



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS - CAMPUS PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ANDRESA DA SILVA LIMA
LEONARDO LEOPOLDO LUSTOSA DE CARVALHO SANTOS**

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE NO MUNICÍPIO DE
BERNARDO SAYÃO – TO APÓS A INSTALAÇÃO DE UMA LINHA DE
SUBTRANSMISSÃO DE 138kV**

**Palmas - TO
2022**



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS - *CAMPUS* PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ANDRESA DA SILVA LIMA
LEONARDO LEOPOLDO LUSTOSA DE CARVALHO SANTOS**

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE NO MUNICÍPIO DE
BERNARDO SAYÃO – TO APÓS A INSTALAÇÃO DE UMA LINHA DE
SUBTRANSMISSÃO DE 138kV**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação da Área da Indústria como requisito para
obtenção do título de Bacharel do Curso de Graduação
de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas.

Orientador: Prof. Me. Felipe Tozzi Bittencourt

**Palmas - TO
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

- L732a Lima, Andresa da Silva
 ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE NO
 MUNICÍPIO DE BERNARDO SAYÃO – TO APÓS A INSTALAÇÃO DE
 UMA LINHA DE SUBTRANSMISSÃO DE 138kV / Andresa da Silva
 Lima, Leonardo Leopoldo Lustosa de Carvalho Santos. – Palmas, TO, 2022.
 51 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) –
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
 Palmas, Palmas, TO, 2022.
- Orientador: Me. Felipe Tozzi Bittencourt
1. Indicadores de continuidade. 2. Duração equivalente de interrupção
 por consumidor (DEC). 3. Frequência equivalente de interrupção por
 consumidor (FEC). I. Santos, Leonardo Leopoldo Lustosa de Carvalho. II.
 Bittencourt, Felipe Tozzi III. , . IV. Título.

CDD 621

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lima, Andresa da Silva

Santos, Leonardo Leopoldo Lustosa de Carvalho

Análise dos indicadores de continuidade no município de Bernardo Sayão – TO após a instalação de uma linha de subtransmissão de 138kV. / Andresa da Silva Lima e Leonardo Leopoldo Lustosa de Carvalho Santos - Palmas, 2022.

51f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas, 2022.

Orientador Prof.: Me. Felipe Tozzi Bittencourt.

1. Indicadores. 2. Qualidade do serviço. 3. Qualidade do produto. I. Título

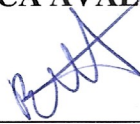
ANDRESA DA SILVA LIMA
LEONARDO LEOPOLDO LUSTOSA DE CARVALHO SANTOS

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE NO MUNICÍPIO DE
BERNARDO SAYÃO – TO APÓS A INSTALAÇÃO DE UMA LINHA DE
SUBTRANSMISSÃO DE 138kV.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Tecnologia em
Sistemas Elétricos do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins –
Campus Palmas, como exigência à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em 13 / 06 / 2022

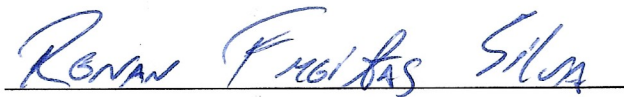
BANCA AVALIADORA



Prof. Me. Felipe Tozzi Bittencourt (Orientador)
IFTO – *Campus Palmas*



Prof. Dr. Fábio Lima de Albuquerque
IFTO – *Campus Palmas*



Eng.º Renan Freitas Silva
Energisa Tocantins

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por nos dar força e coragem para prosseguirmos em mais uma etapa de nossas vidas.

A nossa família, por acreditar no nosso potencial e sempre incentivar para que alcançássemos nossos objetivos.

A todos os professores que participaram da nossa jornada acadêmica, ao longo desses anos, compartilhando conhecimentos e agregando valores ao nosso desenvolvimento.

A todos os nossos amigos pelos momentos de convívio, apoio e incentivo. A todos que, de alguma forma, nos ajudaram a vencer este desafio.

RESUMO

O presente trabalho demonstra a análise da qualidade do serviço e produto para diferentes níveis de tensão baseado nos índices dos indicadores de continuidade. Foram feitas coletas de dados referentes aos indicadores de parte dos consumidores que pertencem ao conjunto de Bernardo Sayão, localizado na região norte do estado do Tocantins, que teve a mudança da fonte de alimentação do conjunto, anteriormente atendida por uma linha de distribuição de 34,5kV e atualmente atendida por uma linha de distribuição e uma linha de subtransmissão de 138kV.

Dentre os itens verificados estão o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade), que são os principais indicadores que mensuram a qualidade do serviço prestado pelas distribuidoras de energia elétrica no Brasil. Dentre os anos de 2018 a 2021 o DEC e o FEC apresentaram uma redução de 94,12% e 91,42% respectivamente. Constatou-se também, uma redução significativa das ocorrências, totalizando um percentual de 68,8% dos casos de interrupções de energia elétrica nos consumidores localizados na zona urbana e rural do município de Bernardo Sayão.

Palavras-chave: Indicadores de continuidade; DEC; FEC; Subtransmissão; Qualidade do produto; Qualidade do serviço.

