

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

CRIAÇÃO DE UM MAPA DE POLUIÇÃO DO BRASIL PARA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ISOLADORES DE SISTEMAS DE TRANSMISSÃO

**FREDERICO TASSI DE SOUZA SILVA(1);RICARDO WESLEY SALLES GARCIA(1);ARTHUR LINHARES
ESTEVES DOS REIS(1);JOÃO CLAVIO SALARI FILHO(1)
CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELETRICA CEPEL(1)**

RESUMO

O sistema elétrico brasileiro carece de informações mais apuradas das características de poluição dos locais onde estão localizadas as linhas de transmissão, o que pode levar, em algumas situações, a falhas nos isoladores com pouco tempo de operação. Por conta disso, o CEPEL tem trabalhado no desenvolvimento de um programa computacional para mapeamento das características de poluição das diversas regiões do país, de modo que ele possa auxiliar, dentre outras coisas, em projetos de coordenação de isolamento, utilizando uma abordagem que faz o cruzamento entre as experiências operacionais ao longo dos anos, experiências com estações de ensaios e características ambientais de domínio público.

PALAVRAS-CHAVE

Mapa de poluição, aspectos ambientais, dimensionamento de isoladores, coordenação de isolamento

1.0 INTRODUÇÃO

A confiabilidade de sistemas de transmissão de energia elétrica é um fator cada vez mais importante para a sociedade moderna, pois a economia global exige energia com alta qualidade de fornecimento e os consumidores estão mais conscientes de seus direitos, obrigando as concessionárias prestadoras do serviço a desenvolver mecanismos para minimizar interrupções e garantir tais características, sofrendo pesadas multas se metas pré-estabelecidas não são cumpridas. Portanto, ser capaz de prevenir discontinuidades no fornecimento de energia elétrica é primordial no contexto atual das empresas do setor de energia elétrica.

Manter uma linha de transmissão em boas condições de funcionamento demanda um alto investimento tanto em equipamentos quanto em mão de obra. A confiabilidade exigida e as graves consequências no caso de uma interrupção no fornecimento de energia elétrica levam as empresas a buscar métodos e equipamentos cada vez mais eficientes, visando evitar ao máximo a interrupção e, caso estas ocorram, reduzir eficientemente o tempo e o custo de reparo.

As falhas em isolamentos elétricos são as principais causas das interrupções no fornecimento de energia elétrica aos diversos consumidores, então, o desempenho das linhas de transmissão de energia está diretamente relacionado com o desempenho dos seus isoladores.

Descargas disruptivas que ocorrem por problemas de poluição são uma das principais causas de falhas de isoladores de linhas de transmissão e, por esse motivo, estes precisam ser dimensionados adequadamente levando-se em consideração as características ambientais da região (ou regiões) onde serão instalados.

A severidade da poluição pode ser obtida a partir de medições no local, de informações sobre o comportamento de isoladores próximos, por simulações ou através de tabelas, como a apresentada na Especificação Técnica ABNT IEC/TS 60815-1 [1], definindo cinco níveis, entre muito leve e muito pesado, a partir de exemplos de ambientes típicos. Em um país de escala continental, essa informação é muito diversificada, além de ser dinâmica. Dessa forma, a elaboração de um mapa de poluição com informações relevantes de determinadas regiões, que podem ser obtidas através de dados ambientais atualizados da literatura, pode ser de grande importância em todo esse processo.

Adicionalmente aos aspectos ambientais, pretende-se que experiências passadas de concessionárias locais sejam consideradas na caracterização das regiões, englobando algumas informações como dados e requisitos do sistema, características nominais do sistema e equipamentos, dados de manutenção, tipo de torre e estrutura, histórico de lavagem da cadeia de isoladores, condições de poluição avaliadas em isoladores instalados, rotas das linhas, observações de descargas, parâmetros dos isoladores, relatos de incidentes, dentre outros.

A partir das análises de todas as informações, o programa computacional em desenvolvimento permitirá correlacionar as regiões em que mais ocorrem as descargas disruptivas por causa de problemas de poluição em isoladores com as características ambientais locais. Uma determinada região, mesmo que teoricamente não tenha as características ambientais mais propícias ao acúmulo de poluição na cadeia de isoladores, pode ser classificada num grupo de risco por conta da experiência da concessionária no local que mostrou que ocorre um número

grande de desligamentos por poluição ou outros problemas que podem comprometer a confiabilidade da linha naquele local.

O mapa vai atender a demanda de empresas que trabalham com planejamento de expansão, transmissão, fabricantes de isoladores, por um material que consiga englobar tudo que se tem de mais atualizado de informações ambientais e experiências de todo o setor elétrico nacional.

2.0 POLUIÇÃO EM ISOLADORES

2.1 TIPOS DE POLUIÇÃO

Uma atmosfera poluída, sob o ponto de vista elétrico, é uma atmosfera que propicia a formação em superfícies isolantes de uma camada composta por materiais que ao serem dissolvidos em água, formam soluções condutoras. O desempenho de um isolador sob poluição é determinado por interações dinâmicas com o ambiente e pode ser avaliado por ensaios de poluição natural (imprecisos e realistas) e artificial (mais precisos e menos realistas).

