

BI Interface for Power Transmission Insulators Health Monitoring

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

Abstract--Asset management has been a keynote in transmission systems in recent times, especially when the health of the devices must be used on decision making. In other hand, to efficiently monitoring a specific asset, several types of data including laboratory tests, climatic variables, mechanical and electrical signals have been taking account. The scenario with heterogeneous databases presents several challenges of integration and to achieve it this work proposes a combination of Data Science, Data Base Management System and a Business Intelligence Interface for Insulators health monitoring in Transmission Systems. Insulators can decrease their functioning in environments with a high level of environmental pollution, such as saline pollution and dust deposition. Therefore, wind and electrical discharges conditions, humidity and others climatic variables can improve the pollution degradation of the insulators, making these variables of huge interest. The stratification of these data can be performed in different ways and these approach uses georeferencing and time stamps to uniformize the information. In the next step, all processed data is stored in the MariaDB data base, which is accessed using Tableau BI Software. The information about insulators is used then in a GUI way, presenting reports, relations between variables and health information of this asset all integrated and processed, so the user can perform a Decision-Making Analysis very quickly and assertive about maintenance. Results will be presented with real data of variables associated with the integrity of insulators installed in a power transmission company and shown that the approach can be used to monitoring the health of other types of assets with great efficiency.

Index Terms—Business Intelligence; Data Science; Insulators Monitoring; Power Transmission.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de P&D regulado pela ANEEL.

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)

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

W. H. Moreira, Argo Energia – São Paulo – SP, Brasil, 04533-013 (e-mail: wallace.honorato@argoenergia.com.br)

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

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

I. NOMENCLATURA

BI – Business Intelligence
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LT – Linha de Transmissão
NACE – National Association of Corrosion Engineers
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico
SE – Subestação
SGDB – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SIG – Sistema de Informação Geográfica

II. INTRODUÇÃO

A satisfação que os clientes observam de um sistema elétrico está intimamente relacionada a dois aspectos relacionados à qualidade da energia: continuidade do fornecimento e atendimento aos níveis de tensão e frequência pré-determinados. De fato, esses dois aspectos estão relacionados à qualidade de energia do ponto de vista do serviço e do produto, respectivamente. [1].

Os sistemas de transmissão são responsáveis por transferir energia em níveis de tensão mais elevados para a operação segura e contínua do sistema, pois interligam as centrais geradoras às subestações de distribuição de energia. A continuidade deste setor pode ser afetada por diversos fatores, mas vale ressaltar que o comportamento de envelhecimento dos isoladores de potência é uma das principais causas envolvidas nos desligamentos não programados, afetando a qualidade do serviço [2].

De acordo com a ONS, utilizando os totais aferidos na última reunião de consolidação de quantitativos de linhas de transmissão e subestações, concluídos em 2021 no Sistema de Transmissão Nacional, a rede básica de transmissão brasileira – que possui linhas de 230 kV a 800 kV – dispõe de uma extensão de 169.914 km, com perspectiva para atingir 201.942 km até o ano de 2026, tendo em conta os totais de linhas indicadas no PARPEL 22/26 [3],[4].

Tendo em vista esse cenário de expansão, o gerenciamento de ativos tem se tornado uma tônica importante para os sistemas de transmissão nos últimos tempos. Assim, para realizar o monitoramento de um ativo específico de forma eficiente, diversos tipos de dados, incluindo testes de laboratório, variáveis climáticas, sinais mecânicos e elétricos, vêm sendo considerados.

Levando em conta que os ambientes aos quais estes dispositivos estão expostos são, muitas vezes, contaminados por poluição de diversos tipos, o processo de envelhecimento

ou favorecimento para o aparecimento de falhas, especialmente descargas parciais, tende a ser acelerado [5]. Deste modo, em ambientes com poluição severa, a degradação dos isoladores de maneira prematura traz riscos à operação do sistema, bem como prejuízos às concessionárias que perdem receitas com desligamentos não programados ou manutenções executadas antes do período estabelecido pelos fabricantes.

