

# Device for Monitoring Variables Associated with the Performance of High Voltage Insulators

V. H. Yoshizumi, S. M. A. Lopes, D. H. Spatti, R. A. Flauzino, I. N. Da Silva, B. L. Tavares and A. C. C. Barquete

**Abstract**--The effective functioning of high voltage insulators is essential for the safe operation of electrical power transmission lines. These insulators, exposed to harsh outdoor conditions such as the accumulation of surface pollutants, face critical challenges. The combination of these contaminants with moisture can result in the passage of leakage current, which gradually degrades the insulator material and can lead to insulation failure. To prevent such failures, it is common to carry out preventive maintenance, including periodic washing of insulators to remove accumulated pollution. In this work, experiments were conducted with contaminated insulators collected from transmission lines, demonstrating that the accumulation of pollutants, even after cleaning, compromises the electrical performance of the insulators. Therefore, the study proposes the development of a monitoring device that uses sensing techniques to continuously evaluate the environmental and electrical conditions of insulators, with the aim of monitoring pollution levels and the electrical characteristics of insulators in a polluted environment. This continuous monitoring allows energy companies to decide the ideal time to clean insulators, considering not only the possibility of failures, but also the degradation of performance and the potential reduction in the useful life of equipment caused by accumulated pollution.

**Index Terms**—Insulators; Leakage Current; Monitoring Sensor; Pollution; Power Transmission.

## I. NOMENCLATURA

AD – Analógico-digital  
IoT – *Internet of Things*  
LoRa – *Long Range*  
LT – Linha de Transmissão  
O&M – Operação e Manutenção  
SEP – Sistema Elétrico de Potência

---

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de P&D regulado pela ANEEL, contando também com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (Processo 88887.636079/2021-00).

V. H. Yoshizumi, Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade de São Paulo – São Carlos – SP, Brasil, 13566-590 (e-mail:yoshizumi@usp.br).

S. M. A. Lopes, Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade de São Paulo – São Carlos – SP, Brasil, 13566-590 (e-mail:sofia.moreira.lopes@usp.br).

D. H. Spatti, Departamento de Sistemas de Computação, Universidade de São Paulo – São Carlos – SP, Brasil, 13566-590 (e-mail:spatti@icmc.usp.br).

## II. INTRODUÇÃO

OS isoladores de alta tensão são elementos cruciais para garantir a segurança e operação eficiente das LTs. Esses dispositivos têm a função de proporcionar suporte mecânico aos cabos e garantir o isolamento elétrico entre eles e as estruturas. Durante a operação, os isoladores enfrentam estresses tanto mecânicos quanto elétricos, além de estarem expostos a condições ambientais adversas, como partículas de poluição provenientes de incêndios, uma situação comum no Brasil e que pode causar danos significativos ao sistema elétrico [1],[2]. Embora representem apenas 5% dos custos de construção de uma LT, as falhas nos isoladores são responsáveis por cerca de 70% das interrupções de energia e até 50% dos custos de manutenção [3].

Sendo assim, o monitoramento desses ativos é vital para permitir a adoção de ações preventivas quando necessário. No entanto, o monitoramento de isoladores espalhados ao longo da LT é mais complexo e oneroso do que o monitoramento de ativos centralizados, como transformadores, além de envolver riscos que demandam equipes qualificadas [1].

Dada essa realidade, é fundamental desenvolver técnicas eficazes de monitoramento dos isoladores de alta tensão. Com essas técnicas, é possível realizar substituições otimizadas quando os isoladores apresentam defeitos ou atingem o fim de sua vida útil, que, segundo [3], é de aproximadamente 30 anos. Próximo a esse prazo, esses equipamentos podem apresentar defeitos, tornando essencial o conhecimento de suas condições de operação, já que a substituição simultânea de todos os isoladores de uma linha é financeiramente inviável.