ABSTRACT

This paper presents the analysis of service and product quality for different voltage levels based on continuity indicators. Data were collected from part of the consumers in the Bernardo Sayão complex, located in the northern region of the state of Tocantins, which had an alteration in the power supply source. Previously, the source of electric energy for the complex was a 34,5 kV distribution line, recently changed for a 138 kV sub-transmission one.

Among the items checked are the SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and the SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), which are the main indicators that measure the quality of service provided by electricity distributors in Brazil. Between the years 2018 to 2021, SAIDI and SAIFI reduced 94.12% and 91.42% respectively. There was also a significant reduction in occurrences, totaling a percentage of 68.8% of cases of electricity interruptions in consumers located in urban and rural areas of the municipality of Bernardo Sayão.

Keywords: Continuity indicators; DEC; FEC; Subtransmission; Product quality; Service quality.

.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	OBJETIVO GERAL.....	3
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.3	PROBLEMÁTICA.....	4
1.4	JUSTIFICATIVA.....	4
1.5	MÉTODOS DA PESQUISA.....	5
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1	SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA (SEP)	6
2.1.1	Geração de Energia	7
2.1.1.1	Sistema interligado nacional – SIN.....	7
2.1.1.2	Operador Nacional do Sistema elétrico (ONS).....	8
2.1.2	Linha de Transmissão (LT)	9
2.1.3	Linha de Subtransmissão (LST)	9
2.1.4	Linha de Distribuição (LD).....	10
2.1.5	Classes de Tensão.....	11
2.1.6	Subestações	11
2.1.6.1	Subestação de Transmissão.....	12
2.1.6.2	Subestação de Distribuição	12
2.1.6.3	Principais Equipamentos	13
2.1.6.4	Características do SEP.....	15
2.1.6.5	Representação do Sistema Elétrico	15
2.2	QUALIDADE DE ENERGIA.....	17
2.2.1	Conceito	17
2.2.2	Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)	18
2.2.3	Prodist.....	19
2.2.3.1	Qualidade do Produto	21
2.2.3.2	Qualidade do Serviço	21
2.2.3.2.1	Conjunto de Unidades Consumidoras	23
2.2.3.2.2	Indicadores de Continuidade do Serviço de Distribuição de Energia Elétrica	23
2.2.3.2.3	Indicadores de Continuidade Individuais	25
2.2.3.2.4	Indicadores de Continuidade de Conjunto de Unidade Consumidoras.....	26
2.2.3.2.5	Compensações.....	28
2.2.4	Apuração dos Indicadores de Qualidade de Energia	30

3	CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA DO ESTADO DO TOCANTINS	31
3.1	CARACTERÍSTICAS DO SEP DO TOCANTINS	31
3.2	HISTÓRICO DE INTERRUPÇÕES.....	31
3.3	INDICADORES DE CONTINUIDADE DA ENERGISA TOCANTINS	31
4	INDICADORES DE CONTINUIDADE DE BERNARDO SAYÃO	37
4.1	CARACTERÍSTICAS DO ALIMENTADOR, ANOS 2018 E 2019	37
4.2	CARACTERÍSTICAS DO ALIMENTADOR, ANOS 2020 E 2021	39
5	HISTÓRICO DE INTERRUPÇÕES DE BERNARDO SAYÃO	44
5.1	INTERRUPÇÕES NO ALIMENTADOR NOS ANOS DE 2018 A 2019	44
5.2	INTERRUPÇÕES NO ALIMENTADOR NOS ANOS DE 2020 A 2021	45
6	CONCLUSÃO	48
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema Elétrico de Potência	6
Figura 2 - Diagrama Unifilar Simplificado SEP	15
Figura 3 - Saída de um circuito de uma subestação de subtransmissão.....	16
Figura 4 - Diagrama unifilar (equivalente por fase) de um SEP	16
Figura 5 - DEC e FEC de 2018 da Energisa Tocantins.....	32
Figura 6 - DEC e FEC de 2019 da Energisa Tocantins.....	32
Figura 7 - DEC e FEC de 2020 da Energisa Tocantins.....	33
Figura 8 - DEC e FEC de 2021 da Energisa Tocantins.....	34
Figura 9 - DEC da Energisa Tocantins.....	35
Figura 10 - FEC da Energisa Tocantins	35
Figura 11 - Mapa eletrogeográfico	36
Figura 12 - DEC e FEC Bernardo Sayão 2018.....	38
Figura 13 - DEC e FEC Bernardo Sayão 2019.....	38
Figura 14 - Malha do Sistema em 2018 e 2019.....	39
Figura 15 - DEC e FEC Bernardo Sayão 2020.....	40
Figura 16 - DEC e FEC Bernardo Sayão 2021.....	41
Figura 17 - Histórico de DEC de Bernardo Sayão	42
Figura 18 - Histórico de FEC de Bernardo Sayão	42
Figura 19 - Malha do Sistema em 2020 e 2021	43
Figura 20 - Quantitativo do histórico de ocorrências.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Interrupções em 2018	44
Tabela 2 - Interrupções em 2019	44
Tabela 3 - Interrupções em 2020	45
Tabela 4 - Interrupções em 2021	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Lista de Fatos Geradores	24
Quadro 2 - Interrupções de energia elétrica	46

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade da energia elétrica representa um incremento na qualidade de vida da sociedade. Num primeiro momento em que se implanta um sistema de distribuição de energia elétrica, a população local imediatamente passa a constar com inúmeros benefícios, tanto do ponto de vista de maior conforto doméstico, como de melhores possibilidades de emprego e produção (MEHL, 2012).

