



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS SOBRAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

MARIANA BARROS MORORÓ

ANÁLISE DOS INDICADORES COLETIVOS DE CONTINUIDADE DE FORNECIMENTO DE ENERGIA DA REDE ELÉTRICA DE DISTRIBUIÇÃO: UM ESTUDO NA REGIÃO NORTE DO CEARÁ.

SOBRAL

2023

MARIANA BARROS MORORÓ

ANÁLISE DOS INDICADORES COLETIVOS DE CONTINUIDADE DE FORNECIMENTO DE ENERGIA DA REDE ELÉTRICA DE DISTRIBUIÇÃO: UM ESTUDO NA REGIÃO NORTE DO CEARÁ.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Elétrica do campus de Sobral da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.
Orientador: Prof. Dr. Marcus Rogério de Castro

SOBRAL

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M816a Mororó, Mariana Barros.
Análise dos Indicadores Coletivos de Continuidade de Fornecimento de Energia da Rede Elétrica de Distribuição: : Um Estudo na Região Norte do Ceará / Mariana Barros Mororó. – 2023.
58 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral, Curso de Engenharia Elétrica, Sobral, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Marcus Rogério de Castro.
1. Indicadores Coletivos de Continuidade. 2. Região Norte do Ceará. 3. DEC. 4. FEC. I. Título.
CDD 621.3
-

MARIANA BARROS MORORÓ

ANÁLISE DOS INDICADORES COLETIVOS DE CONTINUIDADE DE FORNECIMENTO DE ENERGIA DA REDE ELÉTRICA DE DISTRIBUIÇÃO: UM ESTUDO NA REGIÃO NORTE DO CEARÁ.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Elétrica do campus de Sobral da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: 07/12/2023

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Adson Bezerra Moreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Washigton Luiz Rodrigues de Queiroz
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, por me dar forças para continuar.
Aos meus pais, Everaldo e Ana Carla,
pelo alicerce e incentivo durante toda
minha formação.

Ao meu esposo, Natã, por sua
compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e Nossa Senhora por todas as oportunidades que me foram creditadas, por todas as vezes que não me deixaram desistir durante as dificuldades enfrentadas no decorrer da minha vida. E por me depositarem sempre esperança de dias melhores.

Agradeço aos meus pais, Everaldo e Ana Carla que nunca mediram esforços e sempre acreditaram na minha educação e na dos meus irmãos, Marya Clara e Matheus. Também sempre estiveram presentes e nunca me deixaram só em nenhum momento sequer.

Agradeço aos meus irmãos, já mencionados acima, que me ensinaram na prática o caminho da persistência e do esforço, que me orgulham diariamente e em quem eu deposito toda a minha confiança.

Agradeço aos meus avós, Raimundo e Nazaré, que sempre estiveram presentes em cada passo da minha vida. Que nunca me deixaram desistir e que me ensinam diariamente o melhor caminho a seguir.

Agradeço ao meu esposo, Natã, que sempre esteve do meu lado em diversos momentos. Desde o começo da minha graduação que me incentiva e me aconselha no dia a dia, sempre do meu lado, para juntos alcançarmos um futuro próspero.

Agradeço ao Prof. Dr. Marcus Rogério de Castro, pela excelente orientação e por todo apoio durante essa caminhada.

Agradeço aos meus amigos que a Universidade me presenteou, em especial a Jamille, Ermeson, Lyvia, Mailson e Jair, que estiveram presentes em todos os momentos da graduação.

Agradeço também aos amigos que conquistei dentro do estágio e trabalho, onde me acompanham diariamente, onde eu aprendi e aprendo todos os dias. Em especial a Roberta, França, Tamires, Muriel, Lucas Couto e Airton Carneiro.

RESUMO

A avaliação dos indicadores de continuidade de fornecimento de energia é fundamental para analisar a qualidade e confiabilidade dos serviços das empresas distribuidoras de energia. Nesse sentido, a presente pesquisa tem por objetivo geral analisar os indicadores coletivos de continuidade da região Norte do Ceará do ano de 2021. Para isso é feita uma pesquisa documental de caráter quantitativo, utilizando os relatórios fornecidos pela Enel, fornecedora e distribuidora de energia elétrica no estado. Esse são analisados por meio de índices tradicionais, tais como o FEC (frequência de interrupção) e o DEC (duração da interrupção). Os resultados evidenciam uma concentração das causas de interrompimentos do fornecimento em defeitos em ramais, defeitos em conexões, e eventualidades naturais, tais como descargas elétricas e ventos fortes. Terceiros acidentais também se caracterizam como um grande número de falhas, que costumam envolver um número maior de consumidores. Além disso, há diferenças regionais, levando em consideração características físicas inerentes às regiões serranas ou litorâneas, por exemplo.

Palavras-chave: distribuição de energia, indicadores coletivos, fornecimento elétrico.

ABSTRACT

The assessment of energy supply continuity indicators is essential to analyze the quality and reliability of services provided by energy distribution companies. In this regard, the present research aims to analyze the collective continuity indicators for the Northern region of Ceará in the year 2021. For this purpose, a quantitative documentary research is conducted using reports provided by Enel, the electricity supplier and distributor in the state. These reports are analyzed through traditional indices, such as FEC and DEC. The results highlight a concentration of causes of supply interruptions in branch line faults, connection faults, and natural contingencies, such as electrical discharges and strong winds. Accidental third-party incidents also constitute a significant number of failures, often involving a larger number of consumers. Additionally, there are regional differences, considering inherent physical characteristics of mountainous or coastal regions, for example.

Keywords: energy distribution, collective indicators, electrical supply.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de Geração Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica.....	17
Figura 2 - Religadores	18
Figura 3 – Exemplo de chave seccionada.....	20
Figura 4 – Banco de capacitores	22
Figura 5 – Exemplo de rede subterrânea	24
Figura 6 – Exemplo de rede multiplexada.....	27
Figura 7 – Exemplo de rede convencional	29
Figura 8 – Exemplo de rede compacta.....	30
Figura 9 - Conjunto Caracará	38
Figura 10 - Conjunto Viçosa	40
Figura 11 - Conjunto Ibiapina.....	43
Figura 12 - Conjunto Tianguá	45
Figura 13 - Conjunto Camocim.....	47
Figura 14 – Conjunto Sobral IV.....	49
Figura 15 - DEC e FEC Norte em 2022	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perfil dos conjuntos pertencentes ao Norte do Ceará	19
Tabela 2 - Ranking dos piores desempenhos em DEC apurado no Norte do Ceará	21
Tabela 3 - Ranking dos melhores desempenhos em FEC apurado no Norte do Ceará ...	21
Tabela 4 - Porcentagem de melhorias dos piores desempenhos em DEC apurado no Norte do Ceará em 2021 e 2022	50
Tabela 4 - Porcentagem de melhorias dos piores desempenhos em FEC apurado no Norte do Ceará em 2021 e 2022	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASAI	Average Service Availability Index
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Cliente
DIC	Duração das Interrupções por Unidade Consumidora
DMIC	Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora
DRICI	Duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Cliente
FIC	Frequência das Interrupções por Unidade Consumidora
MAIFI	Momentary Average Interruption Frequency Index
SAID	System Average Interruption Duration Index
SAIF	System Average Interruption Frequency Index

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
1.3	OBJETIVOS.....	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	15
2.1	TIPOS DE DISTRIBUIÇÃO.....	22
2.2	INDICADORES DA QUALIDADE DO FORNECIMENTO ELÉTRICO ..	27
3	METODOLOGIA	33
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	36
5	CONCLUSÕES	53
6	TRABALHOS FUTUROS	54
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No final do século XIX ocorreu a Segunda Revolução Industrial pautada principalmente pela descoberta e o desenvolvimento da corrente elétrica. Grandes cientistas como Benjamin Franklin, Alessandro Volta e Michael Faraday foram pioneiros nessa jornada (FUCHS, 1997).

A importância da energia elétrica é inegável e fundamental para o progresso da humanidade, impulsionado o desenvolvimento de inúmeras indústrias, permitindo a criação de máquinas, ferramentas e aparelhos. Além disso, a eletricidade trouxe melhorias significativas na qualidade de vida, fornecendo iluminação, aquecimento, refrigeração, comunicação, entre outros (BLUME, 2007).

Nesse contexto, foi necessário elaborar sistemas que transportassem essa energia após a sua produção até o consumidor final de forma segura. Desse modo, a energia começou a ser levada dos centros geradores para os centros de consumo através das linhas de transmissão, em que são transferidas grandes quantidades de energia por meio de condutores sustentados por torres metálicas (FUCHS, 1977).

À medida que aumentava a quantidade de unidades consumidoras, necessitava-se, de certa forma, aumentar a qualidade e confiabilidade do serviço prestado, minimizando, portanto, casos de interrupções, oscilações, quedas de tensão. Desta forma, os sistemas precisariam apresentar poucas perdas e, conseqüentemente, elevar os índices de qualidade, sendo necessário elaborar diretrizes, definir padrões, normas, métodos de avaliação da qualidade de energia e índices de confiabilidade e desempenho sobre o tema.

No Brasil, foi criado em 1996, através do Ministério de Minas e Energia, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, através da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997, com o objetivo de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica no território brasileiro, com resoluções, portarias e normas para uma correta fiscalização.

Vale ressaltar que a Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021 já estabelece Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica. A mesma entrou em vigor em janeiro de 2022 e é complementada pelo Prodist – Procedimento de Distribuição, que também foi revogado em janeiro de 2022, com a Resolução Normativa ANEEL nº 956/2021 (ANEEL, 2022).

São escolhidos os dois principais indicadores relacionados à qualidade dos serviços de fornecimento de energia elétrica: o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Cliente) e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Cliente). Esses indicadores são frequentemente utilizados por empresas de distribuição de energia para avaliar o desempenho e a confiabilidade de seu serviço (ANEEL, 2022; TORRES, 2023).

O DEC mede a duração média das interrupções de energia elétrica que um cliente experimenta ao longo de um determinado período de tempo. Geralmente é expresso em minutos por ano (ANEEL, 2022). O DEC considera a soma das durações das interrupções que um cliente enfrenta e é calculado dividindo o tempo total de interrupção pelo número de clientes (TORRES, 2023).

Não obstante o FEC mede a frequência média de interrupções de energia elétrica que um cliente enfrenta ao longo de um determinado período de tempo. Geralmente é expresso em número de interrupções por ano (ANEEL, 2022). O FEC leva em consideração o número total de interrupções que um cliente enfrenta e é calculado dividindo o número total de interrupções pelo número de clientes (TORRES, 2023).

Esses indicadores são importantes para avaliar o desempenho das empresas de distribuição de energia e fornecer informações sobre a qualidade do serviço prestado aos clientes (CAMPOS, 2020; TORRES, 2023). Valores mais baixos de DEC e FEC indicam um fornecimento de energia mais confiável, com menos interrupções e menor duração média das interrupções. As empresas podem estabelecer metas específicas para DEC e FEC e trabalhar para melhorar seus indicadores, implementando medidas de manutenção preventiva, investindo em infraestrutura e adotando práticas de gestão eficientes.

Existem outros indicadores coletivos além do DEC e do FEC, no entanto, opta-se pela análise desse devido serem os mais utilizados pela concessionária estudada na pesquisa, a ENEL, responsável pelo fornecimento elétrico no estado do Ceará. Além disso, os indicadores já foram utilizados em estudos recentes sobre o assunto. Neves (2021), ao investigar o contexto de um município acreano, defende os indicadores como parâmetros nacionalmente aceitos de continuidade do fornecimento; não obstante, Santos e Arruda (2022) associam bons números nesses índices como responsáveis pelo bom desempenho de companhias elétricas na principal bolsa de valores brasileira (B3).

Nesse sentido, a análise dos indicadores coletivos de continuidade de fornecimento de energia da rede elétrica de distribuição é de extrema importância para avaliar a qualidade e confiabilidade do serviço prestado pelas empresas distribuidoras de energia. Por isso, desenvolve-se a seguinte questão de pesquisa: **Quais os principais**

impactos dos indicadores coletivos de continuidade do fornecimento de energia elétrica?

1.2 Justificativa

A energia elétrica é fundamental para o funcionamento de praticamente todos os setores da sociedade, incluindo residências, indústrias, comércio, serviços de emergência e infraestrutura crítica. Portanto, é essencial garantir que o fornecimento de energia seja confiável e contínuo. Desse modo o estudo permite uma análise dos indicadores coletivos de continuidade, identificando áreas problemáticas a fim de tomar medidas para melhorar a confiabilidade do fornecimento.

Além disso, o DEC e FEC permitem uma avaliação do impacto socioeconômico das interrupções, o que permite implementar estratégias para reduzir efeitos negativos. Não obstante, o estudo permite a avaliação da eficácia das medidas adotadas, ajudando a orientar futuras decisões de investimento. Por fim, a análise dos indicadores de continuidade também está relacionada à sustentabilidade e segurança energética. Ao garantir um fornecimento de energia confiável, se reduz a dependência excessiva de fontes de energia mais poluentes e ineficientes, além de promover a transição para fontes renováveis e sistemas de armazenamento de energia mais avançados.

Para a região Norte do Ceará, um estudo sobre a análise dos indicadores coletivos de continuidade de fornecimento de energia da rede elétrica de distribuição também é de extrema importância. Primeiramente, pois está sujeita a condições climáticas adversas, como secas prolongadas, fortes chuvas, ventanias, descargas elétricas, entre outros eventos comuns ao contexto cearense (ANEEL, 2022). Esses eventos podem afetar a infraestrutura elétrica, causando interrupções no fornecimento de energia.

De acordo com Lima e Nogueira (2022) com o intuito de resolver essas perturbações, as empresas de energia elétrica investem e implementam métodos para reduzir as interrupções, visando a otimização dos custos de seus serviços e o aprimoramento do atendimento aos consumidores finais.

Além disso, a região Norte do Ceará tem um grande potencial para o desenvolvimento econômico, incluindo a expansão de atividades agrícolas, turismo e indústrias. Para atrair investimentos e promover o crescimento sustentável, é crucial ter um fornecimento de energia confiável e contínuo. Por fim, a região tem um grande potencial para a geração de energia renovável, como eólica e solar (LOUREIRO; GORAYEB; BRANNSTROM, 2015).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar os indicadores coletivos de continuidade da região Norte do Ceará do ano de 2021 e verificar melhorias em relação ao ano de 2022.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Coletar e analisar minuciosamente os indicadores coletivos de continuidade da região Norte do Ceará do ano de 2021 e verificar melhorias em relação a 2022;
- Identificar as principais causas das interrupções encontradas nos dados coletados;
- Propor soluções para um processo de melhoria dos indicadores.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

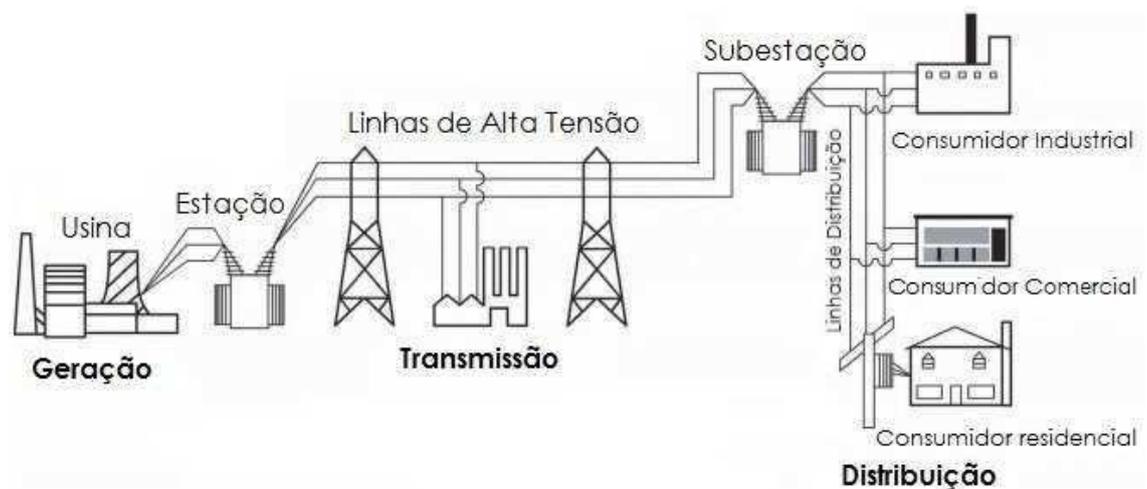
Esse trabalho será composto por seis capítulos. No primeiro, temos a introdução do tema, englobando a questão de pesquisa, a justificativa e os objetivos da pesquisa. O segundo capítulo, trata os principais conceitos relacionados à distribuição de energia, evidenciando alguns equipamentos bastante utilizados, juntamente com os tipos de redes. Já o terceiro capítulo faz referência à qualidade da distribuição elétrica, abordando o FEC e o DEC como indicadores baseados em práticas e normas estabelecidas por órgãos reguladores e entidades do setor elétrico, além disso, esses dois indicadores serão os métodos de análise utilizados.

