

## **AVALIAÇÃO DE FALHAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO**

Cairo da Silva Lesse (UNIPLAC) E-mail: cairo\_lesse@yahoo.com.br  
Stéfano Frizzo Stefenon (UDESC) E-mail: stefanostefenon@gmail.com  
Jonatas Policarpo Américo (UTFPR) E-mail: jonatasamerico@utfpr.edu.br  
Marcelo Picolotto Corso (UNIPLAC) E-mail: corso@uniplaclages.edu.br  
Ademir Nied (UDESC) E-mail: ademir.nied@udesc.br

**Resumo:** Este estudo é motivado pela necessidade de as concessionárias distribuidoras de energia elétrica identificar e localizar defeitos na rede elétrica com maior rapidez com o objetivo de diminuir o impacto das interrupções na qualidade e continuidade do serviço prestado garantindo assim, que os índices estipulados pelos órgãos reguladores não sejam ultrapassados, além de otimizar custos e tornar a empresa sustentável. O trabalho traz uma abordagem sobre as principais causas de falhas em redes de distribuição de energia e busca apontar estudos desenvolvidos para a identificação das mesmas. É realizado um levantamento dos sistemas da CELESC e a possibilidade de identificar falhas com estas ferramentas. Por fim, se conclui a existência de estudos aplicáveis e um leque de possibilidades para pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** Localização de Falha. Sistema de Distribuição. Curto-Circuito. Rede de Distribuição.

## **EVALUATION OF FAILURES IN ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORKS THROUGH SHORT-CIRCUIT CURRENT**

**Abstract:** This study is motivated by the necessity of electric power distribution companies identify and locate defects in the electrical network grid quickly with purpose to reduce the impact of interruptions in the quality and continuity of the provided service and ensure that the indices stipulated by regulatory agencies are not violated, as well optimize costs and make the company sustainable. The work brings an approach on the main causes of failures in energy distribution networks and search in the research point studies developed for the identification of them. A survey of CELESC systems and the possibility of identifying faults with these tools is carried out. Finally, it is concluded that there are applicable studies and a range of possibilities for future research.

**Keywords:** Fault Location. Distribution System. Short Circuit. Distribution Network.

### **1. INTRODUÇÃO**

A Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC) assim como todas as concessionárias do país, obedece às regulamentações da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a qual em Brasil (2017), alterou os valores das frequências equivalentes de reclamações anuais, definindo assim, valores máximos decrescentes ao longo dos anos tornando ainda mais rígidas as metas para controle da qualidade e continuidade do fornecimento de energia elétrica exigindo não só da CELESC, mas de todas as concessionárias, um processo de melhoria contínua na sua prestação de serviço, na sua eficiência operacional e no seu controle de custos.

A descentralização da distribuição, a competitividade de mercado e a crescente cobrança dos órgãos regulamentadores do setor elétrico, proporcionaram mudanças significativas, fazendo com que as concessionárias desenvolvam novos métodos mais eficientes e seguros para a análise, planejamento e operação dos sistemas de energia elétrica. Desta maneira, obrigando as empresas investirem em novas tecnologias que busquem de

forma rápida e eficiente, falhas na rede de distribuição, garantindo assim um serviço de qualidade (ROCHA TAVARES *et al.*, 2018).

A energia elétrica é um dos recursos básicos para o desenvolvimento da humanidade e está presente em praticamente todas as ações humanas, como trabalho, lazer, saúde e segurança, sendo um elemento essencial para promover o desenvolvimento e para as atividades diárias da sociedade (ARAÚJO, 2008).

O desenvolvimento da eletrônica e de controles micro processados produziram equipamentos sensíveis que exigem da rede de distribuição de energia elétrica maior qualidade e controle nos níveis de tensão de fornecimento e perturbações (CYRILLO, 2011). Além de consumidores conscientes de seus direitos e privatização da maioria das concessionárias de distribuição de energia elétrica do país, fizeram surgir a necessidade de criação de um órgão regulamentador para estabelecer regras para o serviço de fornecimento de energia elétrica (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBIA, 2010).

A ANEEL é o órgão responsável por regulamentar o setor de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e que através dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) no Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica, estabelece procedimentos para garantir a qualidade da energia elétrica através da abordagem da qualidade do produto onde são definidos os valores de referência, os parâmetros, a caracterização dos fenômenos de tensão em regime permanente e as perturbações na forma de onda de tensão. Este módulo também estabelece a metodologia para a apuração dos indicadores de continuidade e dos tempos de atendimento de ocorrências emergenciais (ANEEL, 2008).

Os indicadores de continuidade do serviço de distribuição de energia elétrica se referem à duração e à frequência de interrupção, onde as concessionárias são avaliadas quanto à qualidade do serviço prestado e o desempenho do sistema elétrico. A duração equivalente de interrupção por unidade consumidora (DEC) e a frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora (FEC) são dois dos principais indicadores das concessionárias, isto faz com que haja uma grande preocupação e uma necessidade frequente das concessionárias em buscar alternativas, desenvolver métodos e implantar sistemas que visem gerenciar e controlar estes indicadores, além de investimentos em novas tecnologias e equipamentos que facilitem a operação e a recomposição do sistema de distribuição de energia com mais rapidez e eficiência (ANEEL, 2008).