À medida que os benefícios da energia elétrica passam a fazer parte do dia a dia das pessoas, conseqüentemente inicia-se um processo de discussão quanto à qualidade daquele produto. Primeiramente preocupa-se com a continuidade do serviço, à medida que qualquer interrupção do fornecimento implicará em transtornos de toda ordem (MEHL, 2012).

A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) é a responsável pela regulamentação e fiscalização das distribuidoras de energia elétrica, visando a qualidade no fornecimento deste serviço. Os principais indicadores de continuidade são o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) aos quais possuem valores padronizados para determinados conjuntos de unidades consumidoras e a violação desses indicadores implicam em multas para as distribuidoras. No PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional) em seu módulo 8 contempla todo o processo no que se refere a qualidade de energia elétrica.

Sendo assim, a dissertação contempla a análise do estudo de caso dos indicadores de continuidade na cidade de Bernardo Sayão - TO, nos anos de 2018 e 2019, em que era atendida por uma LD de 34,5kV, e os anos de 2020 e 2021 que passou a ser atendida por uma LST de 138kV. Dessa forma, será analisado os impactos que tal mudança proporcionou na qualidade no fornecimento de energia elétrica na região.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a influência da classe de tensão de alimentação da subestação de Bernardo Sayão - TO sobre os indicadores de continuidade de fornecimento de energia elétrica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Demonstrar a qualidade de Energia Elétrica;
- Compreender os indicadores de continuidade;
- Consolidar os dados de continuidade antes x depois da alteração do nível de tensão da rede elétrica que alimenta o município de Bernardo Sayão entre os anos de 2018 e 2021;
- Avaliar os principais distúrbios que causam interrupção do fornecimento de energia em Bernardo Sayão - TO.

1.3 PROBLEMÁTICA

Redes de fornecimento de energia elétrica são constantemente afetadas por agentes externos e internos a implicar em interrupções no fornecimento e nos indicadores de continuidade como o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora).

1.4 JUSTIFICATIVA

O avanço da tecnologia proporcionou aos diversos consumidores o acesso a vários equipamentos elétricos-eletrônicos e alguns desses são sensíveis quanto a variação/oscilações da rede elétrica. Visto isso, é natural que os consumidores desejem um fornecimento de energia dentro do mais alto padrão de qualidade, de forma que possa suprir as necessidades.

O presente estudo visa apresentar a influência que a mudança do nível de tensão na subtransmissão de energia elétrica pode ocasionar nos indicadores de continuidade de determinada região, proporcionando a análise da qualidade no fornecimento de energia elétrica.

1.5 MÉTODOS DA PESQUISA

A metodologia a ser adotada consistirá em uma pesquisa documental e bibliográfica, sobre a implementação de uma rede de subtransmissão de 138kV com instalação de uma subestação abaixadora, em substituição de uma rede de distribuição de 34,5kV que atende o município de Bernardo Sayão, com ênfase em analisar os indicadores de continuidade e qualidade do fornecimento de energia.

Pesquisas sobre o tema serão realizadas, utilizando como base livros, artigos, monografias de bacharelados, pós-graduação, mestrados, doutorados, entre outros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

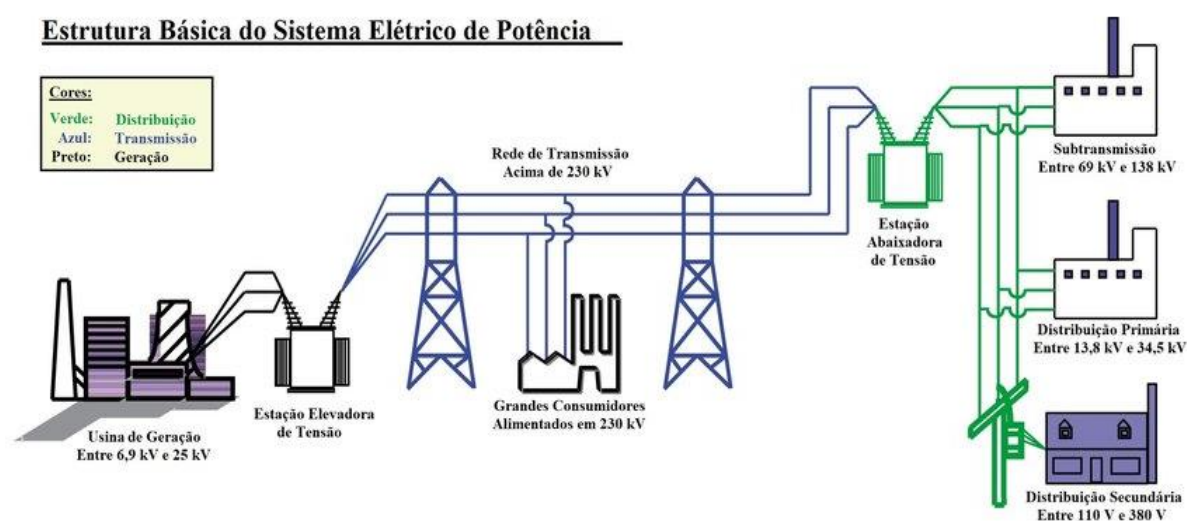
2.1 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA (SEP)

As redes de energia elétrica presentes no Brasil são constituídas por um sistema com vários elementos que visa a levar energia desde onde foi gerada até o local onde será consumida. Essas redes integram unidades geradoras, subestações, linhas de transmissão, canais de distribuição e consumidores finais de eletricidade (ABRADEE, 2018).