O quarto capítulo evidencia a metodologia empregada no trabalho, analisando o locus da pesquisa, seu caráter exploratório, abordagem quantitativa e seu instrumento de pesquisa documental, com base em relatórios fornecidos pela concessionária de energia local. Em seguida, os resultados e discussões, aplicando os indicadores ao contexto local. Por fim, o quinto capítulo traz a conclusão do trabalho, e o sexto capítulo enfatiza-se sugestões para futuras pesquisas, em seguida as referências bibliográficas.

2 DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Nesse capítulo são apresentados os principais conceitos e estudos sobre a distribuição de energia elétrica. Basicamente, a energia perpassa por três fases, a geração, em usinas; em seguida, a transmissão por linhas de alta tensão, até chegar nas subestações, onde será distribuída, conforme evidenciado na figura 1.

Figura 1. Sistema de Geração Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica.



Fonte: Blume (2007).

A geração de energia elétrica ocorre nas usinas, que podem ser termelétricas, hidrelétricas, eólicas, solares, nucleares, entre outras fontes. A energia gerada é então transmitida por meio de linhas de transmissão de alta tensão até as subestações, onde ocorre a transformação para tensões menores, e em seguida é distribuída por meio das redes de distribuição para os pontos de consumo (ENG, 2019; ZANETTA JR, 2006).

A eficiência energética tem sido uma área de foco para melhorar a sustentabilidade da distribuição de energia. Basso (2011) analisa diferentes medidas de eficiência energética, como a modernização da infraestrutura, a adoção de tecnologias de iluminação mais eficientes e a implementação de sistemas avançados de controle e monitoramento. Os resultados mostraram que a eficiência energética pode levar a reduções significativas no consumo de eletricidade e nas emissões de gases de efeito estufa, além de contribuir para a estabilidade dos sistemas.

A distribuição elétrica perpassa por um sistema completo, que consiste em linhas de distribuição, transformadores, dispositivos de proteção e outros equipamentos que permitem o transporte seguro e eficiente da eletricidade. Essa rede geralmente opera em

tensões mais baixas do que as linhas de transmissão, adequando-se às necessidades dos consumidores finais (LIMA FILHO, 2015).

Além disso, inclui subestações de distribuição, que realizam a transformação de tensões entre os níveis de transmissão e distribuição (COTÓSKI, 2017). As subestações também podem abrigar equipamentos de controle, proteção e monitoramento para garantir a qualidade e a confiabilidade do fornecimento de energia.

A distribuição elétrica desempenha um papel crucial no fornecimento de energia elétrica confiável e contínua aos consumidores finais (COTÓSKI, 2017). Sendo necessário a estabilidade do fornecimento de energia, a proteção contra falhas e a manutenção da qualidade da energia, atendendo às demandas crescentes da sociedade e apoiando o desenvolvimento econômico.

No Brasil, a distribuição de energia elétrica é realizada por empresas concessionárias que atuam em diferentes regiões do país. O setor de distribuição de energia é regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022), responsável por estabelecer diretrizes e normas para garantir a qualidade e a eficiência do serviço prestado aos consumidores.

O sistema elétrico brasileiro é dividido em diferentes áreas de concessão, e cada distribuidora é responsável por fornecer energia elétrica aos consumidores de sua região (LIMA; NOGUEIRA, 2022). Essas empresas são responsáveis pela operação, manutenção e expansão das redes de distribuição, que incluem linhas de transmissão, subestações, transformadores e redes de distribuição de média e baixa tensão.

No mercado de distribuição de energia brasileiro, também existem as chamadas distribuidoras estaduais, que são empresas controladas pelos governos estaduais e atuam em determinadas regiões (NEVES, 2021; ENG, 2019). Além delas, há distribuidoras privadas, que são controladas por empresas privadas e operam em áreas específicas (COSTA; MELO; SEVERO, 2019).

As distribuidoras de energia elétrica no Brasil são reguladas pela ANEEL em relação aos aspectos técnicos, comerciais e tarifários. A agência define as regras para o cálculo das tarifas de energia elétrica, com base em critérios como custos de operação, manutenção, investimentos e qualidade do serviço. A ANEEL estabelece indicadores de qualidade que as distribuidoras devem atender, além disso, há padrões internacionais pouco utilizados no Brasil, conforme evidenciado no quadro 1.

Quadro 1. Indicadores Coletivos Internacional de Qualidade no Fornecimento de Energia

Indicador	Forma de cálculo
Indicadores Internacionais	
SAIDI (System Average Interruption Duration Index)	É a média ponderada da duração total de interrupções de energia elétrica em um sistema elétrico durante um determinado período de tempo. É expresso em minutos por cliente ou em horas por cliente.
SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)	É a média ponderada do número total de interrupções de energia elétrica em um sistema elétrico durante um determinado período de tempo. É expresso em número de interrupções por cliente.
CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)	É a média da duração de interrupção de energia elétrica por cliente para cada interrupção ocorrida em um sistema elétrico durante um determinado período de tempo. É expresso em minutos por interrupção.
MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index)	Mede a frequência média de interrupções momentâneas de curta duração, geralmente causadas por oscilações, falhas momentâneas ou outras perturbações na rede elétrica. É expresso em número de interrupções momentâneas por cliente.
ASAI (Average Service Availability Index)	Mede a disponibilidade média do serviço de energia elétrica em um sistema elétrico durante um determinado período de tempo. É expresso como uma porcentagem e indica a proporção de tempo em que o serviço de energia elétrica está disponível para os clientes.

Fonte: Lima e Nogueira (2022).

De acordo com o Módulo 08 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST (ANEEL, 2022), no Brasil os indicadores de continuidade, sendo estabelecidos levando em conta a duração e a frequência das interrupções. Esses indicadores devem ser apurados mensalmente, considerando o mês civil, com exceção do indicador DICRI, que é apurado

por interrupção ocorrida em Dia Crítico. Além disso, são subdivididos em indicadores individuais e coletivos conforme evidenciado no quadro 2.

Quadro 2. Indicadores de Qualidade de Fornecimento de Energia no Brasil

Indicadores	Formas de cálculo
Indicadores individuais	
Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão – DIC	Duração das interrupções * número de interrupções / número de clientes
Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão – FIC	Número de interrupções individuais por unidade
Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão – DMIC	Maior período de tempo com interrupção
Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão – DICRI	Duração da interrupção ocorrida em Dia Crítico
Indicadores Coletivos	
Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC)	Duração das interrupções / número de clientes
Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC)	Número total de interrupções / número de clientes

Fonte: ANEEL (2022).

Os indicadores coletivos, objeto de pesquisa do presente estudo, fornecem uma visão abrangente da qualidade dos serviços elétricos, considerando tanto a duração quanto a frequência das interrupções, bem como a disponibilidade geral do serviço (SANTOS; ARRUDA, 2022; LIMA, 2022; NEVES, 2021). O acompanhamento desses indicadores permite que as empresas de energia monitorem e melhorem continuamente a confiabilidade e a qualidade de seus serviços.

O setor de distribuição de energia elétrica no Brasil passou por mudanças significativas nos últimos anos, com a abertura do mercado para a livre escolha de fornecedores de energia por consumidores de alta tensão e a implementação de programas de modernização e automação das redes de distribuição (COTOSCK, 2017). Essas iniciativas visam melhorar a eficiência, a qualidade e a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica no país (ENG, 2019). Ainda a respeito da distribuição, até o consumidor final, a energia elétrica perpassa por de diversos equipamentos com suas devidas funcionalidades.

Os religadores, por exemplo, seriam equipamentos de proteção das sobre correntes. Este equipamento irá operar quando presenciarem um curto-circuito, desligando e religando o circuito em um número de vezes até constatar se é um problema momentâneo ou permanente. Normalmente instalados na saída dos alimentadores, os religadores ao detectarem um problema na rede desligam automaticamente o fornecimento de energia (CASSIOLATO, 2018). Um modelo de religador bastante comum, é evidenciado na figura 2.

Figura 2. Religador Eléctromecânico Monofásico RCA



Fonte: Mattede (2021)

Quando um religador detecta uma situação de sobrecorrente, ele ativa a sua lógica de proteção para tomar medidas apropriadas com base nas configurações e programações pré-determinadas. A sobrecorrente ocorre quando a corrente elétrica na rede excede um limite definido como seguro para aquela parte do sistema elétrico. Isso pode indicar uma falha ou uma condição anormal na rede. Se a situação de sobrecorrente persistir, o ciclo de abertura/fechamento vai ser repetido em até três vezes consecutivas, e na quarta o

mesmo ficará aberto e travado. O novo fechamento só poderá ser de forma manual, que é o caso que as equipes param o atendimento e vão inspecionar o trecho orientado através do operador, para assim achar o defeito e normalizar o fornecimento de energia (CASSIOLATO, 2018).

O seccionador automático, popularmente conhecido como “chave-faca”, é um equipamento utilizado para realizar uma interrupção automática de circuitos que compõem a rede. A mesma abre quando o circuito é desenergizado por um equipamento de proteção na sua retaguarda e equipado com dispositivo para religamento automático (MARTINS *et al.*, 2014). Na figura 3, observa-se um exemplo de chave seccionadora.

Figura 3. Exemplo de Chave Seccionadora



Fonte: Mattede (2021)

Quando ocorre uma determinada sobrecorrente cujo valor seja maior ou igual à corrente de acionamento, o equipamento é armado e preparado para uma contagem definida. A contagem vai ser iniciada quando a corrente for interrompida pelo equipamento de retaguarda ou cai abaixo de determinado valor. Após um tempo estipulado o mesmo ficará na posição “aberto”, isolando o trecho com a falha (MARTINS *et al.*, 2014).

Além disso, os bancos de capacitores que são utilizados para corrigir o fator de potência ou compensar a energia reativa. Um exemplo de Banco de Capacitores é apresentado na figura 4.

Figura 4. Banco de Capacitores



Fonte: Mattede (2021)

Não obstante, a proteção contra descargas atmosféricas e outros equipamentos de proteção desempenham um papel fundamental na garantia da qualidade do fornecimento de energia elétrica em sistemas de distribuição de energia. Um desses dispositivos seriam os parâ-raios, essenciais para proteger subestações, transformadores e outros equipamentos críticos contra danos causados por descargas elétricas (RODRIGUES, 2012). Eles atraem a corrente da descarga atmosférica e a desviam com segurança para o solo, evitando que danifiquem os componentes do sistema de distribuição.

Além disso, um sistema de aterramento eficaz é crucial para garantir que a corrente das descargas atmosféricas seja dispersa de maneira segura, minimizando a probabilidade de danos aos equipamentos e protegendo a integridade do sistema de distribuição. Existem ainda supressores de surtos, como varistores e SPDs (Dispositivos de Proteção contra Surtos), são usados em equipamentos de distribuição para proteger contra sobretensões transitórias que podem ocorrer devido a descargas atmosféricas (RODRIGUES, 2012).

Todos esses dispositivos e medidas de proteção desempenham um papel fundamental na melhoria da qualidade do fornecimento de energia em sistemas de distribuição. Eles protegem equipamentos, evitam interrupções e garantem que a eletricidade fornecida atenda aos padrões de qualidade especificados, contribuindo para uma rede elétrica mais confiável e eficiente.

2.1 Tipos de Distribuição

A distribuição elétrica pode ser projetada de diferentes maneiras, dependendo da densidade populacional, do tamanho da área de serviço e da demanda de energia (LIMA FILHO, 2015). Em áreas urbanas, é comum encontrar uma distribuição em rede, onde os consumidores são conectados por meio de cabos subterrâneos ou aéreos. Em áreas rurais, a distribuição pode ser realizada por meio de linhas de distribuição de longa extensão, atendendo a uma região mais dispersa (COSTA; MELO; SEVERO, 2019).

A qualidade na distribuição de energia elétrica e, portanto, os índices de medição de qualidade de energia elétrica são influenciados pelo tipo de distribuição adotado. No Brasil, há quatro tipos principais de redes de distribuição: subterrânea, multiplexada, convencional e compacta.

2.1.1 Rede subterrânea

As redes subterrâneas são cabos isolados e blindados, enterrados em dutos corrugados ou em galerias enterradas. Possui um custo de implantação maior, pois necessita de recursos civis.

Por não possuir contato com o meio, não possui custos com podas de vegetação, minimizando os custos com manutenção, além do fato de trazer benefícios ao meio ambiente em que está implantada. Vale ressaltar que os materiais isolantes aplicados possibilitam a aplicação em qualquer ambiente, diminuindo também as manutenções periódicas e as quedas constantes de fornecimento, diminuindo, portanto, as falhas (SINERGIA-MS, 2023). Um exemplo de rede subterrânea é apresentado na figura 5.

Figura 5. Exemplo de Rede Subterrânea



Fonte: SINERGIA-MS (2023)

Além disso, são visualmente mais agradáveis, pois eliminam a presença de postes, fios e cabos aéreos, proporcionando uma paisagem urbana mais limpa e organizada. As redes subterrâneas eliminam os riscos associados à proximidade de fios elétricos aéreos, como curtos-circuitos, incêndios e riscos para a segurança pública. Por fim, por estarem protegidas no subsolo, elas estão menos sujeitas a danos causados por fenômenos climáticos, o que reduz a necessidade de reparos frequentes e resulta em menor tempo de interrupção do fornecimento de energia (SINERGIA-MS, 2023).

2.1.2 Rede multiplexada

A rede de energia multiplexada, também conhecida como rede de energia multiplex ou simplesmente MPLX (do inglês "Multiplexed Power Line"), é um sistema de comunicação que utiliza a rede elétrica existente para transmitir informações. Ela permite a transmissão de dados e comunicação entre dispositivos por meio da infraestrutura de distribuição de energia elétrica (CAMPOS, 2020).

A ideia básica por trás da rede de energia multiplexada é aproveitar a infraestrutura de rede elétrica já existente para fins de comunicação, eliminando a necessidade de construir uma rede de comunicação separada. Essa abordagem pode ser especialmente útil em áreas onde a infraestrutura de comunicação tradicional é limitada ou não está disponível (SINERGIA-MS, 2023).

Campos, Melo e Severo (2019) ressaltam que na rede de energia multiplexada, os sinais de comunicação são inseridos na forma de modulação na frequência elétrica da rede. Isso permite que os dados sejam transmitidos por meio dos fios de energia elétrica, seguindo os mesmos caminhos físicos da eletricidade que alimenta os dispositivos conectados.

Os dispositivos conectados à rede de energia multiplexada precisam de um adaptador ou modem especial para transmitir e receber os sinais de comunicação pela rede elétrica. Esses adaptadores podem ser conectados a dispositivos como computadores, roteadores, sensores e outros dispositivos inteligentes. Conforme é evidenciado na figura 6.

Figura 6. Exemplo de rede multiplexada



Fonte: SINERGIA-MS (2023).

No entanto, é importante ressaltar que, a rede de energia multiplexada apresenta algumas limitações e desafios. A qualidade da comunicação pode ser afetada por ruídos e interferências presentes na rede elétrica, o que pode reduzir a taxa de transferência de dados e a confiabilidade da transmissão. Além disso, a latência (o tempo de resposta) da rede pode ser maior em comparação com redes de comunicação dedicadas (CAMPOS, 2020).