Além disso, o depósito de materiais poluentes pode acelerar o envelhecimento dos isoladores, levando a falhas prematuras. O acúmulo de poluentes, combinado com a umidade, pode gerar correntes de fuga que, por sua vez, provocam efeitos térmicos e

---

R. A. Flauzino, Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade de São Paulo – São Carlos – SP, Brasil, 13566-590 (e-mail:raflauzino@usp.br).

I. N. Da Silva, Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade de São Paulo – São Carlos – SP, Brasil, 13566-590 (e-mail:insilva@usp.br).

B. L. Tavares, Argo Energia – São Paulo – SP, Brasil, 04533-013 (e-mail:beatriz.tavares@argoenergia.com.br).

A. C. C. Barquete, Argo Energia – São Paulo – SP, Brasil, 04533-013 (e-mail:ana.barquete@argoenergia.com.br).

a polarização do material, acelerando seu envelhecimento e aumentando a probabilidade de *flashovers* devido à poluição [4]. A performance dos isoladores depende da condutividade da camada de poluentes em sua superfície, influenciada pelas condições climáticas locais. Em [4] é ressaltado que o campo elétrico ao redor dos isoladores atrai partículas ionizadas, aumentando a deposição de poluentes, processo que varia de acordo com fatores como umidade, velocidade do vento e a natureza do material do isolador, como o silicone, que pode acumular carga.

Dada a exposição contínua dos isoladores a ambientes poluídos e campos elétricos significativos, o monitoramento constante é necessário para garantir seu desempenho adequado e realizar a manutenção de forma eficiente, especialmente a limpeza, que deve ser realizada apenas quando o acúmulo de poluição atinge níveis críticos, o que pode ser monitorado a partir dos picos de corrente de fuga [5].

Os métodos tradicionais de avaliação, como inspeções visuais, são limitados, pois só identificam defeitos externos e não garantem uma análise completa do funcionamento dos isoladores [3]. Avaliações mais detalhadas exigem abordagens invasivas, que interrompem o fornecimento de energia e são financeiramente inviáveis. Como alternativa, métodos de monitoramento remoto permitem otimizar a manutenção, reduzindo custos.

Diversos estudos exploram técnicas de aprendizado de máquina e dados remotos para desenvolver métodos de monitoramento de isoladores como [6]-[10]. Essas pesquisas analisam variáveis associadas ao processo de degradação, como o aumento nos níveis de corrente de fuga e descargas parciais, além de fatores ambientais como temperatura e umidade, que podem fornecer informações sobre a condição dos isoladores.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo desenvolver um dispositivo de monitoramento da condição de isoladores de alta tensão em ambientes poluídos, que pode ser utilizado tanto em laboratório quanto em campo. Criando um dispositivo de sensoriamento que avalie variáveis ambientais e elétricas para monitorar os níveis de poluição e as características elétricas dos isoladores, promovendo a construção de conjuntos de dados robustos para futuras pesquisas e apoiando o planejamento de processos de O&M.

### III. DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO SENSORIAL

Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma rede de sensores utilizando comunicação via rede LoRa. Os sensores, posicionados próximos aos isoladores nas subestações e atuando como nós finais da rede, terão a função de medir grandezas específicas e transmitir essas leituras a um microcontrolador. Os dados coletados serão então enviados para módulos de recepção situados nas casas de controle das subestações, que concentrarão as informações e as encaminharão para servidores, desempenhando o papel de gateways da rede. Assim, o sistema desenvolvido se caracteriza como uma rede de comunicação baseada na arquitetura LoRaWAN.

#### A. Módulo Processamento e Armazenamento de Dados

O microcontrolador ESP32 foi escolhido como o componente central do sistema de monitoramento desenvolvido neste trabalho. Fabricado pela Espressif Systems, o ESP32 é amplamente utilizado em aplicações de IoT e redes de sensores devido à sua capacidade de ajustar o funcionamento para minimizar o consumo de energia. Isso permite uma otimização eficiente entre comunicação, transmissão de dados e uso energético [11]. Entre os diversos modelos disponíveis, o ESP32 LoRa V2 Heltec, ilustrado na Fig. 1, foi o modelo selecionado para este projeto.