As dimensões continentais do Brasil e a distância das unidades geradoras de energia (em sua maioria hidrelétricas) dos centros consumidores são fatores que elevam a importância das redes de transmissão e distribuição. Logo que os maiores consumidores de energia elétrica são os grandes centros urbanos e as regiões industriais (ABRADEE, 2018).

Dessa forma o objetivo do SEP é gerar, transmitir e distribuir energia elétrica atendendo a determinados padrões de confiabilidade, disponibilidade, qualidade, segurança e custos, alinhado com o mínimo impacto ambiental e o máximo de segurança pessoal (LEÃO, 2009), como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Sistema Elétrico de Potência



Fonte: (Leão, 2009)

2.1.1 Geração de Energia

No processo de geração de energia tem-se uma tensão alternada em uma frequência fixa e amplitude variável conforme a necessidade de atendimento (LEÃO, 2009). Várias fontes através de processos de transformação podem fornecer energia elétrica, entre elas pode-se citar as hidrelétricas, termelétricas, solar, nucleares e eólicas. Pode-se qualificar as fontes geradoras em dois grandes grupos, fontes renováveis: rios, mares, vento, biomassa, solar e etc., e não renováveis: derivados de petróleo e similares. No Brasil devido ao nosso grande potencial hídrico, a maior parte da energia gerada é de fonte renovável que é a hidráulica.

2.1.1.1 Sistema interligado nacional – SIN

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte (ONS, 2018).

A interconexão dos sistemas elétricos, por meio da malha de transmissão, propicia a transferência de energia entre subsistemas, permite a obtenção de ganhos sinérgicos e explora a diversidade entre os regimes hidrológicos das bacias. A integração dos recursos de geração e transmissão permite o atendimento ao mercado com segurança e economicidade (ONS, 2018).

A capacidade instalada de geração do SIN é composta, principalmente, por usinas hidrelétricas distribuídas em dezesseis bacias hidrográficas nas diferentes regiões do país. Nos últimos anos, a instalação de usinas eólicas, principalmente nas regiões Nordeste e Sul, apresentou um forte crescimento, aumentando a importância dessa geração para o atendimento do mercado. As usinas térmicas emergenciais (combustíveis fósseis) em geral localizadas nas proximidades dos principais centros de carga, desempenham papel estratégico relevante, pois contribuem para a segurança do SIN. Essas usinas são despachadas em função das condições hidrológicas vigentes, permitindo a gestão dos estoques de água armazenada nos reservatórios das usinas hidrelétricas, para assegurar o atendimento futuro. Os sistemas de transmissão

integram as diferentes fontes de produção de energia e possibilitam o suprimento do mercado consumidor (ONS, 2018).

2.1.1.2 Operador Nacional do Sistema elétrico (ONS)

O Operador Nacional do Sistema Elétrico é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Instituído como uma pessoa jurídica de direito privado, sob a forma de associação civil sem fins lucrativos, o ONS foi criado em 26 de agosto de 1998, pela Lei nº 9.648, com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.848/2004 e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/2004 (ONS, 2018).

Para o exercício de suas atribuições legais e o cumprimento de sua missão institucional, o ONS desenvolve uma série de estudos e ações exercidas sobre o sistema e seus agentes proprietários para gerenciar as diferentes fontes de energia e a rede de transmissão, de forma a garantir a segurança do suprimento contínuo em todo o país, com os objetivos de (ONS, 2018):

- (a) promover a otimização da operação do sistema eletroenergético, visando ao menor custo para o sistema, observados os padrões técnicos e os critérios de confiabilidade estabelecidos nos Procedimentos de Rede aprovados pela Aneel;
- (b) garantir que todos os agentes do setor elétrico tenham acesso à rede de transmissão de forma não discriminatória; e
- (c) contribuir, de acordo com a natureza de suas atividades, para que a expansão do SIN se faça ao menor custo e vise às melhores condições operacionais futuras.

2.1.2 Linha de Transmissão (LT)

As linhas de transmissão são basicamente constituídas por cabos condutores metálicos suspensos em torres, metálicas, concreto ou madeira, por meio de isoladores de materiais extremamente isolantes. Como os sistemas de potência são trifásicos, normalmente existem três conjuntos de cabos de cada lado das torres, acompanhados por um cabo no topo que oferece proteção contra descargas atmosféricas, que é o cabo para-raios, ou também chamado de cabo guarda (ABRADEE, 2018).

As LTs se estendem por longas distâncias que conectam usinas geradoras aos grandes centros de consumidores, e aqueles que adquirem energia em alta tensão - os chamados consumidores livres - como fábricas e mineradoras, ou às próprias empresas distribuidoras de energia, as quais irão se encarregar do transporte da energia aos consumidores de menor porte (ABRADEE, 2018).