Os tipos de poluição de acordo com a norma [1] são do tipo A e B. O tipo A ocorre quando componentes solúveis se encontram na superfície do isolador e ao serem umidificados geram um caminho condutivo para a descarga elétrica. Eles possuem uma camada não solúvel que forma uma camada de fixação para a poluição solúvel. São mais bem quantificados através da medição da densidade de depósito de sal equivalente (DDSE) e densidade de depósito não solúvel (DDNS).

Quanto ao mecanismo de formação da descarga tem-se que os contaminantes solúveis com névoa ou chuva formam uma camada condutiva na superfície e podem conduzir a um flashover iminente. A camada pode conduzir correntes de fuga, que sob estresse elétrico, produzem aquecimento e secagem não uniforme da camada de poluição, criando bandas secas. Essas áreas podem interromper o fluxo da corrente. As bandas secas estão em série eletricamente com a resistência da camada de poluição úmida e pulsos rápidos de corrente circulam. Ocorre uma concentração de campo elétrico nas regiões de banda seca e quando o gradiente de tensão nessa região supera sua suportabilidade, arcos parciais começam a ocorrer. Se a resistência da camada úmida for baixa, a corrente aumenta e o arco se mantém ativo. Se o arco se propaga pela camada condutiva, o flashover ocorre. O processo é mostrado na Figura 1.

O tipo B engloba os eletrólitos líquidos que poluem o isolador, e são caracterizados pela medição da condutância da camada poluída ou da corrente de fuga. Como exemplos, temos névoa condutiva, pulverização de culturas, névoa química, chuva ácida, dejetos de aves, dentre outros.

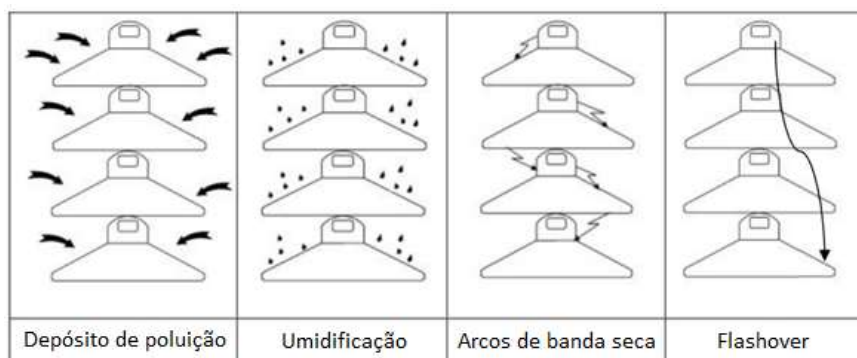


Figura 1 - Mecanismo de flashover em uma superfície hidrofílica de um isolador contaminado

2.2 TIPOS GERAIS DE AMBIENTES

A norma [1] classifica os ambientes em cinco tipos, os quais descrevem as características de poluição típica para a região. São eles:

- Deserto: sais que se dissolvem lentamente combinado com chuva escassa causam uma limpeza natural menos efetiva. Descarga ocorre com frequência na umidificação por orvalho;
- Costeiro: poluição depositada por conta do vento e névoa. A limpeza natural dos isoladores é efetiva, pois é composta por sais de alta solubilidade;
- Industrial: ambiente com partículas como depósitos metálicos, gases, que elevam o grau de DDNS da superfície do isolador;
- Agrícola: submetidas à aração, pulverização de culturas, produtos químicos, fezes de aves, queimada etc. Possuem um DDNS de médio a alto;
- Interior: não há identificação de fonte de poluição.

2.3 SEVERIDADE

A severidade da poluição local (SPL) é o valor máximo de DDSE e DDNS ou da SEL (salinidade equivalente local) medidos durante um período escolhido de acordo com as necessidades. Pode ser feita a partir de medições

no local, a partir de informações sobre o comportamento de isoladores próximos, simulações ou através de tabelas da norma [1].

A medição local pode ser feita em isoladores de referência para locais com poluição do tipo A ou pela salinidade (SEL) a partir de corrente de fuga ou condutância para poluição do tipo B. A norma [1] define cinco classes de poluição para caracterizar a SPL: muito leve, leve, média, pesada e muito pesada.

A correspondência entre SPL e os valores de DDSE e DDNS deduzidos de medições do campo, experiências e ensaios de poluição para isoladores tipo disco e bastão são mostrados na Figura 2 para poluição do tipo A. Para níveis de DDNS muito elevados têm-se poucos dados a respeito e um estudo mais aprofundado deve ser realizado.

Os exemplos E1 a E7 dessas figuras mostram níveis de SPL típicos apenas para isoladores de referência, onde E1 representa um ambiente menos poluído e E7 é um ambiente diretamente submetido a condições de poluição, baseado, dentre outros fatores, na distância para fontes de poluição humana, direção do vento, que traz os poluentes, lavagem mensal regular pela chuva, neblina densa (ou chuvisco) após uma longa estação de acumulação de poluição seca (várias semanas ou meses), chuva forte com elevada condutividade, alto valor de DDNS (5 a 10 vezes o valor do DDSE por exemplo, se a região está submetida diretamente a borrisos de água do mar ou névoa salina densa ou submetida diretamente a contaminantes com elevada condutividade, ou poeira de cimento com elevada densidade e frequente umidificação por névoa ou chuvisco).