A agilidade na localização das falhas juntamente com a confiabilidade da rede e as ações de manutenções são fatores determinantes para o alcance das metas dos indicadores de continuidade. Isso faz com que várias estratégias sejam adotadas para localizar defeitos e minimizar o tempo do reestabelecimento do fornecimento de energia. O mais usual é o cruzamento das informações repassadas pelos consumidores através de telefone para uma central de atendimento com as informações de supervisórios de equipamentos telecomandados que possuem, dentre outras funções, as de proteção do sistema e que seccionam o circuito em caso de falhas elétricas (FLAUZINO, 2007). Aliado a isto, se tem a experiência dos operadores do sistema que analisam os dados recebidos e despacham as equipes de emergência para localizar o defeito e tomar as providências para recompor ou isolar o sistema danificado (MORETO, 2005).

## 1.1 Descrição do Problema

Uma rede de distribuição de energia elétrica é projetada para oferecer a máxima confiabilidade possível de operação e manutenção. Porém, ela está exposta a ação de agentes externos que podem ocasionar falhas no sistema, como vegetação, condições climáticas adversas entre outros. Além disto, há fatores ocasionados pelo tempo de uso e a exposição ao meio ambiente que podem levar a oxidação de condutores, contaminação de isolantes, envelhecimentos das estruturas de sustentação dos condutores, contato com animais entre outras condições oriundas da natureza. Ainda se pode citar falhas em materiais empregados na rede, como por exemplo, trincas em isoladores e a ação direta e indireta do homem que, de forma intencional ou não, como é o caso dos acidentes, podem interferir no bom funcionamento da rede (FRIZZO STEFENON; MEYER; MOLINA, 2014).

Estes fatores podem fazer com que o sistema de proteção seja ativado, interrompendo de forma provisória o fornecimento de energia aos consumidores através de equipamentos seccionadores do circuito, podendo ser uma interrupção duradoura ou não, dependendo da característica e da severidade da falha e do tipo do equipamento de proteção, sendo assim, diante da diversidade de falhas que podem ocorrer na rede de distribuição de energia elétrica é importante identificar suas causas e localizar onde ocorrem. Isto facilita a ação das equipes de emergência e a tomada de decisões dos operadores do sistema. Uma vez identificado onde ocorreu a falha, há a redução no tempo de atendimento das equipes de emergência e da duração da interrupção. Já para a área responsável pela manutenção programada de rede, o diagnóstico de falhas transitórias que tenham potencial de causar interrupções e desligamentos da rede, possibilita elaborar ações de manutenção preventiva e corretiva com antecedência (FRIZZO STEFENON; MEYER; MOLINA, 2015).

De modo geral, a pesquisa é necessária para potencializar a tomada de decisões e elaboração de ações para a correção e prevenção de falhas que possam ocorrer na rede de distribuição de energia, com a finalidade de auxiliar a concessionária a manter seus níveis ótimos de confiabilidade da rede, reduzir seus custos operacionais, diminuir o tempo de interrupção e assegurar que as metas dos indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica estejam dentro dos limites estabelecidos.

## 1.2 Objetivo

O estudo busca verificar os recursos disponíveis no sistema da concessionária e apresentar os métodos que se utilizem destes, juntamente com a análise das grandezas elétricas medidas por equipamentos especiais existentes na rede elétrica para assim, estimar a localização de falhas em redes de distribuição de energia demonstrando a confiabilidade, robustez e precisão dos sistemas.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO

Historicamente a localização de falhas se deu por “métodos primitivos” conforme Stringfield *et al.* (1957 apud COSER, 2006, p. 2) baseado em reclamações de consumidores e de abertura de equipamentos em subestações com interrupção do fornecimento seguido pelo despacho de equipes de emergência para realizarem inspeção visual nas redes (GIL, 2009). Ainda hoje este método é muito empregado pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica, porém com mais recursos de interação entre a concessionária e os consumidores devido aos sistemas de telefonia e de georreferenciamento.

Este método é baseado nas chamadas telefônicas dos consumidores ao Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) que, através da identificação da unidade consumidora na base cadastral da concessionária, localiza geograficamente o cliente e a conectividade da rede, gerando um protocolo de atendimento para então despachar as equipes de emergência, “a fim de que estas possam identificar o defeito na rede através de uma inspeção visual” (BÍSCARO, 2013, p. 22).

Juntamente com as chamadas telefônicas se tem os supervisórios desenvolvidos na plataforma *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) para supervisão e controle de equipamentos do sistema de distribuição. Este sistema consiste de um meio de coleta, envio e recebimento de informações de equipamentos em operação (CELESC, 2013), principalmente religadores telecomandados instalados em subestações e ao longo da extensão da rede primária de distribuição.

Estes supervisórios têm funções vitais em um Centro de Operação da Distribuição (COD), pois fornecem dados em tempo real da situação do fornecimento, como corrente e tensão do circuito, além de indicarem alarmes de atuações das proteções do sistema e permitirem a realização de manobras de abertura, fechamento e bloqueio de maneira remota pelo operador do COD (SAMPAIO; BARROSO; LEÃO, 2005). Souza (2008) e Medeiros (2008) abordam a utilização e a importância dos sistemas SCADA para a operação do sistema e identificação de falhas em redes de distribuição de energia, propondo métodos que utilizam as informações oriundas destes sistemas.