2.1.3 Linha de Subtransmissão (LST)

Leão (2009) descreve “A rede de subtransmissão recebe energia da rede de transmissão com objetivo de transportar energia elétrica a pequenas cidades ou importantes consumidores industriais. Com nível de tensão entre 35 kV e 160 kV.”

Em geral, o arranjo das redes de subtransmissão é em anel para aumentar a segurança do sistema. A estrutura dessas são em sua maioria em linhas aéreas, por vezes cabos subterrâneos próximos a centros urbanos fazem parte da rede. A permissão para novas linhas aéreas está cada vez mais demorada devido ao grande número de estudos de impacto ambiental e oposição social. Como resultado, é cada vez mais difícil e caro para as redes de subtransmissão alcançar áreas de alta densidade populacional. Os sistemas de proteção são do mesmo tipo daqueles usados para as redes de transmissão e o controle é regional (LEÃO, 2009).

2.1.4 Linha de Distribuição (LD)

O sistema de distribuição de energia é a rede de energia elétrica mais presente ao decorrer da cidade, a qual se confunde com a própria topografia do local, ramificado no percurso de ruas e avenidas para conexão física do sistema de transmissão (ou mesmo unidades de geração de médio e pequeno porte, aos consumidores finais), que são majoritariamente os consumidores residenciais (ABRADEE, 2018).

Assim como ocorre com o sistema de transmissão, a rede de energia elétrica da distribuição é também composta por cabos condutores, transformadores e equipamentos diversos de medição, controle e proteção das redes elétricas. Todavia, de forma bastante distinta do sistema de transmissão, o de distribuição é muito mais extenso e ramificado, pois deve chegar aos domicílios e endereços de todos os seus consumidores (ABRADEE, 2018).

As redes de distribuição de energia elétrica se definem em quatro categorias, são elas:

- *Rede de Distribuição Aérea Convencional:* É o tipo de rede elétrica mais encontrado no Brasil, na qual os condutores são nus (sem isolamento). Exatamente por isso, essas redes são mais susceptíveis à ocorrência de defeitos (curtos-circuitos), principalmente quando há contato de galhos de árvores com os condutores elétricos.
- *Rede de Distribuição Aérea Compacta:* Surgidas no Brasil na década de 1990, as redes compactas são muito mais protegidas que as redes convencionais, não somente porque os condutores têm uma camada de isolamento, mas porque a rede em si ocupa bem menos espaço, resultando em menor número de perturbações.
- *Rede de Distribuição Aérea Isolada:* Esse tipo de rede é bastante protegido, pois os condutores são encapados com isolamento suficiente para serem trançados. Geralmente mais cara, essa rede é utilizada em condições especiais.
- *Rede de Distribuição Subterrânea:* A rede subterrânea é aquela que proporciona o maior nível de confiabilidade e o melhor resultado estético, dado que as redes ficam enterradas. No entanto, as redes subterrâneas são bem mais caras que as demais soluções, sendo comuns apenas em regiões muito densas ou onde há restrições para a instalação das redes aéreas.

2.1.5 Classes de Tensão

A ANEEL através de sua **Nota Técnica nº 0075/2011-SRD/ANEEL de 2011** estabelece as seguintes classes de tensões:

- Transmissão e subtransmissão: 750; 500; 230; 138; 69;
- Distribuição primária em redes públicas: 34,5 e 13,8 kV;
- Distribuição secundária em redes públicas: 380/220 e 220/127 volts, em redes trifásicas; 440/220 e 254/127 volts, em redes monofásicas.

2.1.6 Subestações

Subestação é um grupo de equipamentos elétricos conectados para desempenhar específicas funções como: fluxo de carga, compensação de reativo, proteção do sistema, variação da amplitude da tensão. É o centro de controle do sistema elétrico (MUZY, 2012).

Pode-se classificar as subestações pelo nível de tensão (MUZY, 2012).

- Baixa tensão: subestações com o nível de tensão de até 1kV;
- Média tensão: subestações com o nível de tensão de 1kV até 34,5kV;
- Alta tensão: subestações com o nível de tensão de 34,5kV até 230kV;
- Extra alta tensão: subestações com o nível de tensão maiores de 230kV.

2.1.6.1 Subestação de Transmissão

As subestações de transmissão são aquelas localizadas nos pontos de conexão com geradores, consumidores e empresas distribuidoras. Nos pontos de conexão com geradores, a função das subestações é elevar o nível de tensão da energia elétrica gerada para centenas de milhares de Volts. Já nos pontos de conexão com consumidores ou distribuidoras, a função das subestações de transmissão é rebaixar os níveis de tensão para dezenas de milhares de Volts (ABRADEE, 2018).

A elevação da tensão reduz a corrente elétrica que circula nas linhas de transmissão, reduzindo assim, consideravelmente, as perdas elétricas inerentes ao transporte da energia. Dentro da subestação de transmissão, o equipamento responsável tanto pela elevação como pela redução da tensão elétrica é chamado de transformador (ABRADEE, 2018).

Além do transformador, a subestação de transmissão conta com equipamentos de seccionamento (chaves) para manobras de manutenção e de situações de contingência, além de disjuntores e equipamentos de medição e proteção do sistema, como medidores de tensão, corrente e para-raios (ABRADEE, 2018).