Apesar dessas limitações, a rede de energia multiplexada pode ser uma solução viável em determinados cenários, como em redes inteligentes de energia (*smart grids*) e em aplicações de automação residencial e predial, onde é desejável aproveitar a infraestrutura elétrica existente para a comunicação entre dispositivos

2.1.3 Rede convencional

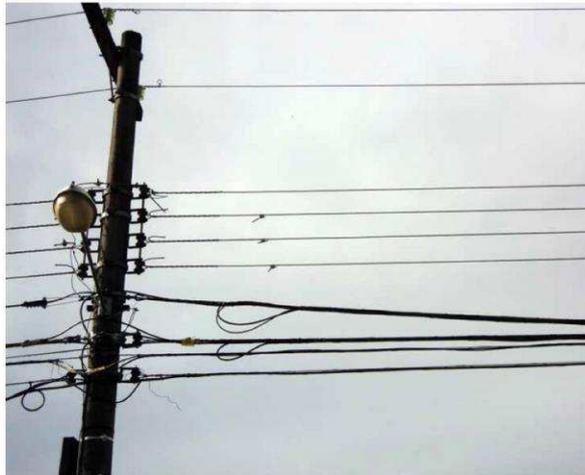
A rede convencional de energia elétrica, também conhecida como rede elétrica tradicional ou rede de distribuição de energia, é o sistema que fornece eletricidade aos consumidores em áreas urbanas e rurais (ROMAGNOLE, 2020). Dessa maneira, deve-se sempre investir em manutenções nas mesmas, para assim não ocasionar falhas no fornecimento dos clientes que estão implantados na área correspondente, diminuindo assim os valores dos índices de continuidade.

A geração de energia elétrica na rede convencional é feita em usinas, onde diferentes fontes de energia são utilizadas, como termelétricas, hidrelétricas, nucleares, eólicas, solares, entre outras (CAMPOS, 2020). A energia gerada é então transmitida em

alta tensão por meio de linhas de transmissão para minimizar perdas de energia durante o percurso.

Na etapa de distribuição, a energia é transformada em baixa tensão para torná-la segura e adequada ao uso pelos consumidores. Essa transformação é realizada em subestações e, em seguida, a energia é distribuída por meio de redes de distribuição, que consistem em postes, cabos, transformadores e outros equipamentos. Na figura 7 é evidenciado um exemplo de rede convencional.

Figura 7. Exemplo de rede convencional



Fonte: Romagnole (2023)

A rede convencional de energia elétrica possui algumas características importantes, conforme evidenciado no quadro 03.

Quadro 03. Principais Características da Rede Convencional

Característica	Descrição
Unidirecionalidade	A energia flui dos pontos de geração para os pontos de consumo em um fluxo unidirecional. Os consumidores recebem a energia elétrica, mas não a devolvem à rede.
Centralização	A geração de energia elétrica é geralmente centralizada em grandes usinas de energia, e a distribuição é realizada por meio de uma extensa rede de distribuição para atender a uma ampla área geográfica.

Estabilidade e Confiabilidade	A rede convencional é projetada para fornecer energia elétrica de forma estável e confiável, mantendo uma frequência e tensão adequadas dentro dos limites pré-estabelecidos.
Controle e Monitoramento	A rede elétrica convencional é monitorada e controlada por meio de sistemas de supervisão e controle para garantir o fornecimento contínuo de energia, detectar falhas e realizar intervenções rápidas em caso de interrupções.

Adaptado de Campos (2020).

Embora a rede convencional de energia elétrica tenha sido amplamente utilizada ao longo dos anos, novos desenvolvimentos tecnológicos, como as redes inteligentes (smart grids), estão sendo implementados para melhorar a eficiência, a segurança e a integração de fontes de energia renovável na infraestrutura existente. Essas inovações têm como objetivo modernizar e tornar a rede elétrica mais sustentável e adaptada às necessidades futuras (ROMAGNOLE, 2023).

2.1.4 Rede Compacta

É composta por um conjunto formado por cabo de aço e cabos cobertos ou protegidos, fixados em estruturas compostas por braços metálicos, espaçadores losangulares ou separadores de fases em material polimérico (CAMPOS, 2020). Ao contrário da rede convencional, que utiliza postes e cabos suspensos, a rede compacta é caracterizada por equipamentos modulares e integrados. Conforme exemplificado na figura 8.

Figura 8. Exemplo de Rede Compacta



Fonte: Romagnole, 2023.

Foram desenvolvidas para aumentar a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica e conseqüentemente melhorar os índices de qualidade. Essa rede promove a preservação da arborização, pois reduz a necessidade de podas. Sendo particularmente adequada para áreas urbanas densas, áreas comerciais e industriais, parques industriais e empreendimentos residenciais de alta densidade. Nesse contexto, após discutir os sistemas elétricos e os tipos de distribuição de energia existente, é interessante observar os indicadores da qualidade do fornecimento elétrico.

2.2 INDICADORES DA QUALIDADE DO FORNECIMENTO ELÉTRICO

Os indicadores da qualidade do fornecimento elétrico são parâmetros e métricas utilizados para avaliar e monitorar a qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica. Esses indicadores fornecem informações sobre a confiabilidade, disponibilidade, estabilidade e outras características do fornecimento de energia elétrica. Os aspectos da qualidade do produto em regime permanente ou transitório definidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (2022), por meio dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) são:

- a) **Tensão em regime permanente:** são limites adequados, precários e críticos para os níveis de tensão em regime permanente, indicadores individuais e coletivos de tensão elétrica, os critérios de medição e registro. É realizado trimestralmente, a partir de amostras das distribuidoras em unidades consumidoras sorteadas dentro da sua concessão ou permissão.
- b) **Fator de potência:** Trata-se da razão entre a energia elétrica ativa juntamente com a raiz quadrada da soma dos quadrados da energia elétrica e reativa, em um mesmo período.
- c) **Harmônicos:** Deformações nas formas de onda das tensões e correntes em relação à onda senoidal da frequência fundamental.
- d) **Desequilíbrio de tensão:** Alteração dos padrões trifásicos do sistema de distribuição.
- e) **Flutuação de tensão:** Variação aleatória do valor eficaz da tensão.
- f) **Variações de tensão de curta duração:** Desvios no valor eficaz da tensão em curtos intervalos de tempo.

- g) **Varição de frequência:** O sistema de distribuição e as instalações de geração, devem operar dentro dos limites: 59,9 hertz e 60,1 hertz.

Desse modo, existem procedimentos estabelecidos referentes à qualidade do serviço das distribuidoras aos consumidores, para dessa forma a mesma demonstrar padrões de qualidade de serviço (2022). Para isso, a ANEEL criou os indicadores de continuidade que permitem analisar o desempenho de um sistema elétrico, bem como o desempenho dos serviços prestado pelas concessionárias (BERNARDO, 2013). Esses indicadores são divididos em: individuais e coletivos.

2.2.1 Indicadores Individuais

Os indicadores individuais de continuidade de fornecimento elétrico são métricos que avaliam a qualidade e a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica em nível individual, ou seja, para cada unidade consumidora. Esses indicadores são calculados com base nas interrupções de energia que afetam cada unidade consumidora específica.

Os principais indicadores individuais de continuidade de fornecimento elétrico incluem:

- a) DIC (Duração das Interrupções por Unidade Consumidora)

Mede a duração média das interrupções de energia que ocorreram em uma unidade consumidora específica durante um determinado período. É expresso em minutos por ano. Seu cálculo é feito conforme a fórmula abaixo

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

Onde, tem-se:

i = índice de interrupções por ponto de conexão no período de apuração, variando de 1 a n;

n = número de interrupções por ponto de conexão, no período de apuração;

t(i) = tempo de duração da interrupção (i) do ponto de conexão, no período de apuração.

- b) FIC (Frequência das Interrupções por Unidade Consumidora)

Mede a quantidade média de interrupções de energia que afetaram uma unidade consumidora específica durante um determinado período. É expresso em número de vezes por ano. Seu cálculo é representado na fórmula seguinte:

$$FIC = n \quad (2)$$

Onde, tem-se:

n = número de interrupções por ponto de conexão, no período de apuração.

c) DMIC (Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora)

Corresponde a duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de horas. Deve ser obtido através da Equação Z.

$$DMIC = t(i)max \quad (3)$$

Onde, tem-se:

$t(i)max$ = tempo da máxima duração de interrupção contínua (i), no período de apuração, verificada na unidade consumidora, expressa em horas e centésimos de horas.

d) DRICI (Duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão)

Corresponde a duração de cada interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de horas em dias críticos, geralmente associados a eventos climáticos como temporais ou ventanias. Deve ser obtido através da equação X:

$$DRICI = dur_{(i)} \quad (4)$$

Onde, tem-se:

$dur_{(i)}$ = tempo da duração de interrupção contínua (i), no período de apuração, verificada na unidade consumidora, expressa em horas e centésimos de horas.

Nesse contexto, os indicadores individuais de continuidade do fornecimento de energia elétrica têm influência tanto para as distribuidoras de energia quanto para os consumidores (LIMA, 2022; COSTA; MELO; SEVERO, 2019). Os indicadores individuais permitem que as distribuidoras acompanhem e avaliem o desempenho do fornecimento de energia em nível granular. Isso auxilia na identificação de áreas ou

unidades consumidoras com problemas recorrentes, permitindo que a distribuidora tome medidas corretivas para melhorar a qualidade do serviço (MARTINS *et al.* 2014).

Ao analisar os indicadores individuais, as distribuidoras podem identificar pontos fracos em seu sistema elétrico e planejar investimentos em manutenção, modernização e expansão da rede para reduzir as interrupções e melhorar a qualidade do fornecimento. Além disso, são obrigadas a cumprir metas regulatórias estabelecidas pela ANEEL com base nos indicadores individuais. O não cumprimento dessas metas pode resultar em sanções e penalidades (LIMA; NOGUEIRA, 2022).

Além disso, permitem que os consumidores acompanhem a qualidade do fornecimento de energia elétrica em suas próprias unidades consumidoras (PAIVA *et al.* 2019). Eles podem comparar o desempenho das distribuidoras e tomar decisões informadas sobre a escolha de fornecedores de energia. Caso ocorram interrupções significativas e frequentes, os consumidores podem utilizar os indicadores individuais para reivindicar compensações por danos causados.

Regulamentações específicas podem prever direitos de compensação em caso de falhas no fornecimento elétrico com base nos indicadores individuais. Os consumidores podem usar os indicadores individuais como critérios para decidir sobre investimentos em sistemas de *backup* de energia, como geradores ou sistemas de armazenamento de energia, para minimizar o impacto de interrupções no fornecimento elétrico (LIMA; NOGUEIRA, 2022).

2.2.2 Indicadores de continuidade coletivos

Além dos indicadores individuais, existem também os indicadores coletivos de continuidade do fornecimento de energia elétrica. Esses indicadores são calculados levando em consideração o desempenho global de uma área de concessão, abrangendo todas as unidades consumidoras atendidas por uma determinada distribuidora de energia elétrica. Os principais indicadores coletivos exigidos pela ANEEL (2022) de acordo com o Módulo 8 da PRODIST, seriam o DEC e o FEC, evidenciados abaixo:

a) DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora)

Esse indicador mede a duração média das interrupções de energia elétrica por unidade consumidora em uma área de concessão. É calculado pela soma das durações das interrupções dividida pelo número total de unidades consumidoras. O mesmo é obtido através da seguinte equação.

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} DIC(i)}{Cc} \quad (5)$$

Onde, tem-se:

i = índice de unidades consumidoras atendidas em baixa tensão ou média tensão faturadas do conjunto;

Cc = número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em baixa tensão e média tensão.

$DIC(i)$ = duração de interrupção individual por unidade consumidora.

b) FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora)

Esse indicador mede a frequência média das interrupções de energia elétrica por unidade consumidora em uma área de concessão. É calculado pelo número total de interrupções dividido pelo número total de unidades consumidoras. Obtida através da equação abaixo.

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} FIC(i)}{Cc} \quad (6)$$

Onde, tem-se:

i = índice de unidades consumidoras atendidas em baixa tensão ou média tensão faturadas do conjunto;

Cc = número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em baixa tensão e média tensão.

$FIC(i)$ = frequência de interrupção individual por unidade consumidora.

Os indicadores coletivos permitem avaliar o desempenho global das distribuidoras de energia elétrica em fornecer energia de forma contínua para todas as unidades consumidoras em uma determinada área de concessão (LOUREIRO; GORAYEBE; BRANNSTORM, 2015). Eles fornecem uma visão abrangente da qualidade e confiabilidade do serviço prestado.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022) utiliza os indicadores coletivos para monitorar o cumprimento das metas regulatórias pelas distribuidoras. Essas metas são estabelecidas para garantir que as distribuidoras forneçam um serviço adequado e dentro dos padrões estabelecidos. Os indicadores coletivos permitem comparar o desempenho de diferentes distribuidoras de energia elétrica (LIMA; NOGUEIRA, 2022). Isso pode auxiliar na escolha de fornecedores de energia e no estabelecimento de referências para identificar boas práticas e áreas de melhoria.

Os indicadores coletivos fornecem informações valiosas para as distribuidoras na tomada de decisões estratégicas. Com base nesses indicadores, as distribuidoras podem identificar áreas problemáticas, planejar investimentos em melhorias da rede e priorizar ações para reduzir as interrupções de energia (LOUREIRO; GORAYEBE; BRANNSTORM, 2015).

Os indicadores coletivos refletem diretamente na qualidade do serviço percebida pelos consumidores (TORRES, 2023; CASSIOLATO, 2018). Um desempenho satisfatório nos indicadores coletivos resulta em uma melhor experiência do cliente, aumentando a confiança e a satisfação dos consumidores em relação ao fornecimento de energia elétrica.

2.2.3 Definição dos Valores Limites dos Indicadores Coletivos dos Conjuntos

Os valores limites dos indicadores coletivos dos conjuntos, também conhecidos como metas regulatórias, são definidos no Brasil pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022). Essas metas estabelecem os valores máximos permitidos para os indicadores de continuidade coletivos, garantindo um nível mínimo de qualidade e confiabilidade no fornecimento de energia elétrica pelas distribuidoras (BASSO, 2011).

Os principais indicadores coletivos dos conjuntos e seus respectivos valores limites são:

a) DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora): Valor Limite Convencional: O valor limite convencional estabelecido pela ANEEL (2022) varia de acordo com a região e o perfil de atendimento das distribuidoras. Geralmente, ele varia de 12 a 24 horas por ano.

b) FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora): Valor Limite Convencional: O valor limite convencional estabelecido pela ANEEL (2022) também varia de acordo com a região e o perfil de atendimento das distribuidoras. Normalmente, ele varia de 3 a 6 vezes por ano.

Esses valores limites podem variar ao longo do tempo e são estabelecidos com base em estudos técnicos, considerando as características e demandas específicas de cada região atendida pelas distribuidoras. A ANEEL (2022) realiza consultas públicas e processos de revisão regulatória para determinar os valores limites atualizados.

As distribuidoras de energia elétrica são obrigadas a cumprir as metas regulatórias estabelecidas pela ANEEL (2022). Caso não atinjam essas metas, estão sujeitas a penalidades e medidas corretivas, visando melhorar a qualidade do serviço prestado. É importante ressaltar que esses valores limites podem variar de acordo com o perfil do

consumidor (residencial, comercial, industrial) e outras características específicas da área de concessão.

Portanto, é necessário consultar as normas e regulamentações aplicáveis em cada região para obter informações atualizadas sobre os valores limites dos indicadores coletivos dos conjuntos (BASSO, 2011; CAMPOS, 2020).

3 METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma pesquisa aplicada de caráter exploratório, que proporciona uma maior familiaridade com o problema, explicitando-o, geralmente adequada para assuntos pouco explorados. Envolve levantamentos bibliográficos ou documentais, como no caso do presente estudo.

Quanto aos objetivos do estudo são com características exploratórias-descritivas. Exploratória, pois se trata de uma pesquisa inicial, que busca levantar informações e dados preliminares, e que pode ser utilizada como base para pesquisas mais aprofundadas no futuro. A pesquisa exploratória envolve uma ampla revisão bibliográfica e coleta de dados através de entrevistas, questionários ou observações (FLEURY; WERLANG, 2017).

Além disso tem características de pesquisa descritiva por ser um tipo de investigação científica que tem como objetivo descrever ou mensurar as características, propriedades ou fenômenos de um determinado grupo, população ou fenômeno, sem interferir ou manipular o objeto de estudo. É uma pesquisa que busca conhecer a realidade tal como ela é, sem a interferência do pesquisador (GIL, 2002).

