exclusão de algum banco de dados indesejado.

(ii) Aba Treinamento da RNA: O SMDBCI realiza o diagnóstico de isoladores por meio de inteligência artificial, que implementa algoritmos de classificação automática. A inteligência artificial nesse caso corresponde a uma RNA, técnica computacional que apresenta um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência. Antes de conseguir realizar diagnósticos, ou seja, correlacionar um ruído ultrassônico novo com os existentes na base de dados, a RNA precisa realizar a etapa de Treinamento. A aba da interface do software na qual se pode executar o treinamento pode ser visualizada na Figura 4 (b).



Figura 4(a): Aba Gerenciar bases de dados.




Figura 4(b): Aba Treinamento da RNA.

Na fase de treinamento são criadas e treinadas uma dezena de RNA, as quais apesar de similares, possuem desempenhos práticos diferentes. A RNA com desempenho mais satisfatório, entre estas dez, é eleita para ser empregada no diagnóstico.

(iii) Aba Diagnósticos: Na aba de diagnóstico o usuário efetivamente poderá realizar a estimativa de quão poluído está o isolamento inspecionado. Após a coleta do ruído ultrassônico emitido pelo isolamento em teste, o arquivo de áudio deve ser carregado no software, e deve ser escolhida a base de dados correspondente. Na Figura 6 pode-se observar a tela do software, em que se executa o diagnóstico.

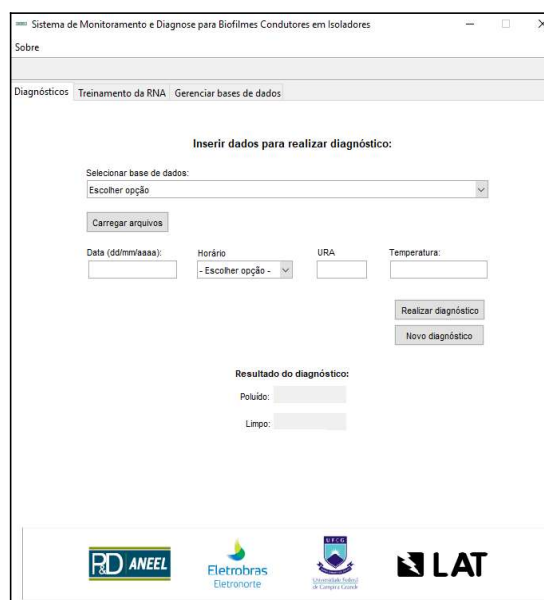


Figura 6: Aba Diagnósticos

2.2.3. Ensaio em laboratório e em campo

Os ensaios de laboratório foram conduzidos com base na energização de cadeias de isoladores limpas e poluídas, variando-se o nível de umidade ambiente, a quantidade e a água presente no limo. Na Figura 7 é apresentado o esquema do circuito utilizado em laboratório para realização dos ensaios.

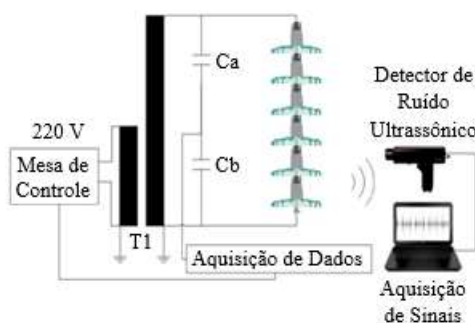


Figura.7. Esquema do circuito de medição e aquisição de dados [13].

Na mesa de controle, os níveis de tensão do circuito são controlados com o auxílio do circuito de medição que pode ser constituído de um divisor de tensão capacitivo representado, nesse caso, pelos capacitores Ca e Cb. O transformador, representado por T1, eleva a tensão para os níveis adequados ao experimento. O objeto teste, representado por isoladores de vidro, é submetido à tensão, e os sinais de ultrassom capturados pelo detector.

Após a energização do arranjo e a espera do tempo de estabilização, o operador do detector de ultrassom deve realizar as aquisições. Estas são pelo menos três registros, cada um tendo pelo menos 30 segundos ininterruptos de gravação no computador.