A CELESC possui métodos semelhantes aos descritos anteriormente, sua base cadastral é formada basicamente por dois sistemas: o Sistema Integrado de Manutenção e Operação (SIMO) e um Geographic Information System (GIS), denominado pela concessionária como Gerência Integrada dos Sistemas de Distribuição (GeneSis). O sistema SIMO é responsável pelas intervenções no sistema elétrico de distribuição e pela apuração dos indicadores de continuidade. Constitui apoio fundamental aos operadores dos centros de operação, programadores de manobra, atendentes das lojas de atendimento e às equipes de planejamento e execução de manutenção de redes de distribuição.

Este sistema dispõe de funcionalidades que permitem registrar as reclamações dos consumidores da CELESC, as ocorrências de problemas nas redes, o cadastro e gerenciamento das equipes volantes que atuam em campo na resolução desses problemas, o cadastro e gerenciamento dos clientes considerados especiais do ponto de vista da comunicação de eventuais interrupções programadas de fornecimento de energia, dentre outras funcionalidades (TODESCO *et al.*, 2004).

O sistema GeneSis possui um cadastro detalhado e referenciado geograficamente de um grande número de informações como: dados cartográficos (logradouros, ruas, rodovias); informações das redes elétricas primárias (subestações, alimentadores, postes e equipamentos); e secundárias (circuitos, postes, iluminação pública, equipamentos, etc.).

Também é neste sistema que são vinculados os clientes à rede de distribuição de energia, com indicação de qual circuito ou transformadores de distribuição pertencem. O GeneSis apresenta dados relacionados a características elétricas, físicas e topológicas da rede (TODESCO *et al.*, 2004). Estes sistemas possuem a base de informações sobre equipamentos, consumidores, registros de ocorrências, características da rede e apuração de indicadores utilizados na construção desta pesquisa.

### 3. TÉCNICAS DE LOCALIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FALHAS

Os métodos tradicionais de localização de falhas segundo Bísvaro (2013) podem levar muito tempo, pois dependem das condições climáticas e geográficas do local. Outro agravante são as interrupções durante a madrugada quando, em geral, os consumidores estão dormindo, podendo não haver nenhuma reclamação através de chamada telefônica, isto dificulta para o operador estimar a localização da falha. Para Flauzino (2007) a forma convencional pode demandar tempo e recursos financeiros que comprometam a eficiência da operação, além de impactar nos indicadores de continuidade de fornecimento de energia.

A localização de falhas é objeto de diversos estudos. Nos últimos anos se desenvolveram pesquisas utilizando inteligência artificial e análise de sinais. Para análise de sinais se destacam métodos que utilizam a frequência fundamental, examinando-a através de análise de circuitos e componentes simétricas, e as componentes de altas frequências tratadas através de Transformada Wavelets e ondas viajantes (BÍSCARO, 2013).

Flauzino (2007, p. 16) propõe um sistema elétrico de uma linha de transmissão sob a condição de ocorrência de uma falta e a trata através de análise de circuitos, sendo que este método foi desenvolvido especificamente para sistemas de transmissão de energia onde as linhas são homogêneas, não sendo eficaz para localização de falhas em sistemas de distribuição, devido os alimentadores possuírem segmentos com diferentes condutores, diversas cargas e ramificações.

As falhas em redes de distribuição geram componentes de altas frequências, principalmente faltas de alta impedância (FAI). Diversos métodos vêm sendo propostos analisando as ondas viajantes fornecidas pelas componentes de altas frequências como em Fanucchi (2014) e Zamboni (2013). Utilizando Transformadas Wavelets é possível extrair a ocorrência de variação de energia em determinadas bandas no domínio do tempo e em seguida através das potências dos sinais de frequência, estimar o local de ocorrência da falha.

Outras técnicas que se utilizam de base de conhecimento em inteligência artificial, propõem métodos baseados em redes neurais, lógica fuzzy e sistemas inteligentes desenvolvidos a partir de algoritmos capazes de detectar, classificar e localizar no tempo e espaço os eventos relacionados a falhas elétricas (FRIZZO STEFENON *et al.*, 2017).

Em Moreto (2005) foi desenvolvido um método para localização de faltas de alta impedância em sistemas de distribuição de energia elétrica. O autor sugere o uso do componente harmônico de terceira ordem da corrente e da componente fundamental da tensão. O método proposto foi capaz de obter uma estimativa precisa da localização da falha através de um algoritmo baseado na metodologia de Redes Neurais Artificiais (RNA) tanto para faltas sólidas e lineares, quanto para faltas de alta impedância. Segundo Moreto (2005), o sistema desenvolvido apresenta resultados aceitáveis, já que possui percentual de erro menor que 5% do comprimento total da linha.