A pesquisa documental quantitativa com os indicadores coletivos é uma abordagem de pesquisa que envolve a análise e interpretação de dados numéricos obtidos a partir de documentos e registros relacionados aos indicadores coletivos de continuidade do fornecimento de energia elétrica. No caso, os documentos foram fornecidos pela ENEEL Brasil (2023), concessionária responsável pelo fornecimento de energia elétrica no estado do Ceará.

Em relação ao seu caráter quantitativo tem como objetivo principal a mensuração de fenômenos, a identificação de relações entre variáveis e a obtenção de informações que possam ser analisadas estatisticamente. É usada para responder a perguntas específicas, avaliar o impacto de intervenções, fazer previsões e testar teorias (GIL, 2002). A coleta de dados quantitativos envolve o uso de métodos padronizados, como questionários, entrevistas estruturadas, observações controladas e análise de registros

existentes, como é o caso da presente pesquisa.

Essa pesquisa envolve a coleta de informações quantitativas de fontes como relatórios anuais das distribuidoras, no caso da ENEEL, dados disponibilizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Os indicadores coletivos são analisados em termos de duração média das interrupções (DEC) e frequência de interrupções (FEC), subdivididos nas 14 subestações regionais, caracterizadas ao longo dos resultados.

Os relatórios foram fornecidos em janeiro de 2023, portanto ainda se referem ao ano de 2021. As informações que serão apresentadas estarão embasadas no Módulo 8 da Prodist, em que a concessionária em questão coleta dados e envia periodicamente (mês, trimestre ou ano) para a agência reguladora, ANEEL (2022). Ela verifica os dados, analisa os conjuntos das unidades consumidoras, as subdivisões da concessão e dessa maneira verifica o serviço prestado da distribuidora ENEL.

Durante a pesquisa documental quantitativa, são utilizadas as fórmulas de DEC e FEC, essas análises permitem uma compreensão mais objetiva e quantificável do desempenho das distribuidoras em relação aos indicadores coletivos. Os resultados dessa pesquisa podem ser utilizados para embasar tomadas de decisão, elaboração de políticas públicas e identificação de áreas de melhoria no setor elétrico, visando proporcionar um serviço de melhor qualidade aos consumidores.

3.1 Lócus da Pesquisa

A Enel é uma das maiores empresas de energia do mundo e uma das líderes do setor de energia elétrica, de origem italiana. A empresa opera em diversos países e possui uma forte presença no setor de distribuição de energia. A *holding* Enel Brasil através de suas filias mantém operações nos Estados do Rio de Janeiro, Ceará, Goiás e Rio Grande do Sul, nos segmentos de distribuição, geração, transmissão e soluções de energia (ENEL, 2023).

A Enel Brasil é responsável pela distribuição de energia elétrica nos 184 municípios do Estado do Ceará, em uma área de 149 mil quilômetros quadrados. A mesma possui como base comercial cerca de 4,38 milhões de unidades consumidoras, sendo considerada a terceira maior distribuidora do Nordeste em volume híbrido.

Sociedade anônima de capital aberto, a companhia é controlada pela ENEL Brasil, que detém, diretamente, 74,05% do capital total e 97,91% do capital votante. O restante das ações, negociadas na bolsa de valores, pertencem a pessoas físicas, investidores institucionais nacionais e estrangeiros, fundos de pensão, clubes e fundos de

investimentos, bem como outras pessoas jurídicas (ENEL, 2023). As principais responsabilidades da empresa são listadas no quadro 04.

Quadro 04. Principais responsabilidades da Enel Brasil

Responsabilidade	Características
Distribuição de Energia	A Enel é responsável por fornecer energia elétrica de qualidade aos consumidores em todo o estado, garantindo que as redes de distribuição estejam em boas condições e operem de forma eficiente
Manutenção e Investimentos	A empresa realiza investimentos em infraestrutura e manutenção das redes elétricas para garantir a continuidade e a qualidade do fornecimento de energia.
Atendimento ao Cliente	A Enel mantém canais de atendimento ao cliente para lidar com solicitações, dúvidas e problemas relacionados ao fornecimento de energia elétrica
Projetos de Eficiência Energética	A Enel pode implementar programas de eficiência energética para promover o uso responsável da eletricidade e reduzir o consumo de energia.
Responsabilidade Social e Ambiental	A empresa também pode estar envolvida em iniciativas de responsabilidade social e ambiental na comunidade, como projetos de sustentabilidade e educação.

Fonte: Enel Brasil (2023).

É importante destacar que a qualidade e o desempenho da Enel e de outras empresas de distribuição de energia podem variar, e eventuais problemas ou reclamações dos consumidores devem ser tratados com a agência reguladora de energia elétrica do estado e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022) no Brasil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Determinação dos Indicadores de Continuidade dos Conjuntos de Unidade Consumidora

Analisando os dados coletados do site da ANEEL, pode-se verificar os 14 conjuntos que são pertencentes a região Norte do Estado do Ceará, com suas respectivas unidades consumidoras. Totalizando 407.683 clientes que necessitam de uma distribuição de forma igualitária e de qualidade. Segue Tabela 1.

Tabela 1 - Perfil dos conjuntos pertencentes ao Norte do Ceará

QTDE.	CONJUNTO	Nº DE CON-SUMIDORES	DEC APU-RADO	DEC LI-MITE	FEC APU-RADO	FEC LI-MITE
1	SOBRAL V	30.030	11,38	10,00	5,73	7,00
2	MASSAPÊ	33.580	12,38	11,00	4,35	7,00
3	COREAÚ	20.726	14,59	11,00	6,20	7,00
4	GRANJA	33.090	15,30	11,00	5,57	7,00
5	INHUÇU	50.794	15,59	11,00	6,25	8,00
6	MUCAMBO	25.769	16,31	10,00	4,74	7,00
7	SOBRAL IV	13.992	16,40	10,00	8,96	7,00
8	CAMOCIM	30.735	18,89	12,00	11,50	8,00
9	TIANGUÁ	38.960	19,30	10,00	7,31	7,00
10	IBIAPINA	25.559	20,93	11,00	7,27	8,00
11	VIÇOSA DO CEARÁ	19.660	24,75	11,00	8,45	7,00
12	CARACARÁ	17.275	29,48	11,00	11,14	7,00
13	SOBRAL I	56.249	6,43	10,00	2,63	7,00
14	CARIRÉ	11.264	9,44	12,00	2,72	7,00

Fonte: ENEL Brasil (2023).

Dessa maneira, iniciou-se mais uma análise fazendo referência aos cinco conjuntos com os piores DECs e FECs do ano de 2021, que serão abordados nos tópicos seguintes, juntamente com as suas principais causas, e com a soma do DEC e FEC de cada uma.

Analisando todos os 14 conjuntos, percebe-se que cinco se destacam por um valor extremamente alto de DEC apurado, tendo uma discordância muito alta em referência ao DEC limite proposto. Segue a Tabela 2.

Tabela 2 - Ranking dos piores desempenhos em DEC apurado no Norte do Ceará

POSIÇÃO	CONJUNTO	Nº DE CONSUMIDORES	DEC APURADO	DEC LIMITE
1	CARACARÁ	17.275	29,48	11,00
2	VIÇOSA DO CEARÁ	19.660	24,75	11,00
3	IBIAPINA	25.559	20,93	11,00
4	TIANGUÁ	38.960	19,30	10,00
5	CAMOCIM	30.735	18,89	12,00

Fonte: ENEL Brasil (2023).

Analisando todos os 14 conjuntos, percebe-se que cinco se destacam por um valor extremamente alto de FEC apurado, tendo uma discordância muito alta em referência ao FEC limite proposto. Segue a Tabela 3.

Tabela 3 - Ranking dos piores desempenhos em FEC apurado no Norte do Ceará

POSIÇÃO	CONJUNTO	Nº DE CONSUMIDORES	FEC APURADO	FEC LIMITE
1	CAMOCIM	30.735	11,50	8,00
2	CARACARÁ	17.275	11,14	7,00
3	SOBRAL IV	13.992	8,96	7,00
4	VIÇOSA DO CEARÁ	19.660	8,45	7,00
5	TIANGUÁ	38.960	7,31	7,00

Fonte: ENEL Brasil (2023).

Tendo como vista as informações presentes nas Tabelas 2 e 3, que apontam que em ambos os indicadores, DEC e FEC, praticamente os mesmos conjuntos de UCs tiveram os piores indicadores apurados de toda a área de concessão da Enel. Ou seja, em média os consumidores pertencentes aos conjuntos acima listados foram submetidos há sucessivas interrupções no fornecimento de energia ao longo do ano e o tempo de retorno no fornecimento foi um dos mais elevados.

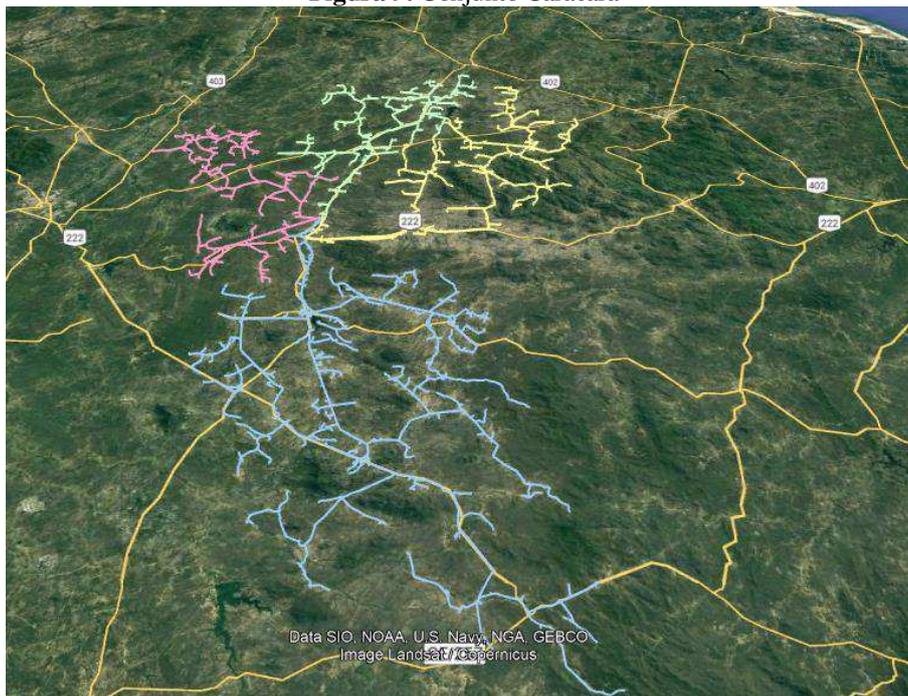
Entretanto, tivemos duas exceções, que foi o conjunto de Ibiapina com o terceiro pior DEC da empresa, mas com uma classificação boa em relação ao FEC, dentro do limite estipulado. E o conjunto Sobral IV, com o terceiro pior FEC, mas com uma classificação alta também em relação ao DEC, ficando na posição sexta.

Retirando como base um relatório interno da ENEL CE, foi-se constatado as principais causas da falta de fornecimento de energia nos cinco conjuntos já detalhados com piores DECs. Dessa maneira foi analisado cada um de forma a evidenciar as principais falhas que ocorreram na rede durante o ano de 2021.

4.1.1 Conjunto Caracará

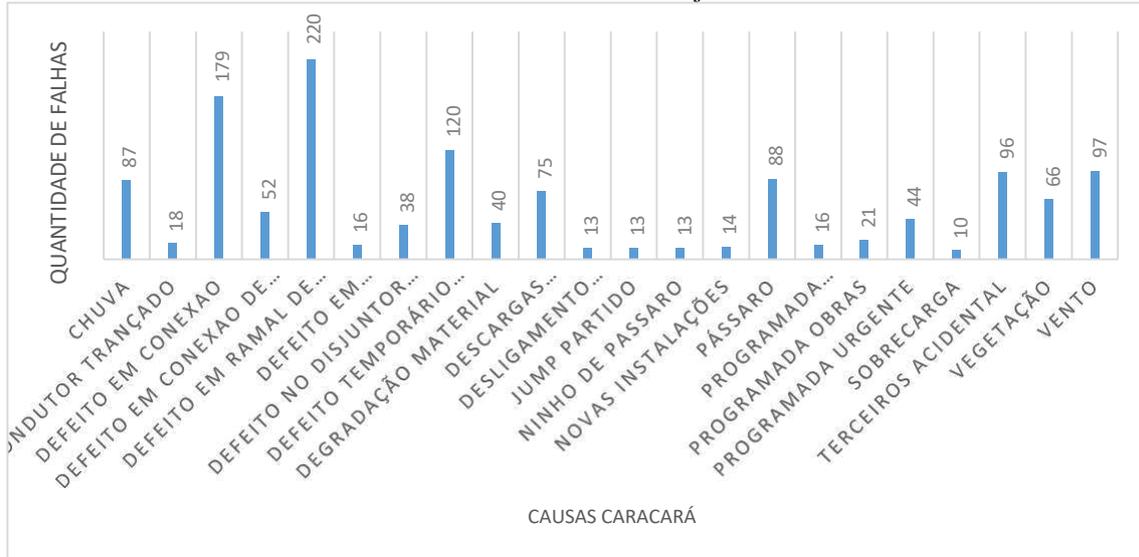
O mesmo atende os municípios de Sobral (região do distrito de Caracará) e Miraíma, região de sertão do Norte do Ceará. Com uma área abrangente de aproximadamente 1.235,83 quilômetros quadrados. O conjunto atende quatro alimentadores, cuja denominação é: CRC01C1, CRC01C2, CRC01C3 e CRC01C4. Cujo imagem abaixo mostra os mesmos de forma detalhada, sendo, portanto, bem ramificados e extensos, conforme a figura 9, onde tem na cor amarela o alimentador, na cor verde o aliementador, na cor rosa o alimentador e na cor azul o alimentador.

Figura 9. Conjunto Caracará



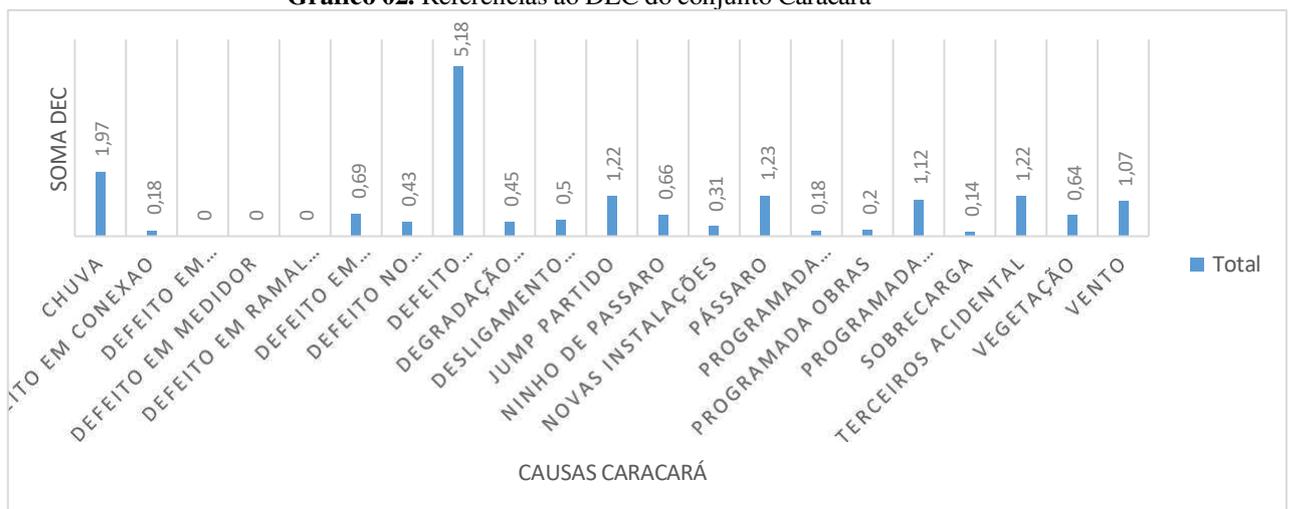
Fonte: Enel Brasil (2023)

De posse dos relatórios internos, pode-se elaborar um gráfico com as principais causas de falhas que ocorreram no conjunto Caracará durante o ano de 2021. No gráfico 01 abaixo demonstrará de forma detalhada que as principais causas foram: defeito em ramal de ligação, com 220 falhas e defeito em conexão com 179 falhas.