A investigação da detecção de avarias em isoladores de potência tem se voltado para as variáveis chaves envolvidas no processo de envelhecimento destes dispositivos. Sabendo que os isoladores podem ter seu desempenho reduzido em ambientes com alto nível de poluição ambiental, a poluição salina, precipitação, condições de vento, descargas elétricas, umidade, temperatura e outras variáveis climáticas podem contribuir para a degradação dos isoladores, tornando essas variáveis de grande interesse.

O cenário com bancos de dados heterogêneos apresenta diversos desafios de integração e para alcançá-lo este trabalho propõe uma combinação de Data Science, Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados e uma Interface de *Business Intelligence* para desenvolver um sistema de monitoramento e análise de variáveis com influência na saúde de isoladores em linhas de transmissão.

III. AQUISIÇÃO E PREPARAÇÃO DOS DADOS

O processo de degradação do desempenho de isoladores frente à deposição de contaminantes é regido pelas seguintes forças: nível de contaminantes em suspensão no ambiente, que é fortemente dependente da localidade; ciclo do equilíbrio termodinâmico da água no ar atmosférico, que é função da temperatura, umidade, pressão atmosférica, condições de vento; maneira pela qual esses contaminantes se depositam na superfície dos isoladores.

Dessa forma, o sistema proposto para avaliação de integridade e estimativa de desempenho de sistemas de isolamento envolvidos no ar atmosférico deve considerar o comportamento histórico de grandezas meteorológicas, como: precipitação, temperatura, temperatura de orvalho; pressão atmosférica, velocidade e direção dos ventos, descargas atmosféricas, entre outros. Além de informações referentes a influência da poluição resultante de queimadas na região, bem como os índices de corrosividade atmosférica que atingem a área monitorada.

A. Dados Meteorológicos

Para realizar o levantamento dos dados referentes as variáveis meteorológicas, foram utilizadas informações fornecidas pelo INMET entre os anos de 2009 e 2021, das 7 estações de coleta de dados do que se encontram disponíveis na região de concessão.

Tendo em vista a distribuição dispersa das informações meteorológicas disponíveis, para estimar os valores desejados para a região monitorada foi necessário a realização de um processo de interpolação dos dados a partir do método Kriging [6]-[13].

Desta forma, os dados meteorológicos disponíveis das 7 estações foram utilizados para a estimação de 18 parâmetros

para cada torre da linha de transmissão, totalizando-se em 2248 torres.

Com base nas informações disponíveis após as interpolações foi possível computar os dados referentes a distribuição dos ventos nas torres das LTs, estratificando-se de grau em grau a incidência do vento, em função da distância da linha.

Enquanto as informações relacionadas com as descargas atmosféricas foram obtidas a partir dos dados fornecidos pelo INPE, no período de 01/11/2011 a 26/10/2020, contemplando aproximadamente 9 anos e com um total superior a 309 mil descargas atmosféricas para a área monitorada. Deste modo, foi possível extrair os dados necessários para análise de densidade e de intensidade de descargas atmosféricas.

B. Corrosividade Atmosférica

Para determinação dos níveis de corrosividade atmosférica da região monitorada, diferentes estudos relacionados a área foram investigados. Deste modo, chegou-se a 3 classificações distintas com base em diferentes métricas.

Assim, a primeira classificação obtida para os níveis de corrosividade atmosférica leva em consideração do Índice de Brooks [14], a segunda tem como base as informações fornecidas pelo NACE, enquanto a terceira é produto do estudo realizado por [15], que faz uso do SIG para estimar as taxas globais de corrosão levando em consideração a salinidade do ar, umidade atmosférica e emissão de SO_2 .

C. Queimadas

Para obtenção das informações referentes as queimadas nos 42 municípios que são atravessados pelas LTs monitoradas, foram utilizados os dados fornecidos pelo INPE a partir da plataforma BDQueimadas que é parte integrante do Programa Cerrado [16]. Desde modo, os dados importados pela plataforma nos possibilitaram extrair informações referentes ao número de focos de incêndio que aconteceram entre o período de 22/09/2020 e 23/09/2021, as coordenadas com o local de cada evento, data e hora do registro, além do bioma da região afetada.

D. Banco de Dados MariaDB

Após a aquisição dos dados, todas as bases processadas foram armazenadas no banco de dados MariaDB, de modo que o SGDB atuasse como repositório acessível para a ferramenta BI Tableau.