Um algoritmo baseado nos conceitos de lógica fuzzy foi proposto por Barros (2009) para detecção e classificação de defeitos em ambientes de subestações. O método desenvolvido foi executado com base nos valores de correntes coletados na saída do alimentador da subestação. Os resultados obtidos foram satisfatórios, principalmente, no que se refere às faltas de alta impedância. Segundo Nakagomi (2006) estes casos de falta são de difícil detecção, por apresentarem pequenas variações na amplitude das correntes. Os baixos valores de corrente se devem a existência de uma superfície de contato da falta com uma impedância muito grande diante da tensão aplicada proveniente da rede de distribuição. Porém, o método demonstra alto índice de acertos para os casos de FAI, com resultados de até

100%, isto demonstra o satisfatório funcionamento do “Módulo Classificador com Distinção de Níveis de Impedância” (BARROS, 2009, p. 77).

Decanini (2012) descreve um conjunto independente de redes neurais chamado de ARTMAP Fuzzy para realizar o diagnóstico automático de falhas em sistemas de distribuição de energia elétrica. Ele emprega a teoria da evidência de Dempster-Shafer para agregar as informações do conjunto de redes neurais, fornecendo, assim, informações quantitativas sobre o estado operativo do sistema e a confiabilidade do diagnóstico. Neste trabalho o autor descreve os “passos do algoritmo da rede neural ART Fuzzy, abordando desde a normalização dos dados de entrada, inicialização dos pesos e parâmetros da rede e escolha das categorias ativas até a ressonância e aprendizado final” (BÍSCARO, 2013).

### **3.1 Tipos de falhas elétricas**

As redes de distribuição devem proporcionar o máximo de confiabilidade no fornecimento de energia elétrica, principalmente em grandes centros de carga com elevada densidade populacional e intensa atividade industrial e comercial, em muitos casos, são construídas redes de distribuição subterrâneas, as quais são menos susceptíveis a falhas que as redes aéreas. Porém, segundo Oliveira Júnior e Dilzair (2006, p. 19), a maioria de redes de distribuição são construídas com estruturas aéreas com condutores não isolados, apresentando grande extensão devido a necessidade de atender áreas urbanas e rurais.

Sendo assim, devido às características das redes de distribuição aéreas, o número de falhas apresentadas nos sistemas elétricos de distribuição é bem maior que em sistemas de transmissão e geração. Este número elevado de falhas tem grande influência nos indicadores de continuidade de fornecimento de energia elétrica das concessionárias, com impacto direto na qualidade do produto e do serviço prestado.

Além disso, outra preocupação que surge em relação a ocorrência de falhas em Flauzino (2007), Farina (2012) e Farias (2013) é quanto à segurança de pessoas e animais devido a possibilidade do rompimento de condutores. Para diminuir os riscos de acidentes é necessário que o sistema de proteção tenha capacidade de detecção rápida e seccionamento provisório do trecho com defeito.

#### **3.1.1 Falhas Transitórias**

As falhas transitórias são anomalias que ocorrem em sistemas elétricos por período curto de tempo, fazendo atuar as proteções, sendo eliminadas após uma sequência de religamentos automáticos, causadas pela ruptura passageira do dielétrico da rede. Estas falhas não ocasionam a interrupção no fornecimento, porém afetam a qualidade do produto (GALLI; FRIZZO STEFENON; AMÉRICO, 2017). Ferreira (2011, p. 21) propõe que as causas mais comuns deste tipo de falha são: descargas atmosféricas; contato momentâneos entre condutores, abertura de arco elétrico e materiais sem isolamento adequada. Pode-se mencionar ainda o toque de vegetação à rede.

#### **3.1.2 Falhas Temporárias**

As falhas temporárias são anomalias que ocorrem em sistemas elétricos por período longo de tempo, fazendo atuar as proteções e que não são eliminadas com uma sequência de religamentos automáticos, causadas pela ruptura do dielétrico da rede. Estas falhas ocasionam a interrupção do fornecimento e há a necessidade de intervenção da manutenção para corrigir o defeito e reestabelecer o sistema à condição normal de operação (GALLI; FRIZZO STEFENON; AMÉRICO, 2017). Conforme Ferreira (2011) e Leme *et al.* (2013) uma falha

transitória pode eventualmente se tornar uma falha temporária. Leme *et al.* (2013) ainda apresenta algumas das causas de falhas temporárias, entre elas: queda de uma árvore em cima da rede de distribuição; abalroamento de postes e atos de vandalismo

### 3.1.3 Curto-circuito

Segundo Santos (2009, p. 1) “um curto-circuito pode ser definido como uma conexão intencional ou acidental, em geral de baixa impedância, entre dois ou mais pontos que normalmente estão em diferentes potenciais elétricos.” Em outras palavras, como o próprio nome já diz, um curto-circuito é a diminuição abrupta da impedância equivalente, fornecendo um atalho no circuito elétrico para a circulação de corrente elétrica entre diferentes potenciais. A ocorrência deste fenômeno resulta em correntes de falta com valores que podem ser muito elevados dependendo da característica do curto-circuito.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Baseado em conceitos de Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa se desenvolveu de forma aplicada com o objetivo de solucionar problemas que acontecem em redes de distribuição de energia elétrica através de uma abordagem quantitativa, que utiliza métodos e modelos matemáticos, juntamente com um levantamento estatístico, que de forma exploratória, busca descrever e quantificar o problema.