Fig. 1. ESP32 com rádio LoRa integrado.

O modelo ESP32 LoRa V2 Heltec foi escolhido por já integrar o rádio LoRa ao microcontrolador, utilizando o chip SX1276, que opera na faixa de frequência entre 863 e 928 MHz.

Para o sistema de recepção de dados, foi utilizado um *desktop* Lenovo Thinkcentre Tiny, mostrado na Fig. 2, com as seguintes especificações: processador i5, 12 MB de cache, 8 núcleos, 4 GB de RAM e 500 GB de armazenamento.



Fig. 2. Desktop utilizado.

O computador foi conectado ao módulo ESP32 na casa de controle, permitindo que o microcontrolador ESP32 receba os pacotes LoRa com as leituras dos sensores e transmita essas informações ao computador via conexão USB.

#### B. Monitoramento de Variáveis Ambientais

A revisão da literatura destacou a importância de avaliar variáveis ambientais que impactam a degradação do isolamento

em equipamentos de alta tensão, como a temperatura e a umidade. Para captar esses dados, optou-se pelo sensor Bosch BME680, mostrado na Fig. 3.

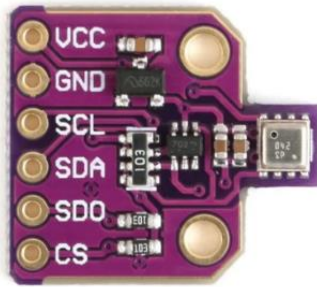


Fig. 3. Sensor BME680.

O sensor Bosch BME680 foi selecionado por sua capacidade de medir com precisão variáveis críticas como temperatura e umidade, além de sua robustez, adequada para operar em ambientes de subestação. Essa versatilidade permite reduzir o número de componentes necessários para construir o monitor de variáveis ambientais proposto. As faixas de operação consideradas para este sensor são:

- Temperatura:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- Umidade: 0 % a 100 %;
- Pressão: 300 hPa a 1100 hPa.

Para monitorar a quantidade de partículas de poeira no ambiente, foi escolhido o sensor DSM501A, mostrado na Fig. 4. Este sensor, de baixo custo e fácil implementação, é capaz de quantificar partículas de tipo PM1.0 e PM2.5.

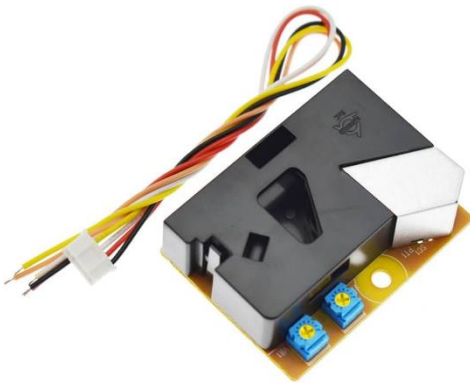


Fig. 4. Sensor DSM501A.

O sensor DSM501A foi escolhido por ser compacto, leve e de fácil instalação, funcionando com uma única fonte de energia. Geralmente utilizado em sistemas de purificação e monitoramento da qualidade do ar e ventilação, seu uso neste trabalho se justifica pela necessidade de quantificar o nível de partículas de poeira próximo aos isoladores. Essa medição é crucial, pois está diretamente ligada à quantidade de contaminantes que se depositam na superfície dos isoladores, impactando sua operação e desempenho.

### C. Monitoramento da Corrente de Fuga

Para a medição das correntes, foi utilizado um transmissor de corrente de fuga, selecionado por sua robustez e capacidade de operar em ambientes que sofrem estresses térmicos e mecânicos, como as subestações. Esse sensor, ilustrado na Fig. 5, é amplamente empregado em projetos de monitoramento de correntes de fuga em sistemas de alta tensão, especialmente aqueles que envolvem o monitoramento dos sistemas de isolamento, alinhando-se perfeitamente às necessidades deste projeto.