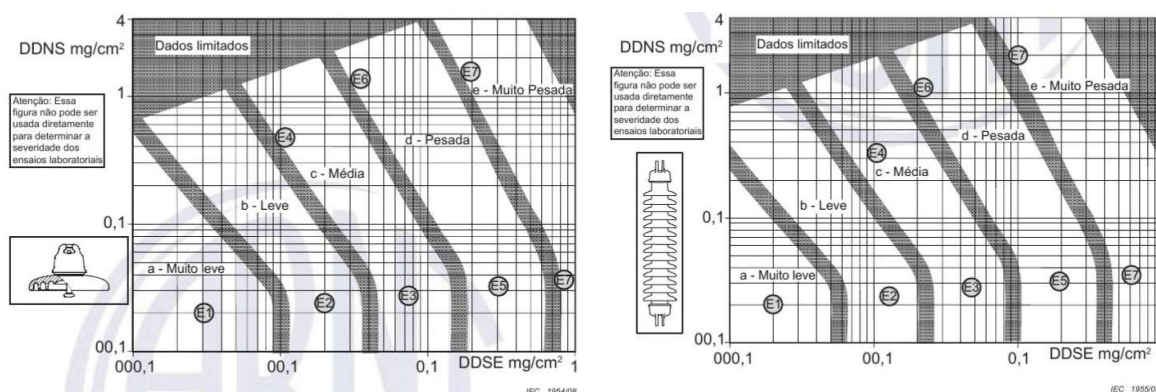


Figura 2 - Severidade da poluição tipo A - relação entre DDSE/DDNS e SPL para o isolador de vidro e bastão [1]

Os valores dessas figuras são baseados no depósito natural de poluição na superfície dos isoladores de referência. Essas figuras não podem ser usadas para determinar a severidade em ensaios laboratoriais. A norma diz que se estiverem disponíveis informações de âmbito local ou nacional como um mapa de poluição, classes específicas podem ser sobrepostas às apresentadas. O objetivo deste relatório é apresentar uma proposta para elaboração deste mapa, para que o usuário não se limite apenas aos níveis e classificações encontrados na norma para o dimensionamento de cadeia de isoladores em sistemas de transmissão.

2.4 SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO

A norma [1] ou a equivalente em inglês [2] tem como um dos objetivos identificar influências do ambiente no comportamento de isoladores sob poluição e auxiliar na escolha da melhor abordagem para o projeto de seleção do isolador com base nos dados, tempo e recursos disponíveis.

O processo geral de seleção e dimensionamento do isolamento envolve determinar as abordagens apropriadas dependendo dos dados disponíveis, tempo e recursos envolvidos, coletar os dados necessários (tensão do sistema, isolamento aplicado etc.), coletar os dados do ambiente (severidade local), pré-selecionar isoladores adequados, determinar a DDEU (Distância de Escoamento Específica Unificada) de referência para os isoladores utilizando estações de ensaio, adequar isoladores quando ao tamanho, perfil e outras solicitações do sistema.

Dentre os requisitos do sistema que influenciam no processo de seleção e dimensionamento de um isolador podemos destacar o tipo de sistema, se é corrente alternada ou contínua (o isolamento para corrente contínua pode requerer uma distância de escoamento maior), a tensão máxima de operação e parâmetros da coordenação de isolamento como sobretensões (transitórias são descartadas e as temporárias que ocorrem devido a rejeição súbita de carga ou falhas não podem ser ignoradas), distâncias de isolamento, geometria imposta e dimensões (ex: condutores isolados, perfis de torres mais atípicos etc.).

Além disso, condições ambientais como chuva, névoa, neblina, temperatura e umidade, altitude, vento, descargas atmosféricas, vandalismo, animais e crescimento biológico, também influenciam, assim como características nominais do isolador como tipo, material, perfil, dimensões, projeto elétrico e mecânico.

A abordagem 1 leva em conta experiências operacionais ao longo dos anos e experiências com estações de ensaios durante alguns anos de investigação, dependendo do nível de severidade da poluição e características do ambiente (se tiver um mapa de poluição disponível, essa se torna a abordagem escolhida pois é mais rápida, e será segura). Na abordagem 2 leva-se no mínimo um ano para medição da severidade local. Sua estimativa é feita através de pesquisas e para ensaios laboratoriais varia de semanas a meses dependendo da escala dos ensaios.

Nos anexos da norma encontram-se guias para uso em ensaios laboratoriais e métodos determinísticos e estatísticos para a seleção de isoladores pela severidade da poluição. A abordagem 3 utiliza a DEEU mínima requerida e os fatores de correção da norma.

2.5 MATERIAIS E PERFIS

Embora a escolha do material do isolador possa ser moldada pelas restrições do ambiente, decisões políticas e econômicas também estão envolvidas nesse processo, sendo os mais tradicionais a porcelana e o vidro [3], embora se perceba um grande uso de materiais poliméricos [4] em isoladores nas áreas com poluição.