A importação dos dados utilizados para a confecção do sistema para o banco de dados criado no MariaDB é realizada a partir da interface HeidiSQL. Uma vez que a importação dos arquivos é realizada, os dados ficam disponíveis para visualização e edição.

Deste modo, foi possível realizar a conexão entre o Tableau e o MariaDB adicionando a base de dados criada no servidor como fonte de dados do Tableau, possibilitando relacionar os arquivos da maneira desejada para utilização das informações armazenadas no desenvolvimento do sistema.

IV. SISTEMA DE MONITORAMENTO

O sistema de monitoramento de variáveis para avaliação de integridade de isoladores em linhas de transmissão foi desenvolvido de modo que fosse possível acessá-lo e realizar todas as análises, tanto em ambiente local, quando via *Web*. Para tal, o sistema foi desenvolvido combinando técnicas de inteligência em banco de dados e *Business Intelligence*, utilizando a ferramenta Tableau.

Ao acessar o sistema, é apresentado ao usuário a tela principal mostrada na Fig. 1, que exibe todos os trechos da linha de transmissão monitorada com dados disponíveis para análise.



Fig. 1. Tela principal do sistema.

A. Atributos Meteorológicos

Ao clicar no botão “Linhas de Transmissão”, o usuário é direcionado a página exibida pela Fig. 2, que apresenta um gráfico que mostra o comportamento global médio dos 18 atributos obtidos a partir da integração de dados meteorológicos disponíveis das 7 estações de coleta do INMET entre os anos de 2009 e 2021, bem como linhas de referência que destacam o valor máximo, médio e mínimo da variável selecionada no perímetro da linha, além de permitir que o usuário possa filtrar diferentes intervalos de torres para uma análise mais aprofundada.

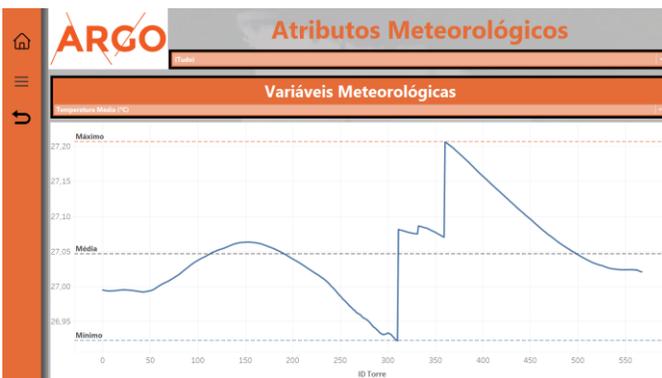


Fig. 2. Análise de atributos meteorológicos.

Deste modo, a partir da ferramenta de seleção localizada na parte superior do gráfico, o usuário pode selecionar os seguintes atributos para análise:

- Acumulado de precipitação (mm);
- Horas com chuva moderada/ano (entre 2.5 e 10 mm/h);

- Horas com chuva forte/ano (entre 10 e 50 mm/h);
- Horas com chuva muito forte/ano (acima de 50 mm/h);
- Ocorrências/ano de rajada de vento entre 30 e 50 km/h;
- Ocorrências/ano de rajada de vento acima de 50 km/h;
- Horas com temperatura entre 25 e 30 °C/ano;
- Horas com temperatura entre 30 e 35 °C/ano;
- Horas com temperatura acima de 35 °C/ano;
- Temperatura média/ano (°C);
- Horas com temperatura de orvalho entre 85% e 95% da temperatura ambiente/ano;
- Horas com temperatura de orvalho maior que 95% da temperatura ambiente/ano;
- Umidade relativa média para as horas com temperatura de orvalho entre 85% e 95% da temperatura ambiente/ano (%);
- Umidade relativa média para as horas com temperatura de orvalho maior que 95% da temperatura ambiente/ano (%);
- Radiação média/ano (mW/cm²);
- Radiação média para temperatura entre 25 e 30 °C/ano (mW/cm²);
- Radiação média para temperatura entre 30 e 35 °C/ano (mW/cm²);
- Radiação média para temperatura acima de 35 °C/ano (mW/cm²).