Fig. 5. Sensor Zero Sequence Leakage Current Transmitter.

Esse sensor é capaz de medir correntes alternadas na faixa de 0 a 20 mA, o que o torna ideal para aplicações em que as amplitudes de corrente são baixas, como neste projeto, onde as correntes de fuga nos isoladores variam na ordem dos  $\mu\text{A}$ .

A interface entre as medições de corrente de fuga e o microcontrolador é realizada por um conversor AD. Para o protótipo do monitor desenvolvido neste estudo, foi escolhido o conversor AD modelo ADS1115, ilustrado na Fig. 6.



Fig. 6. Conversor analógico-digital ADS1115.

Para medir a corrente de fuga em cada cadeia de isoladores, foi posicionado um anel de cordoalha de cobre estanhado ao redor da superfície do equipamento. Esse anel tem a função de conduzir a corrente de fuga da superfície dos isoladores até o sensor de corrente específico da cadeia. A conexão entre o anel

e o sensor foi realizada por meio de um cabo de derivação com 8 metros de comprimento e condutor de 2,5 mm<sup>2</sup>, conforme ilustrado na Fig. 7.



Fig. 7. Cabo de derivação conectado ao anel de cordoalha.

A corrente de fuga em componentes de alta tensão, como isoladores, pode ser medida de diversas maneiras. Neste estudo, foi adotada a metodologia ilustrada no esquema apresentado na Fig. 8.

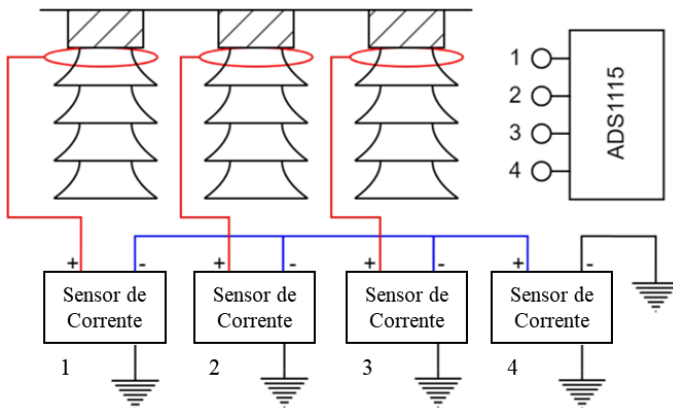


Fig. 8. Ilustração do esquema para medição da corrente de fuga nas cadeias de isoladores.

Na Fig. 8, observa-se que, além dos sensores de corrente individuais para cada cadeia de isoladores, existe um quarto sensor responsável por captar a soma residual das três fases. Posteriormente, cada um desses sensores é conectado a um conversor AD, permitindo que as medições sejam lidas pelo microcontrolador.

#### IV. RESULTADOS

Com base nos critérios estabelecidos para o *hardware* e *software* do monitor apresentados anteriormente, foram desenvolvidos os protótipos dos módulos transmissor e receptor do dispositivo, mostrados nas Figuras 9 e 10, respectivamente.



Fig. 9. Protótipo do módulo transmissor.

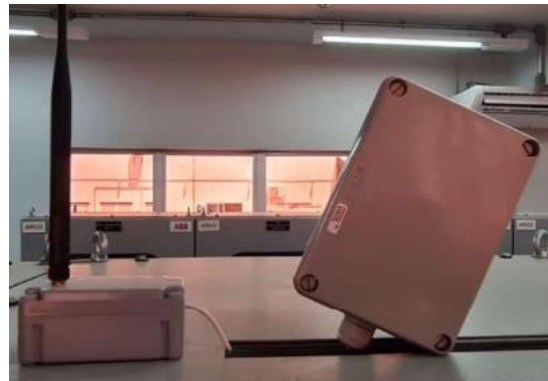


Fig. 10. Protótipo de módulo receptor.