2.1.6.2 Subestação de Distribuição

As subestações de distribuição são as unidades responsáveis pela recepção da energia elétrica proveniente de redes de subtransmissão em alta tensão e, como também ocorre nas subestações de transmissão, pelo rebaixamento do nível de tensão a valores caracterizados como média tensão (entre 2,3 kV e 44 kV). Os componentes principais de uma subestação de distribuição são: o transformador, chaves, seccionadores, disjuntores e equipamentos de mediação e proteção contra raios ou curtos-circuitos (ABRADEE, 2018). As subestações de distribuição, ao contrário das de transmissão, estão localizadas nos próprios centros urbanos, já que são elas que distribuem a energia para as redes de distribuição. Uma preocupação constante das empresas concessionárias é

o espaço necessário para a implantação de novas subestações de distribuição. Atualmente, existem soluções tecnológicas para compactar a estrutura elétrica dessas estações de forma a reduzir espaço, e assim os custos de terreno para sua instalação (ABRADEE, 2018).

2.1.6.3 Principais Equipamentos

- TRANSFORMADOR DE CORRENTE (TC)

É um equipamento elétrico que fornece uma parcela do valor nominal da corrente a determinados equipamentos, permitindo assim uma medição e proteção confiável sem que esses equipamentos estejam expostos a elevados níveis de corrente. Basicamente é constituído de um enrolamento primário e secundário no qual o primário geralmente possui poucas espiras e um secundário que por padrão normalmente fornece 5 amperes (MAMEDE, 2013).

- TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP)

É um equipamento elétrico que fornece uma parcela do valor nominal da tensão a determinados equipamentos, permitindo assim uma medição e proteção confiável sem que esses equipamentos estejam expostos a elevados níveis de tensão. Basicamente é constituído de um enrolamento primário e secundário no qual o primário geralmente possui muitas espiras e um secundário que por padrão normalmente fornece 115V ou $115/\sqrt{3}$ V (MAMEDE, 2013).

- CHAVES SECCIONADORAS

São equipamentos elétricos utilizados para manobras no sistema elétrico. Como em sua construção não existe nenhum mecanismo de extinção do arco elétrico é sempre aconselhável que seja manobrada somente com corrente de intensidades desprezíveis ou zero e é capaz de conduzir corrente em regime permanente e temporário (NBR 6935, 1985).

- DISJUNTORES

São dispositivos eletromecânicos destinados a interrupção e ao reestabelecimento das correntes elétricas. Sua principal função é impedir a propagação do defeito, o mais rápido possível a fim de evitar danos a outros equipamentos. As principais câmaras de extinção do arco elétrico nos disjuntores são à vácuo, SF₆ e óleo isolante (MAMEDE, 2013).

- RELIGADORES

É um equipamento de proteção que realiza ciclos de abertura e fechamento de uma rede com um provável defeito, possibilitando assim uma seletividade e isolamento do trecho com problema. Essa particularidade faz com que ele seja um equipamento bastante usado pelas concessionárias (MAMEDE, 2013).

- PARA-RAIOS

Para-raios são equipamentos de proteção do sistema. Eles limitam as sobretensões a um valor máximo. Se este valor for ultrapassado em uma descarga atmosférica ele atua e descarrega para terra. Eles podem ser de carboneto de silício e óxido de zinco (FRANÇA, 2012).

- TRANSFORMADOR

Transformadores são máquinas elétricas estáticas que permite variar os valores das tensões com uma frequência constante. Essa variação para elevação do valor da tensão tem por maior objetivo a diminuição das perdas durante a distribuição. Os tipos mais comuns são os de vários enrolamentos e os autotransformadores (MAMEDE, 2013).

2.1.6.4 Características do SEP

- Normalmente são trifásicos;
- Apresentam um grande número de componentes;
- Possuem transformadores que particionam o sistema em seções de diferentes níveis de tensão.

2.1.6.5 Representação do Sistema Elétrico

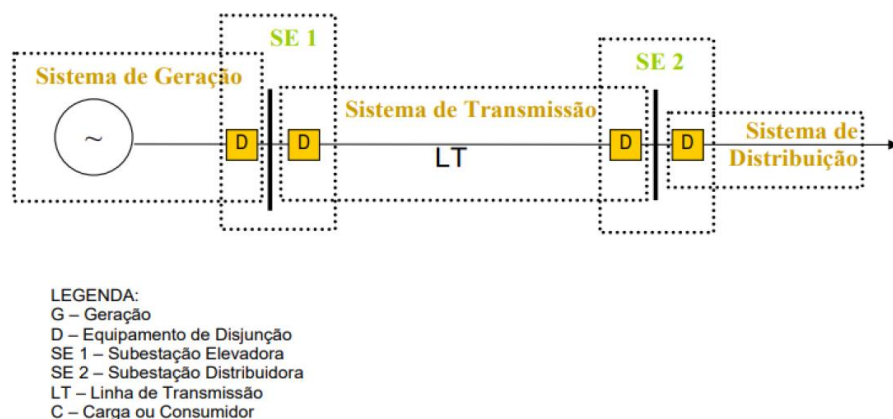
Os sistemas elétricos podem ser representados graficamente através de:

- Diagramas Unifilares;
- Diagramas Multifilares;
- Diagrama Equivalente por Fase;

a) Diagrama Unifilar, como mostra a Figura 2.