Gráfico 01. Causas de falhas no conjunto Caracará

Fonte: Enel Brasil (2023).

Já no gráfico 02, fazendo referência ao DEC do conjunto, tem-se como principal característica um valor elevado da soma DEC nas causas: defeito temporário não identificado com 5,18 na soma DEC e a causa chuva com 1,97 de soma DEC. Por ser uma região seca, em períodos de inverno, temos uma elevada na causa chuva, devido ao aumento brusco do número de falhas. Nesse contexto, mais uma vez teve-se um ponto negativo com a causa defeito temporário não identificado. Pois dessa forma não é possível elaborar um plano de ação para haver uma diminuição nesse índice, pois não existe uma certeza sobre a real causa, já que não foi identificada.

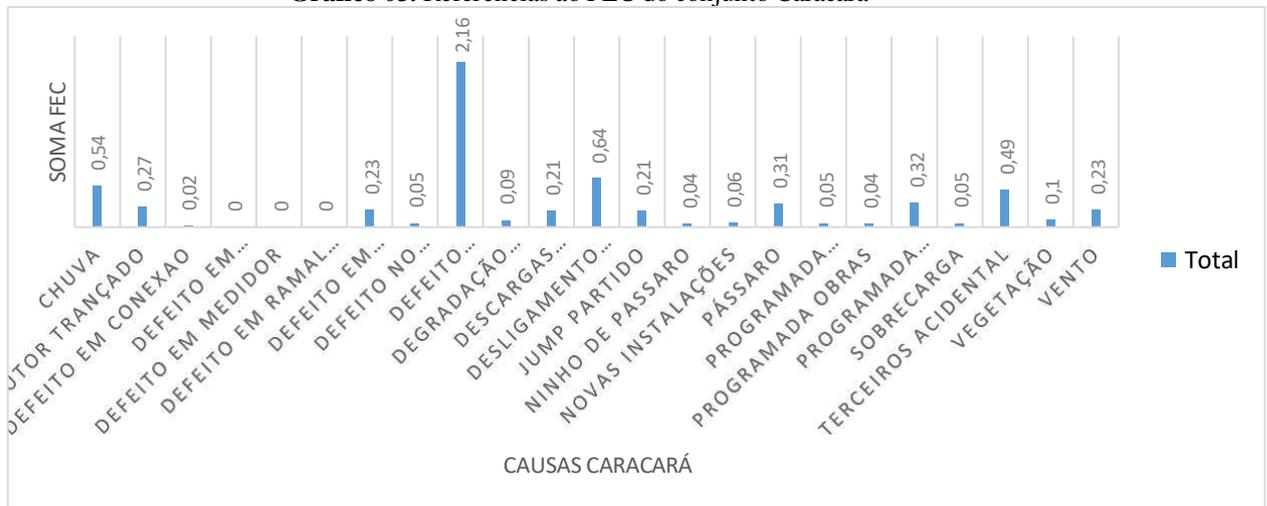
Gráfico 02. Referências ao DEC do conjunto Caracará

Fonte: Enel Brasil (2023).

Já em relação ao FEC, o conjunto em específico ficou na segunda posição com

pior FEC no estudo, juntamente com elevado índice temos a causa temporária não identificada, com 2,16 de soma FEC. No gráfico 3 abaixo, consegue-se identificar as principais causas que intervêm no FEC.

Gráfico 03. Referências ao FEC do conjunto Caracará

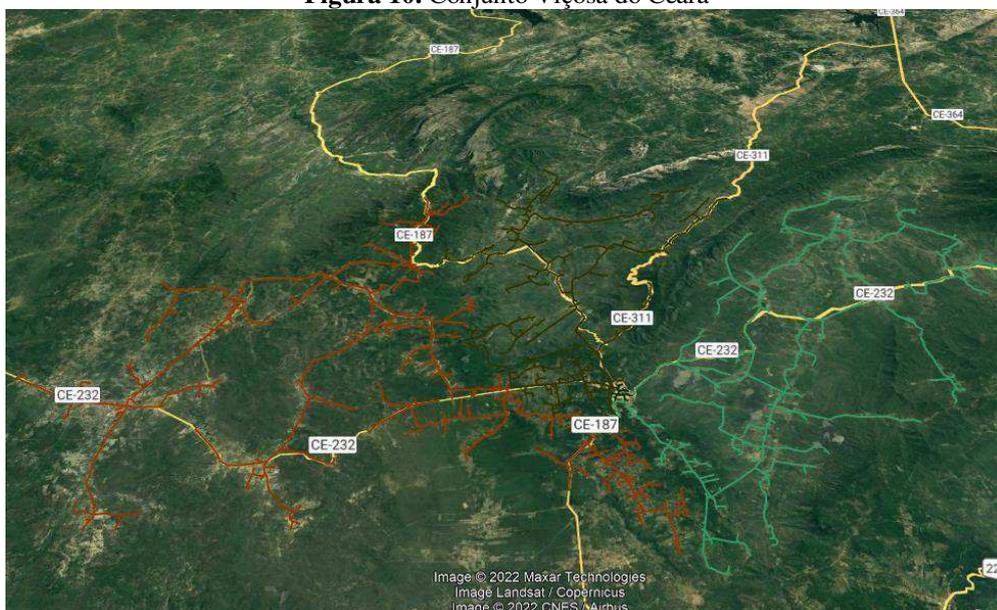


Fonte: Enel Brasil (2023).

4.1.2 Conjunto Viçosa

O conjunto Viçosa atende toda a região do município de Viçosa e sítios vizinhos, o mesmo possui uma extensão de 1.312 quilômetros com quatro alimentadores, que são eles: VCS01C2, VCS01C3, VCS01C4 e VCS01C5. Os mesmos foram detalhados na Figura 10, onde tem VCS01C2 na cor verde mais claro, VCS01C4 na cor verde escuro, VCS01C5 na cor marrom e VCS01C3 na cor preta, em uma proporção bem menor na sede de Viçosa.

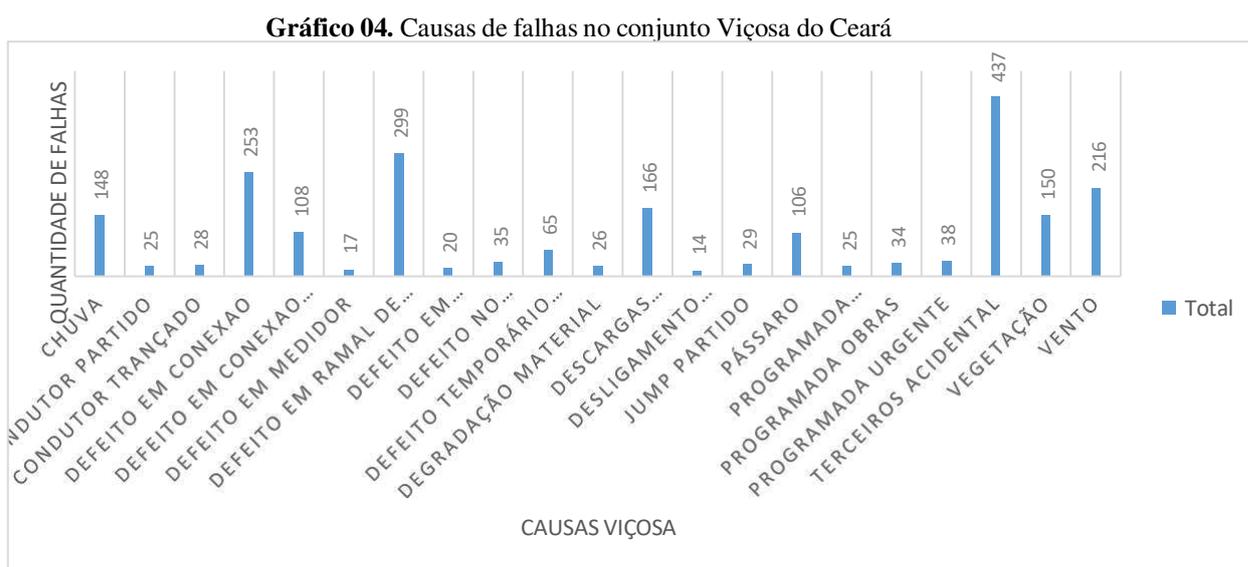
Figura 10. Conjunto Viçosa do Ceará



Fonte: Enel Brasil (2023)

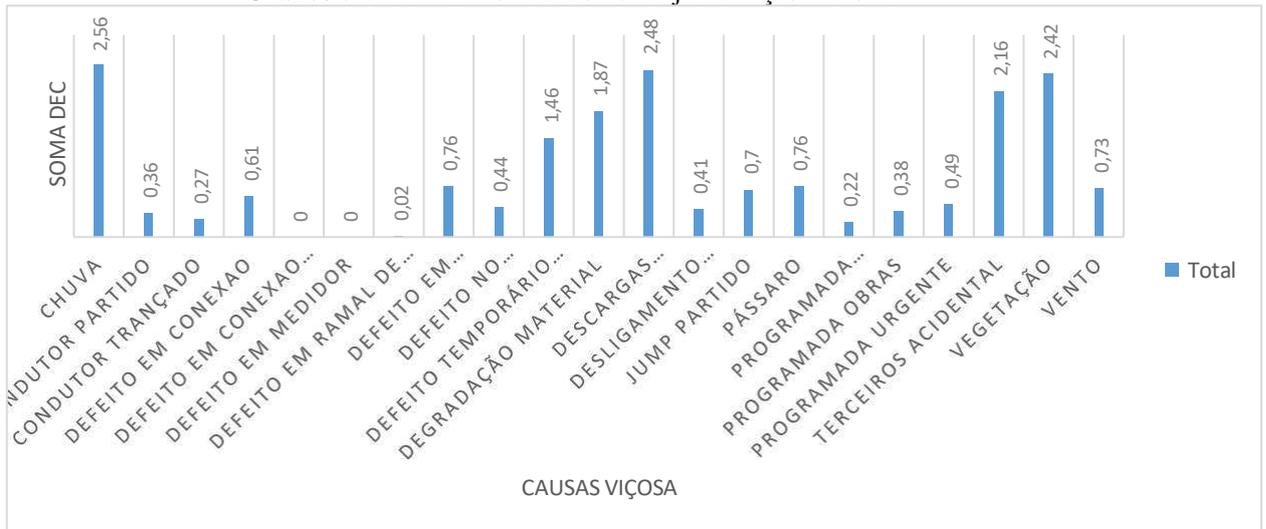
As principais causas das falhas de fornecimento no conjunto mencionado, foram: terceiro acidental com 437 falhas, defeito em ramal de ligação com 299 falhas e defeito em conexão com 253 falhas, duas delas são causas que são caracterizadas por somente falta no consumidor específico, não sendo causas de característica de falta em vários consumidores, que são defeito em ramal de ligação e defeito em conexão, já terceiros acidentais se caracteriza mais em falhas envolvendo um número maior de consumidores.

Entretanto, as que estão em quarto, quinto e sexto lugar são: vento, descargas atmosféricas e chuva. Essas causas podem ser explicadas devido o conjunto pertencer a uma região serrana, com alimentadores extensos e com um índice elevado de chuvas. Vale ressaltar que em regiões serranas as equipes possuem uma dificuldade maior de locomoção, aumentando assim o tempo de atendimento, que afeta bruscamente o DEC. Segue gráfico 03 que demonstra a situação.

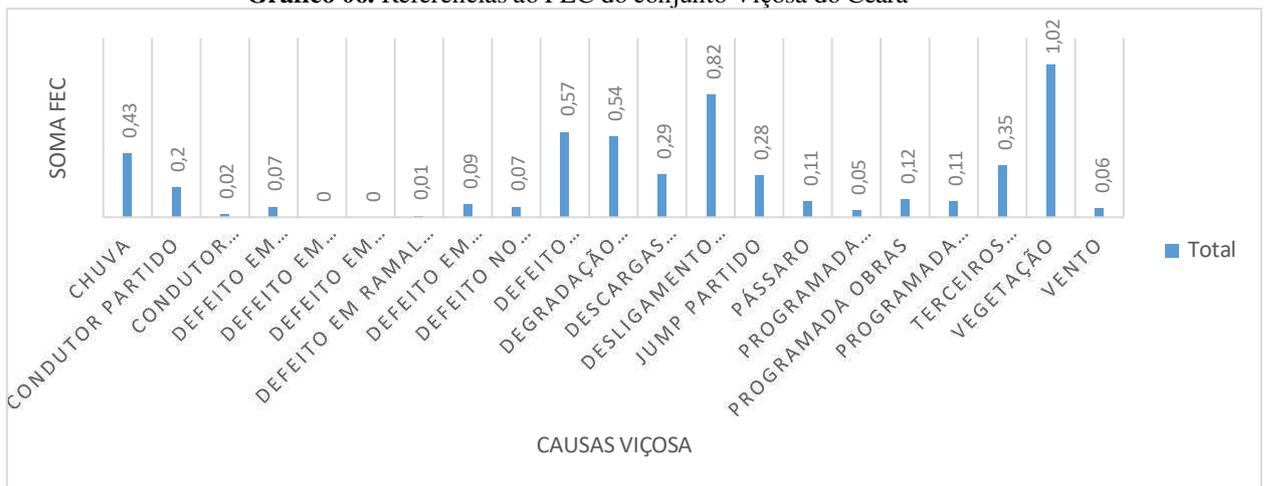


Fonte: Enel Brasil (2023).

Como já mencionado, por se tratar de uma região serrana com bastante vegetação e com um número alto de chuvas no inverno, tem-se como principais causas da soma DEC da região: chuva com soma DEC de 2,56, descargas atmosféricas com soma DEC de 2,48 e vegetação com soma DEC de 2,42, onde impactaram de forma negativa o DEC do conjunto, sendo o segundo pior da Região Norte. Segue gráfico 04 com as informações. Do mesmo modo, temos o FEC no Gráfico 06 com informações, tem-se vegetação como causa que mais intensificou o FEC, com soma FEC de 1,02.

Gráfico 05. Referências ao DEC do conjunto Viçosa do Ceará

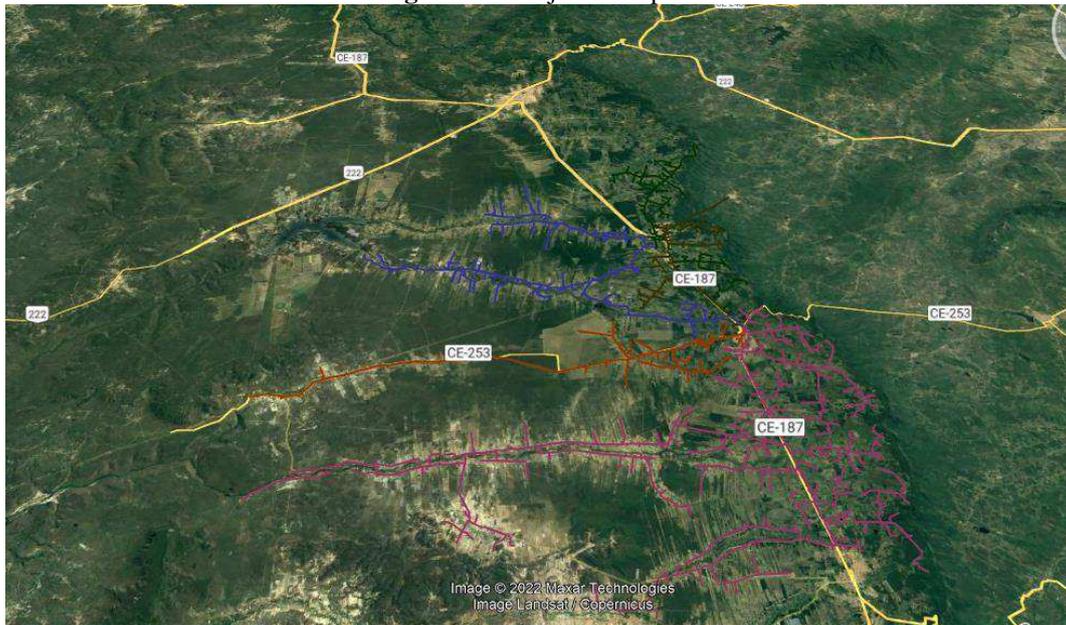
Fonte: Enel Brasil (2023).