Sendo assim, o módulo transmissor foi instalado próximo aos equipamentos monitorados, enquanto o módulo receptor foi posicionado dentro da casa de controle da subestação, conectado a um computador para o armazenamento dos dados coletados.

Os protótipos desenvolvidos foram validados por meio de sua instalação em quatro subestações distintas de uma transmissora de energia localizada na região Nordeste do Brasil. A Figura 11 apresenta os detalhes da instalação e do equipamento onde um dos protótipos foi implementado.



Fig. 11. Instalação do módulo de transmissão do dispositivo de monitoramento.

Os resultados obtidos para o sistema de monitoramento da corrente de fuga são apresentados nas Figuras 12, 13 e 14, que ilustram o comportamento médio da variável observada ao longo do dia, medido para as três fases do sistema analisado.

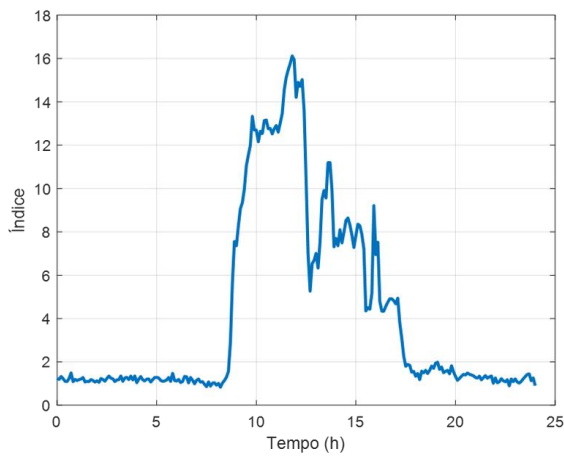


Fig. 12. Comportamento médio da corrente de fuga na Fase A.

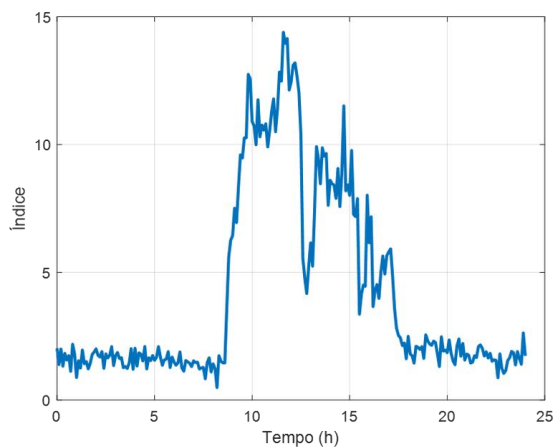


Fig. 13. Comportamento médio da corrente de fuga na Fase B.

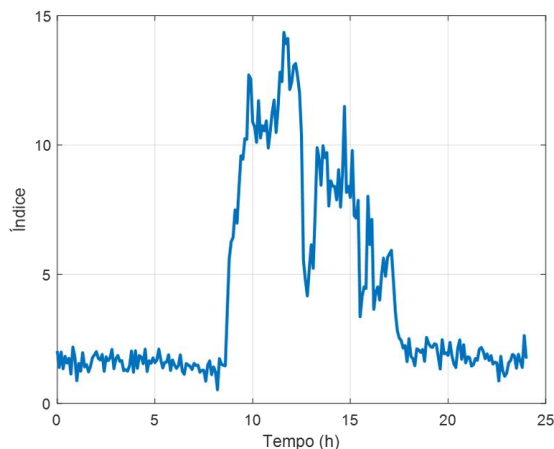


Fig. 14. Comportamento médio da corrente de fuga na Fase C.