A norma ainda prevê a escolha de diferentes tipos de perfis para o isolador (tipo disco padrão, aerodinâmico, antipoluição, isolador com nervuras profundas, saias íngremes etc.) a depender das variações da natureza do poluente. A seleção adequada de isoladores se baseia nos requisitos do sistema e nas condições ambientais do local onde serão instalados.

Diversos outros fatores devem ser observados na escolha do isolador, como efeito de proximidade (a descarga causada pela poluição gera diferentes distribuições de campo elétrico), regiões áridas (onde os valores de DDSE e DDNS são muito elevados), realização de manutenções preventivas (limpeza, aplicação de esmaltes semicondutores, coberturas hidrofóbicas etc.). Para isoladores de vidro e porcelana, a relação entre a classe SPL e a DDEU é dada pela Figura 3. A distância de escoamento mínima requerida resultante da correção da DDEU é mostrada na seção 11 da norma IEC 60815-2.

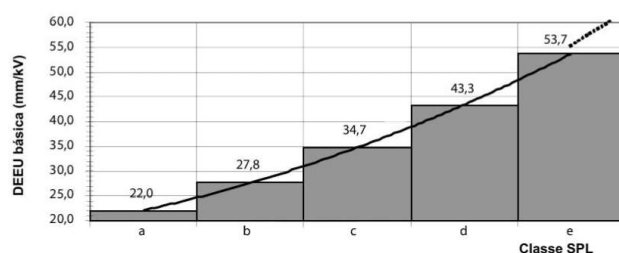


Figura 3 - DEEU em função da classe SPL [3]

3.0 CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

3.1 METODOLOGIA

Através de dados ambientais e outras informações existentes do território brasileiro, o programa AmbLT desenvolvido pelo CEPEL tem a função de gerar mapas com características particulares que auxiliam na avaliação de parâmetros importantes no âmbito do planejamento de linhas de transmissão, tornando possível identificar o meio ambiente no qual o projeto está inserido, possibilitando uma avaliação mais criteriosa do mesmo. O mapa de poluição se hospeda na mesma plataforma do AmbLT, compartilhando de suas funcionalidades.

3.2 AQUISIÇÃO DE DADOS

Os principais parâmetros ambientais que constam no AmbLT são oriundos das Normais Climatológicas do INMET, cujos dados foram calculados a partir de informações de mais de 440 estações meteorológicas no período de 1981 a 2010. Alguns parâmetros foram calculados a partir de dados atualizados retirados dos mapas supracitados segundo fórmulas normatizadas como densidade relativa do ar, densidade relativa do ar mínima, massa específica do ar, umidade absoluta.

Algumas outras informações de caracterização do território brasileiro, como os climas zonais, o tipo de vegetação, os principais biomas e uso do solo foram retirados de outras fontes. Elas compõem o banco de dados com informações de todo o território nacional, tornando possível a associação de características em comum a fim de se identificar regiões com perfis que atendam a determinadas demandas.

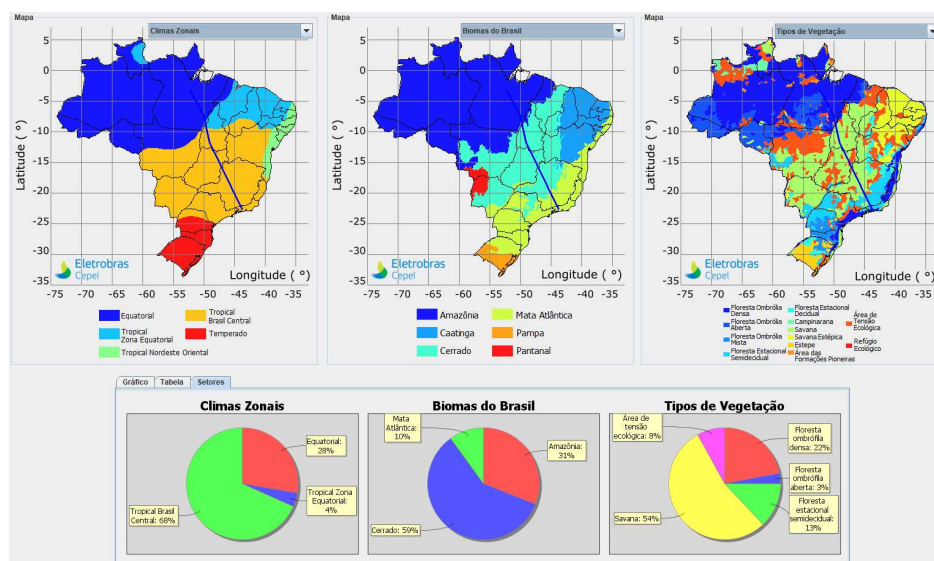


Figura 4 - Mapas com algumas características ambientais e distribuição percentual das mesmas em toda a linha

Além dos diversos parâmetros ambientais descritos anteriormente, ainda há a possibilidade de inserir demais dados que se julguem relevantes no âmbito de estudos de poluição como densidade de descargas atmosféricas locais, altitude, declividade, formas do terreno, dentre outras. Através do AmbLT é possível visualizar a distribuição percentual de determinadas características ao longo da linha em análise, facilitando a identificação de regiões mais expostas a diversos problemas (Figura 4).