- Representa os principais componentes por símbolos e suas interconexões com a máxima simplificação e omissão do condutor neutro;
- Representa apenas uma fase do sistema;
- Representam sistemas monofásicos ou trifásicos.

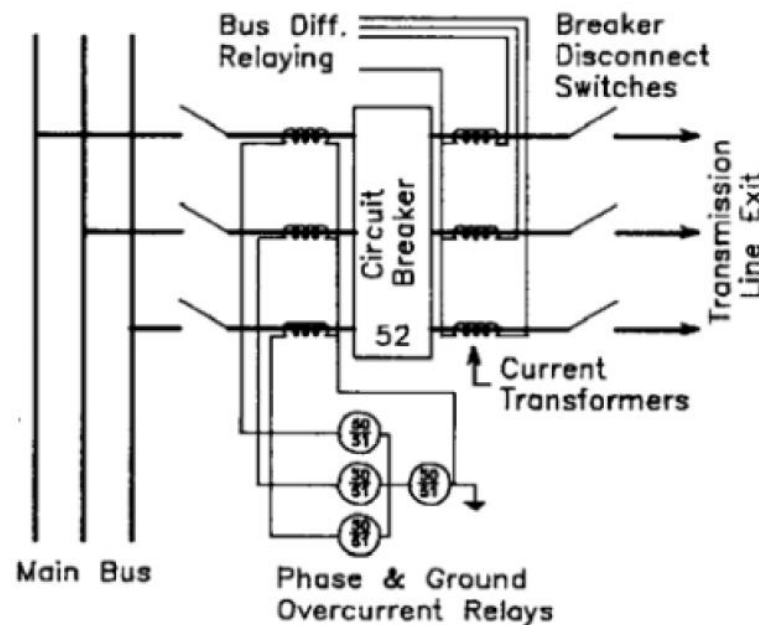
Figura 2 - Diagrama Unifilar Simplificado SEP



Fonte: (Leão, 2009)

- b) Diagrama Multifilar, como mostra a Figura 3.
- Podem ser bifásicos ou trifásicos.

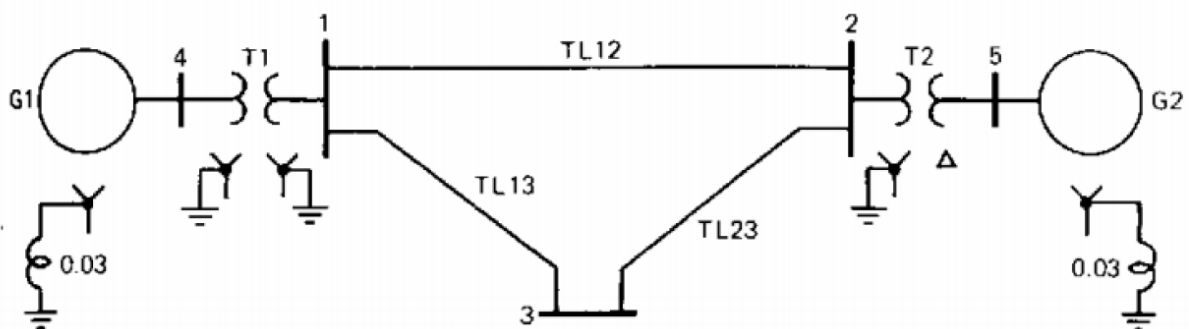
Figura 3 - Saída de um circuito de uma subestação de subtransmissão



Fonte: (Leão, 2009)

- c) Diagrama Equivalente Por Fase, como mostra a Figura 4.
- Simplifica a análise numérica.
 - Elimina o efeito particionador dos transformadores.
 - Usado para mostrar os dados de impedância de geradores, linhas, transformadores, capacitores, cabos, etc.

Figura 4 - Diagrama unifilar (equivalente por fase) de um SEP



Fonte: (Leão, 2009)

2.2 QUALIDADE DE ENERGIA

2.2.1 Conceito

O termo qualidade de energia elétrica (QEE), que virou jargão no setor elétrico nos últimos anos, tem sido usado *lato-sensu* para expressar as mais variadas características da energia elétrica entregue pelas concessionárias aos consumidores (DECKMANN; POMILIO, 2011).

Uma definição abrangente define QEE como sendo uma medida de quão bem a energia elétrica pode ser utilizada pelos consumidores. Essa medida inclui características de continuidade de suprimento e de conformidade, com certos parâmetros considerados desejáveis para a operação segura, tanto do sistema supridor como das cargas elétricas. Entre os parâmetros a considerar têm-se (DECKMANN; POMILIO, 2011):

- Distorções;
- Flutuações de tensão;
- Variações de tensão de curta duração;
- Desequilíbrio de sistemas trifásicos;
- Transitórios rápidos.

A preocupação com a QEE é decorrente em parte da reformulação que o setor elétrico vem experimentando, para viabilizar a implantação de um mercado consumidor, no qual o produto comercializado passa a ser a própria energia elétrica. Parece evidente que o consumidor prefere adquirir a energia que apresenta parâmetros adequados de qualidade ao custo mais baixo possível. Nesse contexto, as operadoras de sistemas elétricos são estimuladas, tanto pelas agências reguladoras (ANEEL) como pelo próprio mercado, a prestar informações sobre as condições de operação ou fornecer detalhes acerca de eventos ocorridos e que afetaram os consumidores. Esse é um dos papéis do monitoramento e da análise da qualidade de energia elétrica (DECKMANN; POMILIO, 2011).