Os gráficos apresentados evidenciam uma semelhança entre as fases B e C, enquanto a fase A, embora apresente uma maior

amplitude de corrente, segue um perfil similar ao das demais, o que sugere uma consistência no desempenho do isolamento. A análise do padrão da corrente de fuga revela dois picos de leitura, o primeiro ocorrendo logo após as 10h00 e o segundo por volta das 14h00. Esse padrão coincide com as curvas de consumo de energia, incidência solar e temperatura, indicando uma possível correlação entre o aumento da corrente e essas variáveis.

Considerando a relação entre a corrente de fuga e fatores ambientais como umidade e partículas de poluição, sugere-se que futuras pesquisas explorem a correlação entre essa corrente e tais variáveis. Essa análise permitirá uma melhor compreensão de como as partículas afetam as características elétricas dos equipamentos.

As Fig. 15 e 16 ilustram as medições de temperatura e umidade realizadas pelo monitor de variáveis ambientais.

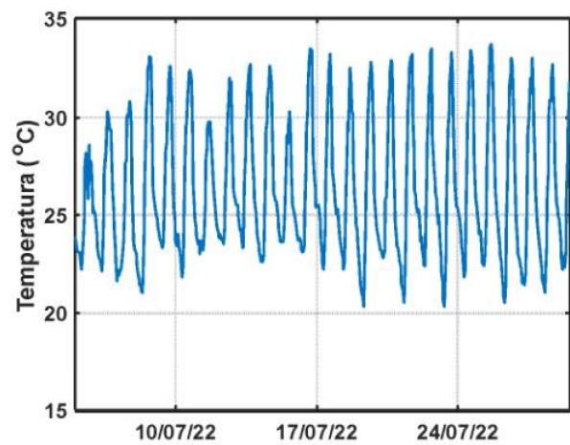


Fig. 15. Monitoramento da temperatura na subestação A.

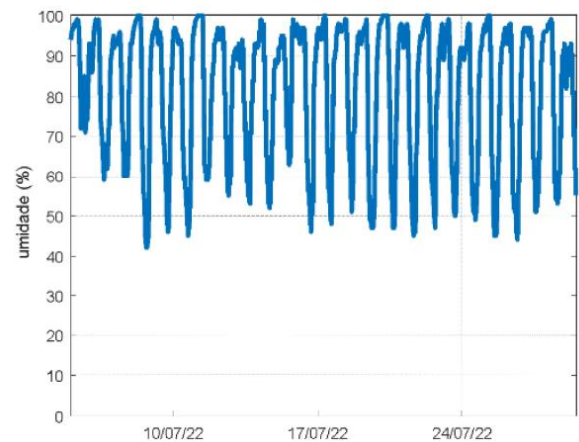


Fig. 16. Monitoramento da umidade na subestação A.

As medições realizadas durante o mês de julho de 2022 revelam uma sazonalidade diária nas grandezas monitoradas, com cada hora do dia exibindo um comportamento característico.

## V. CONCLUSÕES

O sistema de monitoramento para equipamentos de alta tensão desenvolvido neste trabalho, integrando diferentes sensores e técnicas de aquisição e processamento de dados busca contornar os desafios enfrentados na manutenção de isoladores de alta tensão, que são componentes essenciais para garantir a operação segura das linhas de transmissão e que estão expostos a diversos tipos de estresses, especialmente ao acúmulo de poluentes em sua superfície, que ao longo do tempo, deteriora significativamente o seu desempenho e reduz sua vida útil.

A análise da literatura sobre sensores de corrente possibilitou a escolha de uma solução eficaz para medir a corrente de fuga, capturando essa grandeza na faixa adequada e com a taxa de aquisição apropriada, considerando até os harmônicos mais elevados. No entanto, durante o desenvolvimento do sistema, verificou-se que a combinação da aquisição da corrente de fuga com a transmissão de dados via rádio LoRa impactava negativamente a taxa de aquisição. Para mitigar essa perda, optou-se por enviar periodicamente valores RMS calculados a partir dos dados de corrente de fuga adquiridos em uma taxa mais elevada.