O sistema foi implementado com o intuito de permitir que todas as análises disponíveis pudessem ser realizadas de forma isolada (ou comparativa) e simultânea para os 5 trechos da LT. Para tal, basta o usuário selecionar quais trechos ele deseja avaliar na janela flutuante localizada na parte superior da página, conforme mostra a Fig. 3.

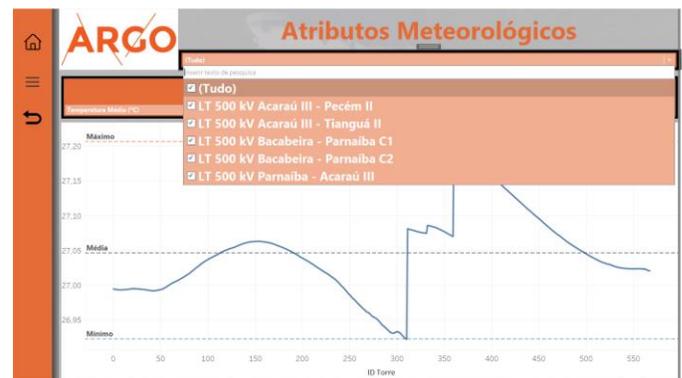


Fig. 3. Seleção de trecho para análise.

Por fim, no menu localizado na área esquerda da página, o usuário pode optar por voltar para página anterior, voltar para página inicial ou navegar por todas as outras análises disponíveis até o momento, como por exemplo, a análise periódica do comportamento temporal das variáveis meteorológicas (Análise Periódica), descargas atmosféricas (Descargas Atmosféricas), distribuição dos ventos (Distribuição dos Ventos), ao grau de corrosividade atmosférica (Corrosividade Atmosférica), focos de incêndio nos municípios que são atravessados pelas LTs (Queimadas) e análise comparativa do comportamento dos atributos mais

relevantes (Análise Comparativa). O menu de seleção de análises pode ser visualizado na Fig. 4.

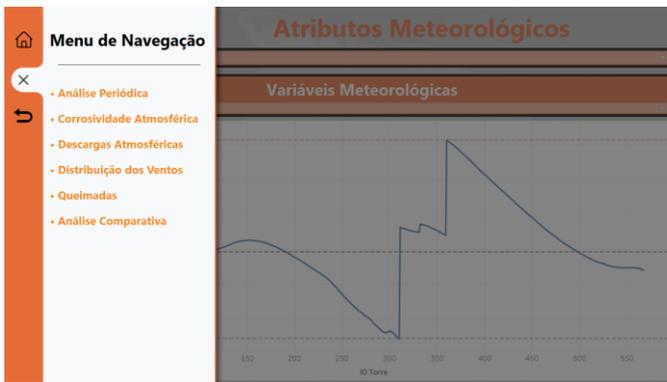


Fig. 4. Seleção do tipo de análise.

B. Análise Periódica dos Atributos Meteorológicos

Caso o usuário pretenda obter informações mais detalhadas a respeito dos atributos meteorológicos em um período de tempo específico, basta ele navegar pelo menu de análises localizado na região esquerda da página e clicar na opção “Análise Periódica” para ser direcionado a página exibida pela Fig. 5, que permite ao mesmo selecionar o período de tempo ao qual deseja avaliar, para realizar uma análise mais aprofundada.

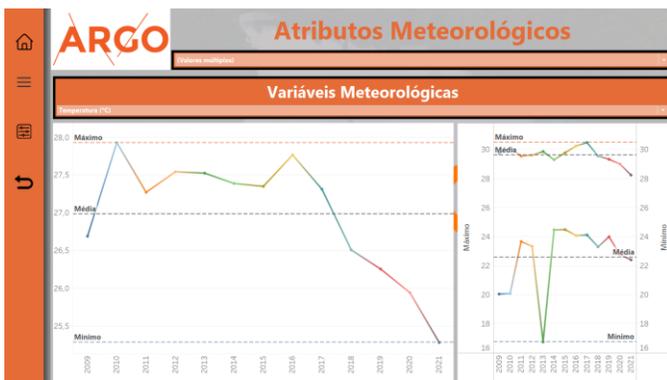


Fig. 5. Análise periódica dos atributos meteorológicos.