Nos ensaios em laboratório, a fim de se capturar o ruído ultrassônico emitido em diversas direções pelo arranjo energizado, foram realizados três registros do ruído, espacialmente espaçadas de 120°. Na Figura 8 é apresentado um diagrama da disposição espacial utilizada para os ensaios em laboratório quando o objeto de teste é um isolador.

O procedimento para registro do ruído ultrassônico em campo é bastante similar ao realizado em laboratório, contudo, nem sempre é possível realizar-se a aquisição do áudio nas três posições, a 120°, devido a obstáculos. Nestes casos, foram registrados quantos registros foram possíveis (em apenas duas ou mesmo uma posição).

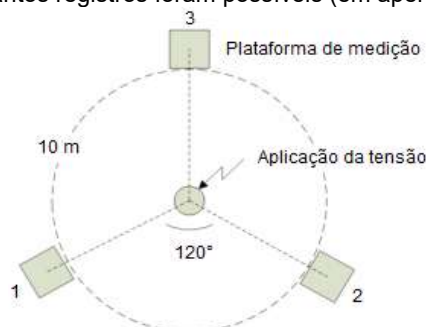


Figura 8. Diagrama da disposição espacial de ensaios [16].

3.0 - RESULTADOS

Nesta seção são apresentadas classificações para isoladores ensaiados em laboratório e em campo.

A. Ensaios em laboratório: isolador limpo e seco

No exemplo a seguir classificam-se áudios obtidos de um isolador limpo e seco (62% de umidade ambiente). Após realizada a medição dos ruídos ultrassônicos no arranjo energizado, os áudios foram inseridos no SMDBCI.

Na aba Diagnóstico, o áudio registrado foi comparado com uma base de dados anteriormente gerada em laboratório, que continha amostras de áudio de isoladores limpos e poluídos. Os resultados apresentaram probabilidade de 88,06% de correspondência a isoladores limpos, conforme esperado. O resultado na interface do software é apresentado na Figura 9.

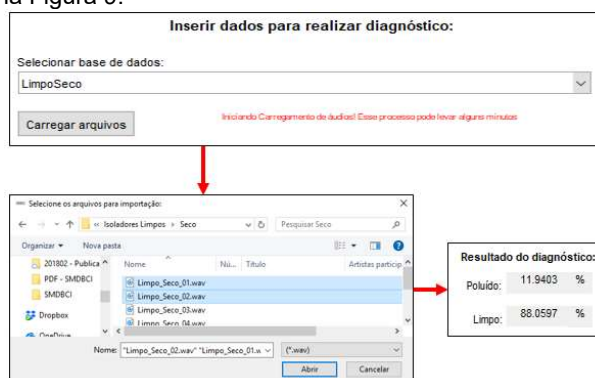


Figura 9: Diagnóstico de isoladores em laboratório.

B. Ensaios em laboratório: isolador poluído e sob elevada umidade

Em outro exemplo classificaram-se dados de um isolador contaminado com limo e em condição de umidade elevada (87% de umidade ambiente). Após realizada a medição, o áudio foi importado pelo SMDBCI e foi executado o diagnóstico. A base de dados empregada para comparação estava previamente criada em laboratório, para condições de poluição “limpo” e “poluído”.

Os resultados apresentaram probabilidade de 77,05% de correspondência a isoladores poluídos. O resultado na interface do software é apresentado na Figura 10.

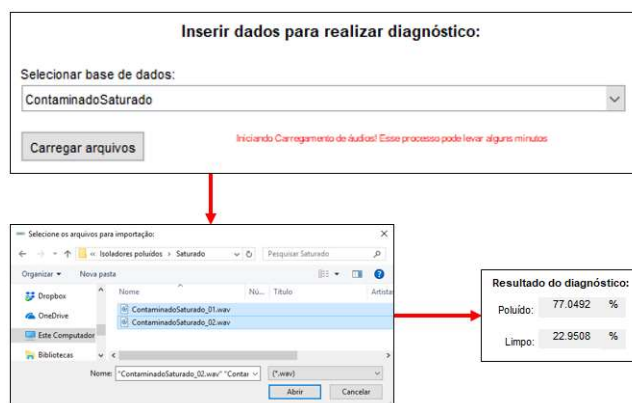


Figura 10: Diagnóstico de isoladores em laboratório.