Outro aspecto relevante foi a aplicação e validação da comunicação LoRa em ambientes de subestação de alta tensão. Os protótipos construídos foram instalados em quatro subestações diferentes e demonstraram sucesso nos testes de comunicação, validando o uso da rede de sensores, que pode ser expandida para monitorar novos equipamentos.

Por fim, a expectativa é que o sistema de monitoramento desenvolvido contribua para a criação de conjuntos de dados significativos, que possam ser utilizados em pesquisas futuras para aprimorar o entendimento sobre o comportamento de isoladores e equipamentos isolantes de alta tensão. Além disso, espera-se que o sistema funcione como uma ferramenta valiosa para os operadores da rede, auxiliando na tomada de decisões e na otimização dos processos de manutenção.

## VI. REFERÊNCIAS

- [1] A. El-Hag, Application of machine learning in outdoor insulators condition monitoring and diagnostics. *IEEE Instrumentation Measurement Magazine*, v. 24, n. 2, p.101–108, 2021.
- [2] T. R. V. da Costa *et al.*, Susceptibility characteristics of 500 kv transmission lines to forced outages caused by wildfires. *Electric Power Systems Research*, v. 209, p.107995, 2022.
- [3] S. Sanyal *et al.*, Replacement strategy of insulators established by probability of failure. *Energies*, v. 13, n. 8, 2020.
- [4] M. Jiang *et al.*, Dust contamination on surface of transmission line insulators in air-polluted regions in China: statistical characteristics, adhesion mechanism, and environmental impact factors. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, p. 1–12, 07 2020.
- [5] O. E. Gouda and A. Z. E. Dein, Laboratory simulation of naturally polluted high-voltage transmission line insulators. *IET Generation, Transmission & Distribution*, v. 8, n. 2, p. 321–327, 2014.
- [6] O. E. Gouda and D. Khalifa, Online monitoring of medium voltage overhead distribution lines polluted insulators severity. *IET Journals*, v. 2017, 10 2017.
- [7] N. A. Khafaf and A. El-Hag, Bayesian regularization of neural network to predict leakage current in a salt fog environment. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, v. 25, n. 2, p. 686–693, 2018.

- [8] P. N. Thanh, M.-Y. Cho and T. N. Da, Insulator leakage current prediction using surface spark discharge data and particle swarm optimization based neural network. *Electric Power Systems Research*, v. 191, p. 106888, 2021.
- [9] H. De Santos and M. Bobi, A cumulative pollution index for the estimation of the leakage current on insulator strings. *IEEE Transactions on Power Delivery*, PP, p. 1–1, 01 2020.
- [10] S. Polisetty, A. El-Hag and S. Jayram, Classification of common discharges in outdoor insulation using acoustic signals and artificial neural network. *High Voltage*, v. 4, n. 4, p. 333–338, 2019.
- [11] Espressif Systems, *ESP32 Series Datasheet*. [S.l.], 2022.

## VII. BIOGRAFIAS



**Victor Hideki Yoshizumi** Possui graduação em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2018) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2021) sendo bolsista CAPES. Atualmente é aluno de doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo como bolsista CAPES. Tem experiência na área de Aprendizagem de Máquinas, Mineração de Dados,

Algoritmos Bioinspirados, Processamento Digital de Sinais, Mecatrônica e Robótica, atuando principalmente nos seguintes temas: sistemas inteligentes híbridos, redes neurais artificiais, algoritmos de enxame, análise de dados e equipamentos de linhas de transmissão.



**Sofia Moreira de Andrade Lopes** Doutora em Engenharia Elétrica na área de concentração de Sistemas Dinâmicos pela USP/São Carlos (2024). Mestre em Engenharia Elétrica na área de concentração de Sistemas Dinâmicos pela USP/São Carlos (2020). Graduada em Engenharia Elétrica com Ênfase em Sistemas de Energia e Automação pela USP/São Carlos (2018). Tem experiência de docência na área de engenharia elétrica e eletrônica.

As áreas de pesquisa são focadas em projetos de aprendizado de máquinas, sistemas fotovoltaicos, sistemas embarcados e equipamentos de linhas de transmissão.



**Danilo Hernane Spatti** é Professor Dr. no Departamento de Sistemas de Computação da USP São Carlos (SSC/ICMC/USP), onde ministra disciplinas de Circuitos Eletrônicos Digitais, Sistemas Embarcados e Computação Científica. Formou-se em 2005 em Engenharia Elétrica com ênfase em Informática Industrial pela Faculdade de Engenharia de Bauru, UNESP Bauru. É Mestre em Engenharia Elétrica pela USP São Carlos (2007),

sendo bolsista CAPES. Em 2011 obteve o título de Doutor em Ciências pelo Programa de Engenharia Elétrica da EESC/USP, desenvolvendo pesquisas na área de proteção de sistemas de distribuição, sendo bolsista da FAPESP. Foi bolsista de Pós Doutorado (CAPES/PNPD) UNESP / Bauru entre 2013 e 2014 e pela USP / São Carlos entre 2014 e 2015. É autor de 3 Patentes, 4 Livros e 7 Capítulos de Livros que figuram como textos mais influentes nas áreas de Inteligência Computacional, Mineração de Dados, Eletrônica Digital e Processamento de Sinais, aplicados às mais diversas áreas de conhecimento. Desde 2015 coordena o Grupo de Estudos em Sinais Biológicos - GE4Bio envolvendo instituições nacionais e internacionais.



**Rogério Andrade Flauzino** Graduado em Engenharia Elétrica pela UNESP/Bauru (2001), mestrado em Engenharia Industrial pela UNESP/Bauru (2004), doutorado em Engenharia Elétrica pela USP/EESC (2007) e Livre-Docente pela USP/EESC em 2014. É revisor do Journal of Control, Automation and Electrical Systems, IEEE Transaction on Power Delivery, IEEE Transaction on Power Systems, Electric Power Systems Research, International Journal of Electrical Power & Energy Systems e Applied Soft

Computing. As áreas de atuação se concentram em Sistemas Elétricos de Potência e Sistemas Inteligentes. As pesquisas atualmente em desenvolvimento são direcionadas às redes inteligentes, estudo de sistemas de armazenamento de energia e gestão de ativos em sistemas elétricos de potência.



**Ivan Nunes da Silva** É bolsista Produtividade em Pesquisa pelo CNPq desde o ano 2000. Possui graduação em Ciência da Computação (Bacharel) pela Universidade Federal de Uberlândia (1991), graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1992), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1995) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1997). Atualmente é Professor Titular (MS-6) do Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade de São Paulo (USP // Campus de São Carlos). Recebeu diversas premiações e menções honrosas no Brasil e no Exterior. Foi Editor-Chefe do "Journal of Control, Automation and Electrical Systems", promovido pela Sociedade Brasileira de Automática (SBA), entre 2013 e 2017, e da Revista "Controle & Automação" (em 2012).



é sistemas de potência e energia.

**Beatriz de Lima Tavares** Possui mestrado em Engenharia Elétrica pela UNICAMP em Sistemas Elétricos de Potência, pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho (PUC-Minas) e graduação em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Atualmente é Gerente de Expansão - Reforços e Melhorias na ARGO Transmissão de Energia. Possui experiência em regulação do setor elétrico, planejamento da expansão e análise de operação. Sua área de interesse



**Ana Cláudia Carvalho Barquete** Possui graduação em Engenharia Elétrica - Ênfase em Sistemas de Energia e Automação pela Universidade de São Paulo – USP (2013). Tem 3 anos de experiência na área de projetos de Engenharia Elétrica. Experiência também no setor elétrico, na área de comercialização de energia elétrica, distribuição, geração e transmissão.