3.3 INTERFACE

A interface gráfica de usuário principal do programa AmbLT desenvolvida é ilustrada nas Figura 5 e Figura 6. A janela é dividida em três painéis: Dados, Mapa e as abas de Resultados.

O mapa é uma projeção cilíndrica do território brasileiro, em que cada pixel representa um valor lido no banco de dados, sendo referente a um quadrado com lado igual a um décimo de grau de latitude e de longitude, o que equivale a aproximadamente 11 km de extensão (na altura da linha do equador).

O Manual de Uso do programa [5], contém uma descrição detalhada de todos os campos de dados de entrada que devem ser fornecidos pelo usuário, bem como a descrição dos resultados apresentados, através de mapas, gráficos e tabelas.

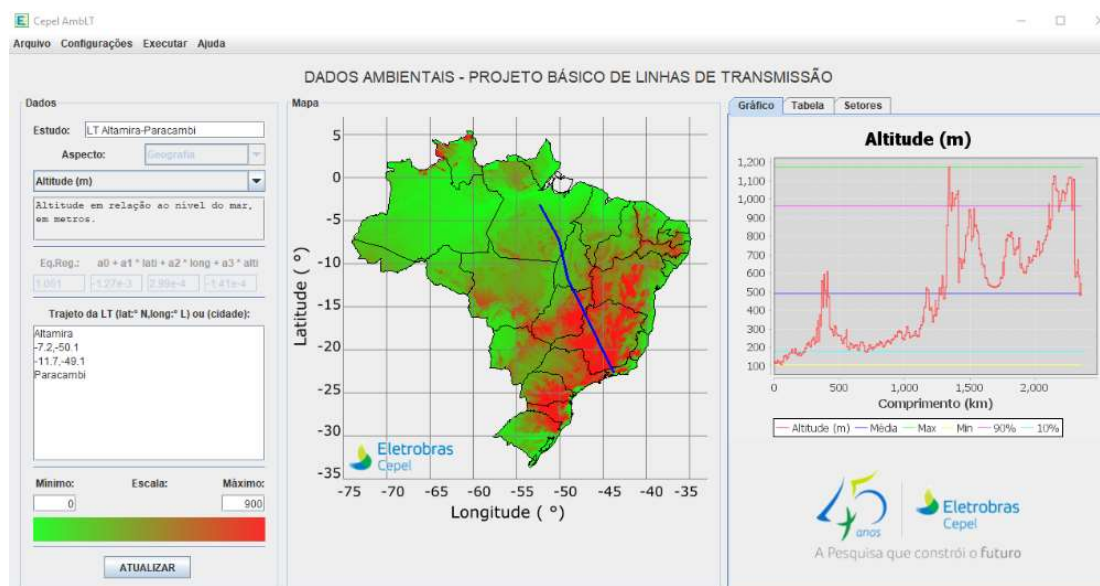


Figura 5 - Interface do programa AmbLT com destaque para a LT Altamira-Paracambi - linha azul no mapa (AmbLT)

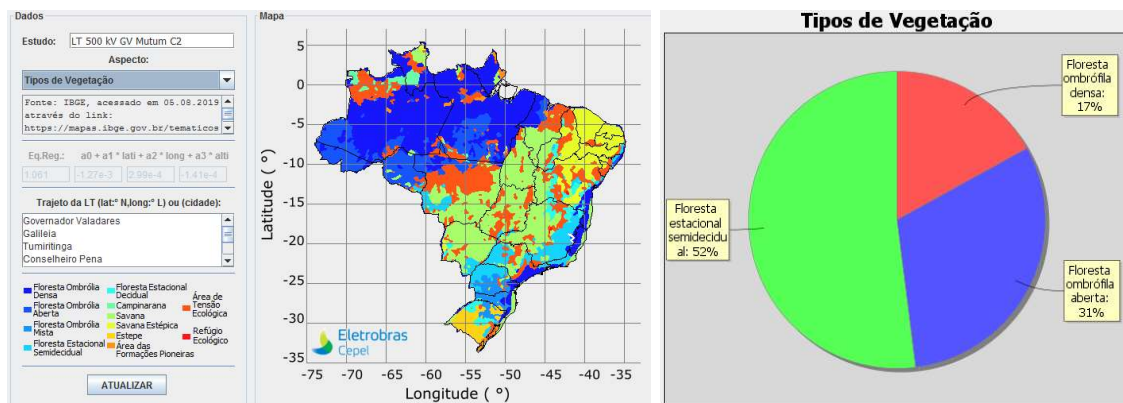


Figura 6 - Distribuição de vegetação para a linha GV – Mutum de 500 kV (AmbLT)

4.0 PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE UM MAPA DE POLUIÇÃO

4.1 INTRODUÇÃO

A partir da fundamentação teórica apresentada, sugere-se o desenvolvimento de um mapa que possa classificar diversas regiões do país quanto às características de poluição. O mapa cruza os dados reais de concessionárias com as diversas características ambientais disponíveis no módulo AmbLT. Dessa forma, torna-se possível obter um perfil de poluição ao longo de toda a extensão de uma linha de transmissão e mostrado como um mapa disponível no ambiente AmbLT do Elektra.