Assim, constata-se que os resultados obtidos no diagnóstico dos isoladores norteiam o operador em relação ao estado de contaminação do isolador em operação, reduzindo a subjetividade.

C. Ensaio em campo: Torre 54 (Utinga-Miramar)

Validada a metodologia e os resultados em laboratório, o diagnóstico passou a ser realizado com isoladores em campo. Um banco de dados prévio foi montado com base em inspeções realizadas em diversas torres e pórticos

de subestações do sistema Eletronorte. As instalações foram escolhidas por apresentar taxa satisfatória de crescimento de limo. Inspeccionaram-se cadeias de isoladores limpas e contaminadas com limo.

No exemplo a seguir classificaram-se os áudios coletados da Torre 54 do trecho entre as subestações Utinga e Miramar, do sistema Eletronorte. Após realizada a medição dos ruídos ultrassônicos, os áudios foram inseridos no SMDBCI e procedeu-se o diagnóstico.

Os áudios foram comparados com o banco de dados construído com diferentes medições realizadas na mesma torre (com áudios registrados em datas anteriores). Os resultados apresentaram probabilidade de 82,24% de correspondência a isoladores poluídos. Conforme apresentado na Figura 11.

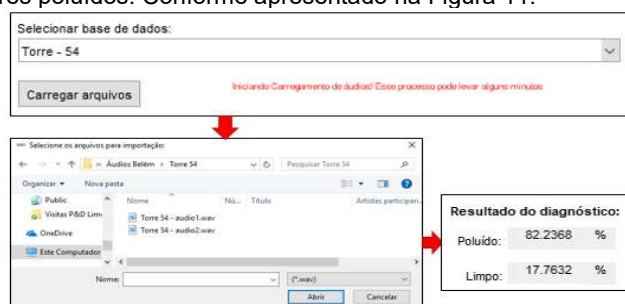


Figura 11: Diagnóstico de isoladores da Torre 54.

Posteriormente, os áudios coletados para este exemplo foram comparados com bases de dados constituídos por áudios coletados em outras torres, em datas anteriores, contendo padrões de cadeias poluídas e limpas. Em todas as execuções, as taxas de acerto foram superiores a 80%. Os resultados obtidos no diagnóstico dos isoladores em campo ocorreram de acordo com o esperado validando o SMDBCI.

4.0 - CONCLUSÃO

Este artigo apresenta o desenvolvimento e utilização do Sistema de Monitoramento e Diagnose para Biofilmes Condutores em Isoladores (SMDBCI), destinado a realizar a estimativa de poluição por biofilmes em isoladores, com base na aquisição de emissões de ruído ultrassônico. Um método baseado na estimativa dos VECSE foi utilizado para extração de atributos e uma topologia de RNA foi utilizada para classificação dos sinais.

A técnica de estimativa de poluição desenvolvida foi eficiente na separabilidade entre cadeias de isoladores limpas e contaminadas em diferentes condições de umidade, mesmo em condições de ambiente ruidoso.

As medições em campo permitiram a criação de um banco de dados robusto, com sinais de ruído ultrassônico adquirido em diversas condições de umidade que corresponde à situação que ocorre no campo. Nestas condições, o uso do software possibilitou a classificação das cadeias de isoladores em limpas e contaminadas. Em termos numéricos, os resultados obtidos atingiram uma taxa de acerto média superior a 80%.

Os resultados em laboratório e em campo garantem a eficácia do software no diagnóstico, independentemente do julgamento ou experiência de cada operador. Pelo exposto, pode-se concluir que o SMDBCI apresenta aplicabilidade no setor elétrico por implementar uma técnica de inspeção não invasiva e sem a subjetividade do operador.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) GORUR, R. S.; CHERNEY, E. A.; BURNHAM, J. T. Outdoor Insulators. Phoenix, Arizona: Ravi S. Gorur, Inc, 1999.
- (2) DIAS, B. A. Simulação Computacional dos Efeitos do Limu em Isoladores de Vidro. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Março de 2017.