Deste modo, o usuário pode realizar diversos tipos de análises podendo selecionar a partir do menu localizado no terceiro ícone do canto esquerdo da página, o ano que deseja avaliar, o trimestre de interesse, meses, até uma resolução máxima de dias, como pode ser visto na Fig. 6.

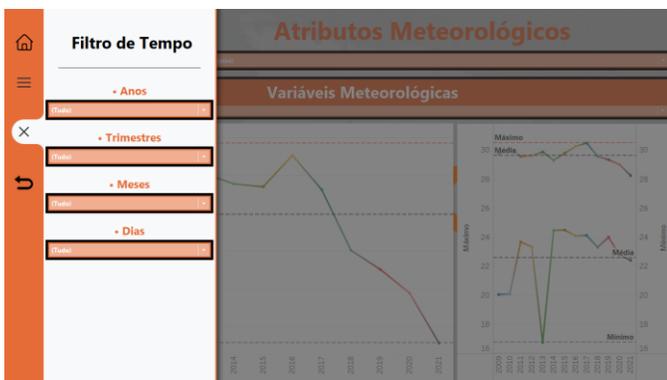


Fig. 6. Seleção do período de análise.

Assim sendo, ao selecionar o período de avaliação pretendido, o usuário poderá visualizar a partir dos gráficos as informações a respeito de 15 atributos obtidos a partir da integração de dados meteorológicos disponíveis das 7 estações de coleta do INMET no intervalo de tempo determinado, sendo possível analisar os seguintes atributos:

- Acumulado de precipitação (mm);
- Precipitação diária média (mm);
- Umidade relativa média (%);
- Umidade relativa máxima (%);
- Umidade relativa mínima (%);
- Temperatura média (°C);
- Temperatura máxima (°C);
- Temperatura mínima (°C);
- Temperatura de orvalho média (°C);
- Temperatura de orvalho máxima (°C);
- Temperatura de orvalho mínima (°C);
- Pressão atmosférica média (N/m²);
- Pressão atmosférica máxima (N/m²);
- Pressão atmosférica mínima (N/m²);
- Radiação global média (mW/cm²).

Além disso, o usuário pode interagir com os gráficos exibidos para que eles alternem entre a apresentação do comportamento anual, trimestral, mensal ou diário da variável, para o período selecionado, como pode ser visto na Fig. 7. O gráfico ainda traz ao usuário o recurso de ordenar o comportamento da variável em ordem temporal, crescente ou decrescente. Deste modo, é possível averiguar não apenas os valores médios dos atributos analisados, mas também o comportamento de cada um deles em todo o trecho da linha avaliado, além do comportamento temporal detalhado, a partir das representações gráficas implementadas.

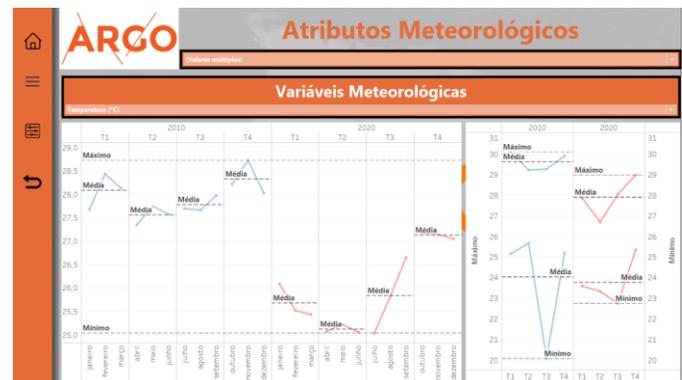


Fig. 7. Interações gráficas.

C. Atributos de Descargas Atmosféricas

Ao selecionar a opção “Descargas Atmosféricas”, o usuário será direcionado para a página exibida pela Fig. 8, que apresenta um gráfico que exhibe no eixo das ordenadas o número de interrupções/100 km de rede para resistência de aterramento de torres e no eixo das abscissas o número de operação das torres da LT e a um mapa aéreo de densidade de descargas atmosféricas do trecho selecionado da LT.