O objetivo de estudo foi baseado em referências e pesquisas bibliográficas aliadas aos dados que são coletados em campo, o que caracteriza uma pesquisa *in situ*, com dados provenientes de fenômenos que acontecem em redes de distribuição de energia elétrica, medidos por equipamentos especiais e comprovados visualmente em campo.

O monitoramento de grandezas elétricas em um centro de operação geralmente acontece em tempo real, pois é necessário que se tenha controle e conhecimento do comportamento do sistema elétrico de potência a fim de garantir a qualidade da prestação de serviço e agir rapidamente em casos de interrupções. Com medições coletadas em equipamentos instalados em campo, atualizadas instantaneamente em supervisórios e ainda com a possibilidade de serem armazenadas em um banco de dados, foi possível gerar um histórico dos eventos que ocorrem na rede de distribuição de energia elétrica.

Este trabalho se desenvolveu com a coleta destes dados e da consulta do histórico sendo que, inicialmente se fez uma busca no software de supervisão e controle e também no sistema de gerenciamento do sistema de distribuição de energia elétrica com a finalidade de identificar uma ocorrência de atuação de um religador automático.

Com o equipamento identificado e atendendo os requisitos citados anteriormente, buscou-se então, através do banco de dados, a lista de eventos e as medições realizadas no momento de ocorrência da falha, além das informações inseridas no sistema sobre o atendimento da ocorrência, localização e manobras.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir é apresentada a pesquisa de uma ocorrência no banco de dados da CELESC que possibilita o levantamento de informações necessárias para argumentar sobre a localização de falhas.

### 5.1 Relatório de manobra nº 13204678

O relatório de manobra (RM) foi gerado no SIMO pelo despachante do COD no momento em que há a atuação de um equipamento de proteção telecomandado ou durante o atendimento emergencial de uma nota de reclamação (NR) gerada no *call center* por um consumidor, é identificado a necessidade de realizar manobras em diversas chaves que seccionam o circuito ou que a rede elétrica deva ficar aberta até a intervenção da manutenção para reparar os danos causados por uma falha temporária. O RM nº 13204678 foi registrado no dia 18/03/2017 devido à atuação da proteção do religador 543, que pertence ao alimentador Curitiba Distrito Industrial 04 (CDI-04). Na Figura 1 é apresentado o registro da ocorrência e das manobras no SIMO.



Lages

Celesc Relatório de Manobra - RM

Situação Atendimento: ATENDIMENTO NORMAL Documento 13204678 0  
 Dia Crítico: NÃO  
 Data Abertura : 18/03/2017 11:15 Dia da Semana : Sabado Tempo : NORMAL  
 Eqpto Responsável : 543  
 Causa: 60 -POSTE AVARIADO (ESPECIFICAR)  
 Conseq: 23 -POSTE CELESC AVARIADO  
 Local.: S.J. DO CERRITO \*\*DESFAZER MANOBRA  
 Obs.: ENCONTRADO POSTE CAIDO DE MADEIRA 11M ESTRUTURA N1 PODRE LEVAR  
 CRUZETA CAIDO APÓS CD 1968, ISOLADO O TRECHO, ABERTAS CD 1968 E CD 1969  
 NA FU 13501. FALTA DESFAZER A MANOBRA

Executado por : Man. Emergência

Interrupção : Não Programada

SE/Al	Eqpto	Descricao da Operacao	Rele	Horário	Executor	Despachante Turma
CDI-04	RE - 543	ABERTO POR FALHA		18/03/2017 11:15	AUTOMATICO	IRAN (49-99€
CDI-04	CD - 1969	ABERTO SEM TENSÃO		18/03/2017 11:43	MAURICIO/ANDRE	FENANDO/ COSEMERGÊNCIA COD-TURMA PRÓPRI
NA CDI-04	RE - 569	FECHADO COM CARGA		18/03/2017 11:44	FERNANDO	FENANDO/ COSE
CDI-04	CD - 1968	ABERTO SEM TENSÃO		18/03/2017 12:11	MAURICIO/ANDRE	FENANDO/ COSEMERGÊNCIA COD-TURMA PRÓPRI
CDI-04	RE - 543	FECHADO COM CARGA		18/03/2017 12:13	FERNANDO	FENANDO/ COSE
CDI-04	RE - 543	COM TONINHO		18/03/2017 15:09	IRAN	IRAN (49-99€
CDI-04	CD - 1969	FECHADO COM CARGA		18/03/2017 18:31	DELTA	PEDRO (49-91
CDI-04	RE - 543	BLOQUEADO RELIGAMENTO AUTOM		19/03/2017 13:57	MOISES	MOISES (49-€
CDI-04	RE - 543	BLOQUEADO RELE DE NEUTRO		19/03/2017 13:57	MOISES	MOISES (49-€
NA CDI-04	RE - 569	ABERTO COM CARGA		19/03/2017 13:57	MOISES	MOISES (49-€
CDI-04	CD - 1968	FECHADO COM CARGA		19/03/2017 13:58	PILAR-AURICIO	MOISES (49-€EMERGÊNCIA COD-TURMA PRÓPRI
CDI-04	RE - 543	DESBLOQUEADO RELE DE NEUTR		19/03/2017 13:59	MOISES	MOISES (49-€
CDI-04	RE - 543	DESBLOQUEADO RELIGAMENTO AU		19/03/2017 13:59	MOISES	MOISES (49-€

Figura 1 - Relatório de Manobra nº 13204678 (SIMO, 2017).

Segundo as informações presentes no registro do RM, a falha ocorreu após a chave seccionadoras (CD) 1968 próximo a chave fusível de transformador (FT) 13501 e a descrição geográfica e topológica da localização estão presentes na Figura 2. Também é demonstrado às chaves seccionadoras que estão a montante e jusante da CD 1968 no tronco do circuito do CDI-04.

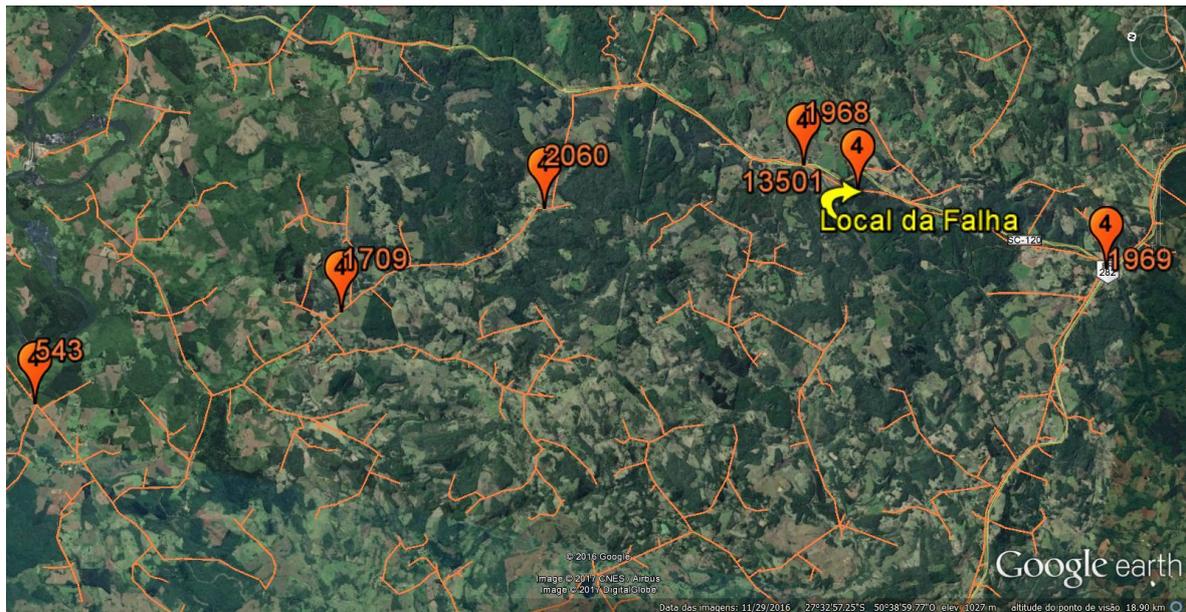


Figura 2 – Local da ocorrência da falha no Relatório de Manobra n° 13194153 (GENESIS, 2017).

Ainda com as informações do RM, foi possível pesquisar na base de dados do sistema SCADA Elipse, a corrente de cada fase e a tensão de linha média em um intervalo de tempo que compreenda o instante em que ocorreu a falha, assim, se obtém as medições das grandezas presentes no evento conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Grandezas no evento do Relatório de Manobra n° 13204678 (SCADA ELIPSE, 2017).

Descrição	Valor	Unidade
Corrente Fase A	336,31	A
Corrente Fase B	348,29	A
Corrente Fase C	362,69	A
Corrente Neutro	1,01	A
Tensão Linha Média	11,97	kV

Nota-se pelos valores de corrente que a probabilidade é de um curto-circuito trifásico e que pode ser confirmado através da Figura 3 onde os picos das correntes de fase foram semelhantes e a corrente de neutro foi mínima.

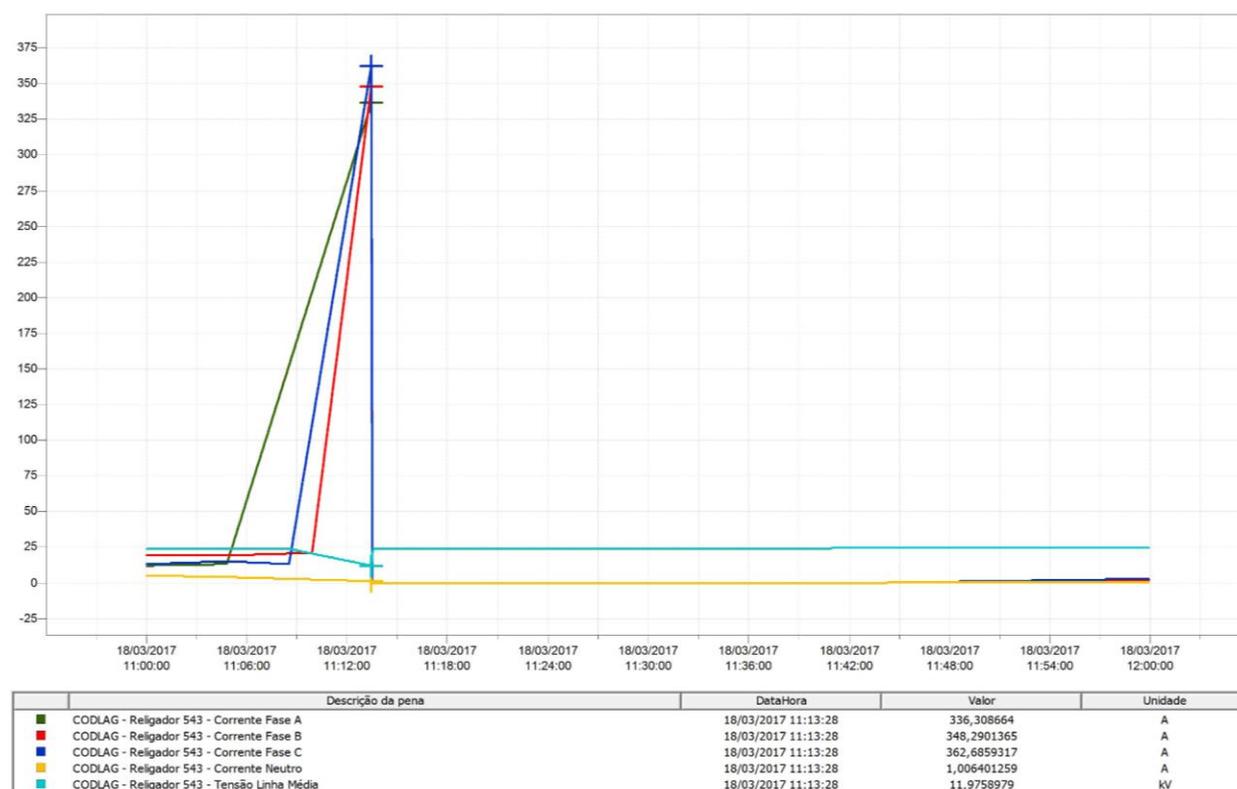


Figura 3 – Curva de corrente referente ao RM nº 13204678 (SCADA ELIPSE, 2017).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas que a concessionária dispõe atualmente são eficientes para seccionar e identificar o circuito, porém, a forma de identificação do local de ocorrência das falhas ainda acontece através de inspeção visual por equipes de atendimento de emergência, percorrendo o trecho da rede seccionada pelos equipamentos de proteção, não havendo uma ferramenta que estime a localização.

O desenvolvimento de uma ferramenta que faça a comunicação e integração das informações presentes no SIMO, GeneSis e SCADA Elipse, analisando os dados da rede e as medições realizadas no momento da falha através de um algoritmo com metodologia de redes neurais e lógica fuzzy parece promissor na estimação do local da falha.

Como visto na literatura, há métodos que satisfazem com certa precisão a indicação de um circuito defeituoso, principalmente FAI, mas ainda há possibilidades a ser exploradas em relação ao desenvolvimento de técnicas, ferramentas e softwares capazes de estimar o ponto em que ocorre a falta, dando detalhes de distância, direção e posição na topologia da rede, principalmente para sistemas radiais.

A localização de falhas em redes de distribuição não é uma tarefa fácil. Ainda hoje, não há um método que seja totalmente confiável na determinação do local onde elas ocorrem e novos estudos se fazem necessários para desenvolver ferramentas de auxílio às concessionárias, para que estas possam manter a prestação de serviço com qualidade e dentro dos limites mínimos estipulados pelos órgãos regulamentadores.

## REFERÊNCIAS

**AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL.** *PRODIST MÓDULO 8: Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - Qualidade da Energia Elétrica.* 2008. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)>. Acesso em: 01 out. 2015.

**ARAÚJO, Waneska Patrícia Pereira.** *Metodologia Fmea-Fuzzy Aplicada à Gestão de Indicadores de Continuidade Individuais de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica.* 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

**BRASIL. ANEEL.** *Resolução Normativa nº 794, de 28 de novembro de 2017. Altera a Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, aprova a revisão dos Módulos 1 e 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST e dá outras providências.* 2017. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2017/034/resultado/ren2017794.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2017.

**BARROS, Ana Claudia.** *Detecção e Classificação de Falhas de Alta Impedância em Sistemas Elétricos de Potência Usando Lógica Fuzzy.* 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira – SP, 2009.

**BÍSCARO, André do Amaral Penteado.** *Proposta de Algoritmos Inteligentes para Localizar Falhas e Monitorar a Qualidade da Energia em Redes de Distribuição de Energia Elétrica.* 2013. 155 f. Tese (Doutorado) - Curso de Energia Elétrica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2013.

**COSER, Joni.** *Contribuições aos Métodos para Localização de Falhas em Alimentadores de Distribuição.* 2006. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

**CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. (Santa Catarina).** *Manual do Sistema de Supervisão e Controle da Distribuição em Média Tensão.* Versão 4. Florianópolis: CELESC Distribuição S.A., 2013.

**CYRILLO, Ivo Ordonha.** *Estabelecimento de Metas de Qualidade na Distribuição de Energia Elétrica por Otimização.* 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

**DECANINI, José Guilherme Magalini Santos.** *Detecção, Classificação e Localização de Falhas de Curto-Circuito em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Usando Sistemas Inteligentes.* 2012. 123 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2012.

**FANUCCHI, Rodrigo Zempulski.** *A Detecção e a Localização de Falhas de Alta Impedância em Sistemas de Distribuição utilizando Transformadas Wavelets e Redes Neurais Artificiais.* 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

**FARIAS, Patrick Escalante.** *Detecção e Classificação de Transitórios em Redes de Distribuição para Identificação de Falhas de Alta Impedância.* 2013. 131 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

**FARINA, Daniela de Oliveira.** *Uma Contribuição para a Detecção de Falhas Fase-Terra de Alta Impedância.* 2012. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

**FERREIRA, Daniel Augusto Pagi.** *Impactos na Filosofia de Proteção de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica na Presença de Geração Distribuída.* 2011. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

**FLAUZINO, Rogério Andrade.** *Identificação e Localização de Falhas de Alta Impedância em Sistemas de Distribuição Baseadas em Decomposição por Componentes Ortogonais e Inferência Fuzzi.* 2007. 356 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2007.

**FRIZZO STEFENON, S. et al.** *Diagnostic of Insulators of Conventional Grid Through LabVIEW Analysis of FFT Signal Generated from Ultrasound Detector.* *IEEE Latin America Transactions*, v. 15, n. 5, p. 884-889, maio. 2017. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7910202&isnumber=7910186>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

**FRIZZO STEFENON, S.; MEYER, L. H.; MOLINA, F. H.** *Analysis of the Ultrasound Emitted from Defective Insulators.* In: *International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*. Jeju Island, 2014.

**FRIZZO STEFENON, S.; MEYER, L. H.; MOLINA, F. H.** *Real Time Automated Diagnosis of Insulating System Employing Ultrasound Inspection.* In: *International Conference on Electricity Distribution*, v. 23, p. 1-4, Lion, 2015.

**GALLI, F. P.; FRIZZO STEFENON, S.; AMÉRICO, J. P.** *Análise de Curto-Circuitos Transitórios em Linhas de Transmissão Utilizando o Software UDW.* *Revista Espacios*, Caracas, v. 38, n. 34, p. 11-21, 2017. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a17v38n34/17383411.html>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

**GIL, Filipe Manuel Teixeira de Castro.** *Detecção de Defeitos em Redes de Distribuição Secundária.* 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, MT, 2009.

**KAGAN, Nelson; OLIVEIRA, Carlos César Barioni de; ROBBA, Ernesto João.** *Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica.* 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. 328 p.

**LEME, Daniel Maciel; CUNHA, Márcio Aparecido da; PITOCCO, Tadeu Armando; RIZZARDI, Wellington Cornetto.** *Sistema de Proteção da Rede de Distribuição de Energia Elétrica.* 2013. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco, Itatiba, 2013.

**MEDEIROS, Eudes Barbosa de.** *Sistema de Diagnóstico de Faltas Integrado ao Sistema de Supervisão e Controle.* 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

**MORETO, Miguel.** *Localização de Faltas de Alta Impedância em Sistemas de Distribuição de Energia: Uma Metodologia Baseada em Redes Neurais Artificiais.* 2005. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

**NAKAGOMI, Renato Mikio.** *Proposição de um Sistema para Simulação de Faltas de Alta Impedância em Redes de Distribuição.* 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

**OLIVEIRA JÚNIOR, Dilzair Alvimar de.** *Faltas de Alta Impedância: Detecção e Localização De Rompimento de Condutores em Circuito Primário De Redes Aéreas de Distribuição Baseado em Desequilíbrio de Tensão.* 2006. 176 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2006.

**PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de.** *Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.* v. 2, Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013. 277 p.

**ROCHA TAVARES, W. et al.** *Elaboração de Algoritmo Para Melhoria do Rendimento de Transformador com Base em Elementos de Projeto.* *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 10, n. 01, p. 53–65, 2018.

**SAMPAIO, Raimundo Furtado; BARROSO, Giovanni Cordeiro; LEÃO, Ruth Pastôra Saraiva.** *Método De Implementação De Sistema De Diagnóstico De Falta Para Subestações Baseado Em Redes De Petri.* *SBA - Controle & Automação, Campinas*, v. 16, n. 4, p.417-426, dez. 2005.

**SANTOS, Vanessa Malaco dos.** *Estudo de Caso de Curto-Circuito em um Sistema Elétrico Industrial.* 2009. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

**SOUZA, Fabiano Alves de.** *Detecção de Falhas em Sistema de Distribuição de Energia Elétrica Usando Dispositivos Programáveis.* 2008. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Automação, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Ilha Solteira, 2008.

**TODESCO, José Leomar et al.** *Uma Plataforma de Gestão para Redes de Distribuição de Baixa Tensão.* In: *Encontro Nacional de Engenheiros de Produção*, v. 14, 2004, Florianópolis: ABEPRO, 2004. p. 4431 - 4438.

**ZAMBONI, Lucca.** *Detecção e Localização de Faltas em Sistemas Elétricos de Distribuição Usando Abordagem Inteligente Baseada em Análise Espectral de Sinais.* 2013. 159 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos - EESC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.