Gráfico 06. Referências ao FEC do conjunto Viçosa do Ceará

Fonte: Enel Brasil (2023).

4.1.3 Conjunto Ibiapina

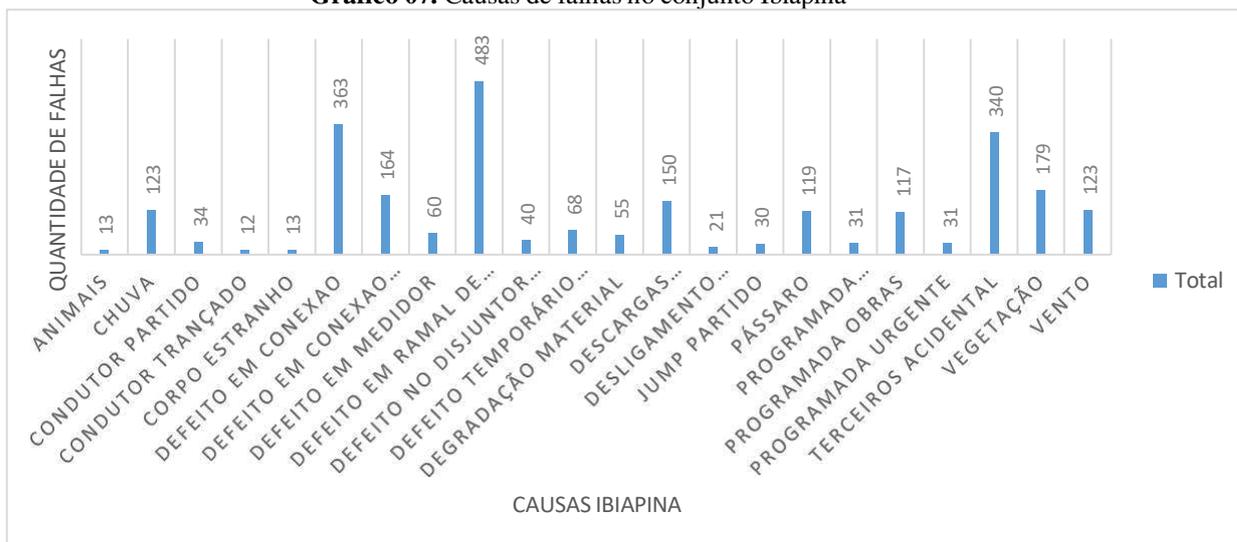
A região também é serrana, com bastante índices de chuva de janeiro a maio. Composta por Ibiapina e sítios vizinhos. Com extensas áreas de vegetação, composta por cinco alimentadores, que são: IBP01I1, IBP01I2, IBP01I3, IBP01I4 e IBP01I5, ambos são extensos e bem ramificados, possuindo uma extensão total de aproximadamente 567,67 km, conforme figura 11, onde tem IBP01I5 na cor azul, IBP01I3 na cor laranja, IBP01I4 na cor rosa, IBP01I1 no verde escuro, e IBP01I2 no verde musgo, os mesmos se sobrepõem.

Figura 11. Conjunto Ibiapina

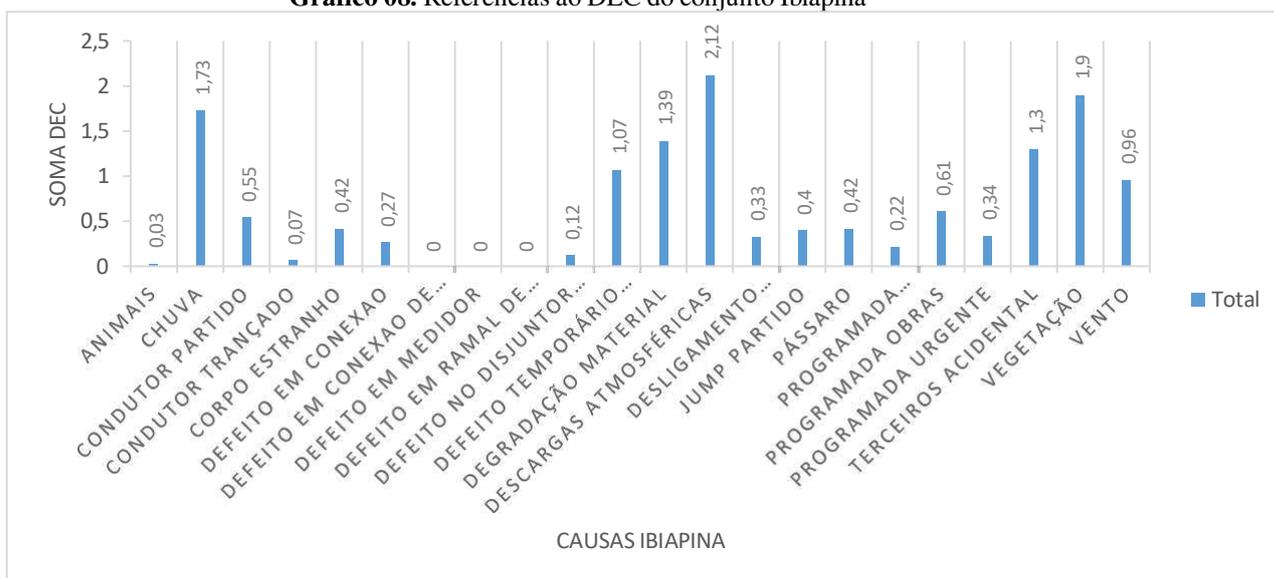
Fonte: Enel Brasil (2023).

Como no Conjunto Viçosa, o Conjunto Ibiapina também se destacou com as principais causas das falhas de fornecimento: defeito em ramal de ligação com 483 falhas, defeito em conexão com 363 falhas e terceiros acidental com 340 falhas. Como dito anteriormente, as causas defeito em ramal de ligação e defeito em conexão, são causas que se caracterizam em falha de fornecimento em apenas um consumidor específico, já terceiros acidentais podem ter uma predominância maior em falta em vários consumidores. Entretanto, as que está em quarta posição, temos: vegetação, com 179 falhas. Essa causa pode ser explicada devido o conjunto pertencer a uma região serrana, com alimentadores extensos e com um índice elevado de vegetação, sendo até necessário equipes de podas trabalharem arduamente para deixar a rede limpa de galhos e árvores, evitando assim novas possíveis falhas. Os resultados nos conjuntos de Viçosa do Ceará e Ibiapina, estão de acordo com o defendido pela ANEEL (2022) que variáveis climáticas afetam diretamente a qualidade do fornecimento de energia

Assim também como o Conjunto Viçosa, o Conjunto Ibiapina também se se trata de uma região serrana com bastante vegetação e com um número alto de chuvas no inverno, dessa maneira, também teremos como principais causas da soma DEC da região: descargas atmosféricas com soma DEC de 2,12 , vegetação com soma DEC de 1,9, chuva com soma DEC de 1,73 , onde impactaram de forma negativa o DEC do conjunto, sendo o terceiro pior da Região Norte. Gráficos 07 e 08 demonstram o estudado.

Gráfico 07. Causas de falhas no conjunto Ibiapina

Fonte: Enel Brasil (2023).

Gráfico 08. Referências ao DEC do conjunto Ibiapina

Fonte: Enel Brasil (2023).

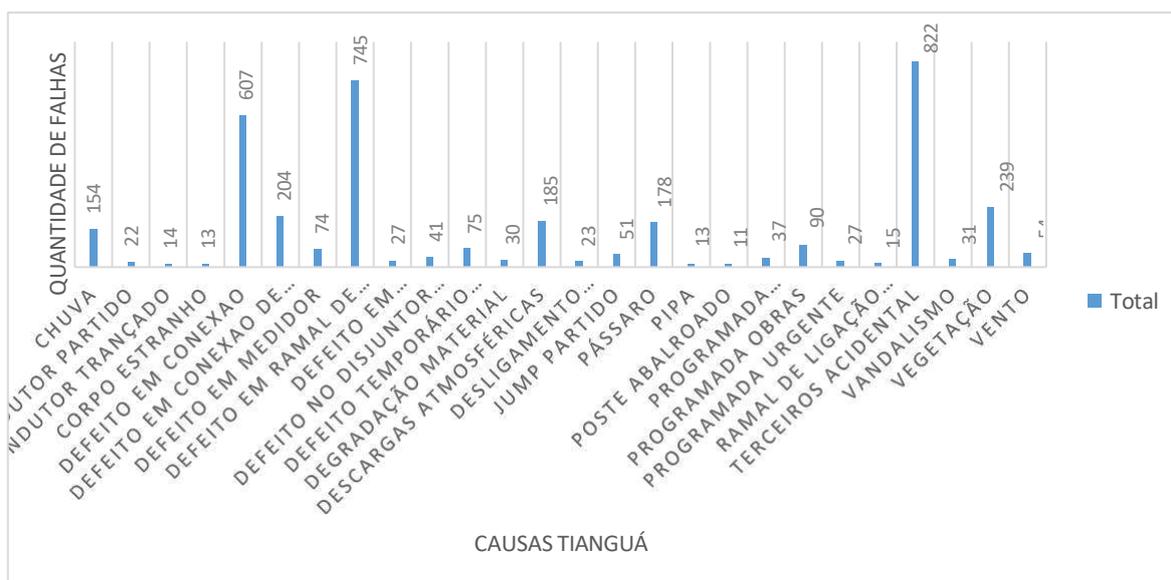
4.1.4 Tianguá

O Conjunto Tianguá também consiste em uma região serrana, com bastante vegetação e índice de chuvas considerável no período do inverno. O mesmo possui sete alimentadores, que são eles: TNG01S1, TNG01S2, TNG01S3, TNG01S4, TNG01S5, TNG01S6 e TNG01S7, conforme evidenciado na figura 12, onde tem o TNG01S2 na cor azul, TNG01S4 na cor roxo, TNG01S1 na cor amarela, TNG01S3 na cor rosa, TNG01S6 no azul claro e TNG01S7 no verde.

Figura 12. Conjunto Tianguá

Fonte: Enel Brasil (2023).

Como principais causas, tivemos as mesmas destacadas em Viçosa e Ibiapina: terceiro acidental com 822 falhas, defeito em ramal de ligação com 745 falhas e defeito em conexão com 607 falhas. Com as mesmas características dos conjuntos já citados anteriormente, conforme o gráfico 09.

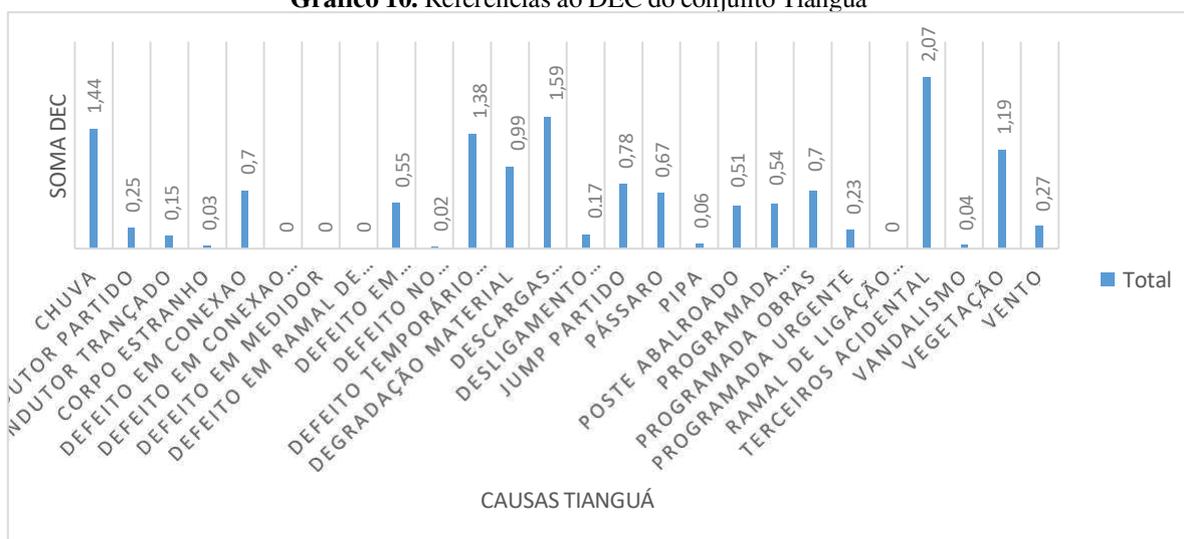
Gráfico 09. Causas de falhas no conjunto Tianguá

Fonte: Enel Brasil (2023).

Assim como o Conjunto Viçosa e como o Conjunto Ibiapina, o Conjunto Tianguá também se trata de uma região serrana com bastante vegetação e com um número alto

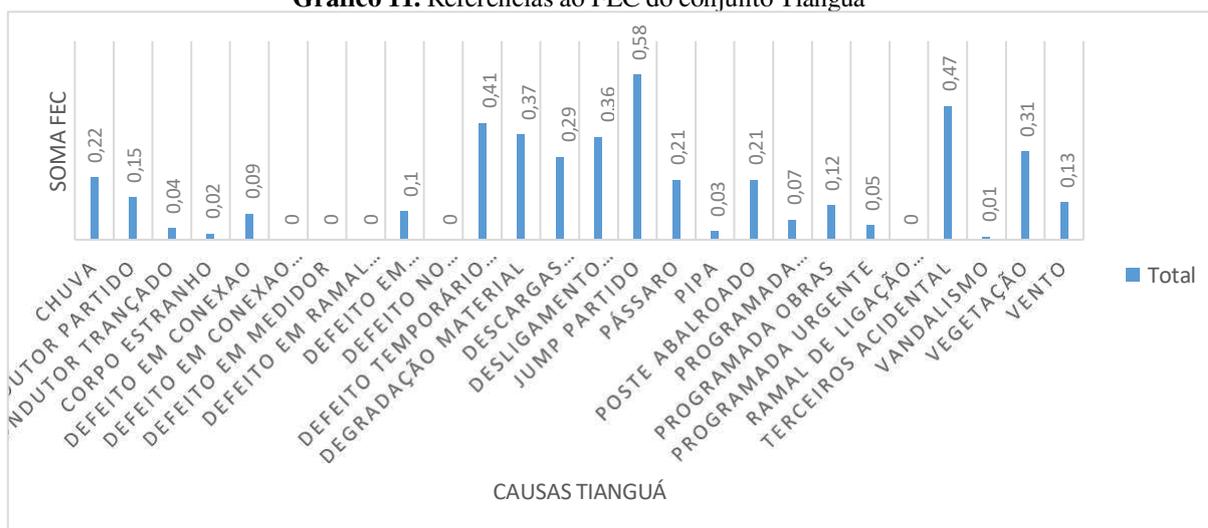
de chuvas no inverno, entretanto teremos como principais causas da soma DEC da região: terceiro acidental com soma DEC de 2,07, chuva com soma DEC de 1,44 e descargas atmosféricas com soma DEC de 1,59 onde impactaram de forma negativa o DEC do conjunto, sendo o quarto pior da Região Norte. As principais causas são listadas no gráfico 10. Já em relação ao FEC, que é o quinto pior da lista, temos o gráfico 11, onde tem-se as causas jump partido com soma FEC de 0,58 e terceiros acidental com soma FEC de 0,47. A mesma faz referência nos casos em que o cliente intervém na rede de alguma maneira acidental, por exemplo: o mesmo fez uma poda e sem entendimento deixou o galho encostar na rede.

Gráfico 10. Referências ao DEC do conjunto Tianguá



Fonte: Enel Brasil (2023).