- (3) ARSHAD; NEKAHI, A.; MCMEEKIN, S.G. Numerical Compu-tation of Electric Field and Potential Along Silicone Rubber Insu-lators under Contaminated and Dry band Conditions. 3D Res (2016) 7: 25. <https://doi.org/10.1007/s13319-016-0101-z>.
- (4) EL-SAYED, M. E.; ABD E. M. K.; MOHAMED M. K. Electric Field Distribution of Optmized Composite Insulator Profiles Under Different Pollution Conditions. Ain Shams Engineering Journal (2016). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2016.08.012>.
- (5) SERDYUK, Y. V.; GUBANSKI, S. M .Computer Simulations of Discharges along Insulators Surfaces. IEEE Conference on Elec-trical Insulation and Dielectric Phenomenon –CEIDP (2017). <https://doi.org/10.1109/CEIDP.2017.8257604>.
- (6) UNAHLEKHAKA, P.; PHONKAPHON, S. Influences of Rela-tive Humidity on the Electric Field and Potential on Suspension Insulator String. Energy Procedia 89 (2016) 110 - 119. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.05.017>
- (7) MELLO, D. R.; ANGELINI, J. M. G; FRANÇA, F. R. R.; DUARTE, A. R. C. L.; PAIVA, R. S.; SOUSA, E. B.; LOBATO JR, I. C. Avaliação de equipamentos de subestações e linhas de transmissão contaminados com limo. Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, p. 1–10, 2008b.
- (8) GUEDES, C. P. G., COSTA, E. G., RIBEIRO, G. L., GERMANO, A. D. "Classification of the degradation condition of polymeric insulators by UV radiation and fuzzy logic", 19th International Symposium on High Voltage Engineering, Pilsen, Czech Republic, August 2015.
- (9) FLORENTINO, M. T. B., MEDEIROS, M. V. B., MEDEIROS, Y. L., FERREIRA, T. V., GERMANO, A. D., COSTA, E. G. "Monitoring Polymeric Insulators with an Ultrasonic Noise Based Technique", 19th International Symposium on High Volt-age Engineering, Pilsen, Czech Republic, August 2015.
- (10) LUNDGAARD, L. E. "Partial Discharge XIII: Acoustic partial discharge detection-fundamental considerations". IEEE Electri-cal Insulation Magazine, v. 8, pp. 25-31, 1992.
- (11) FERREIRA, T. V., GERMANO, A. D., COSTA, E. G. "Ultra-sound and Artificial Intelligence Applied to the Pollution Esti-mation in Insulations" IEEE Transactions on Power Delivery, v. 27, p. 583-589, 2012.
- (12) ROCHA, P. H. V., FONTGALLAND, G. "Measuring the radia-tion bands of overhead power lines glass insulators". Proceed-ing of the IEEE 2014 International Conference on Antenna Measurements & Applications. França, 2014.
- (13) DIAS, B. A.; COSTA. E. G.; FERREIRA, T. V; GERMANO, A.D.; BRITO, K. B.; BARBOSA, L. A.; SILVA NETO, A. I.; BEZERRA, R. C.; SILVEIRA, S; PAIVA, R. S.; MELLO, D. R. Simulação Computacional dos Efeitos do Limbo sobre Isoladores de Vidro. XVII Encuentro Regional Iberoamericano del Cigré, Ciudad del Este, 2017a.
- (14) FERREIRA, T. V. Estimacão inteligente da poluição de isolamentos elétricos baseada nos VECSE do ruído ultrassônico. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Campina Grande, 2011.
- (15) BARROS, W. P. P. Análise do Efeito Corona para Diagnóstico de Isoladores Poliméricos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Junho de 2011.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS




Bruno Albuquerque Dias nasceu em 1991, em Campina Grande, Paraíba, Brasil, concluiu Bacharelado em 2015 e Mestrado em 2017, ambos em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) atualmente é Pós-Graduando no Programa de Doutorado em


(*) UFCG, Rua Aprígio Veloso, n° 882 – CEP 58.429-900 – Campina Grande, PB, – Brasil
Tel: (+55 83) 98794-0085 – Email: bruno.dias@ufcg.edu.br

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Processamento de Energia em Engenharia Elétrica na UFCG e professor na Universidade Federal do Recôncavo Baiano, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. Seus interesses de pesquisa incluem processamento de energia, simulações computacionais de equipamentos de alta tensão, processamento digital de imagens e monitoramento de equipamentos.