4.2 AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÕES

A fim de que experiências passadas sejam usadas na seleção de isoladores em projetos de linhas de transmissão um primeiro passo é a criação de um formulário online a ser respondido pelas concessionárias, englobando as informações já disponíveis, como:

- Identificação da concessionária
 - Nome, descrição, dados do representante para contato;
 - Descrição das regiões que abrange:
 - Linhas
 - Torres;
 - Subestações;
- Identificação das estações
 - Dados e requisitos do sistema
 - Tensões nominais do sistema;
 - Características nominais dos equipamentos;
 - Dados sobre manutenção;
 - Tipo do sistema;
 - Tipo de torre e estrutura;
 - Distâncias de isolamento;
 - Histórico de limpeza, lavagem etc.;
- Condições ambientais e de poluição
 - Informações sobre o clima;
 - Mapas das regiões cortadas pela linha;
 - Rotas das linhas;
 - Caracterização do tipo de poluição observada (A, B ou combinação);
 - Níveis de poluição;
 - Observações de descargas atmosféricas ou vandalismo;
 - Históricos de medição de poluição;
- Parâmetros dos isoladores
 - Abordagens utilizadas para definir o isolamento (se aplicável);
 - Características nominais das cadeias de isoladores;
 - Fator de poluição adotado no dimensionamento, se for conhecido;
- Relatos de incidentes
 - Localização e hora do ocorrido;

- Condições meteorológicas antes, durante e depois do evento (se aplicável);
- Registro de quaisquer outros eventos observados.

Sabendo-se que muitas concessionárias não possuem esses históricos de forma acessível ou simplesmente não fazem este tipo de registro, a ampla divulgação da proposta deste mapa pode estreitar as relações com as empresas no sentido de haver uma ajuda mútua na realização de futuras medições de DDSE/DDNS, compartilhamento de informações de qualquer evento que venha a ocorrer em uma inspeção ou manutenção na linha ou subestação e que pode ser de interesse no aspecto da poluição, ou ainda relação a instalação de isoladores teste para medições nas torres ou medição da composição química das soluções coletadas.

4.3 METODOLOGIA

O mapa analisará as informações disponíveis das concessionárias, os dados ambientais e vai escolher valores de severidade de poluição entre muito leve, leve, média, pesado e muito pesada para cada ponto do mapa, tendo a precisão dos mapas do módulo AmbLT, mas podendo ser estendido para qualquer tamanho de quadrícula mediante a precisão das informações que se tenha disponíveis.

Cada característica ambiental analisada terá uma influência diferente de acordo com a sua importância na avaliação da característica de poluição de uma região, e cada experiência de medição de DDSE/DDNS, ou cada registro de descarga por parte das concessionárias serão levados em conta através de variáveis de controle, de modo a considerar a influência das características umas nas outras.

A elaboração do mapa utilizará o método da interpolação, que prevê valores para células em um *raster* a partir de um número limitado de pontos de dados de amostra. Ele pode ser usado para prever valores desconhecidos para qualquer ponto geográfico caso só haja informações disponíveis de pontos vizinhos.

O método de otimização utilizado no desenvolvimento do módulo computacional é embasado na teoria da seleção clonal e possui funções baseadas em algoritmos de seleção negativa. O fluxograma explicativo é mostrado na Figura 7.

Os métodos heurísticos são a alternativa atual para os modelos matemáticos de otimização. Eles realizam buscas locais com a orientação de regras e/ou sensibilidades (regras heurísticas) lógicas ou empíricas. Essas regras são usadas para gerar e classificar as opções durante a busca. O processo de heurística é realizado até que o algoritmo de geração não seja mais capaz de encontrar uma resposta melhor, considerando os critérios de avaliação que foram estabelecidos.