Gráfico 11. Referências ao FEC do conjunto Tianguá

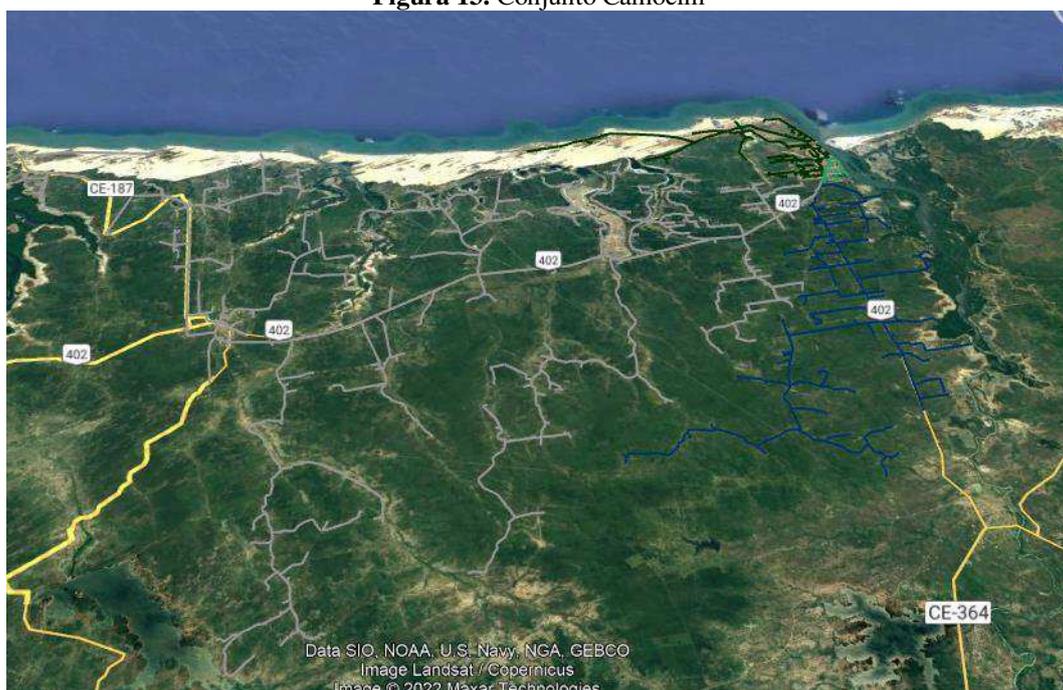


Fonte: Enel Brasil (2023).

4.1.5 Conjunto Camocim

O conjunto Camocim trata-se de uma região litorânea, com um elevado índice de vegetação costeira, além de possuir um desgaste maior de materiais, devido a salinidade exalada pela presença do Oceano Atlântico. Possui quatro alimentadores: CMM01C1, CMM01C2, CMM01C3 e CMM01C4, ambos extensos e ramificados. Segue Figura 13 abaixo.

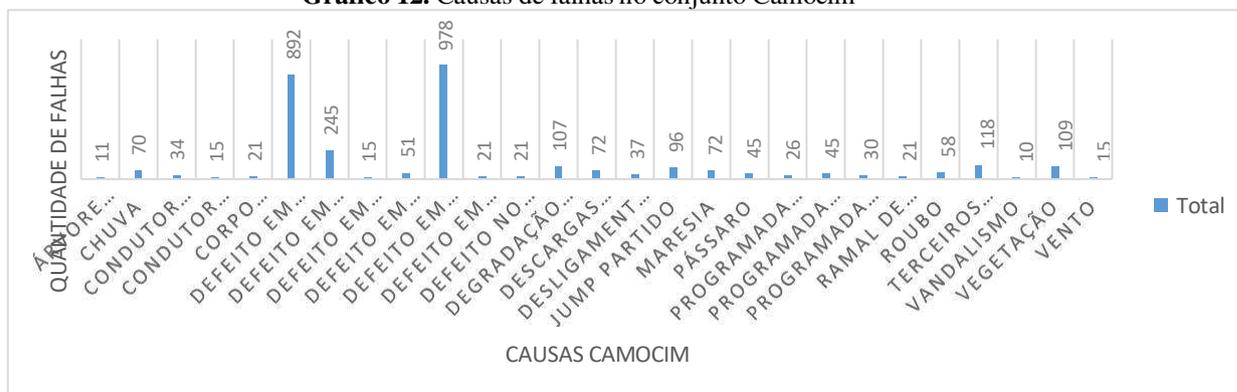
Figura 13. Conjunto Camocim



Fonte: Enel Brasil (2023).

As principais causas das falhas são: defeito em ramal de ligação com 978 falhas, defeito em conexão com 892 falhas e defeito em conexão de medidor com 245 falhas, são causas mais caracterizadas por falhas em apenas uma unidade consumidora específica, sendo ocasionadas possivelmente pelo índice de salinidade e consequentemente a degradação do material. Conforme o gráfico 12.

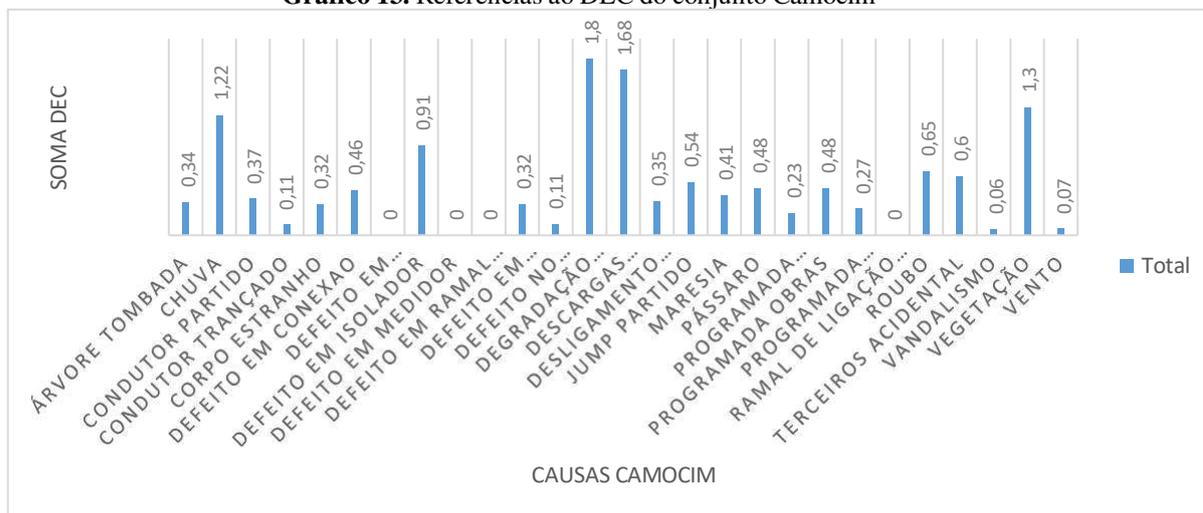
Gráfico 12. Causas de falhas no conjunto Camocim



Fonte: Enel Brasil (2023).

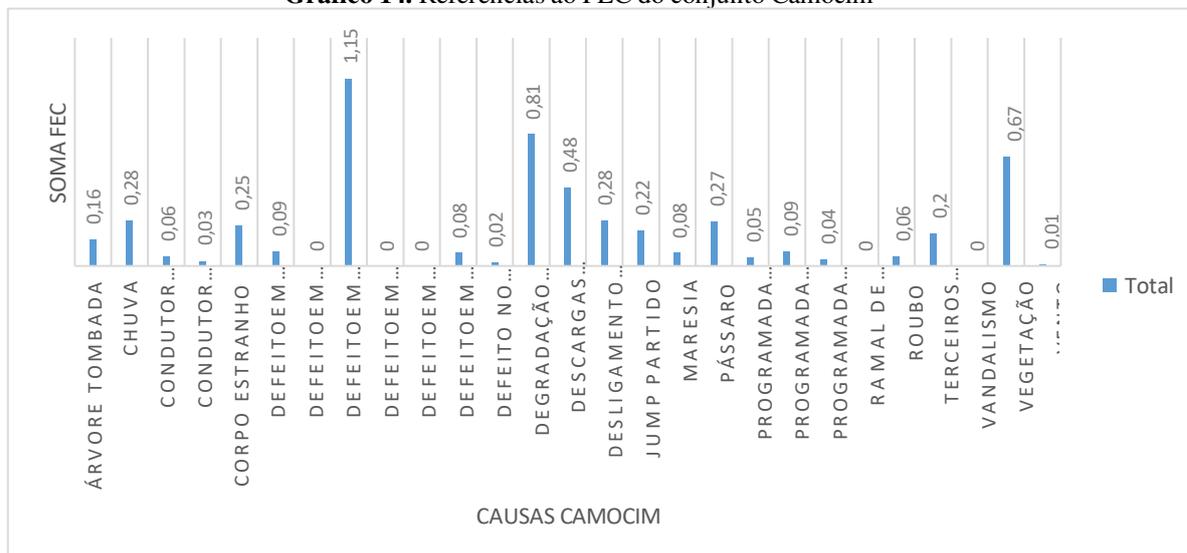
O Conjunto Camocim trata de uma região litorânea com bastante desgaste de matérias devido à grande maresia que atende a localidade, além do fato das vegetações costeiras. Entretanto teremos como principais causas da soma DEC da região: degradação material com soma DEC de 1,8, descargas atmosféricas com soma DEC de 1,68 e vegetação com soma DEC de 1,3, onde impactaram de forma negativa o DEC do conjunto, sendo o quinto pior da Região Norte. Já em relação ao FEC, temos como principais causas que mais impactaram, tem-se: defeito em isolador com soma FEC de 1,15 e degradação de material com soma FEC de 0,81, que também se relaciona com a maresia que atende boa parte da área estudada. Os gráficos 13 e 14 demonstram a situação.

Gráfico 13. Referências ao DEC do conjunto Camocim



Fonte: Enel Brasil (2023).

Gráfico 14. Referências ao FEC do conjunto Camocim

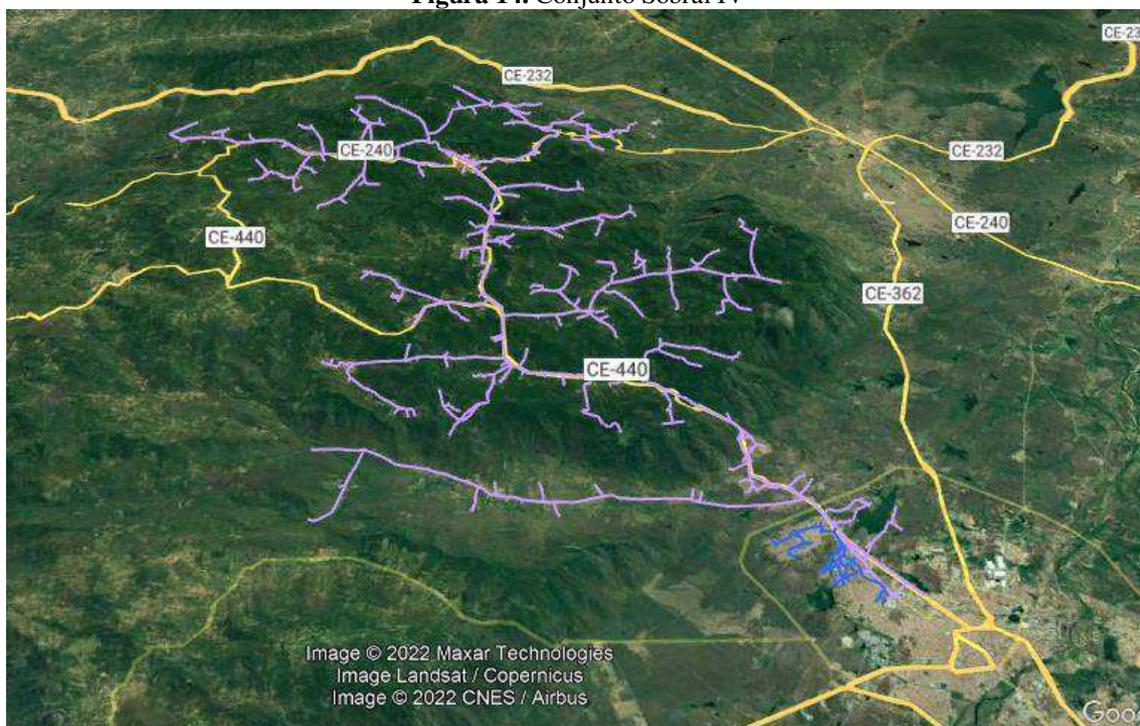


Fonte: Enel Brasil (2023).

4.1.6 Conjunto Sobral IV

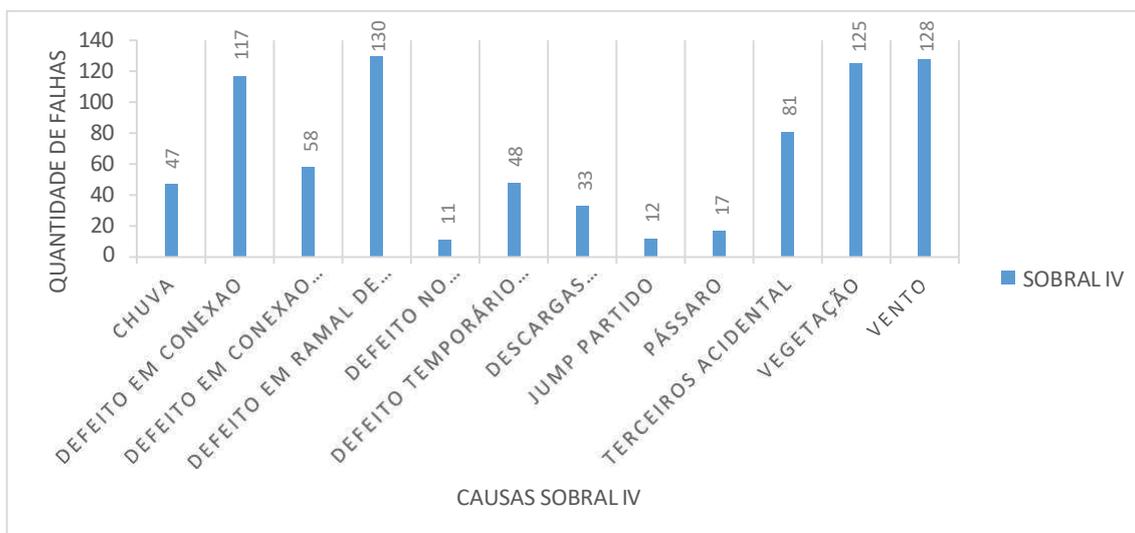
O Conjunto SOBREAL IV corresponde ao bairro Renato Parente na cidade de Sobral, juntamente com a cidade de Meruoca e sítios vizinhos. O mesmo é composto por dois alimentadores: SBQ01F2 e SBQ01F4. A área do mesmo corresponde a vegetação caatinga do famoso “pé de serra”, subindo até a região serrana da Meruoca, onde existe uma vasta vegetação e índices elevados de chuva. Segue figura 14 que representa o Conjunto, onde tem na cor azul o SBQ01F4, e na cor roxa o SBQ01F2.

Figura 14. Conjunto Sobral IV



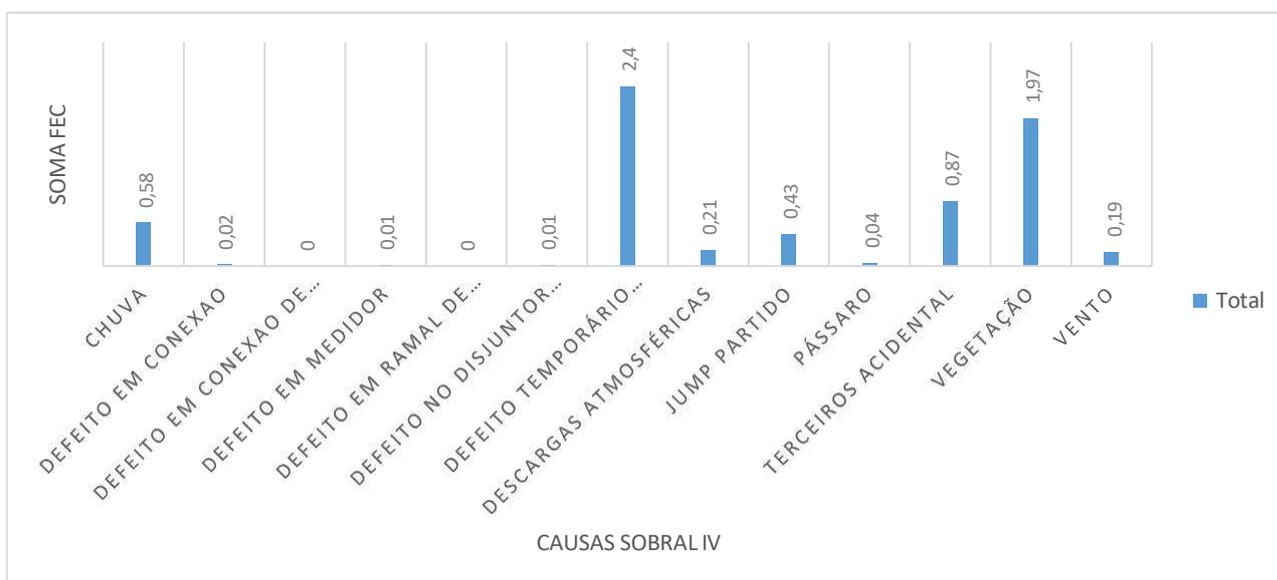
Fonte: Enel Brasil (2023).

Nas principais causas de falhas do Conjunto temos quase um empate nas: defeito ramal de ligação com 130 falhas, vegetação com 125 falhas e vento com 128 falhas. Como detalhado, o Conjunto pertence a uma região serrana, em área de bastante vegetação e ventos. Por essa razão, temos índices altos dessas causas de falhas. Ramal de ligação também se enquadraria pois devido ventos e vegetação o risco de ter um defeito em conexão aumenta bastante,

Gráfico 15. Principais causas de falhas do conjunto Sobral IV

Fonte: Enel Brasil (2023).

E como causa nos índices de FEC elevado, temos: defeito temporário não identificado com soma FEC de 2,4 e vegetação com soma FEC de 1,97. Demonstrando que se teve uma frequência equivalente de interrupções sem uma causa específica elevada no ano de 2021, sendo um motivo para aumentar o índice de manutenção no Conjunto. Segue o gráfico 16 que mostra a situação.

Gráfico 16. Referências ao FEC do conjunto Sobral IV

Fonte: Enel Brasil (2023).

4.2 Determinação dos indicadores de continuidade em relação ao ano de 2022.

Analisando os dados coletados do site da ANEEL, temos a seguinte composição dos indicadores de continuidade em relação ano de 2022.

Figura 14. DEC e FEC Norte em 2022

Conjunto	Distribuidora	DEC Apurado	DEC Limite	DEC Apurado/Limite	FEC Apurado	FEC Limite	FEC Apurado/Limite
CAMOCIM	ENEL CE	11,74	11,00	1,07	4,81	7,00	0,69
CARACARÁ	ENEL CE	17,39	10,00	1,74	8,19	7,00	1,17
CARIRÉ	ENEL CE	9,27	11,00	0,84	2,39	7,00	0,34
COREAÚ	ENEL CE	12,73	11,00	1,16	4,20	7,00	0,60
GRANJA	ENEL CE	13,22	11,00	1,20	4,98	7,00	0,71
IBIAPINA	ENEL CE	10,82	11,00	0,98	4,25	7,00	0,61
INHUÇU	ENEL CE	9,22	11,00	0,84	5,12	7,00	0,73
MASSAPÉ	ENEL CE	8,87	11,00	0,81	4,79	7,00	0,68
MUCAMBO	ENEL CE	11,60	10,00	1,16	6,15	7,00	0,88
SOBRAL I	ENEL CE	4,33	10,00	0,43	2,54	6,00	0,42
SOBRAL IV	ENEL CE	11,32	10,00	1,13	9,92	6,00	1,65
SOBRAL V	ENEL CE	7,08	10,00	0,71	2,59	6,00	0,43
TIANGUÁ	ENEL CE	10,70	10,00	1,07	4,86	7,00	0,69
VIÇOSA DO CEARÁ	ENEL CE	18,54	11,00	1,69	7,63	7,00	1,09

Fonte: ANEEL (2023).

Comparando os indicadores de DEC do ano de 2021 com os do ano de 2022, tivemos melhorias surpreendentes em relação aos números mostrados em 2021, segue tabela 04.

Tabela 4. Porcentagem de melhorias dos piores desempenhos em DEC apurado no Norte do Ceará em 2021 e 2022

POSIÇÃO	CONJUNTO	DEC APURADO 2021	DEC APURADO 2022	PORCENTAGEM DE MELHORIA
1	CARACARÁ	29,48	17,39	41,01%
2	VIÇOSA DO CEARÁ	24,75	18,54	25,09%
3	IBIAPINA	20,93	10,82	48,30%
4	TIANGUÁ	19,30	10,70	44,55%
5	CAMOCIM	18,89	11,74	37,85%

Fonte: ENEL Brasil (2023).

Como visto na tabela 4, tivemos melhorias em todos os conjuntos que estavam com os piores DEC de 2021. No qual, tivemos Ibiapina com a melhor porcentagem de melhoria, em 48,30%, em segundo lugar, pode-se ver o conjunto de Tianguá, com 44,55%, ambos pertencentes a Região Operativa de São Benedito. Já em terceiro, temos o conjunto de Caracará, com 4,01% de melhoria, seguindo de Camocim com 37,85% e

de Viçosa do Ceará, com 25,09%. Dessa forma, logo na tabela 5, compara-se os indicadores de FEC referente ao ano de 2021 e 2022.

Tabela 5. Porcentagem de melhorias dos piores desempenhos em FEC apurado no Norte do Ceará em 2021 e 2022

POSIÇÃO	CONJUNTO	FEC APURADO 2021	FEC APURADO 2022	PORCENTAGEM DE MELHORIA
1	CAMOCIM	11,50	4,81	58,17%
2	CARACARÁ	11,14	8,19	26,48%
3	SOBRAL IV	8,96	9,92	- 10,71%
4	VIÇOSA DO CEARÁ	8,45	7,63	9,70%
5	TIANGUÁ	7,31	4,86	33,51%

Fonte: ENEL Brasil (2023).

Como visto na tabela 5, não tivemos melhorias em relação a todos os conjuntos estudados em relação ao FEC. O Conjunto Sobral IV teve um aumento em torno de 10,71% em relação ao FEC de 2021. Contudo, tem-se o Camocim, que teve uma melhoria de 58,17%, seguido de Tianguá com 33,51%, Caracará com 26,48% e Viçosa do Ceará com 9,70%.

Em decorrência do grande impacto dos indicadores de qualidade dos serviços, anualmente são incorporados projetos de melhoria dentro da Enel Ceará, que visam benefícios tanto para a distribuidora, como para as unidades consumidoras. Com isso, visando credibilidade e melhorias, tem-se implantado atualmente o Projeto de WTS (Way to said), em que consiste em cadastro de defeitos, que são organizados através de inspeções com georeferenciamento, mostrando o local exato e o seu grau de criticidade, que são programadas de acordo com cada área da manutenção específica.

Ainda como melhoria, tem-se o estudo de proteção de cada equipamento novo anexado na rede. Seguindo a vertente de Aranha Neto (2006), a inserção de novos equipamentos telecomandados na rede de distribuição primária é de total importância para conseguir amenizar os índices de continuidade, pois vão existir possibilidades de manobras viáveis que dessa forma consegue afetar menos consumidores, reduzindo os indicadores. Portanto, cabe a distribuidora realizar estudos e planejamento para cada caso e ver se estão alinhadas para os objetivos futuros da empresa.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho atinge seu objetivo geral ao analisar os índices coletivos da qualidade do fornecimento de energia na região Norte do Ceará em 2021. Desse modo, se propôs a descrever os processos utilizados pela distribuidora e explorar alternativas, coletar e analisar minuciosamente os indicadores coletivos de continuidade, identificar as principais causas das interrupções com base nos dados coletados e, por fim, propor soluções para a melhoria desses indicadores.

Os resultados da análise evidenciaram áreas de atuação e aperfeiçoamento, como a necessidade de investir em manutenção preventiva, atualização de infraestrutura, automação de sistemas e treinamento de equipes. A melhoria contínua desses processos é essencial para reduzir as interrupções no fornecimento de energia e, assim, elevar a qualidade de vida dos consumidores e fortalecer a economia local.

Ao enfrentar os desafios identificados, a distribuidora estará mais bem preparada para oferecer um serviço de eletricidade mais confiável e eficiente, contribuindo para o progresso da região e o bem-estar da comunidade.

O estudo de análise contribui para a compreensão teórica dos processos envolvidos na distribuição de energia elétrica e as complexidades associadas a garantir uma distribuição confiável. Além disso, traz contribuições para o desenvolvimento e enriquecimento de modelos e teorias no campo da engenharia elétrica e da gestão de sistemas de energia, fornecendo insights sobre a operação e otimização desses sistemas. A análise empírica fornece dados concretos que podem ser usados para fundamentar decisões estratégicas e políticas relacionadas à distribuição de energia elétrica.

A análise permite ainda a identificação das principais causas de interrupções no fornecimento de energia na região. Isso é valioso para entender as vulnerabilidades do sistema e direcionar esforços de melhoria. As soluções propostas têm base empírica e podem servir como um guia prático para a melhoria dos indicadores de continuidade. Isso é relevante para a distribuidora de energia e outras partes interessadas na região.

6 TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para futuras pesquisas, sugere-se investigar os esforços da Enel ou de outras distribuidoras elétricas em relação à eficiência energética, incluindo o uso de tecnologias mais eficientes e a implementação de programas de conservação de energia. Ou ainda, estudar como as distribuidoras incorporam fontes de energia renovável em sua matriz energética e como isso está afetando a qualidade e a confiabilidade do fornecimento de energia.

Além disso, investigar como as distribuidoras integram sistemas de armazenamento de energia, como baterias, para melhorar a resiliência da rede elétrica e garantir a disponibilidade de energia em momentos de alta demanda ou interrupções. Não obstante, analisar os esforços em relação à sustentabilidade, incluindo iniciativas de responsabilidade social corporativa e a redução do impacto ambiental de suas operações.

Cabe também analisar os anos posteriores a esse estudo, como já verificar melhorias no ano de 2023 que está findando e verificar quais causas mais se repetem, se os conjuntos com maior índice de DEC e FEC continuam os mesmos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST)**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>. Acesso em: 01 de maio de 2023.

ARANHA NETO, Edison Antonio Cardoso. **Metodologia Probabilística para Estimação de Perdas Técnicas e Comerciais em Alimentadores de Sistemas de Distribuição**. 2006. 202f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BARBOSA, Daniel. **Estimação da frequência em sistemas elétricos de potência através de filtragem adaptativa**. 2007. 213 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

BASSO, Cleofe. **O impacto dos veículos elétricos *plug-in* no sistema elétrico de potência**. Orientador: Mauricio Sperandio. 2011. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2011.

CAMPOS, Leonardo Barreto. **Camada de Transporte**. Disponível em: http://www.univasf.edu.br/~leonardo.campos/Arquivos/Disciplinas/Redes_I_2008_2/Redes_I_Aula_09.pdf, acesso em 05 de junho de 2023.

CASSIOLATO, Amauri de Freitas. **Estudo de viabilidade técnica de um sistema de geração de energia fotovoltaico aplicado a um religador automático de proteção de redes de distribuição de energia em média tensão**. 2018. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Energias Renováveis) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

COSTA, Leonardo Lopes; MELO, Kayck Hernani Pereira; SEVERO, Dheborá Sayonara Moraes. **Regulador de Tensão Monofásico Aplicação em Redes de Distribuição de Energia Elétrica**. Anais do 1º Simpósio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsona. 1018-1044, 2019.

COTOSCK, Kelly Regina. **Proteção de Sistemas Elétricos: uma abordagem técnicopedagógica**. 2017. 109 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/381M.PDF>, acesso em 10 de janeiro de 2023.

ENEL BRASIL. Região Norte do Ceará. Disponível: <https://www.enelenergialivre.com.br/>, acesso em 10 de junho de 2023.

ENG, Gabriel de Vasconcelos. **Análise de Estabilidade Angular Utilizando Métodos de Estimação de Amortecimento no Sistema Elétrico de Potência**. 2019. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.

FLEURY, Maria Tereza Leme; WERLANG, Sergio R. C. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. **Anuário de Pesquisa FGV Pesquisa 2016-2017**. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/apgvpesquisa/article/view/72796>, acesso em 22 de novembro de 2022.

FUCHS, Rubens Dario. **Transmissão de Energia Elétrica**. Linhas Aéreas: Curitiba, 2ª edição, 1997.

LIMA FILHO, Alcides da Silva. **Manutenção em redes de distribuição de energia elétrica**. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado) Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2015.

LIMA, N. A.; NOGUEIRA, F. J. Melhorias nos sistemas de distribuição de energia elétrica. **Cadernos de Estudo em Engenharia Elétrica**, v. 4, n. 1, 2022.

LIMA, Yuri Chaves de. **Modelagem de baterias de chumbo-ácido para sistemas de armazenamento de energia aplicáveis junto ao sistema elétrico de potência**. 2022. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2022.

LOUREIRO, C. V., GORAYEB, A., & BRANNSTROM, C. Implantação de energia eólica e estimativa das perdas ambientais em um setor do litoral oeste do Ceará, Brasil. **Geosaberes: Revista de Estudos Geoeeducacionais**, 6(Extra 1), 24-38, 2015.

MARTINS, Luana L., CAVALCANTE, Patrícia L.; FRANCO, John F.; RIDER, Marcos J.; GARCIA, Ariovaldo V.; MALVEIRA, Marcos R. R.; OZELO, Alexandre; CARVALHO, Paulo F. S.; BATISTA, Geraldo T. **Automação avançada de redes de distribuição de energia elétrica: metodologia para reconfiguração automática**. Artigo. Campinas, São Paulo. 2014. Disponível em: https://www.cpqd.com.br/cadernosdetecnologia/Vol10_N1_jan_jun_2014/pdf/Artigo_01_Cadernos_CPqD_Tecnologia_v10_n1_Luana.pdf. Acesso em 28 de fevereiro de 2023.

MATTEDE, Henrique. **Banco de Capacitores: O que é e para o que serve?** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/banco-de-capacitores-o-que-e-para-que-serve/>. Acesso em 01 de junho de 2023.

NAGAKI, Lincoln. **Priorização dos itens sujeitos à manutenção preventiva em um equipamento do sistema elétrico de potência por meio da Análise Relacional Grey**. 2019. 85 f. Dissertação (Programa de Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho, São Paulo.

NEVES, Ricardo de Oliveira. **Qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica no município de Rio Branco/AC**. Universidade Federal do Acre (Monografia), 2021.

PAIVA, Sâmara Cavalcante; DAMASCENO, Yuri Iohanssen Ribeiro; RIBEIRO, Ricardo Lúcio de Araújo; COSTA, Flávio Bezerra; ROCHA, Thiago Alves de Oliveira. Ilhamento em um sistema elétrico de potência com geração distribuída. **Sociedade Brasileira de Automática**, v. 1, n. 1, p.101-143, 2019.

RIBEIRO, Amarolina. "**Distribuição de energia elétrica no Brasil**"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-energia-eletrica-no-brasil.htm>. Acesso em 01 de junho de 2023.

ROMAGNOLE. **Tendências para o futuro de smart grids esta mudando a forma de consumir e distribuir energia elétrica.** Disponível em:

<http://www.romagnole.com.br/noticias/tendencias-para-o-futuro-das-smart-grids-no-brasil-como-a-implementacao-de-smart-grids-esta-mudando-a-forma-de-consumir-e-distribuir-energia-eletrica/>, acesso em 05 de junho de 2023.

RODRIGUES, Vinícius de Paula. **Avaliação da Utilização de Supressores de Surto Instalados Junto às Cargas Consumidoras Frente a Sobretensões Atmosféricas.**

Universidade Federal de Minas Gerais (Monografia), 2012.

SANTOS, Glauber Cavalcante; ARRUDA, A. **A relação custos e qualidade dos serviços prestados pelas distribuidoras de energia elétrica no Brasil.** Anais Do Congresso Brasileiro De Custos - ABC. Disponível em:

<https://anaiscbc.abcustos.org.br/anais/article/view/4951>, acesso em 19 de junho de 2023.

SINERGIA-MS. **Rede Elétrica Subterrânea Reduz Queda de Energia.** Disponível em: <http://sinergia-ms.com.br/noticia/rede-eletrica-subterranea-reduz-queda-de-energia/>. Acesso em 01 de junho de 2023.

TORRES, Matheus Lima. **A influência da metodologia de regulação nos indicadores DEC e FEC para a qualidade de energia da Energisa Paraíba.** Instituto Federal da Paraíba (Monografia), 2023.