Edson Guedes da Costa nasceu em 1954, em Ribeirão, Pernambuco, Brasil, e deu início a sua carreira acadêmica em Areia, Paraíba, Brasil. Obteve os títulos de bacharel, mestre e doutor em Engenharia Elétrica, respectivamente em 1978, 1981 e 1999 (Universidade Federal da Paraíba). Desde 1978 trabalha como professor na Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil. Seus interesses profissionais incluem equipamentos de alta tensão, mapeamento de campo elétrico, descargas parciais, método dos elementos finitos, para-raios e sistemas de isolamento. O Dr. Guedes também é membro do IEEE, CIGRÉ, ABENGE e SBA.



André Dantas Germano nasceu em 1985 em Esperança, Paraíba, Brasil. Obteve os títulos de Engenheiro Eletricista e Mestre em Engenharia Elétrica em 2009 e 2010, pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e de Doutor em Engenharia Elétrica pela Technische Universität München, em Munique, Alemanha, em 2015. Atualmente é Professor Adjunto do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. Seus interesses profissionais incluem equipamentos de alta tensão, sistemas de isolamento, nanotecnologia, engenharia de materiais, diagnóstico de isolamento, redes neurais artificiais e outros métodos de aprendizado de máquina e reconhecimento de padrões.



Tarso Vilela Ferreira nasceu em 1980, em Aracaju, Sergipe, Brasil. Ele obteve os graus de bacharel, mestre e doutor, todos em engenharia elétrica, respectivamente, em 2005, 2007 e 2011, na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Sergipe (UFS) e faz parte do quadro de professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG. Seus interesses de pesquisa incluem equipamentos de alta tensão, mapeamento de campo elétrico, processamento digital de sinais, isolamentos elétricos e energias renováveis.

Kal-El Basílio Brito concluiu Bacharelado e Mestrado em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em 2015 e 2017, respectivamente. Atualmente é Pós-Graduando no Programa de Doutorado em Processamento de Energia em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) no Campus Cedro.

Lenilson Andrade Barbosa nasceu em Campina Grande, Paraíba, Brasil, em abril de 1991. Possui graduação (2017) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e curso Técnico em Eletrônica (2010) pela Escola Técnica Redentorista - ETER. Atualmente é Pós-Graduando no Programa de Mestrado em Processamento de Energia em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande e realiza atividades de pesquisa e desenvolvimento no LAT - Laboratório de Alta Tensão - UFCG.



Alfredo Irineu da Silva Neto graduando em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Desenvolvimento de Sistemas para Computadores, com ênfase em Software Básico.



Darcy Ramalho de Mello possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1977) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de



XXV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

4677
GLT/06

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Janeiro (1984). Trabalhou como pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica de 1978 a 2013. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Isoladores, atuando principalmente nos seguintes temas: ensaios em alta tensão, isoladores, poluição, linhas de transmissão e rede compacta. Coordenador da CE 36.1: Isoladores do COBEL desde 1994, secretário do Cigré - Brasil B2:21 e do WG D1.45. Membro do IEEE. Representante do Brasil na IEC TC36.



Rosildo Santos Paiva possui graduação em Licenciatura Plena Em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Pará (1988), graduação em Licenciatura em Ciências pela Universidade Federal do Pará (1986), mestrado em Criptógamos pela Universidade Federal de Pernambuco (1991) e doutorado em Oceanografia (Oceanografia Biológica) pela USP (2001); acadêmico do curso de Direito na Universidade da Amazônia (2019). Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia do Fitoplâncton Marinho e Estuarino, atuando principalmente nos seguintes temas: ecossistemas aquáticos amazônicos, fitoplâncton, estuário amazônico.



Ricardo da Cunha Bezerra possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2006) e graduação em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade do Estado do Pará (2002). Atualmente é Engenheiro de Manutenção Elétrica da Centrais Elétricas do Norte do Brasil. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência.