



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

JOSA RODRIGUES VIDAL JÚNIOR

GEOLOCALIZAÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (GDA)

SOBRAL

2018

JOSA RODRIGUES VIDAL JÚNIOR

GEOLOCALIZAÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Engenharia Elétrica. Área de aplicação: Sistema Elétrico de Potência.

Orientador: Prof. Dr. Eber de Castro Diniz.

SOBRAL

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- V691g Vidal, Josa Rodrigues.
Geolocalização de Descargas Atmosféricas (GDA) / Josa Rodrigues Vidal. – 2018.
59 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral,
Curso de Engenharia Elétrica, Sobral, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Eber de Castro Diniz.
1. Descargas Atmosféricas. 2. Ondas Viajantes. 3. Geolocalização. I. Título.

CDD 621.3

JOSA RODRIGUES VIDAL JÚNIOR

GEOLocalização de Descargas Atmosféricas

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Engenharia Elétrica. Área de aplicação: Sistema Elétrico de Potência.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eber de Castro Diniz (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcus Rogério de Castro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Horácio Filgueiras Cordeiro da Cruz Filho
Enel Distribuição Ceará

A minha avó, Maria Zilda Alves Freitas

A minha mãe, Zilfrania Alves de Sousa Vidal

A minha companheira, Francisca Cleyane

Albano Ferreira

A meus familiares, amigos e professores

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo incentivo e apoio incondicional.

À Francisca Cleyane Albano Ferreira com quem dividi as frustrações e vitórias conquistadas nesses anos e quem me ajudou a trilhar o caminho até aqui.

Aos meus amigos, em especial a Maria Eliude, Tayná Andrade e aos que fizeram parte da república a qual convivi nestes últimos anos.

Ao Prof. Dr. Eber de Castro Diniz, pela orientação e ajuda durante a graduação.

Aos participantes da banca examinadora Prof. Dr. Marcus Rogério de Castro e Horácio Filgueiras Cordeiro da Cruz Filho pelo tempo, pelas valiosas colaborações e críticas construtivas.

Ao CAD, pela participação no Programa de Educação Tutorial e aos professores tutores Dr. Marcio André Baima Amora e Dra. Nilena Brito Maciel Dias.

À Universidade Federal do Ceará pelo ambiente que me acolheu nos últimos cinco anos e aos professores que fizeram parte desta etapa.

À Enel Distribuição Ceará pela oportunidade de estagiar na empresa nestes dois últimos anos, aos gestores Claudio Farias Bezerra e José Ivan Lima de Alencar que lutaram pelo programa de estágio. Aos amigos obtidos durante o estágio, em especial para Paulo Ricardo, Felipe Oliveira, Walter C. Filho, Marcos N. Falcão, as equipes do setor de manutenção e de atendimento que me acolheram e me fizeram ter uma ótima vivência profissional.

“O setor elétrico é o mais afetado; estima-se que cerca de 70% dos desligamentos das linhas de transmissão e que de 30% a 60% dos desligamentos das redes de distribuição são causados por descargas atmosféricas.” (Shiga, 2007).

RESUMO

As descargas atmosféricas e as ondas viajantes geradas por estas, ao incidirem de forma direta ou indiretamente sobre uma estrutura do sistema elétrico de distribuição, geram diversos transtornos, desde rompimentos de cabos, atuações de chaves fusíveis, danificação de cadeia de isoladores a danos em eletrodomésticos e eletrônicos de clientes. Devido a esses fatores as descargas atmosféricas influenciam de forma relevante na qualidade do fornecimento das distribuidoras e na imagem das mesmas frente aos clientes. Neste trabalho foram abordados as normas e indicadores que regem os padrões de qualidade do serviço e do produto da distribuição de energia elétrica estabelecidos pela ANEEL. Na sequência foi realizado um estudo sobre os resultados dos indicadores da Enel Distribuição Ceará, onde foi constatado que tanto os indicadores de tempo de atendimento quanto os de continuidade do serviço são muito impactados por descargas elétricas. Visando auxiliar a empresa Enel Distribuição Ceará na promoção de melhorias aos seus indicadores de qualidade ao setor de atendimento e melhorar a cada vez mais a imagem da empresa foi desenvolvido o software Geolocalização de Descargas Atmosféricas (GDA), que atua de forma a averiguar se um raio que incidiu próximo à rede de distribuição pode estar ligado à reclamação ativa de um cliente, o que irá auxiliar na priorização dos atendimentos. A ferramenta foi testada utilizando um banco de dados de descargas atmosféricas e reclamações ocorridas no mesmo período. Com os testes foi obtida uma taxa de correlação elevada entre as bases. A partir dos resultados obtidos é possível constatar que o GDA pode atuar de forma significativa a reduzir os indicadores da empresa e melhorar o atendimento emergencial.

Palavras-chave: Descargas Atmosféricas. Ondas Viajantes. Geolocalização.

ABSTRACT

The atmospheric discharges and the traveling waves generated by them, when directly or indirectly affect a structure of the electrical distribution system, generate diverse disorders, from breaks of cables, actuations of fuse keys, damage of chain of insulators to damages in household appliances and customer electronics. Due to these factors the atmospheric discharges influence in a relevant way in the quality of the supply of the distributors of energy and the image of the same before its clients. In this work the standards and indicators that govern the quality of the service and the electricity distribution product established by ANEEL were discussed. A study was carried out on the results of Enel Distribution Ceará indicators, in order to verify the Indicators of service time and continuity of service indicators are greatly impacted by electric discharges. Aiming to assist Enel Distribution Ceará in the promotion of improvements to its quality indicators, to the service sector and to improve the image of the company more and more, the Geolocation of Atmospheric Discharge (GDA) was developed, which investigates whether a radius that occurred near the distribution network may be connected to an active customer complaint, which will assist in the prioritization of the services. To verify the effectiveness of the tool, a test stage was carried out using a database of atmospheric discharges and complaints during the same period. From the analysis of the results it is possible to verify that the GDA can act in a significant way in reducing the indicators of the company and to improve the emergency service, then will be passed the field test phase with the use of the GDA by the electric system operators.

Keywords: Atmospheric Discharges. Waves Travelers. Geolocation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do DEC e FEC na Região Norte Ceará.....	25
Figura 2 - Resumo do Processo de Atendimento Emergencial	28
Figura 3 – Página Principal do Projeto Zeus	31
Figura 4 - Aplicação da Distância Entre dois Pontos no GDA.....	33
Figura 5 - Tela do Operador no GDA.....	34
Figura 6 - Plotagem das Descargas Atmosféricas no Google Earth	34
Figura 7 - Fluxograma de funcionamento do GDA.....	35
Figura 8 - Tipos de Resultados Obtidos pelo GDA.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - TMAE oriundo de ocorrências por descargas atmosféricas na região Norte.....	24
Gráfico 2 - Percentual de TMP, TMD e TME no TMAE no período de 2016 a 2018	25
Gráfico 3 - Principais Causas do DEC de 2016 a 2018.....	26
Gráfico 4 - Principais Causas do FEC de 2016 a 2018	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de Cadeia Elétrica	29
Tabela 2 - Amostra das Informações Extraídas das Reclamações dos Clientes	30
Tabela 3 - Dados Obtidos do Zeus.....	31
Tabela 4 - Amostra da Base de Equipamentos	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DIC	Duração de Interrupção Individual por Unidade
DMIC	Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FIC	Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora
GDA	Geolocalização de Descargas Atmosféricas
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TMAE	Tempo Médio de Atendimento Emergencial
TMD	Tempo Médio de Deslocamento
TME	Tempo Médio de Execução
TMP	Tempo Médio de Preparação
UC	Unidade Consumidora
UTM	Universal Transversa Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivo	16
1.3 Estrutura do Trabalho	17
2 INDICADORES DE QUALIDADE	18
2.1 Indicadores de Tempo de Atendimento a Ocorrências Emergenciais	18
2.2 Indicadores de Continuidade do Serviço de Distribuição de Energia	20
<i>2.2.1 Indicadores Individuais</i>	20
<i>2.2.2 Indicadores de Conjunto de Unidades Consumidoras</i>	21
2.3 Ressarcimento	22
3 IMPACTO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NOS INDICADORES DA ENEL DISTRIBUIÇÃO CEARÁ	24
4 GEOLOCALIZAÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS – GDA	28
4.1 Utilização do Microsoft Excel com VBA	28
4.2 Funcionamento do GDA	29
4.3 Proposta de Utilização do GDA	35
5 RESULTADOS	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	41
APÊNDICE A – CÓDIGO DO GDA	43
ANEXO A – VALORES RESSARCIDO AOS CLIENTES NO ULTIMO ANO	59

1 INTRODUÇÃO

Grande parte das causas de falta de fornecimento de energia elétrica na rede de transmissão e distribuição, está ligada à ocorrência de descargas atmosféricas, segundo a NBR 5419 (2001, p. 2) são definidas como: “descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários quiloampères”. As descargas atmosféricas podem interferir na rede elétrica de forma direta, quando o raio incide diretamente sobre a rede, ou de forma indireta, quando a descarga incide próximo à rede, gerando um distúrbio na forma de ondas que se propagam nas linhas de distribuição.

É de conhecimento de todos que hoje em dia a eletricidade é imprescindível para a sociedade. A energia elétrica está presente dentro das residências, nos aparelhos eletrônicos portáteis, e para os setores de abastecimento de água, tecnologia, saúde, telecomunicações, agrícola entre outros. O que a torna um dos alicerces do bem-estar para a manutenção do estilo de vida, logo, interrupções no fornecimento de energia elétrica ocasionam diversos transtornos.

Em 2015 o Brasil foi o país que registrou maior incidência de raios no mundo. Sendo o verão a época do ano com maior quantidade de ocorrência de raios. Isto se deve ao fato do Brasil apresentar uma grande extensão territorial e estar localizado numa zona tropical, assim apresentando maiores temperaturas, ocorre o favorecimento da formação de tempestades e raios (Osmar, 2015).

No estado do Ceará em 2017 foram registradas 72.843 descargas atmosféricas, sendo Granja o município cearense mais afetado, com 5.222 raios. Já no ano de 2018, até o mês de abril já haviam sido registradas 20.647 descargas no estado. Os três municípios onde houve maior incidência de descargas elétricas foram Santa Quitéria, Granja e Crateús, todos localizados na região Norte do estado. (Enel Distribuição Ceará, 2018).

A elevada quantidade de descargas atmosféricas registradas no estado do Ceará faz que seja de extrema necessidade que os edifícios, instalações comerciais e industriais, as linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, entre outros locais tenham que apresentar Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA).

Ao ocorrer uma descarga atmosférica próximo ou sobre a rede elétrica, a mesma pode gerar um distúrbio na forma de uma onda que irá viajar a jusante e montante do ponto onde ocorreu a incidência. Essas ondas são chamadas de ondas viajantes. Tais ondas podem

ocasionar a alteração de algum equipamento de proteção da rede podendo então gerar uma falta temporária ou permanente de energia elétrica.

De acordo com J. Coser (2006 apud LEWIS, 1951).

Ondas viajantes são originadas na ocorrência de surtos, como faltas e chaveamentos, e se propagam em direção aos terminais do sistema em falta, refletindo-se continuamente nesses e no próprio ponto de falta. É necessário, nesse caso, se conhecer a velocidade de propagação de tais ondas no condutor em falta.

As ondas viajantes geradas por uma descarga atmosférica originam sobretensão que podem danificar eletrodomésticos e equipamentos de clientes, caso estejam ligados à rede no momento da descarga. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) por meio da resolução normativa nº 414, de setembro de 2010, estabelece que as distribuidoras de energia elétrica devem repor equipamentos elétricos danificados de clientes, desde que os mesmos tenham sido avariados decorrente de uma ocorrência no sistema elétrico. A empresa terá três formas de ressarcir o cliente: seja com o conserto do equipamento, substituição do mesmo por equivalente ou indenização em valor monetário.

De acordo com Shiga, Alberto Akio (2007):

As descargas atmosféricas são responsáveis por danos em equipamentos, faltas e desligamentos em sistemas de transmissão e distribuição de energia, ocasionando, portanto, perdas financeiras que até recentemente eram consideradas simplesmente prejuízos. Essa situação tem mudado significativamente após a publicação da Resolução Normativa ANEEL nº 61, de 29 de abril de 2004, que estabelece as disposições relativas ao ressarcimento de danos em equipamentos elétricos instalados em unidades consumidoras, causadas por perturbações no sistema elétrico.

Estruturas como torres e postes servem de suportes às linhas de transmissão e distribuição que percorrem longas distâncias para levar energia elétrica aos clientes. O grande comprimento das linhas e a grande quantidade de estruturas que elas possuem, faz com que seja inviável economicamente a utilização de SPDA em cada uma das estruturas. O critério para alocação dos para-raios nas estruturas segue as normas da empresa que cuidam das linhas e na grande maioria são alocados para proteger estruturas que possuem equipamentos. Logo, há longas distâncias de linhas desprotegidas o que torna os raios uma das principais causas da falta de fornecimento aos clientes.

1.1 Justificativa

As descargas atmosféricas diretas ou indiretas sobre as linhas de distribuição podem causar falta permanente ou temporária de fornecimento de energia. Entre as consequências que uma descarga atmosférica pode trazer à rede estão: a danificação em cadeias de isoladores, condutores partidos, atuação da proteção de fusíveis e disjuntores de transformadores. Essas faltas de energia somente serão solucionadas quando uma equipe de manutenção da concessionária de energia elétrica da região for deslocada, encontrar e resolver a falta de energia.

Outra adversidade relacionada a ocorrência de descargas atmosféricas sobre as linhas de distribuição se deve ao fato do sistema apresentar quase em sua totalidade apenas a filosofia seletivo ou baixo nível de coordenação. Logo, as chaves fusíveis presentes não são protegidas pelos religadores, assim ao ocorrer uma falta transitória os elos fusíveis que protegem a linha irão atuar, o que deixará o trecho sem fornecimento quando o transitório acabar.

Somando a esses fatores listados acima, as empresas atuantes no setor de distribuição de energia devem atender às normas de qualidade do fornecimento estabelecidas pela ANEEL, que tem como função regular e fiscalizar a distribuição e comercialização de energia elétrica entre outras funções. Entre as normas estabelecidas estão a de duração e frequência com que falta energia para o consumidor. Logo, as distribuidoras de energia elétrica devem procurar minimizar as faltas de energia e agilizar o restabelecimento do fornecimento ao cliente quando o mesmo está sem energia. Sendo previsto multas a empresas e ressarcimento aos clientes caso a concessionária não consiga ficar dentro das metas estabelecidas.

Tomando os pontos abordados, faz - se necessário que as distribuidoras de energia mantenham-se constantemente no controle dos seus padrões de qualidade, buscando identificar as principais causas que ocasionam desligamentos não programados e trabalhem a fim de minimizar seus impactos.

Logo, torna-se indispensável que as transmissoras e distribuidoras de energia presentes no Brasil busquem formas de minimizar os impactos causados pelas descargas tanto no setor elétrico quanto em seus padrões de qualidade. É neste ponto que o trabalho desenvolvido entra, pois tem como intuito promover uma ferramenta que irá ajudar em alcançar essa meta.

1.2 Objetivo

O presente trabalho tem como propósito o desenvolvimento da ferramenta Geolocalização de Descargas Atmosféricas (GDA) que irá auxiliar o setor de Atendimento da empresa Enel Distribuição Ceará na identificação e agilização de atendimentos emergenciais prioritários, proporcionando uma melhor gestão das equipes de campo. Com tal medida a empresa será beneficiada com a redução dos indicadores referentes à duração da falta de fornecimento de energia elétrica e demora do atendimento aos clientes, além disso, a concepção e relacionamento dos clientes com a empresa ficará cada vez melhor.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em seis capítulos, onde o primeiro faz uma abordagem dos problemas que as descargas atmosféricas e as ondas viajantes produzidas fazem às linhas de distribuição e os motivos que levaram ao desenvolvimento da ferramenta mostrada no decorrer do trabalho.

No capítulo 2 será abordado o módulo 8 da PRODIST (Procedimentos de Distribuição) que estabelece as normas de qualidade do produto e serviços relacionados à distribuição de energia elétrica, e os indicadores individuais e coletivos que são estabelecidos pelo órgão regulador para as empresas de distribuição. O capítulo 3 mostrará o impacto das descargas atmosféricas nos três últimos anos sobre indicadores, definidos no capítulo 2, da Enel Distribuição Ceará.

O capítulo 4 abordará o desenvolvimento do programa, mostrando as etapas de execução, seu funcionamento e as funcionalidades que o mesmo apresenta para o setor de atendimento emergencial. Já o capítulo 5 contemplará os resultados dos testes realizados na localização de descargas atmosféricas em anos anteriores.

O capítulo 6 falará sobre os pontos de melhorias ainda pendentes de implementação ao programa e as plataformas que devem ser integradas para melhorar a performance do mesmo e por fim, no capítulo 7 vem a conclusão do projeto, mostrando os ganhos pretendidos com a implantação nos centros de controle da região Norte do estado do Ceará.

2 INDICADORES DE QUALIDADE

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgão regulador do setor elétrico, exerce o papel de definir procedimentos de qualidade dos serviços prestados pelas geradoras, transmissoras e distribuidoras de energia elétrica, com o objetivo de que todo o processo seja realizado dentro dos padrões de qualidade estabelecidos, buscando assim, assegurar que o cliente receba uma energia dentro dos padrões em sua residência.

Os procedimentos referentes à normatização e a padronização da qualidade da energia elétrica estabelecidos pela ANEEL são abordados no módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST), que trata das normas relacionadas à qualidade do serviço e produto, e o tratamento das reclamações dos clientes. Na qualidade do produto são normatizados os indicadores e definidos valores padrões para o fornecimento de energia. Já em qualidade do fornecimento de energia elétrica, é estabelecido o método de cálculo dos indicadores de continuidade e do tempo de atendimento às ocorrências emergenciais.

Dentre os indicadores da qualidade do fornecimento existem dois grupos, os relacionados ao tempo de atendimento às ocorrências emergenciais e a continuidade do fornecimento de energia. A forma como estes indicadores foram idealizados serve para garantir que as empresas do ramo de distribuição de energia prestem atendimento aos clientes independente da carga instalada do mesmo, e priorizem atendimento aos casos que envolvem riscos de acidentes ou grande número de clientes sem fornecimento.

Para a fiscalização da ANEEL é dever da empresa distribuidora manter registradas por um período de cinco anos todas as reclamações abertas por clientes, seja por falta de energia da sua residência ou em várias, ou relacionadas à oscilação do nível de tensão, entre outros. Essas reclamações geram avisos, estes por sua vez são associados a uma incidência, que irá conter um número de registro único. A incidência criada será o arquivo onde serão registrados a duração do atendimento, a causa que motivou a reclamação do cliente, uma descrição do trabalho realizado e outras informações.

2.1 Indicadores de Tempo de Atendimento a Ocorrências Emergenciais

Segundo o módulo 8 da PRODIST, o atendimento realizado a ocorrências de caráter emergencial deve ser supervisionado por meio de indicadores que expressem a qualidade dos meios de comunicação da empresa, a agilidade das equipes de campo e os

métodos utilizados para localização do cliente, visando corrigir a causa da falta e restabelecer o fornecimento. Dentro desta temática são avaliados os indicadores descritos a seguir:

Tempo médio de preparação (TMP): mede a agilidade que a reclamação aberta pelo cliente chega até as equipes de campo. São avaliados pontos como: os meios de comunicação utilizados pela empresa para troca de informações entre as equipes de campos e os centros de operação, além da distribuição geográfica das equipes.

Tempo médio de deslocamento (TMD): mensura a eficiência das equipes de atendimento emergencial ou manutenção na localização da causa que motivou as reclamações dos clientes. Influenciam nesse indicador a disposição geográfica das equipes e os métodos utilizados para localização dos clientes.

Tempo médio de execução (TME): constata a eficácia das equipes na normalização do fornecimento, começando a contar no início da intervenção dos eletricitistas na rede até o restabelecimento do fornecimento.

As equações de 1 a 3 mostram a fórmula de cálculo dos indicadores estão listados a seguir:

$$TMP = \frac{\sum_{i=1}^n TP(i)}{n} \quad (1)$$

$$TMD = \frac{\sum_{i=1}^n TD(i)}{n} \quad (2)$$

$$TME = \frac{\sum_{i=1}^n TE(i)}{n} \quad (3)$$

Onde:

TP = tempo de preparação da equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expresso em minutos;

TD = tempo de deslocamento da equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expresso em minutos;

TE = tempo de execução do serviço até seu restabelecimento pela equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expresso em minutos;

n = número de ocorrências emergenciais verificadas no conjunto de unidades consumidoras, no período de apuração considerado;

A união destes indicadores dá origem ao Tempo Médio de Atendimento Emergencial (TMAE), que é expresso pela equação 4:

$$TMEA = TMP + TMD + TME \quad (4)$$

O órgão regulador faz um acompanhamento mensal do desempenho das distribuidoras de energia a partir destes indicadores, o mesmo deve ser utilizado pelas empresas de forma a melhorar a alocação geográfica de suas equipes de campo objetivando diminuir o tempo gasto com deslocamento, e avaliar seus meios de comunicação entre os operadores nas centrais de controle e as equipes de atendimento.

2.2 Indicadores de Continuidade do Serviço de Distribuição de Energia

O objetivo dos indicadores enquadrados neste grupo é refletir a duração e a frequência com que ocorre falta de energia elétrica para os clientes, com este resultado é possível avaliar a qualidade dos serviços prestados e do sistema elétrico. O cálculo dos indicadores é feito de maneira mensal, trimestral e anual havendo metas preestabelecidas pela agência reguladora para cada um destes períodos.

Para o cálculo dos mesmos são consideradas todas as incidências onde houve falta de fornecimento de energia, sendo expurgados desligamentos programados onde o cliente foi notificado do mesmo, situações de emergência ou atuação do Sistema Regional de Alívio de Carga (ERAC), suspensão do cliente por falta de pagamento ou por não atender aos critérios de técnicos e/ou segurança, defeito interno do cliente que não venha a afetar outras unidades consumidoras.

Existem dentro deste grupo, indicadores individuais e por conjunto de unidades consumidoras.

2.2.1 Indicadores Individuais

O órgão regulador define metas para cada consumidor a partir dos seguintes critérios: nível de tensão que é atendido, se o cliente é isolado ou interligado à rede, se está localizado em zona urbana ou rural, entre outros critérios que podem ser conferidos nas tabelas que foram retiradas da PRODIST que estão contidas no ANEXO. Assim, a apuração dos resultados dos indicadores é feita por unidade consumidora (UC) ou ponto de conexão.

Os indicadores são os seguintes:

Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DIC): ele contabiliza a duração das faltas de energia em um período determinado pelo órgão regulador.

Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (FIC): representa a periodicidade que falta energia para o consumidor

Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DMIC): retrata a maior quantidade de tempo contínua que é aceitável um consumidor passar sem fornecimento.

O cálculo destes indicadores é feito utilizando as equações de 5 a 7 listadas abaixo, e dentro do período definido pela ANEEL.

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \quad (5)$$

$$FIC = n \quad (6)$$

$$DMIC = t(i)_{m\acute{a}x} \quad (7)$$

Onde:

i = elemento que varia de 1 a n ;

n = número de descontinuações de fornecimento da UC ou por ponto de conexão, no intervalo de apuração;

$t(i)$ = tempo de duração da interrupção (i) da UC ou ponto e conexão, dentro do intervalo de apuração;

$t(i)_{m\acute{a}x}$ = tempo da máxima interrupção ininterrupta ocorrida no intervalo de apuração, ocorrida na UC ou ponto de conexão.

2.2.2 Indicadores de Conjunto de Unidades Consumidoras

A medição destes indicadores é feita tomando como base um conjunto de UCs. O conjunto de UCs compreende todos os clientes interligados à mesma subestação por meio de seus alimentadores distribuição. Os indicadores deste grupo são:

Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC): seu cálculo é feito pelo somatório dos produtos da quantidade de clientes afetados por falta de fornecimento e a duração que os mesmos permaneceram sem fornecimento. O resultado é

então dividido pela quantidade de clientes instalados no conjunto onde houve a falta. Outra forma de realizar a apuração é pelo somatório do DIC dos clientes do conjunto.

Frequência Equivalente de Interrupção por Conjunto de Unidade Consumidora (FEC): representa a constância com que ocorre falta de energia para um conjunto de UCs. O cálculo é feito pelo somatório do número de clientes afetados dividido pela quantidade total de clientes pertencentes a este conjunto. Uma forma alternativa de apurar o resultado do indicador é pelo somatório do FIC de cada UC pertencente ao conjunto.

O cálculo destes indicadores é feito por meio das equações 8 e 9 mostradas a seguir:

$$DEC = \sum_{i=1}^n DIC(i) = \frac{\sum_{i=1}^{Oc} Cli(i) \times t(i)}{n} \quad (8)$$

$$FEC = \sum_{i=1}^n FIC(i) = \frac{\sum_{i=1}^{Oc} Cli(i)}{n} \quad (9)$$

Onde:

i = elemento que varia de 1 a n;

n = número de clientes pertencentes ao conjunto;

Oc = número de ocorrências que afetaram o conjunto;

Cli (Oc) = clientes afetados por ocorrência;

t (Oc) = duração da falta por ocorrência.

Os resultados obtidos nos indicadores coletivos podem ser utilizados em uma análise macro da qualidade do sistema elétrico do conjunto ou subestação as quais as UCs estão interligadas, além disso, é possível avaliar a qualidade do serviço prestado pela empresa.

2.3 Ressarcimento

Caso os limites preestabelecidos para os indicadores individuais de continuidade (DIC, FIC ou DMIC) sejam ultrapassados, a empresa responsável pelo consórcio de distribuição de energia deve realizar uma compensação ao consumidor em até dois meses após ser feito a apuração dos resultados. O ressarcimento ao cliente é realizado por meio de crédito na fatura dos dois meses seguintes, caso o valor a ser compensado ultrapasse o valor a ser pago pelo cliente, a diferença pode ser paga por meio de dinheiro em espécie.

O valor a ser devolvido ao cliente ainda pode ser utilizado na dedução de débitos vencidos do mesmo com a distribuidora, desde que seja feito anteriormente um acordo entre as partes.

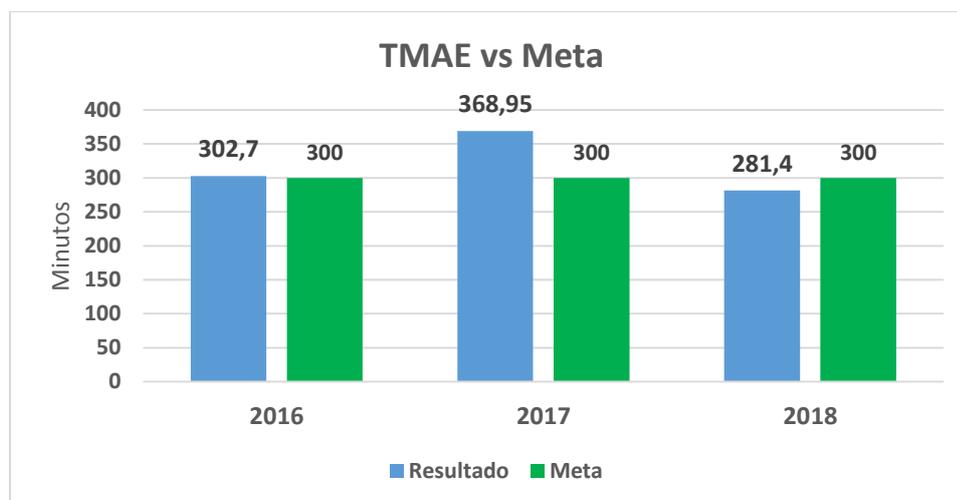
A compensação ao cliente é feita caso as metas mensais, trimestrais ou anuais sejam estouradas, em cada um dos casos é utilizado um método para o cálculo do valor a ser ressarcido ao cliente de acordo com o módulo 8 da PRODIST.

3 IMPACTO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NOS INDICADORES DA ENEL DISTRIBUIÇÃO CEARÁ

Com objetivo de demonstrar a influência que as descargas atmosféricas fazem nos indicadores das empresas do ramo de distribuição de energia elétrica foi realizado um levantamento de dados junto a Enel Distribuição Ceará, a grande maioria dos dados utilizados são referentes à região Norte do estado, devido apresentar a maior incidência de raios. O estudo realizado se utilizou dos registros das ocorrências dos últimos três anos e irá mostrar os resultados nos indicadores definidos no capítulo anterior.

A primeira análise realizada foi nos indicadores do tempo de atendimento emergencial. No gráfico 1 é demonstrado o TMAE em incidências cuja a causa constatada em campo foi descarga atmosférica; os resultados foram então comparados com a meta.

Gráfico 1 - TMAE oriundo de ocorrências por descargas atmosféricas na região Norte.

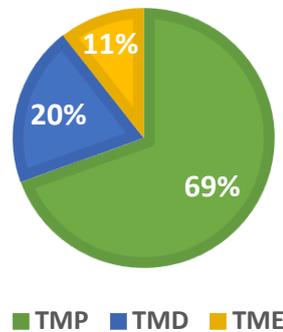


Fonte: Enel Distribuição Ceará (2018)

Analisando o gráfico 1 pode-se concluir que nos três anos registrados no levantamento, as incidências envolvendo descargas atmosféricas levam em média 318 minutos para serem atendidas, o que ultrapassa a meta estabelecida que é de 300 minutos. Uma análise mais detalhada permitiu identificar que maior parte do tempo de duração da ocorrência está no TMP, como pode ser visto no gráfico 2.

Gráfico 2 - Percentual de TMP, TMD e TME no TMAE no período de 2016 a 2018

DIVISÃO DO TMAE

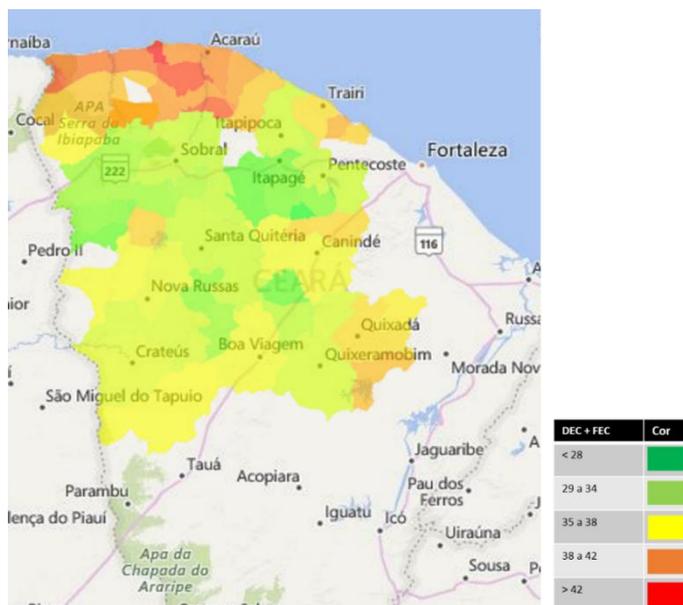


Fonte: Enel Distribuição Ceará (2018)

Fica perceptível pelo gráfico 2 que a maior parte da duração da incidência está no tempo de preparação, o que evidencia uma oportunidade de melhoria para aplicação do software proposto pelo trabalho.

Seguindo com o estudo foram verificados os indicadores de continuidade do serviço, com foco de evidenciar quanto às descargas atmosféricas e ondas viajantes os influenciam. Na figura 1 é mostrado no mapa da região norte do Ceará o desempenho das regiões nos indicadores de DEC e FEC.

Figura 1 - Mapa do DEC e FEC na Região Norte Ceará

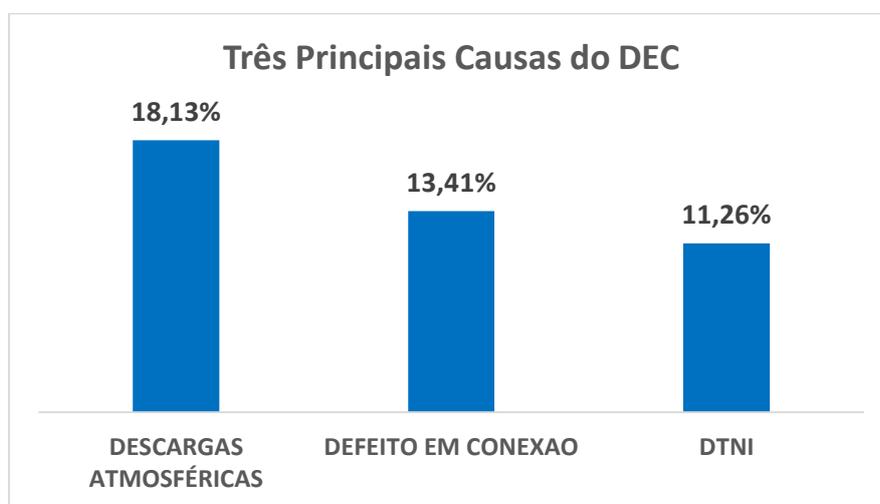


Fonte: Enel Distribuição Ceará (2018)

Por intermédio da figura 1, fica notório que as regiões do litoral apresentam os piores desempenhos nestes indicadores, isto se deve em grande parte ao fato de estarem sujeitas às maiores adversidades, como salinidade trazida pela maresia, e maior ocorrência de fenômenos climáticos presentes nestas regiões. Nestas regiões se faz necessária uma constante atenção com os equipamentos de distribuição (transformadores, religadores, chaves -fusíveis e seccionadoras) que são corroídos pelo sal e tem seu tempo de vida útil reduzido. As linhas dos alimentadores de distribuição devem passar por lavagens com água destilada de forma sazonal para que seja retirado o sal que é depositado pelas correntes de ar. Somando aos fatores já listados, estas regiões estão entre aquelas com maiores incidências de descargas atmosféricas e com alto índice pluviométrico, que pode ser consultado no site da FUNCEME.

Na sequência foram verificadas as principais causas que mais influenciaram no DEC na região norte do Ceará no período estudado. O resultado obtido pode ser visto no gráfico.

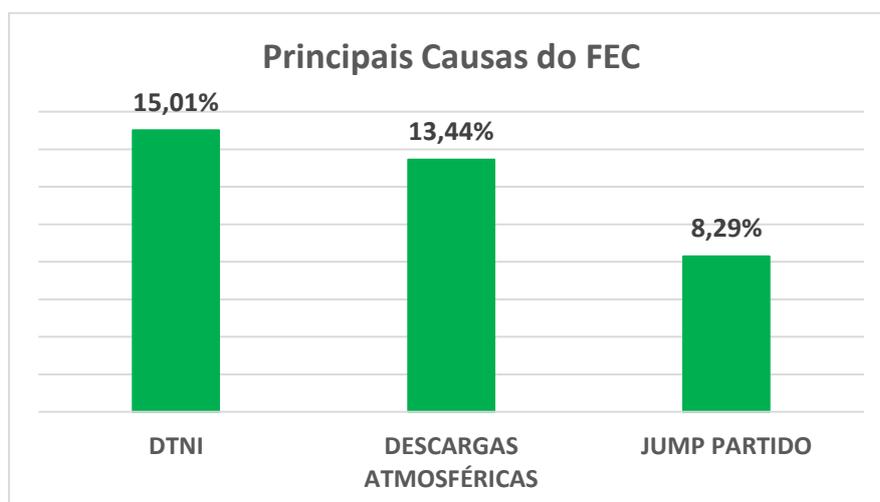
Gráfico 3 - Principais Causas do DEC de 2016 a 2018



Fonte: Enel Distribuição Ceará (2018)

A mesma análise sobre o FEC, com foco de verificar se existiam causas em comum entre os indicadores. No gráfico 4 é mostrado o resultado obtido.

Gráfico 4 - Principais Causas do FEC de 2016 a 2018



Fonte: Enel Distribuição Ceará (2018)

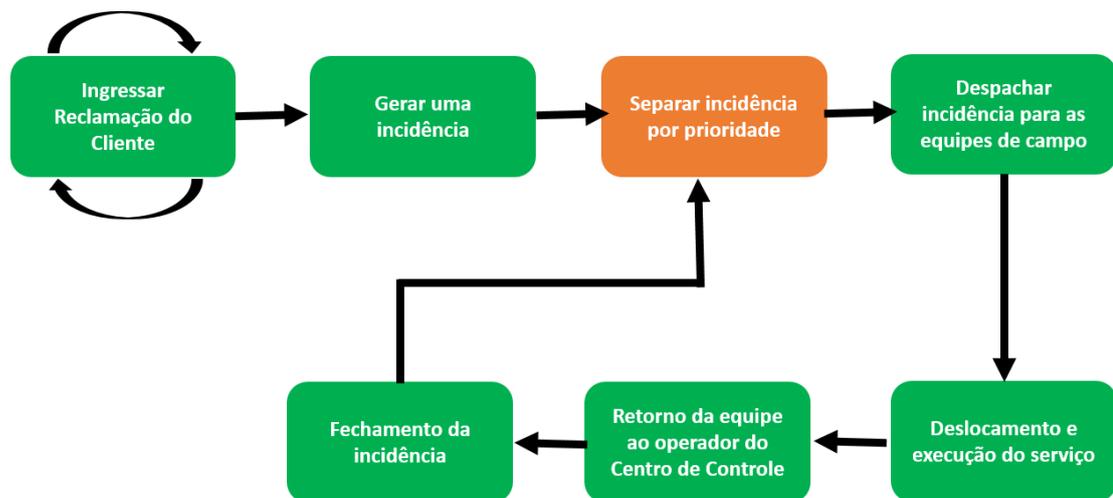
A partir dos resultados mostrados nos gráficos 3 e 4 é possível verificar que as descargas atmosféricas sempre estão presentes entre as causas mais impactantes, sendo a maior causa de duração e a segunda de frequência com que ocorre falta de fornecimento de energia. No ano de 2018 até o mês de agosto já foram afetados mais de 86 mil clientes por este motivo.

Ao verificar o impacto financeiro que as descargas atmosféricas já causaram, a Enel Distribuição Ceará, no último ano, relacionado ao ressarcimento feito aos clientes pela ultrapassagem dos indicadores individuais, o valor já ultrapassa 92 mil reais. Nos indicadores coletivos, o ressarcimento feito já é maior que 1,2 milhões de reais, como pode ser consultado no site na ANEEL.

4 GEOLOCALIZAÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS – GDA

Dado o objetivo do trabalho, que é a redução dos indicadores de tempo de atendimento e continuidade do serviço de fornecimento, foi desenvolvido o programa GDA. Sua função inicial é auxiliar os operadores do Centro de Controle no despacho das reclamações de atendimento emergencial abertas pelos clientes. Uma visão resumida do processo de despacho das reclamações pode ser acompanhada na figura 2.

Figura 2 - Resumo do Processo de Atendimento Emergencial



Fonte: Próprio autor (2018)

Na figura 2 o fluxo da reclamação inicia com abertura da reclamação do cliente, sendo em seguida associado um número de referência a esta reclamação, os operadores do sistema então recebem essa reclamação e irão avaliar o grau de prioridade deste atendimento. O GDA entra nesta etapa do processo, pois a ferramenta verifica se entre as reclamações ativas existe alguma que pode estar relacionada à ocorrência de uma descarga atmosférica. Com tal informação, o operador pode avaliar com mais informações o grau de prioridade do atendimento.

4.1 Utilização do Microsoft Excel com VBA

No desenvolvimento do GDA foi utilizada a linguagem de programação Visual Basic for Applications (VBA) integrada ao Microsoft Excel. A escolha desta ferramenta se deve aos fatores listados a seguir:

- a) Linguagem de programação de rápida compreensão e fácil entendimento. Possui uma comunidade que alimenta diversos fóruns com tira - dúvidas e exemplos, além disso, existem diversos sites que abordam o assunto;
- b) Os colaboradores da Enel Distribuição Ceará não têm permissão de administrador nos computadores que utilizam. Logo, não é possível instalar programas, mas todas as máquinas possuem o pacote do office da Microsoft já instalado;
- c) Há possibilidade de integrar outras aplicações do pacote por meio do VBA. Como por exemplo, utilizar o Outlook para o envio de e-mails de relatórios gerados em planilhas do Excel;
- d) O Excel permite a manipulação de matrizes de dados de forma mais simples, além de possuir diversas fórmulas matemáticas e lógica nativas.

Além dos motivos listados acima, a escolha se deu pela necessidade de elaborar um protótipo para teste de fácil desenvolvimento, para que a partir dos testes dentro do centro de controle, seja possível então identificar pontos de melhoria para serem aplicados à versão final da ferramenta.

4.2 Funcionamento do GDA

Para auxiliar no processo de priorização do atendimento por meio da geolocalização das descargas atmosféricas serão empregadas três bases de dados, que são atualizadas constantemente por meio de rotinas dentro do GDA, sendo possível determinar um intervalo de tempo para ocorrer esse processo.

A primeira base de dados é a de reclamações abertas pelos clientes da distribuidora Enel, que será acessada e carregada pelo GDA diretamente da intranet da empresa. Nela estão listadas todas as reclamações abertas por cliente em tempo real; cada reclamação está associada ao número do cliente que a abriu. Ao número do cliente, por sua vez está associada sua cadeia elétrica que informa o transformador, alimentador e subestação ao qual o cliente está conectado. Na tabela 1 é mostrado um exemplo de cadeia elétrica de um cliente e os dados presentes nela.

Tabela 1 - Exemplo de Cadeia Elétrica

REFERÊNCIA	UC	GPS:	SE	LINHA	CD	DATA/HORA	MUNICÍPIO
201800000	XXXXXX	GPS: -3.90215, -40.45365	CRE	CRE01C2	TAB1234	26/07/2018 10:59	CARIRE

Fonte: Enel Distribuição Ceará (2017)

Na tabela 2 pode-se conferir uma amostra da base extraída pelo GDA com as reclamações dos clientes e as informações contidas nessa base de dados.

Tabela 2 - Amostra das Informações Extraídas das Reclamações dos Clientes

Nº Incidência	Nº Cliente	Circuito	Clientes	Estado	Área Despacho	Ponto Elétrico	Tipo Reclamação
22236137	X1	CMM01C2	1	NOVA	CAMOCIM	FJB0343	FALTA DE ENERGIA NO CONSUMIDOR
22237807	X2	CMM01C1	69	RECEBIDA	CAMOCIM	TIT1988	FALTA DE ENERGIA EM VARIOS CONSUMIDORES
22239915	X3	GRJ01N2	1	RECEBIDA	CAMOCIM	TIT0485	FALTA DE ENERGIA NO CONSUMIDOR
22240095	X4			RECEBIDA	CAMOCIM		OUTROS
22240963	X5	CMM01C1	1	RECEBIDA	CAMOCIM	TEC1310	FALTA DE ENERGIA NO CONSUMIDOR
22241257	X6	GRJ01N4	23	RECEBIDA	CAMOCIM	TIT4812	FALTA DE ENERGIA EM VARIOS CONSUMIDORES

Fonte: Enel Distribuição Ceará (2017)

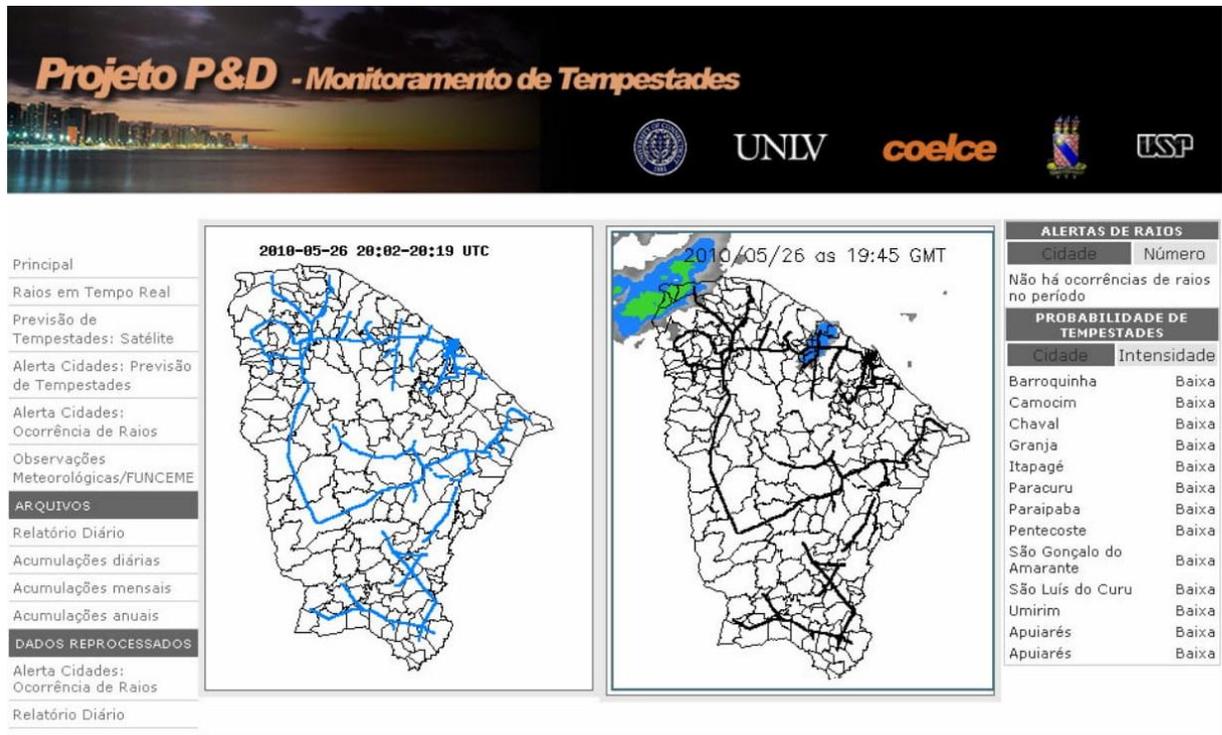
A segunda base de dados será extraída do site Zeus que possui uma base das descargas atmosféricas e o ponto onde a mesma incidiu no estado do Ceará em tempo real. A Enel tem acesso à plataforma devido ser um dos colaboradores.

O Zeus faz parte do projeto STARNET (Sferic Timing And Ranging NETwork), que foi concebido pela empresa Resolution Display Inc, que se usa de um conjunto de antenas receptoras que detectam os ruídos de rádio contidos nas descargas atmosféricas. Essas antenas estão instaladas em diversas regiões do Brasil, América Central e África. Os dados coletados pelo sistema possibilitam o monitoramento em tempo real de recursos hídricos, meteorológica, segurança na aviação e no setor elétrico (STARNET, 1997).

O programa extrai as informações diretamente no link do Zeus disponibilizado aos colaboradores do projeto. Dentro da página da web é inserido pelo GDA o intervalo de tempo em que se deseja obter os dados, como mostrado na figura 3. Em seguida é realizada a cópia dos dados para a base. Entre as informações presentes na base criada estão a cidade que foi afetada pelo raio e as coordenadas geográficas em dois formatos, o Geodésico e o

Geodésico Decimal. Uma amostra da base de dados obtidos com a extração das descargas atmosféricas do Zeus é mostrado na tabela 3.

Figura 3 – Página Principal do Projeto Zeus



Fonte: Zeus (2017)

Tabela 3 - Dados Obtidos do Zeus

CIDADE	ANO	MÊS	DIA	HORA	MINUTO	SEGUNDO	LATITUDE	LONGITUDE
REDENCAO	2017	4	1	2	26	148.260	-419.667	-3.883.093
REDENCAO	2017	4	1	3	2	444.343	-424.274	-3.881.670
MARANGUAPE	2017	4	1	3	13	198.016	-406.873	-3.877.363
BEBERIBE	2017	4	1	3	13	525.735	-420.858	-3.811.321
CASCAVEL	2017	4	1	3	15	444.683	-412.928	-3.820.634
AQUIRAZ	2017	4	1	8	22	221.932	-394.894	-3.825.784
FORTALEZA	2017	4	1	9	9	483.543	-379.037	-3.844.088
PARAIPABA	2017	4	1	9	39	172.496	-335.007	-3.916.170
ITAPIPOCA	2017	4	1	9	47	514.015	-318.540	-3.963.355
ITAPIPOCA	2017	4	1	9	58	176.742	-315.045	-3.963.905

Fonte: ZEUS (2017)

Dentro do GDA existe um terceiro banco de dados a base de equipamentos, onde estão listados todos os equipamentos das linhas de distribuição presentes no sistema elétrico da Enel. Tal base foi criada por meio dos arquivos KML dos alimentadores de distribuição que podem ser encontrados no site Projeto Lean, cujo desenvolvedor foi a própria Enel. Ao abrir esses arquivos em um leitor XML é possível obter o ponto e as coordenadas geográficas de onde o equipamento está instalado. Na tabela 4 é mostrada uma amostra da base de dados dos equipamentos de distribuição.

Tabela 4 - Amostra da Base de Equipamentos

Equipamento	Tipo	Coordenada x	Coordenada y	Alimentador
TEC8157	CD	-4083049133	-306091274	GRJ01N1
TEC8152	CD	-4083572388	-305416715	GRJ01N1
SEC9020	DMUN	-4083766809	-305495049	GRJ01N1
TEC9030	CD	-4081424393	-303253799	GRJ01N1
FEC8151	DMUN	-4084125117	-3056798	GRJ01N1
TEC9031	CD	-4081034885	-303232753	GRJ01N1

Fonte: Projeto Lean (2015)

Com as três bases o GDA irá fazer uma interligação entre elas por meio do código do equipamento (base de reclamações e equipamentos) e das coordenadas geográficas (base do Zeus e equipamentos).

Como já mencionado, as descargas atmosféricas ao incidirem de forma direta ou indireta sobre a rede geram um distúrbio que se propaga a jusante e montante do ponto onde incidiram. Assim, para que o GDA possa verificar se existe algum equipamento próximo ao ponto de origem do distúrbio se faz necessário definir o raio da área de atuação da descarga atmosférica que deve avaliar critérios como o nível de isolamento dos cabos e isoladores utilizados nas linhas de distribuição, as distâncias entre as estruturas que suportam as linhas, quantidade e tipo de para-raios instalados nos postes, entre outros fatores.

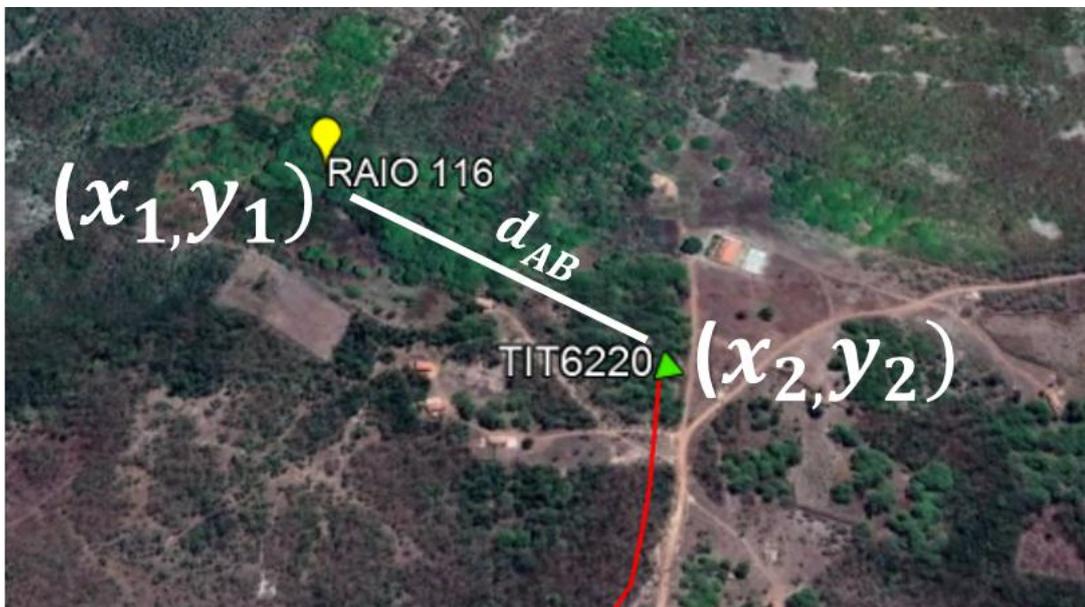
Campos (2012), realiza uma série de simulações computacionais sobre as tensões induzidas nas linhas de distribuição pela incidência de descargas atmosféricas. O estudo é realizado em redes com variados níveis de proteção e isolamento. É mostrado que até 1000 metros do ponto de origem do distúrbio gerador da sobretensão é possível obter picos de tensão na faixa de 20kV. Para estruturas mais próximas são registrados picos de 160kV.

No GDA será então utilizado um raio de até 1000 metros para atuação das ondas viajantes. Tal raio será utilizado junto a equação da distância entre dois pontos, mostrada na equação 10, para realizar uma busca de proximidade, onde será tomado como ponto fixo as

coordenadas da descarga atmosférica e definida uma distância limite para atuação da mesma sobre a rede. Em seguida é verificada a distância entre as coordenadas da descarga atmosférica e dos equipamentos de distribuição. Na figura 4 é demonstrada a utilização da equação 10 pelo GDA.

$$d_{AB} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (10)$$

Figura 4 - Aplicação da Distância Entre dois Pontos no GDA



Fonte: Zeus (2017)

Caso venha a encontrar um equipamento dentro da área de influência da descarga atmosférica, o GDA irá relacionar ambos, entendendo que a descarga elétrica pode ter afetado tal equipamento. O procedimento então é repetido para todas as descargas atmosféricas presentes na base.

O GDA então monta a tela de usuário mostrada na figura 5, onde são listadas para os operadores do sistema as descargas atmosféricas e os equipamentos que podem ter sido afetados por essas. Em seguida, os códigos dos equipamentos que foram relacionados às descargas atmosféricas são comparados com a lista de transformadores presentes nas cadeias elétricas dos clientes que abriram reclamações; caso exista uma compatibilidade o equipamento em questão é sinalizado ao operador como um atendimento prioritário e o número de referência da reclamação é mostrado na coluna incidência.

O GDA ainda possibilita a geração de um arquivo .KML que produz um modelo georeferenciado dos pontos onde incidiram as descargas atmosféricas a superfície terrestre e pode ser exibido por um navegador da Terra como o Google Earth ou Google Maps. Na figura 6 pode ser visto o resultado do arquivo KML produzido pelo GDA mostrando os raios.

Figura 5 - Tela do Operador no GDA

Raio	Equipamento	Latitude	Longitude	Observações	Incidência
Raio 1	FIU2947	-3,1052	-40,71763	MARTINOPOLE - 04/01/2017 11:47	
Raio 2	5ITS495	-3,01816	-40,76023	GRANJA - 04/01/2017 11:56:00	
Raio 3	TIU1342	-3,16429	-41,02737	GRANJA - 04/01/2017 12:12:00	22241829
Raio 4	FJB0343	-3,23223	-40,71072	GRANJA - 04/01/2017 12:38:00	22236137
Raio 5	TIT6700	-3,10822	-40,68258	MARTINOPOLE - 04/01/2017 12:38	
Raio 6	FIU2625	-3,1999	-40,68631	MARTINOPOLE - 04/01/2017 12:42	
Raio 7	FIT0124	-3,17688	-40,92092	GRANJA - 04/01/2017 12:42:00	
Raio 8	TIU0421	-3,05132	-40,56461	GRANJA - 04/01/2017 12:42:00	
Raio 9	FIU1145	-3,08067	-40,61124	GRANJA - 04/02/2017 13:36:00	
Raio 10	TIT8325	-3,02103	-40,61262	GRANJA - 04/02/2017 14:15:00	
Raio 11	TIU2293	-3,22449	-41,02921	GRANJA - 04/02/2017 16:32:00	22244841
Raio 12	FIU1690	-3,21094	-41,01754	GRANJA - 04/03/2017 13:44:00	
Raio 13	TIS9787	-3,08549	-41,18329	CHAVAL - 04/03/2017 13:57:00	
Raio 14	TIW0807	-3,16062	-41,1215	GRANJA - 04/03/2017 13:57:00	

ATUALIZAR GDA
MANUALMENTE

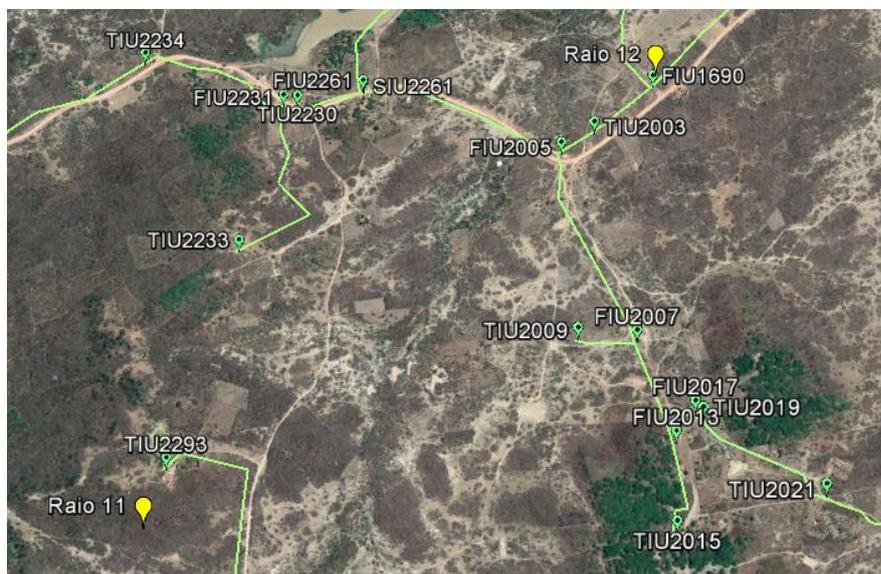
GERAR KML

LIMPAR ABA

Fonte: Próprio autor (2018)

Na figura 6 são mostradas as descargas atmosféricas que incidiram próximo aos equipamentos de distribuição; também é contemplado na figura um dos alimentadores na região de Granja, que foram inseridos por meio de arquivos .KML que podem ser encontrados no site Projeto Lean.

Figura 6 - Plotagem das Descargas Atmosféricas no Google Earth

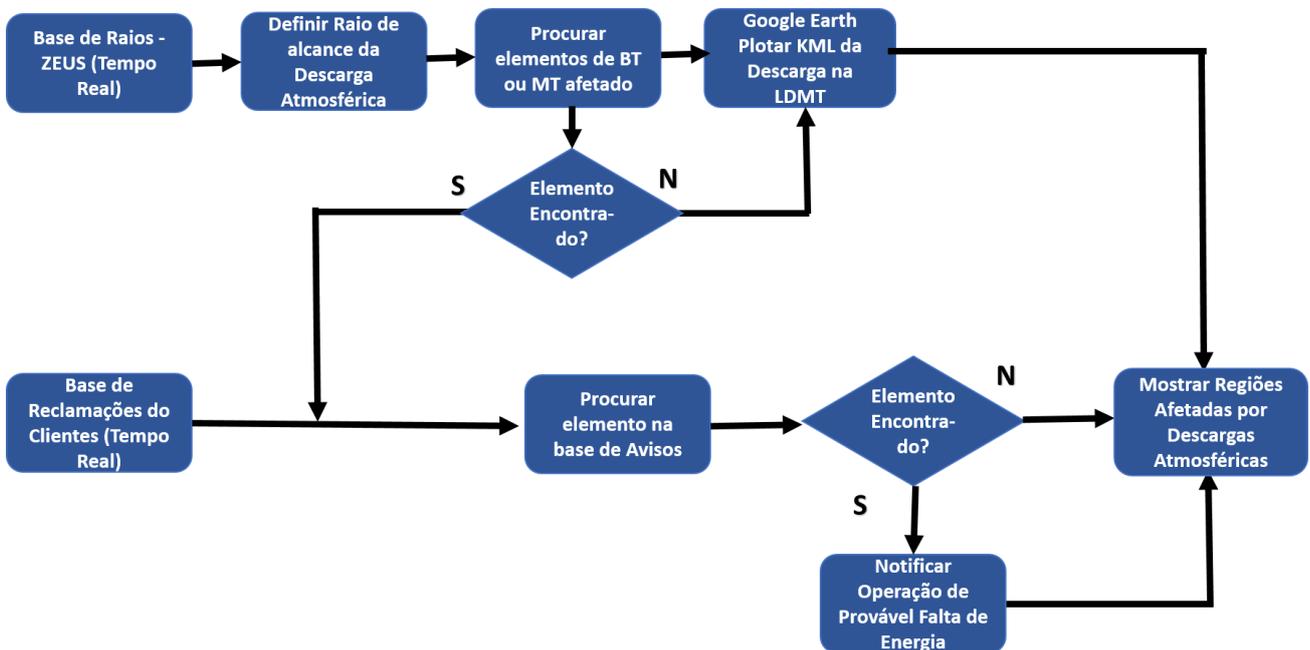


Fonte: Próprio autor (2018)

Analisando as figuras 5 e 6, é possível verificar por exemplo que o Raio 11 mostrado na tela do usuário afeta o transformador TIU2293, que é o mesmo transformador mais próximo no ponto onde incidiu a descarga atmosférica.

Outra forma de entender as etapas de funcionamento do GDA é pelo fluxograma mostrado na figura 7, onde pode ser visto uma sequência lógica entre as etapas de execução do programa e a maneira como as bases se entrelaçam.

Figura 7 - Fluxograma de funcionamento do GDA



Fonte: Próprio autor (2018)

Com o auxílio do programa, espera-se que os operadores do centro de controle possam tomar decisões mais assertivas na escolha por priorizar uma incidência em relação a outra, ocasionando um ganho de redução dos indicadores.

4.3 Proposta de Utilização do GDA

O GDA mostra na tela do usuário dois tipos de retornos que são diferenciados quando a coluna de incidência está preenchida ou não, como mostra a figura 8. O operador que irá despachar as incidências para as equipes de campo pode proceder de acordo com a prioridade mais adequada.

Figura 8 - Tipos de Resultados Obtidos pelo GDA

Raio	Equipamento	Latitude	Longitude	Observações	Incidência
Raio 11	TIU2293	-3,22449	-41,02921	GRANJA - 04/02/2017 16:32:00	22244841
Raio 12	FIU1690	-3,21094	-41,01754	GRANJA - 04/03/2017 13:44:00	

Fonte: Próprio autor (2018)

Caso o GDA apresente uma incidência associada à descarga atmosférica, o operador pode avaliar critérios como quantidade de clientes afetados pelo transformador ou pela chave, como mostrado na coluna equipamento. A quantidade de reclamações abertas na localidade que pode indicar a atuação de um elo fusível causadas por ondas viajantes geradas, ou pode avaliar entre as reclamações associadas a essa incidência há algum relato de condutor partido. Sendo assim pode-se determinar o grau de prioridade desta incidência frente às demais.

No segundo caso onde o GDA não traz o campo incidência preenchido o operador pode plotar no mapa as descargas atmosféricas ao clicar no botão gerar KLM, que pode ser visto na figura 8. Será então gerado um arquivo KML que pode ser lido pelo Google Earth. Ao abrir o arquivo no navegador Terra, o operador poderá verificar se a localidade onde os raios incidiram não coincide com o de alguma incidência ativa, o que pode indicar que descarga pode ter afetado alguma estrutura da região e ocasionou a saída de algum transformador ou chave mais distante do ponto de incidência por meio das ondas viajantes.

5 RESULTADOS

Para testar o desempenho do GDA, foi proposto utilizar a base de dados de descargas já existente e relacionar a mesma com as reclamações de clientes ocorridas no mesmo período. A região escolhida para a realização do teste, foram as cidades alimentadas pela subestação de Granja. O motivo da escolha foi ser a região com maior número de incidências de descargas atmosféricas no ano de 2017.

Foram feitas algumas adaptações no GDA para que fosse aplicado um filtro às bases utilizadas para que as mesmas trabalhassem com as regiões abastecidas pela subestação de Granja. A base de raios utilizada foi a de abril de 2017, mês com maior número de descargas registradas pela Enel Distribuição Ceará.

Utilizando o banco de dados extraído do Zeus no mês de abril de 2017 foram localizadas 1692 descargas atmosféricas na região. Foi definido o valor de 200 metros, devido aos altos níveis de sobretensão induzida nas linhas para descargas atmosféricas ocorridos a essa distância da rede como mostrado por Campos (2012), para o raio da circunferência de atuação da descarga atmosférica. Após a execução do GDA foram encontrados 425 equipamentos de distribuição dentro das áreas das descargas.

A segunda etapa foi o cruzamento dos equipamentos encontrados com a base de incidências no mesmo período. Foram então localizadas 39 correspondências entre os elementos afetados nas incidências e o equipamento que estava dentro da área de atuação da descarga atmosférica. Durante o período do estudo foram fechadas 93 incidências cuja causa estava relacionada à ação de descarga atmosférica, logo, o GDA apresentou uma taxa de 42% de assertividade.

O GDA também apresenta uma aplicação para o processo de inspeções em alimentadores decorrente da atuação da proteção de instantânea, tal proteção é acionada quando um evento de curto circuito transitório a frente de um religador de linha. Ao direcionar uma equipe para realizar inspeções em um trecho o operador pode verificar se a jusante do equipamento que atuou ocorreu uma descarga atmosférica, a qual tem grandes chances de ser o motivo da instantânea. Assim, poderá ser reduzido o trecho a ser inspecionado pela equipe que por sua vez poderá localizar isoladores, emendas ou chaves que podem ter sido danificados. Além da redução do tempo de inspeção, espera-se aumentar as chances de localização de avarias que podem vir a ocasionar novas saídas do alimentador, o

que irá de certa forma reduzir os indicadores de continuidade do serviço e melhorar a visão dos clientes frente à Enel.

A ferramenta foi testada utilizando os mesmos dados dos resultados mostrados acima. No período foram registrados dez instantâneas pelos alimentadores de distribuição de Granja. Em quatro destas ocorrências foi observado que a jusante do religador que protegeu o sistema ocorreu uma descarga atmosférica. De posse desta informação o operador poderia direcionar a equipe da melhor maneira para a realização da inspeção.

Com os resultados evidenciados fica justificada a iniciativa de desenvolver o GDA, que poderá atuar em duas grandes frentes na área de atendimento, com foco em reduzir os indicadores e melhorar a priorização do atendimento. A próxima etapa será a demonstração do potencial que a ferramenta pode trazer sendo aplicada ao setor de atendimento, inicialmente em forma experimental dentro do centro de controle de Sobral visando a constante melhoria e futuramente a disseminação do GDA na Enel.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de uma ferramenta para auxiliar os operadores no setor de atendimento foi influenciado pelas dificuldades encontradas por este setor na quadra chuvosa, período do ano que apresenta os maiores níveis de atendimentos emergenciais, e a grande quantidade de descargas atmosféricas que se incidem no estado do Ceará.

Na primeira etapa de teste do GDA, com as bases do mês de abril de 2017, foi possível localizar 42% das incidências, cuja causa foram descargas atmosféricas e 40% das atuações da proteção de instantânea, o que evidencia a aplicabilidade da ferramenta no setor de atendimento.

A próxima etapa será a implantação no setor de atendimento para que os operadores do sistema possam vir a utilizá-la e darem seu feedback sobre a ferramenta, para que a mesma possa ser melhor adaptada ao processo ao qual irá fazer parte e que possa aumentar seu nível de assertividade quanto à localização de incidências relacionadas às descargas atmosféricas.

Inicialmente a ferramenta irá funcionar apenas para algumas subestações da região Norte do Ceará; serão então avaliados os indicadores de DEC e FEC durante o período de utilização da ferramenta com o mesmo período de anos anteriores para verificar o impacto na redução dos indicadores.

Espera-se então, a partir dos resultados levantados, obter uma redução significativa dos indicadores de TMAE e DEC. Será avaliado também se o grau de satisfação dos clientes com a Enel aumentou nas regiões abastecidas pelas subestações contempladas nesta segunda etapa da aplicação do GDA. Com os resultados destes levantamentos em mãos será apresentado aos gestores da Enel Distribuição Ceará para que a mesma possa ser aplicada a todas as subestações da empresa e seus alimentadores de distribuição.

Dentre as melhorias já previstas está a implementação de uma árvore hierárquica entre elementos de BT e MT que compõem os alimentadores de distribuição, o que permitirá relacionar os elementos que são subordinados a outros, como por exemplo, os transformadores de um ramal que é protegido por uma chave fusível. Para tanto será necessário o estudo de teoria dos grafos.

O GDA será migrado para a plataforma Power BI, que permitirá trabalhar de forma otimizada com big data e integrar e criado um página web para que os operadores dos diversos centros de controle da Enel possam acessar.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Painel de Desempenho das Distribuidoras de Energia Elétrica**. Brasília, 2016. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/relatoriosrig/\(S\(zozdjdcq0akkhpxnt4jk5tay\)\)/relatorio.aspx?folder=sfe&report=PainelDistribuidora&Distribuidora=39&Ano=2018](http://www2.aneel.gov.br/relatoriosrig/(S(zozdjdcq0akkhpxnt4jk5tay))/relatorio.aspx?folder=sfe&report=PainelDistribuidora&Distribuidora=39&Ano=2018)>. Acesso em: 10 de out. 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no sistema elétrico nacional (PRODIST): Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**. Brasília, 2018, Revisão 10. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documentos/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_10/2f7cb862-e9d7-3295-729a-b619ac6baab9>. Acesso em 22 de ago. 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa N° 414**. 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 03 de set. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5419** - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.comservicefire.com.br/docs/Para-raios/NBR%205419%20-%20Para-raios.pdf>>. Acesso em: 28 de ago. 2018.
- BRITO, Thiago. S. P. **Análise de Ondas Viajantes em Linhas de Transmissão para Localização de Falhas: Abordagem Via Transformada Wavelet**. Belém, 2007. Disponível em: <<http://www.ppgee.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Disserta%C3%A7ao%20-%20Thiago%20Brito%20-%20Final.pdf>>. Acesso em: 30 de ago. 2018.
- CAMPOS, Arthur F. M. **Cálculo de sobretensões causadas por descargas atmosféricas indiretas em linhas de distribuição aéreas considerando falhas de isolamento**. Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/24M.PDF>>. Acesso em 25 de nov. 2018.
- Ceará registra mais de 20 mil raios em 2018. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 17 abril 2018. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/ceara-registra-mais-de-20-mil-raios-em-2018-1.1924887>>. Acesso em 29 de ago. 2018.
- CENTRO POLITÉCNICO DA UFPR. RIANDAT – **Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas**. Curitiba, SC, 2012. Disponível em: <<http://www.rindat.com.br/>>. Acesso em: 28 de ago. 2018.
- ENEL. **Projeto Lean**. Fortaleza, 2015. Disponível em: <<http://www.projetoolean.com.br/site/index.php/alimentadores-norte>>. Acesso em: 20 de ago. 2018.
- FERREIRA, Daniel A. P. **Análise de falhas em transformadores de distribuição por metodologia forense**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-31102013081243/publico/Daniel.pdf>>. Acesso em 31 de ago. 2018.
- FUNCEME. **Calendário das Chuvas no Estado do Ceará**. Fortaleza, CE, 2014. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/406-chuvas-di%C3%A1rias>>. Acesso em: 01 de set. 2018.

GMAPAS. **Tutorial do KML**. [S.l], 2013. Disponível em: <<http://www.gmapas.com/deposito-kml/o-que-e-arquivo-kml>>. Acesso em: 22 de out. 2018.

GOOGLE. **Keyhole Markup Language**. [S.l], [20--]. Disponível em: <<https://developers.google.com/kml/>>. Acesso em: 14 de out. 2018.

GRUPO DE ELETRICIDADE ATMOSFÉRICA (ELAT). **INPE lança serviço inédito de previsão de raios**. São José dos Campos, 2015. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelaf/homepage/menu/noticias/release.php?id=64>>. Acesso em: 30 de ago. 2018.

PEREIRA, Rebeca Catunda. **Sistema de monitoramento de descargas atmosféricas implantado no centro de controle da Coelce como ferramenta de apoio às áreas de engenharia, manutenção e operação**. Fortaleza, 2010. Disponível em: <<http://www.dee.ufc.br/anexos/TCCs/2010.1/REBECA%20CATUNDA%20PEREIRA.pdf>>. Acesso em: 15 de ago. 2018.

SHIGA, Alberto Akio. **Avaliação de custos decorrentes de descargas atmosféricas em sistemas de distribuição de energia**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-03072007-081750/pt-br.php>>. Acesso em: 02 de set. 2018.

STARNET. **Projeto P&D – Monitoramento de Tempestades**. 2004. Disponível em: <<http://www.zeus.iag.usp.br/>>. Acesso em: 10 de ago. 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2013.

VIEIRA, Adalberto J. T. **Conceitos Básicos em Teoria dos Grafos**. Santa Catarina, 2009. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/adalberto/materiais/AULA_05_TEORIA_DOS_GRAFOS_E_APLICA_ES.pdf>. Acesso em: 02 de set. 2018.

APÊNDICE A – CÓDIGO DO GDA

'GEOLOCALIZAÇÃO DE DESCARGA ATMOSFÉRICAS - GDA
 'DESENVOLVEDOR: JOSA RODRIGUES VIDAL JÚNIOR
 'ORIENTADOR: EBER DE CASTRO DINIZ
 'TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
 'DESENVOLVIDO EM PARCEIRA COM ENEL DISTRIBUIÇÃO CEARÁ

''' PRINCIPAL ATUALIZAÇÃO AUTOMÁTICA '''

Sub Programada()

hora = Format(Time, "hh")

minuto = Format(Time, "Nn")

If (minuto) Mod 30 = 0 Then

'ATUALIZAÇÃO AUTOMÁTICA A CADA 30 MINUTOS

Application.ScreenUpdating = False

Application.DisplayAlerts = False

Application.EnableEvents = False

Application.Calculation = xlCalculationManual

Workbooks("GDA.xlsm").Activate

Call Limpeza 'LIMPAR AS ABAS PARA RECEBER NOVOS DADOS

Call RoboReclamacoes 'BASE DE RECLAMAÇÕES DOS CLIENTES

Call RoboZeus 'BASE DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Call BuscarProximidade 'BUSCAR PELO EQUIPAMENTO MAIS PRÓXIMO

Call OrgFormulario 'ORGANIZAR TELA DO USUÁRIO

Call BuscarIncidencia 'PROCURA INCIDÊNCIA RELACIONADA A DESCARGA

Application.Calculation = xlCalculationAutomatic

Application.Wait (Now + TimeValue("0:00:02"))

Application.ScreenUpdating = True

Application.DisplayAlerts = True

Application.EnableEvents = True

Workbooks("GDA.xlsm").Close SaveChanges:=True 'SALVAR ATUALIZAÇÃO

Workbooks("GDA.xlsm").Activate

End If

End Sub

''' ROTINA PRINCIPAL ATUALIZAÇÃO MANUAL '''

Sub Principal()

Dim Tempo As Double

Tempo = Now()

Application.ScreenUpdating = False

Application.DisplayAlerts = False

Application.EnableEvents = False

Application.Calculation = xlCalculationManual

Workbooks("GeoDeA.xlsm").Activate

```

Call Limpeza           'LIMPAR AS ABAS PARA RECEBER NOVOS DADOS
Call RoboReclamacoes 'BASE DE RECLAMAÇÕES DOS CLIENTES
Call RoboZeus         'BASE DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
Call TratamentoDados 'ORGANIZAR AS BASES
Call BuscarProximidade 'BUSCAR PELO EQUIPAMENTO MAIS PRÓXIMO
Call OrgFormulario   'ORGANIZAR TELA DO USUÁRIO
Call BuscarIncidencia 'PROCURA INCIDÊNCIA RELACIONADA A DESCARGA

```

```

Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
Application.Wait (Now + TimeValue("0:00:02"))
Application.ScreenUpdating = True
Application.DisplayAlerts = True
Application.EnableEvents = True
D = Tempo - Now()
MsgBox "GDA Executado - " & D
End Sub

```

''' TRATAMENTOS DE DADOS '''

```

Sub TratamentoDados()
  Dim Data As Date
  Sheets("BDZeus").Select
  Sheets("BDZeus").Cells(1, 10).Value = "GSP X"
  Sheets("BDZeus").Cells(1, 11).Value = "GPS Y"
  Sheets("BDZeus").Cells(1, 12).Value = "Equipamento"
  Sheets("BDZeus").Cells(1, 13).Value = "Distância"
  Sheets("BDZeus").Cells(1, 14).Value = "Data"

  Treg = Application.WorksheetFunction.CountA(Range("A:A"))
  'TRANSFORMAR COORDENADAS NO FORMATO GPS
  For i = 2 To Treg
    Cells(i, 10).Value = Cells(i, 8) / 100000
    Cells(i, 11).Value = Cells(i, 9) / 100000
  Next i
  'MONTA A DATA ONDE OCORREU A DESCARGA ATMOSFÉRICA
  For i = 2 To Treg
    Data = Cells(i, 4) & "/" & Cells(i, 3) & "/" & Cells(i, 2) & " " & Cells(i, 5) & ":" &
Cells(i, 6)
    Cells(i, 14).Value = Format(Data, "dd/mm/yyyy")
  Next i
End Sub

```

```

Sub BuscarIncidencia()
  'RELACIONA AS BASES DE RAIOS E INCIDÊNCIA EM BUSCAR DE PARIDADE
  TregIn = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("BDInc").Range("A:A")) + 1
  TregEq = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("GDA").Range("H:H")) + 3
  For i = 5 To TregEq

```

```

For j = 2 To TregIn
    If Sheets("BDInc").Cells(j, 10).Value = Sheets("GDA").Cells(i, 8).Value Then
        Sheets("GDA").Cells(i, 12).Value = Sheets("BDInc").Cells(j, 1).Value
        j = TregIn + 2
    End If
Next j
Next i
Sheets("GDA").Select
End Sub

```

```
Sub Limpeza()
```

```
'LIMPA ABAS PARA RECEBER NOVOS DADOS
```

```
Treg = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("BDInc").Range("A:A"))
Worksheets("BDInc").Activate
Sheets("BDInc").Range("A2:AB" & Treg + 1).Select
Selection.ClearContents
```

```
Treg = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("BDZeus").Range("A:A"))
Worksheets("BDZeus").Activate
Sheets("BDZeus").Range("A2:O" & Treg + 1).Select
Selection.ClearContents
```

```
Treg = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("GDA").Range("G:G"))
Worksheets("GDA").Activate
Sheets("GDA").Range("G5:L" & Treg + 6).Select
Selection.ClearContents
```

```
End Sub
```

```
Sub Limpar()
```

```
'LIMPAR ABA GDA A PEDIDO DO USUÁRIO
```

```
Treg = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("GDA").Range("G:G"))
Worksheets("GDA").Activate
Sheets("GDA").Range("G5:L" & Treg + 6).Select
Selection.ClearContents
```

```
End Sub
```

```
Sub LimparZeus()
```

```
'LIMPAR ABA GDA A PEDIDO DO USUÁRIO
```

```
Treg = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("BDZeus").Range("A:A"))
Worksheets("BDZeus").Activate
Sheets("BDZeus").Range("L2:O" & Treg + 1).Select
Selection.ClearContents
```

```
End Sub
```

```
'''EXTRAÇÕES DAS BASES '''
```

```
Public DT_INICIO As Date
```

Public DT_FIM As Date

Sub RoboReclamacoes()

Application.ScreenUpdating = False

Application.Calculation = xlCalculationManual

'LOCALIZA SE JA EXISTE A PAGINA ABERTA, CASO ESTEJA FECHAR

URL = "http://sgt.for.e-corpnet.org/sistemas/sistec/modulos/web/tempo_real/projetosCore.asp?nome=TOTAL&unlocated=0"

On Error Resume Next

For Each IE In objShellWindows

If TypeName(IE.Document) = "HTMLDocument" Then

IE.Quit

End If

Next

'CRIAR NOVO INTERNET EXPLORE

Set IE = Nothing

Set IE = New InternetExplorer

With IE

.Navigate URL

.Visible = True

End With

'ESPERAR PÁGINA CARREGAR

While IE.Busy Or IE.readystate <> 4

Wend

IE.Document.forms(0).submit

While IE.Busy Or IE.readystate <> 4

Wend

'ABRE A PÁGINA DA URL DEFINIDA ANTERIORMENTE

IE.Navigate URL

While IE.Busy Or IE.readystate <> 4

Wend

'LIMPAR DADOS DA PLANILHA

LL = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("Incidencias").Range("A:A"))

If LL > 1 Then

Sheets("Incidências").Select

Sheets("Incidências").Range("A2:AB" & LL).Select

Selection.ClearContents

End If

'LER DADOS DA TABELA E PREECHE A PLANILHA

LL = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("Incidências").Range("A:A"))

Set elemCollection = IE.Document.getElementsByTagName("table")

For R = 0 To elemCollection(2).Rows.Length - 1

For C = 1 To elemCollection(2).Rows(R).Cells.Length - 1

Sheets("Incidências").Cells(R + 1, C) =

Trim(elemCollection(2).Rows(R).Cells(C).innerText)

Next C

Next R

'FECHAR INTERNET EXPLORE

IE.Quit

'PEGAR DATA E HORA DA ATUALIZAÇÃO

Sheets(1).Select

Range("I1") = Format(Now, "dd/mmm/yy hh:mm")

Application.Calculation = xlCalculationAutomatic

Application.Wait (Now + TimeValue("0:00:10"))

Application.ScreenUpdating = True

'EXTRAIR AVISOS QUE SERÃO UTILIZADOS

Call FiltrarReclamações

End Sub

Sub FiltrarReclamações()

Application.ScreenUpdating = False

Application.DisplayAlerts = False

'REMOVER FILTROS

Sheets("BDInc").Select

If ActiveSheet.FilterMode Then

ActiveSheet.ShowAllData

End If

'LIMPAR PLANILHA AUXILIAR RECLAMAÇÕES

col = ActiveSheet.UsedRange.Columns.Count

lin = Application.WorksheetFunction.CountA(Range("A:A")) + 1

Range(Cells(1, 1), Cells(lin, col)).Select

Selection.ClearContents

'APLICAR FILTRO CAMOCIM AOS AVISOS PARA O PROTOTIPO

Sheets("Incidências").Select

LLD = Application.WorksheetFunction.CountA(Range("A:A")) + 1

ActiveSheet.Range("\$A\$1:\$AB\$958").AutoFilter Field:=9, Criteria1:=Array(_
"CAMOCIM"), Operator:=xlFilterValues

Sheets("Incidências").Range("A1:AB" & LLD + 1).Select

Selection.Copy

'COLAR NA PLANILHA AUXILIAR RECLAMAÇÕES DE GRANJA

Sheets("BDInc").Select

Sheets("BDInc").Cells(1, 1).Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues

'REMOVER FILTRO APLICADO A ABA INCIDÊNCIAS

Sheets("Incidências").Select

```

If ActiveSheet.FilterMode Then
    ActiveSheet.ShowAllData
End If

```

```
End Sub
```

```
Sub RoboZeus()
```

```

    Application.ScreenUpdating = False
    Application.Calculation = xlCalculationManual
    'LOCALIZA SE JA EXISTE A PAGINA ABERTA, CASO ESTEJA FECHAR
    URL = "http://www.zeus.iag.usp.br/coelce/realtime_coelce.php/historicoraio"
    On Error Resume Next
    For Each IE In objShellWindows
        If TypeName(IE.Document) = "HTMLDocument" Then
            IE.Quit
        End If
    Next
    'CRIAR NOVO INTERNET EXPLORE
    Set IE = Nothing
    Set IE = New InternetExplorer
    With IE
        .Navigate URL
        .Visible = True
    End With
    'ESPERAR PÁGINA CARREGAR
    While IE.Busy Or IE.readystate <> 4
    Wend

    'ABRE A PÁGINA DA URL DEFINIDA ANTERIORMENTE
    IE.Navigate URL

    While IE.Busy Or IE.readystate <> 4
    Wend

    'PREENCHER PERÍODO E BUSCAR BASE
    DT_INICIO = Date - 1
    DT_FIM = Date

    IE.Document.all.Item("datei").Value = Format(DT_INICIO, "dd/mm/yyyy")
    IE.Document.all.Item("datef").Value = Format(DT_FIM, "dd/mm/yyyy")
    IE.Document.all.Item("datesearch").Click 'PEGAR CÓDIGO DO ID

    While IE.Busy Or IE.readystate <> 4
    Wend

    'LIMPAR DADOS DA PLANILHA
    LL = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("Zeus").Range("A:A"))
    If LL > 1 Then
        Sheets("Zeus").Select

```

```
Sheets("Zeus").Range("A2:I" & LL).Select
Selection.ClearContents
End If
```

'LER DADOS DA TABELA E PREECHE A PLANILHA

```
LL = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("Zeus").Range("A:A"))
Set elemCollection = IE.Document.getElementsByTagName("table")
For R = 0 To elemCollection(3).Rows.Length - 1
    For C = 1 To elemCollection(3).Rows(R).Cells.Length - 1
        Sheets("BaseZeus").Cells(R + 1, C) = Trim(elemCollection(3).Rows(R).Cells
(C).innerText)
    Next C
Next R
```

'FECHAR INTERNET EXPLORE

```
IE.Quit
```

'DATA E HORA DA ATUALIZAÇÃO

```
Sheets("Zeus").Range("O1").Value = Format(Now, "dd/mmm/yy hh:mm")
```

'HABILITAR CÁLCULOS AUTOMÁTICOS E ATUALIZAÇÕES DE TELA DO EXCEL

```
Application.Wait (Now + TimeValue("0:00:02"))
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
Application.ScreenUpdating = True
```

'FILTRAR BASE ZEUS APENAS PARA REGIÃO DO PROTOTIPO

```
Call FiltrarRaio
```

```
End Sub
```

```
Sub FiltrarRaio()
```

```
Application.ScreenUpdating = False
Application.DisplayAlerts = False
```

'REMOVER FILTROS

```
Sheets("BDZeus").Select
If ActiveSheet.FilterMode Then
    ActiveSheet.ShowAllData
End If
```

'LIMPAR PLANILHA AUXILIAR RECLAMAÇÕES

```
col = ActiveSheet.UsedRange.Columns.Count
lin = Application.WorksheetFunction.CountA(Range("A:A")) + 1
Range(Cells(1, 1), Cells(lin, col)).Select
Selection.ClearContents
```

'APLICAR FILTRO NAS CIDADES DA REGIÃO DE GRANJA

```
Sheets("Zeus").Select
LLD = Application.WorksheetFunction.CountA(Range("A:A")) + 1
ActiveSheet.Range("$A$1:$I$" & LLD + 1).AutoFilter Field:=1, Criteria1:=Array( _
```

```
"CHAVAL", "GRANJA", "MARTINOPOLE"), Operator:=xlFilterValues
Sheets("Zeus").Range("A1:I" & LLD + 1).Select
Selection.Copy
```

'COLAR NA PLANILHA AUXILIAR RAIOS DAS CIDADES ESCOLHIDAS

```
Sheets("BDZeus").Select
Sheets("BDZeus").Cells(1, 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues
```

'REMOVER FILTRO APLICADO A ABA ZEUS

```
Sheets("Zeus").Select
If ActiveSheet.FilterMode Then
    ActiveSheet.ShowAllData
End If
```

End Sub

''' RAIOS X EQUIPAMENTOS '''

Sub BuscarProximidade()

```
"Time = Now()
Quantidade = 0
```

```
QntRaios = Sheets("BDZeus").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row - 1
QntRaios = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("BDZeus").Range("A:A")) - 1
```

```
i = Sheets("BDZeus").Range("L" & Rows.Count).End(xlUp).Row + 1
```

'VERIFICAR QUAL EQUIPAMENTO MAIS PRÓXIMO DA DESCARGA
UTILIZANDO A DISTÂNCIAS ENTRE DOIS PONTOS

```
While Sheets("BDZeus").Cells(i, 1) <> ""
```

```
    Dist = 400 'RAIO DA ÁREA DE UTAÇÃO DA DESCARGA ATMOSFÉRCIA
```

```
    j = 2
```

```
    While Sheets("BDEquip").Cells(j, 1) <> ""
```

```
        Dist2 = (((Sheets("BDZeus").Cells(i, 10) - Sheets("BDEquip").Cells(j, 8)) ^ 2 +
(Sheets("BDZeus").Cells(i, 11) - Sheets("BDEquip").Cells(j, 9)) ^ 2) ^ 0.5) *
111102.03788379
```

```
        '111102.03788379
```

```
        If Dist2 < Dist Then
```

```
            Dist = Dist2
```

```
            Equip = j
```

```
        End If
```

```
        j = j + 1
```

```
    Wend
```

'AO ENCONTRAR UM EQUIPAMENTO MOSTRAR O CÓDIGO E A DISTÂNCIA

```
If Equip <> "" Then
```

```
    Sheets("BDZeus").Cells(i, 13) = Dist
```

```
    Sheets("BDZeus").Cells(i, 12) = Sheets("BDEquip").Cells(Equip, 1)
```

```
    Equip = ""
```

```
Else
```

```
    Sheets("BDZeus").Cells(i, 13) = ""
```

```
End If
```

'SALVAR PLANILHA A CADA 100 PONTOS TESTADOS

Quantidade = Quantidade + 1

If Quantidade > 1000 Then

 ThisWorkbook.Save

 Quantidade = 0

End If

DoEvents

 i = i + 1

Wend

Exit Sub

Sair:

End Sub

''' ORGANIZAR TELA DO USUÁRIO '''

Sub OrgFormulario()

'ESSA ROTINA IRÁ MONTAR A TELA DO USUÁRIO

Treg = Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets("BDZeus").Range("A:A"))

j = 5

'TRANSFERIR PARA GDA OS EQUIPAMENTOS RELACIONADOS A UM RAIOS

For i = 2 To Treg

 Sheets("BDZeus").Select

 If Sheets("BDZeus").Cells(i, 12) <> "" Then

 'COPIA O CÓDIGO DO EQUIPAMENTO

 Sheets("BDZeus").Cells(i, 12).Select

 Selection.Copy

 Sheets("GDA").Select

 Sheets("GDA").Cells(j, 8).Select

 Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues

 'CÓPIA AS COORDENADAS PARA GERAÇÃO DO KML

 Sheets("BDZeus").Select

 Sheets("BDZeus").Range("J" & i & ":K" & i).Select

 Selection.Copy

 Sheets("GDA").Select

 Sheets("GDA").Cells(j, 9).Select

 Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues

 'NÚMERA OS RAIOS QUE TIVERAM RELAÇÃO

 Sheets("GDA").Cells(j, 7).Value = "Raio " & j - 4

 j = j + 1

 End If

Next i

j = 5

'MONTAR O CAMPO OBSERVAÇÃO COM: CIDADADE, DATA E HORA DO RAIOS

While Sheets("GDA").Cells(j, 8) <> ""

 For i = 2 To Treg

```

    If Sheets("BDZeus").Cells(i, 12).Value = Sheets("GDA").Cells(j, 8).Value Then
        Sheets("GDA").Cells(j, 11).Value = Sheets("BDZeus").Cells(i, 1) & " - " &
Sheets("BDZeus").Cells(j, 14).Value
    End If
Next i
j = j + 1
Wend

End Sub

```

" CRIAR KML DAS DESCARGAS GEOLOCALIZADAS "

Sub CriarKml()

```

Application.EnableEvents = False
Application.DisplayAlerts = False
Application.ScreenUpdating = False

```

```

iArq = FreeFile
Caminho = ThisWorkbook.Path & "\GeoDeA - " & Replace(Replace(Now, "/", ""), ":",
"_) & ".kml"
Open Caminho For Output As iArq

```

'CABEÇALHO

```

Print #iArq, "<?xml version=""1.0"" encoding=""UTF-8""?><kml
xmlns=""http://www.opengis.net/kml/2.2""
xmlns:gx=""http://www.google.com/kml/ext/2.2""
xmlns:kml=""http://www.opengis.net/kml/2.2""
xmlns:atom=""http://www.w3.org/2005/Atom""><Document>",

```

'ESTILO

```

Estilo = "waypoint1"
Print #iArq, "<Style id="" & Estilo & """">"

```

'UTILIZA A O MENU PRESENTA NA ABA GDA PARA DEFINIR OS FORMATOS DO RÓTULO E DO ICONE

```

ICO = ICOset(Sheets("GDA").Cells(5, 3).Interior.Color, Sheets("GDA").Cells(7, 3),
Sheets("GDA").Cells(6, 3), Sheets("GDA").Cells(8, 3))
ROT = ROTset(Sheets("GDA").Cells(5, 5).Interior.Color, Sheets("GDA").Cells(7, 5),
Sheets("GDA").Cells(6, 5), Sheets("GDA").Cells(8, 5))

```

'DEFINE A COR, TAMANHO E FORMATO DO ICONE

```

Print #iArq, "<IconStyle><color>" & ICO(0) & "</color><scale>" & ICO(1) &
"</scale><Icon><href>" & ICO(2) & "</href></Icon></IconStyle>"

```

'DEFINE COR, TAMANHO DO RÓTULO

```

Print #iArq, "<LabelStyle><color>" & ROT(0) & "</color><scale>" & ROT(1) &
"</scale></LabelStyle></Style>"

```

```

i = 5

```

```

While Sheets("GDA").Cells(i, 7) <> ""

```

```
Lat = Sheets("GDA").Cells(i, 9)
Lon = Sheets("GDA").Cells(i, 10)
```

```
If Lat = "" Or Lon = "" Then GoTo Pula
```

```
If IsNumeric(Lat) Then Lat = CDb(Replace(Lat, ".", ","))
If IsNumeric(Lon) Then Lon = CDb(Replace(Lon, ".", ","))
```

'FUNÇÃO QUE VERIFICAR QUAL FORMATO DAS COORDENADAS FORNECIDAS PELAS BASES

```
Form = FormtCoord(Lat, Lon)
```

'CASO AS COORDENAS ESTEJAM EM GMS CHAMA A FUNÇÃO DE CONVERSÃO GMSpGPS

```
If Form = "GMS" Then
  Coordenadas = GMSpGPS(Lat, Lon)
  Lat = Coordenadas(0)
  Lon = Coordenadas(1)
```

'CASO AS COORDENADAS ESTEJAM EM UTM CHAMA A FUNÇÃO DE CONVERSÃO UTMpGPS

```
ElseIf Form = "UTM" Then
  Coordenadas = UTMpGPS(Lat, Lon)
  Lat = Coordenadas(0)
  Lon = Coordenadas(1)
End If
```

```
If Lat = "Erro" Or Lon = "Erro" Then GoTo Pula
```

```
If Sheets("GDA").Cells(22, 2) = "SAD69" Then
  'Correção SAD69 para WGS84
  Lat = Lat - 66.87 / 111102.03788379
  Lon = Lon - 38.52 / 111102.03788379
ElseIf Sheets("GDA").Cells(22, 2) = "WQGS84" Then
```

```
ElseIf Sheets("GDA").Cells(22, 2) = "Corr. Censo IP" Then
  Lat = Lat - 44.44 / 111102.03788379
  Lon = Lon - 28.67 / 111102.03788379
```

```
ElseIf Sheets("GDA").Cells(22, 2) = "Corr. Fisc IP" Then
  Lat = Lat - 48 / 111102.03788379
  Lon = Lon - 38 / 111102.03788379
```

```
ElseIf Sheets("GDA").Cells(22, 2) = "Correção Manual" Then
  Lat = Lat - Sheets("GDA").Cells(22, 5) / 111102.03788379
  Lon = Lon - Sheets("GDA").Cells(23, 5) / 111102.03788379
End If
```

'PLOTA OS RAIOS

```
Print #iArq, "<Placemark><name>" & ROT(2) & " " & Sheets("GDA").Cells(i, 7) &
"</name><styleUrl>#" & Estilo & "</styleUrl><ExtendedData>",
```

```

j = 11
'cria a observação de cada um dos raios plotados
While Sheets("GDA").Cells(4, j) <> ""
    Print #iArq, "<Data name="" & Sheets("GDA").Cells(4, j) & ""><value>" &
Sheets("GDA").Cells(i, j) & "</value></Data>",
    j = j + 1
Wend
Print #iArq, "</ExtendedData><Point><coordinates>" & Replace(Lon, ",", ".") & "," &
Replace(Lat, ",", ".") & "</coordinates></Point></Placemark>",

Pula:
    i = i + 1
Wend

Print #iArq, "</Document></kml>"

Close #iArq

MsgBox "kml Gerado. Caminho: " & Caminho, vbInformation, "GDA"

Application.EnableEvents = True
Application.DisplayAlerts = True
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

Function ICOset(ICOcor, ICOopacidade, ICOtamanho, ICOicone)

With WorksheetFunction

```

R = .Dec2Hex(ICOcor Mod 256)
If Len(R) = 1 Then R = "0" & R
G = .Dec2Hex(Int(ICOcor / 256) Mod 256)
If Len(G) = 1 Then G = "0" & G
B = .Dec2Hex(Int(Int(ICOcor / 256) / 256))
If Len(B) = 1 Then B = "0" & B

ICOopacidade = Replace(ICOopacidade, ",", ".")
If ICOopacidade = "" Then ICOopacidade = 100
ICOopacidade = .Dec2Hex(2.55 * (ICOopacidade - 100) + 255)
If Len(ICOopacidade) = 1 Then ICOopacidade = "0" & ICOopacidade

ICOcor = ICOopacidade & B & G & R

ICOtamanho = Replace(ICOtamanho, ",", ".")
If ICOtamanho = "" Then ICOtamanho = 1

If ICOicone = "" Then
    ICOicone = "http://maps.google.com/mapfiles/kml/paddle/wht-blank.png"

```

```

ElseIf ICOicone = 1 Then
    ICOicone = "http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/sunny.png"
ElseIf ICOicone = 2 Then
    ICOicone = "http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/donut.png"
ElseIf ICOicone = 3 Then
    ICOicone = "http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/placemark_circle.png"
ElseIf ICOicone = 4 Then
    ICOicone = "http://maps.google.com/mapfiles/kml/paddle/wht-blank.png"
ElseIf ICOicone = 5 Then
    ICOicone = "http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/arrow.png"
End If

```

End With

ICOset = Array(ICOcor, ICOTamanho, ICOicone)

End Function

Function ROTset(ROTcor, ROTOpacidade, ROTtamanho, ROTpref)
With WorksheetFunction

```

R = .Dec2Hex(ROTcor Mod 256)
If Len(R) = 1 Then R = "0" & R
G = .Dec2Hex(Int(ROTcor / 256) Mod 256)
If Len(G) = 1 Then G = "0" & G
B = .Dec2Hex(Int(Int(ROTcor / 256) / 256))
If Len(B) = 1 Then B = "0" & B

ROTOPacidade = Replace(ROTOPacidade, ",", ".")
If ROTOpacidade = "" Then ROTOpacidade = 100
ROTOPacidade = .Dec2Hex(2.55 * (ROTOPacidade - 100) + 255)
If Len(ROTOPacidade) = 1 Then ROTOpacidade = "0" & ROTOpacidade

ROTcor = ROTOpacidade & B & G & R

ROTtamanho = Replace(ROTtamanho, ",", ".")
If ROTtamanho = "" Then ROTtamanho = 1

```

End With

ROTset = Array(ROTcor, ROTtamanho, ROTpref)
End Function

Function FormtCoord(Lat, Lon)

```

If InStr(1, Lat, "h", vbTextCompare) <> 0 And InStr(1, Lon, "h", vbTextCompare) Then
    FormtCoord = "GMS"
ElseIf Lat < 0 And Lon < 0 Then
    FormtCoord = "GPS"

```

```

ElseIf Lat > 0 And Lon > 0 Then
  FormtCoord = "UTM"
Else
  FormtCoord = "Erro"
End If

```

```
End Function
```

```
Function GMSpGPS(Latitude, Longitude)
```

```
  If Latitude = "" Or Longitude = "" Then GoTo VazioGMSpGPS
```

```
  On Error GoTo ErroGMSpGPS
```

```
  a = Split(Replace(Latitude, "''", "'"), " ")
  B = Split(Replace(Longitude, "''", "'"), " ")
```

```
  Graus = Left(a(1), 3)
```

```
  If Len(a(2)) = 2 Then
    Horas = Left(a(2), 1)
  Else
    Horas = Left(a(2), 2)
  End If
```

```
  Min = Left(a(3), 2) + Left(a(4), 2) / 100
```

```
  If Graus >= 0 Then
    Syn01x_B = (Graus + Horas / 60 + Min / 3600) * -1
  Else
    Syn01x_B = (Graus - Horas / 60 - Min / 3600) * -1
  End If
```

```
  Graus = Left(B(1), 3)
```

```
  If Len(B(2)) = 2 Then
    Horas = Left(B(2), 1)
  Else
    Horas = Left(B(2), 2)
  End If
```

```
  Min = Left(B(3), 2) + Left(B(4), 2) / 100
```

```
  If Graus >= 0 Then
    Syn01y_B = (Graus + Horas / 60 + Min / 3600) * -1
  Else
    Syn01y_B = (Graus - Horas / 60 - Min / 3600) * -1
  End If
```

```
  GMSpGPS = Array(Syn01x_B, Syn01y_B)
```

Exit Function

ErroGMSpGPS:

GMSpGPS = Array("ERRO", "ERRO")

On Error GoTo 0

Exit Function

VazioGMSpGPS:

GMSpGPS = Array("VAZIO", "VAZIO")

On Error GoTo 0

End Function

Function UTMpGPS(UTM_Y, UTM_X)

If UTM_Y = "" Or UTM_X = "" Then GoTo VazioUTMpGPS

On Error GoTo ErroUTMpGPS

x = 10000000 - UTM_X

a = 6378137

B = 6356752.314

e = 0.081819191

e1sq = 0.006739497

k0 = 0.9996

Pi = 3.14159265358979

Arc = x / k0

mu = Arc / (a * (1 - e ^ 2 / 4 - 3 * e ^ 4 / 64 - 5 * e ^ 6 / 256))

ei = (1 - (1 - e * e) ^ (1 / 2)) / (1 + (1 - e * e) ^ (1 / 2))

ca = 3 * ei / 2 - 27 * ei ^ 3 / 32

cb = 21 * ei ^ 2 / 16 - 55 * ei ^ 4 / 32

cc = 151 * ei ^ 3 / 96

cd = 1097 * ei ^ 4 / 512

phi1 = mu + ca * Sin(2 * mu) + cb * Sin(4 * mu) + cc * Sin(6 * mu) + cd * Sin(8 * mu)

n0 = a / (1 - (e * Sin(phi1)) ^ 2) ^ (1 / 2)

r0 = a * (1 - e * e) / (1 - (e * Sin(phi1)) ^ 2) ^ (3 / 2)

fact1 = n0 * Tan(phi1) / r0

a1 = 500000 - UTM_Y

dd0 = a1 / (n0 * k0)

fact2 = dd0 * dd0 / 2

t0 = Tan(phi1) ^ 2

Q0 = e1sq * Cos(phi1) ^ 2

fact3 = (5 + 3 * t0 + 10 * Q0 - 4 * Q0 * Q0 - 9 * e1sq) * dd0 ^ 4 / 24

fact4 = (61 + 90 * t0 + 298 * Q0 + 45 * t0 * t0 - 252 * e1sq - 3 * Q0 * Q0) * dd0 ^ 6 /

720

lof1 = dd0

lof2 = (1 + 2 * t0 + Q0) * dd0 ^ 3 / 6

lof3 = (5 - 2 * Q0 + 28 * t0 - 3 * Q0 ^ 2 + 8 * e1sq + 24 * t0 ^ 2) * dd0 ^ 5 / 120

```
Latitude = -180 * (phi1 - fact1 * (fact2 + fact3 + fact4)) / Pi  
Longitude = -39 - (((lof1 - lof2 + lof3) / Cos(phi1)) * 180 / Pi)
```

```
UTMpGPS = Array(Latitude, Longitude)
```

```
Exit Function
```

```
ErroUTMpGPS:
```

```
UTMpGPS = Array("ERRO", "ERRO")
```

```
On Error GoTo 0
```

```
Exit Function
```

```
VazioUTMpGPS:
```

```
UTMpGPS = Array("VAZIO", "VAZIO")
```

```
On Error GoTo 0
```

```
End Function
```

ANEXO A – VALORES RESSARCIDO AOS CLIENTES NO ULTIMO ANO

Conjunto ¹	Período de Referência	Ucs	DEC ³	DEC Limite ⁴	FEC ³	FEC Limite ⁴	Compensações pagas no período
ACARAÚ	09/2017 a 08/2018	32.242	9,84	11	8,01	9	R\$ 91.652,00
AMONTADA	09/2017 a 08/2018	16.855	15,52	11	10,46	9	R\$ 24.980,85
ARARAS I	09/2017 a 08/2018	44.771	7,47	13	7,86	9	R\$ 17.900,16
BAIXO ACARAÚ II	09/2017 a 08/2018	16.132	13,63	12	5,85	9	R\$ 69.301,13
BANABUIÚ	09/2017 a 08/2018	5.892	15,99	15	13,82	9	R\$ 12.994,05
BOA VIAGEM	09/2017 a 08/2018	21.745	6	11	3,7	9	R\$ 7.782,30
CAMOCIM	09/2017 a 08/2018	26.563	7,94	12	5,65	9	R\$ 21.079,11
CANINDÉ	09/2017 a 08/2018	30.477	6,44	15	4,69	9	R\$ 17.319,43
CARIRÉ	09/2017 a 08/2018	10.126	7,32	13	6,71	9	R\$ 10.897,32
COREAÚ	09/2017 a 08/2018	18.706	8,58	12	4,96	9	R\$ 19.822,83
CRATEÚS	09/2017 a 08/2018	47.314	6,5	14	4,71	8	R\$ 14.814,77
CRUZ	09/2017 a 08/2018	18.806	14,32	11	9,59	9	R\$ 70.406,34
GRANJA	09/2017 a 08/2018	29.507	10,95	12	7,37	8	R\$ 28.240,85
IBIAPINA	09/2017 a 08/2018	23.583	11,2	11	10,01	9	R\$ 11.058,61
INDEPENDÊNCIA	09/2017 a 08/2018	11.961	7,1	11	3,63	8	R\$ 6.167,43
INHUÇU	09/2017 a 08/2018	44.614	6,96	12	6,71	9	R\$ 15.038,40
INHUPORANGA	09/2017 a 08/2018	17.980	12,75	11	7,36	9	R\$ 32.500,94
ITAPAJÉ	09/2017 a 08/2018	33.057	6,28	11	2,93	8	R\$ 27.951,39
ITAPIOCA	09/2017 a 08/2018	41.406	5,97	11	2,93	9	R\$ 43.855,47
MARCO	09/2017 a 08/2018	15.748	8,81	11	5,14	8	R\$ 23.673,49
MASSAPÊ	09/2017 a 08/2018	29.601	12,72	11	10,59	8	R\$ 38.862,92
MOMBAÇA	09/2017 a 08/2018	21.275	8,06	11	3,49	8	R\$ 15.315,25
MUCAMBO	09/2017 a 08/2018	22.769	8,28	11	7,43	9	R\$ 10.545,98
NOVA RUSSAS	09/2017 a 08/2018	43.381	6,46	12	6,57	9	R\$ 13.627,33

PARAIPABA	09/2017 a 08/2018	33.927	9,01	11	6,98	9	R\$ 63.204,47
QUIXADÁ	09/2017 a 08/2018	40.416	8,13	12	5	8	R\$ 27.249,08
QUIXERAMOBIM	09/2017 a 08/2018	25.903	8,6	12	6,39	9	R\$ 27.446,33
SANTA QUITÉRIA	09/2017 a 08/2018	10.603	5,73	13	7,53	9	R\$ 2.006,31
SOBRAL I	09/2017 a 08/2018	90.464	9,26	10	7,98	8	R\$ 199.341,04
TIANGUÁ	09/2017 a 08/2018	34.481	10,14	11	8,32	9	R\$ 21.191,09
TRAIRI	09/2017 a 08/2018	17.481	11,27	11	5,87	9	R\$ 45.721,87
UMIRIM	09/2017 a 08/2018	17.734	10,01	11	2,35	8	R\$ 37.775,57
VIÇOSA DO CEARÁ	09/2017 a 08/2018	17.632	11,11	12	7,61	8	R\$ 8.283,70

Fonte: ANEEL (2018)