Fig. 8. Atributos de descargas atmosféricas.

O gráfico pode ser observado para todos os valores de resistência de aterramento avaliados (que pode variar de 1 a 40 Ohms), além de permitir a comparação do comportamento do número de interrupções/100 km de rede para valores de resistência de aterramento distintos. Deste modo, para alterar os valores das resistências de aterramento a serem avaliadas, basta o usuário digitar ou arrastar o controle deslizante até os valores desejados.

D. Atributos de Distribuição de Ventos

Ao selecionar “Distribuição dos Ventos” no menu de navegação, o usuário será direcionado para página exibida pela Fig. 9, que apresenta um gráfico que exhibe no eixo das ordenadas a velocidade média do vento (m/s) que incide em cada uma das torres e, no eixo das abscissas o número de operação das torres da LT.

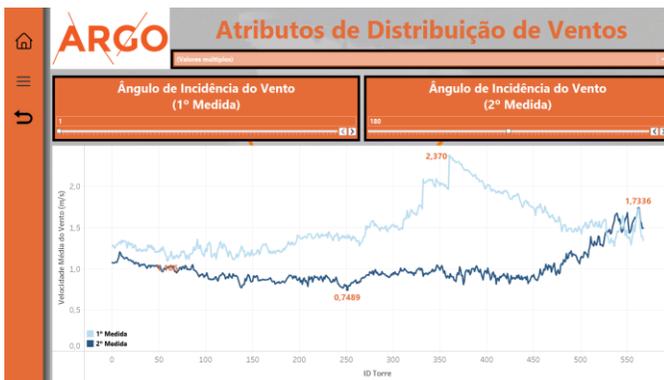


Fig. 9. Distribuição dos Ventos.

Além disso, o gráfico da distribuição dos ventos pode ser visualizado para as direções de 1 a 360 graus, além de permitir a comparação do comportamento dos ventos para dois ângulos distintos. Deste modo, para alterar os ângulos de visualização da incidência dos ventos no perímetro da linha, basta o usuário digitar ou arrastar o controle deslizante até os ângulos desejados.

E. Índice de Corrosividade Atmosférica

Ao clicar em “Índice de Corrosividade” no menu de navegação, o usuário será direcionado para a página exibida pela Fig. 10, onde poderá visualizar três mapas que apresentam a classificação do grau de corrosividade

atmosférica que aflige cada torre pertencente ao trecho analisado da linha de transmissão.

As classificações são realizadas individualmente, de acordo com diferentes mapas de corrosividade atmosférica investigados..



Fig. 10. Mapas de Corrosividade Atmosférica.

F. Focos de Incêndio

Selecionando “Queimadas” no menu de navegação, o usuário será direcionado para a página exibida pela Fig. 11. Nela, ele poderá visualizar um mapa aéreo com as coordenadas de cada torre pertencente aos trechos selecionados, além das coordenadas da localização de cada evento de queimada observado (em azul). O mapa aéreo ainda mostra ao usuário informações a respeito do estado, município, bioma primário e data e hora em que houve a ocorrência do foco de incêndio.

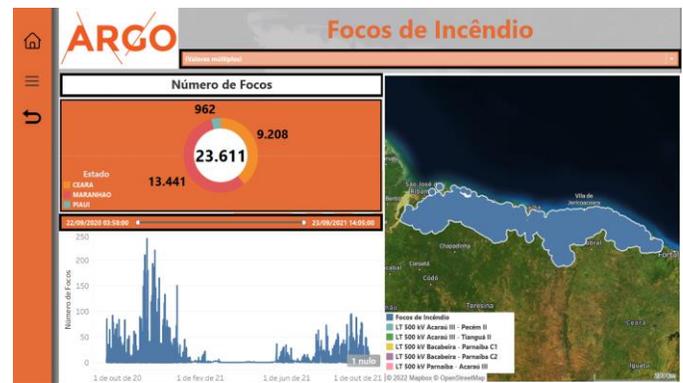


Fig. 11. Focos de incêndio.

Na área esquerda da tela é exibido o número total de focos de incêndio observados nos municípios que são atravessados pelas LTs no período filtrado, bem como o número de focos em cada um dos estados que a linha percorre, juntamente com um gráfico que apresenta o comportamento dos eventos de queimadas no tempo e permite filtrar o período de análise desejado de modo integrado ao mapa aéreo.

Deste modo, o sistema informa ao usuário as informações sobre os focos de incêndio que aconteceram entre o período de 22/09/2020 e 23/09/2021, frente aos 42 municípios que são atravessados pelas LTs, tais como:

- Número de focos de incêndio;
- Local dos focos de incêndio;

- Bioma da região afetada;
- Data e hora do evento.

G. Análise Comparativa

Ao selecionar “Análise Comparativa”, o usuário será direcionado para a página exibida pela Fig. 12. Nesta página, o usuário pode selecionar até 8 atributos distintos para comparar a dinâmica de seus comportamentos no perímetro das LTs. Além de ser possível avaliar a existência de correlações entre os atributos e filtrar o trecho desejado para análise.



Fig. 12. Análise comparativa .

A partir do primeiro gráfico, o usuário pode analisar e comparar os atributos em escala real, enquanto que pelo segundo é possível fazer uma avaliação comparativa comportamental, uma vez que os mesmos são exibidos em uma escala relativa ao percentual representado pelos valores máximos e mínimos observados para as variáveis em questão.

Os atributos disponíveis para realização da análise comparativa para as LTs monitoradas são:

- Densidade de descargas atmosféricas;
- Acumulado de precipitação (mm);
- Temperatura média (°C);
- Radiação média;
- Ventos – Norte;
- Ventos – Leste;
- Ventos – Sul;
- Ventos – Oeste.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de transmissão de energia lidam com uma quantidade enorme e cada vez mais diversificada de dados provenientes de várias fontes. Tendo isso em vista, o sistema confeccionado permite ao usuário interagir com as informações por meio de uma interface do tipo *Business Intelligence*, em um tipo de abordagem que utiliza a filosofia de inteligência em banco de dados e permite a adoção de diversas camadas de abstração de dados, sendo bastante modular e flexível para os propósitos de ciência de dados intrínsecos ao estudo.

Deste modo, o sistema permite ao usuário identificar possíveis locais com risco potencial para ativos de campo, possibilitando prever pontos de deterioração e contribuindo para evitar antecipadamente interrupções não planejadas.

Assim, os recursos fornecidos pelo sistema desenvolvido em plataforma BI colaboram para aumentar a confiabilidade, desempenho e integridade dos ativos.

Por fim, a partir dos resultados obtidos neste trabalho e das análises realizadas, apresenta-se como perspectivas futuras aperfeiçoar o sistema para permitir análises mais aprofundadas no perímetro das subestações, bem como adicionar ao conjunto de dados informações associadas aos aspectos construtivos e operacionais das LTs e SEs, bem como medidas de grandezas resultantes do monitoramento sensorial de isoladores instalados nas subestações como corrente de fuga, emissão eletromagnética de radiofrequência, emissões acústicas e material particulado. Além da incorporação de inteligência artificial com o intuito de auxiliar os profissionais responsáveis no processo de tomada de decisão.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] Shaik, Abdul Gafoor, and Om Prakash Mahela. "Power quality assessment and event detection in hybrid power system." *Electric power systems research* 161 (2018): 26-44.
- [2] Verma, Alok Ranjan, and B. Subba Reddy. "Interpretation of surface degradation on polymeric insulators." *Engineering Failure Analysis* 95 (2019): 214-225.
- [3] ONS. O Sistema em Números. *Operador Nacional do Sistema Elétrico*, 2022. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 22 de mai. 2022.
- [4] ONS. Plano da Operação Elétrica de Médio Prazo do SIN 2022-2026. *Operador Nacional do Sistema Elétrico*, 2022. Disponível em: http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Sumario%20Executivo_PARPEL_2021.pdf. Acesso em: 22 de mai. 2022.
- [5] Petri, Lucas de Paula Santos, et al. "A Portable System for the Evaluation of the Degree of Pollution of Transmission Line Insulators." *Energies* 13.24 (2020): 6625.
- [6] D. R. Jones, M. Schonlau, and W. J. Welch. Efficient global optimization of expensive black-box functions. *J. of Global Optimization*, 13(4):455–492, 1998.
- [7] G. Wang and S. Shan. Review of metamodeling techniques in support of engineering design optimization. *Journal of Mechanical Design*, 129(4):370–380, 2007.
- [8] M.D. Morris, T.J. Mitchell, and D. Ylvisaker. Design and analysis of computer experiments: use of derivatives in surface prediction. *Technometrics*, 35(3):243–255, 1993.
- [9] J. Staum. Better simulation metamodeling: The why, what, and how of stochastic kriging. In: *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 2009.
- [10] M. C. Kennedy and A. O'Hagan. Predicting the output from a complex computer code when fast approximations are available. *Biometrika*, 87:1–13, 2000.
- [11] I. Guyon and A. Elisseeff. An introduction to variable and feature selection. *Machine Learning*, 3:1157–1182, 2003.
- [12] V. R. Joseph, Y. Hung, and A. Sudjianto. Blind kriging: A new method for developing metamodels. *ASME Journal of Mechanical Design*, 130(3):031102–1–8, 2008.
- [13] A.I.J. Forrester, A.J. Keane, and N.W. Bressloff. Design and analysis of "noisy" computer experiments. *AIAA Journal*, 44(10):2331–2336, 2006.
- [14] Karolina Slamova, Christian Schill, Stefan Wiesmeier, Michael Köhl, and Rüdiger Glaser "Mapping atmospheric corrosion in coastal regions: methods and results," *Journal of Photonics for Energy* 2(1), 022003 (29 June 2012). <https://doi.org/10.1117/1.JPE.2.022003>.
- [15] Pannoni, F. D. *Projeto e Durabilidade: Manual de Construção em Aço*. 2ªed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2017.
- [16] INPE. *Banco de Dados de queimadas*. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acesso em: 22 de jan. 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 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). Atualmente, é aluna de Doutorado da Universidade de São Paulo, na área de Sistemas Dinâmicos. 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.



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 é sistemas de potência e energia.



Wallace Honorato Moreira Engenheiro Eletricista com experiência em obras de Linhas de Transmissão de 138 à 800 kV, com atuação nas etapas de elaboração de Projeto Básico e Executivo, Serviços Preliminares de Engenharia (Topografia e Sondagem), Gestão de Projetos de Obras de Linhas de Transmissão, Fornecimento de Materiais e Acompanhamento das obras de Construção das LTs. Atualmente, ele tem desempenhado o cargo de

Gerente de Novos Negócios da ARGO Energia.



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.



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, IEEB 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). Atualmente, desempenha o papel de Editor-Chefe Emérito do Journal of Control, Automation and Electrical Systems", e de Editor-Associado da "Polytechnica (SPRINGER)". É integrante do Comitê Técnico "Computers for Control" do IFAC (International Federation of Automatic Control). Atua como revisor de artigos submetidos em mais de 25 periódicos científicos internacionais. É assessor científico da FAPESP, CNPq, CAPES, FAPEMIG, FACEPE, FAPESPA e Fundação Araucária (Governo do Paraná). Possui mais de 80 artigos publicados em periódicos nacionais/internacionais e mais de 380 artigos completos em anais de eventos científicos. Possui 8 livros publicados (incluindo 2 organizações de obra, sendo ainda autor de 19 capítulos de livros já também publicados). Orientou 39 dissertações de mestrado (incluindo 2 co-orientações) e 28 teses de doutorado (incluindo 3 co-orientações). Já coordenou mais de 10 projetos de pesquisa fomentados por agências públicas. Participou em mais de 190 bancas de mestrado/doutorado. Possui 7 patentes depositadas junto ao INPI. É fundador e coordenador do Laboratório de Automação Inteligente de Processos e Sistemas (LAIPS) da USP, sendo também coordenador do respectivo grupo de pesquisa certificado pelo CNPq. Suas áreas de pesquisas incluem temas relacionados à automação inteligente de processos envolvendo sistemas elétricos de potência, controle inteligente de máquinas e equipamentos elétricos, projeto de arquiteturas de sistemas inteligentes, identificação e otimização de sistemas.