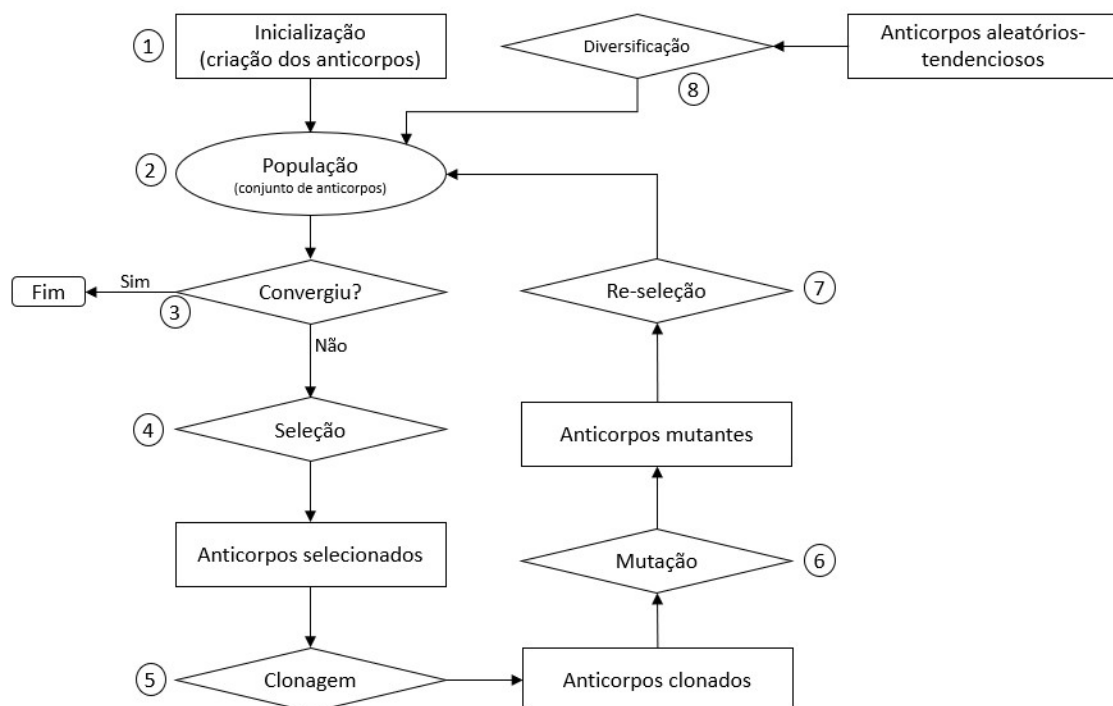


Figura 7 - Fluxograma proposto do método de otimiza o baseado no algoritmo de sele o clonal (Adaptado de [9])

As etapas numeradas (1-8) são descritas a seguir.

1. Uma popula o inicial   gerada contendo anticorpos variados, ou seja, uma soluço inicial contendo níveis de polui o aleatórios para cada pixel do mapa. Caso haja algum valor de polui o previsível, através dos dados obtidos pelas concessionárias, alguns anticorpos (solu es) podem conter estes valores, induzindo uma melhor resposta no algoritmo.

2. A população é o conjunto de possíveis soluções, cada uma com um possível nível de poluição para cada pixel do mapa.
3. A convergência do problema se dá pelo limite do número de gerações pré-estabelecido, ou seja, o número de iterações escolhidas para o algoritmo.
4. Avalia-se cada anticorpo (solução) verificando-se todas as características ambientais e dados de concessionárias disponíveis e classificando-os de acordo com um grau de proximidade com a solução. Por exemplo, anticorpos que indiquem regiões como poluição leve, mas que contenham dados de concessionárias com altos históricos de desligamento por poluição tendem a ser descartados ou sofrerem outros processos descritos nas outras etapas.
5. O processo de clonagem é a replicação dos anticorpos mais bem avaliados em detrimento daqueles menos avaliados de acordo com taxas de clonagem pré-estabelecidas.
6. Nesta etapa, os níveis de poluição dos anticorpos são trocados aleatoriamente de modo a criar anticorpos mais resistentes aos antígenos, ou seja, soluções mais bem avaliadas. O número de pixels que sofrem mutação, a quantidade de mutações a serem realizadas na população são controlados por taxas de mutação e variáveis de controle, que são ajustadas conforme a observação do processo.
7. Avalia-se a população (de mutantes) da mesma forma que na etapa 4. Os melhores anticorpos (soluções) passam a compor a população. A quantidade de anticorpos que farão parte da nova população é definida de acordo com taxas pré-definidas e ajustadas durante a observância dos processos.
8. Nesta etapa, substitui-se um determinado número de anticorpos de baixa afinidade, ou seja, aqueles que no processo de seleção apresentaram alguma restrição às condições de contorno ou soluções de baixa qualidade como por exemplo variação brusca de níveis de poluição em pixels próximos uns dos outros. Eles são substituídos por uma população que mistura anticorpos aleatórios com algumas soluções mais tendenciosas, com valores de níveis de poluição já conhecidos pelos dados de concessionárias por exemplo, ou regiões que contenham mais informações disponíveis e que se conhece seu comportamento com mais propriedade.

Os valores de taxas de mutação, clonagem, diversificação, números de anticorpos, iterações etc. vão depender de uma análise do algoritmo em decorrência da inserção dos primeiros dados das concessionárias recebidos. As informações serão processadas de modo que possam compor uma base de dados e influenciar a classificação de determinadas regiões. Uma determinada região, mesmo que não tenha as características ambientais mais propícias ao acúmulo de poluição na cadeia de isoladores, pode ser classificada num grupo de risco por conta da experiência da concessionária no local que mostrou que ocorre um número grande de desligamentos por poluição ou outros problemas que podem comprometer a confiabilidade da linha.

4.4 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, o módulo precisa ser alimentado com dados reais de isoladores disponíveis no mercado, de variados preços, modelos e tipos, e de algum modo ter representadas suas características dimensionais e relativas ao seu comportamento sob regiões de poluição. Todas as decisões devem estar respaldadas pelas informações retiradas das normas técnicas vigentes.

Os softwares de otimização recebem as informações processadas e juntamente com os demais módulos realiza os cálculos para dimensionamento, custeio e otimização das linhas de transmissão em estudo, não se limitando apenas em características únicas como distância de escoamento mínima da cadeia de isoladores.

5.0 CONCLUSÃO

O mapa de poluição proposto vai conseguir correlacionar as regiões em que mais ocorrem as descargas disruptivas por causa de problemas de poluição em isoladores com as características ambientais locais, e otimizar a escolha da cadeia de isoladores a ser utilizada nas torres de transmissão, sugerindo configurações que apresentem o menor custo sem violar as restrições da rede. Por conter dados atualizados e relevantes, os resultados obtidos podem levar a uma melhoria na precisão e confiabilidade destes estudos.

A integração do mapa ao Elektra, que trata de todas as outras características a serem analisadas no cálculo, otimização, custeio e pré-projeto de linhas de transmissão, torna-se apropriada porque pode impactar nos resultados de custos globais quanto à escolha dos isoladores para um determinado trecho de uma linha de transmissão. O mapa pode auxiliar ainda engenheiros de equipamentos que trabalham em subestações, profissionais de qualquer âmbito do planejamento em sistemas elétricos.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT IEC/TS 60815-1:2014 – “Seleção e dimensionamento de isoladores para alta tensão para uso sob condições de poluição – Parte 1: Definições, informações e princípios gerais”.
- [2] IEC 60507:2013 - “Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems.
- [3] ABNT IEC/TS 60815-2:2014 – “Seleção e dimensionamento de isoladores para alta tensão para uso sob condições de poluição – Parte 2: Isoladores de porcelana e de vidro para sistemas de corrente alternada”.

- [4] IEC 60815-3:2015 - "Seleção e dimensionamento de isoladores para alta-tensão para uso sob condições de poluição – Parte 3: Isoladores poliméricos para sistemas de corrente alternada"
- [5] Manual de uso do AmbLT – Relatório Técnico Interno
- [6] ABNT. Norma Técnica NBR 5422: Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil, 1985.
- [7] A.L.E. Reis, J.C. Salari Filho. A methodology for insulation coordination for overhead transmission line design, in XIV SEPOPE, Recife, Brasil, 2018.
- [8] A.L.E. Reis, J.C. Salari Filho, L.F. Estrella Junior. Coordenação de isolamento integrada ao dimensionamento mecânico e custo de estruturas de linhas de transmissão, in XXV SNPTEE, Belo Horizonte, Brasil, 2019.
- [9] DE CASTRO, L. N., VON ZUBEN, F. J., 2000, "The Clonal Selection Algorithm with engineering applications", Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation Conference (CECCO), Workshop on Artificial Immune Systems and their applications, pp. 36-37, Las Vegas. USA. Julho.

DADOS BIOGRÁFICOS



(1) FREDERICO TASSI DE SOUZA SILVA

Graduado em Engenharia Elétrica pela UFJF e Mestre em Sistemas de Energia Elétrica pela UFJF. Atualmente, atua como pesquisador no Departamento de Gestão de Ativos no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica CEPEL. Interessa-se por isoladores em alta tensão, coordenação de isolamento e técnicas em ensaios com isoladores.

(2) RICARDO WESLEY SALLES GARCIA

Ricardo Wesley Salles Garcia – Graduado em Engenharia Elétrica pela UFRJ (1982), com mestrado em Engenharia Elétrica pela COPPE/UFRJ (1988). Pesquisador do Cepel desde Março/1985, onde atua em diversas atividades relacionadas a comportamento elétrico de isoladores e em estudos de manutenção de linhas de transmissão. Membro dos Comitês de Estudos CE-D1 e CE-B2 do Cigre-Brasil, sendo coordenador do GT CE-B2.03 – Isoladores, e representante em Working Groups dos Study Committees SC-D1 e SC-B2 do Cigre Internacional, desde 2000. Participa do Comitê de Normalização sobre Isoladores do COBEI/ABNT. Mais de 30 artigos apresentados em eventos técnicos nacionais e no exterior.

(3) ARTHUR LINHARES ESTEVES DOS REIS

Arthur Linhares Esteves dos Reis é pesquisador do Departamento de Gestão de Ativos (DGA) do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), desde 2014, trabalhando na área de otimização de projetos de linhas de transmissão. Possui mestrado em Sistemas de Energia pela Coppe/UFRJ (2018) e graduação em Engenharia Elétrica pela UFJF (2014). Participou de intercâmbio pelo Ciência sem Fronteiras na Universidade de Brunel, Reino Unido (2012/13). Foi bolsista de iniciação científica, dando continuação ao estágio na Universidade de Uppsala, Suécia (2012). Foi bolsista do Programa de Educação Tutorial - PET (2010/12).

(4) JOÃO CLAVIO SALARI FILHO

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense (1988), e mestrado (1993) e doutorado (2006) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), com experiência na área de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica, especialmente em: cálculo bidimensional e tridimensional de campos e transitórios eletromagnéticos; linhas de transmissão em CA/CC convencionais e não convencionais (LPNE, LNC); subestações de energia elétrica; aterramento elétrico em regime de baixa e alta frequência; análise técnico-econômica de transmissão de energia; propagação de descargas atmosféricas; e ampacidade e efeito corona em condutores.