Está-se tornando praxe também incluir cláusulas contratuais sobre as condições de

fornecimento de energia pelos agentes fornecedores (gerador, transmissor, distribuidor) aos agentes compradores (distribuidor, consumidor final). Tais contratos podem prever multas por violação das condições previstas. Isso aumenta a necessidade de se dispor de normas com limites adequados, que possam ser satisfeitas pelo lado do fornecedor, sem onerar os custos e que atendam ao consumidor, sem maiores prejuízos devido a perdas inaceitáveis (DECKMANN; POMILIO, 2011).

2.2.2 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

A ANEEL é autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Foi criada para regular o setor elétrico brasileiro, por meio da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997 (ANEEL, 2018).

A ANEEL iniciou seu funcionamento em dezembro de 1997, tendo como principais atividades:

- Regular a geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;
- Fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;
- Implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- Estabelecer tarifas;
- Dirimir as divergências, na esfera administrativa, entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores, e
- Promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal.

Para apoiar suas atividades existem duas empresas subordinadas a ANEEL, porém que são instituições privadas sem fins lucrativos, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

A CCEE é responsável pelas transações de compra e venda de energia. O ONS tem a

função de supervisionar e controlar os centros de operação de sistemas elétricos existentes nos País.

A regulamentação desenvolvida pela ANEEL estabelece dois grandes ambientes de contratação de energia elétrica, o Ambiente de Contratação Livre (ACL) e o Ambiente de Contratação Regulada (ACR).

O grande marco da ANEEL fora a elaboração dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, que normatiza e padroniza as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica no Brasil.

2.2.3 Prodíst

Os Procedimentos de Distribuição são documentos elaborados pela ANEEL, com a participação dos agentes de distribuição e de outras entidades e associações do setor elétrico nacional, que normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL; PRODIST Módulo 1, 2018).

O compêndio de documentos intitulado Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) estabelece várias regras e requisitos gerais a serem seguidos por todas as distribuidoras de energia elétrica do País.

Os principais objetivos do PRODIST são:

- a) Garantir que os sistemas de distribuição operem com segurança, eficiência, qualidade e confiabilidade;
- b) Propiciar o acesso aos sistemas de distribuição, assegurando tratamento não discriminatório entre agentes;
- c) Disciplinar os procedimentos técnicos para as atividades relacionadas ao planejamento da expansão, à operação dos sistemas de distribuição, à medição e à qualidade da energia elétrica;
- d) Estabelecer requisitos para os intercâmbios de informações entre os agentes setoriais;

- e) Assegurar o fluxo de informações adequadas à ANEEL;
- f) Disciplinar os requisitos técnicos na interface com a Rede Básica, complementando de forma harmônica os Procedimentos de Rede;

Com o PRODIST as distribuidoras de energia elétrica têm a liberdade de estabelecer padrões técnicos, construtivos e de desempenho da sua rede, bem como os padrões de conexão que as unidades consumidoras devem seguir, porém sempre de acordo com regras preestabelecidas pela ANEEL (GEDRA; BARROS; BORELLI, 2014, p. 123).

Dessa forma as concessionárias tiveram uma maior atenção quanto à monitoração dos indicadores de qualidade. Esse monitoramento baseia-se nos registros de ocorrência, cujos são provenientes dos telefonemas ao centro de atendimento ao cliente – CAC, e dos registros operacionais. Com estes registros é possível a contabilização dos indicadores técnicos, e durante esse processo existem falhas que tornam a contabilização não muito precisa, um fator bem comum é o fato do atraso no início dos telefonemas ao CAC, gerando assim um possível erro entre o início realmente da falta e o registro da reclamação do cliente (KAGAN; ROBBA; SCHMIDT, 2009).

E é notório que danos causados por problemas na qualidade da energia geram enorme prejuízos tanto para consumidores residenciais quanto para industriais, com a grande quantidade de equipamentos e processos cada vez mais sensíveis que consequentemente são afetados bem mais facilmente pelos distúrbios na rede, ocasionam assim na maioria das vezes prejuízos aos consumidores. O grande desafio dos órgãos reguladores mundiais é justamente definir indicadores técnicos que possam amenizar os prejuízos por partes dos consumidores (KAGAN; ROBBA; SCHMIDT, 2009).

E para cumprir com seu propósito o PRODIST está estruturado conforme a seguir:

- Módulo 1 - Introdução
- Módulo 2 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição
- Módulo 3 - Acesso ao Sistema de Distribuição
- Módulo 4 - Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição
- Módulo 5 - Sistemas de Medição

- Módulo 6 - Informações Requeridas e Obrigações
- Módulo 7 - Cálculo de Perdas na Distribuição
- Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica
- Módulo 9 - Ressarcimento de Danos Elétricos
- Módulo 10 - Sistema de Informação Geográfica Regulatório
- Módulo 11 - Fatura de Energia Elétrica e Informações Suplementares

2.2.3.1 Qualidade do Produto

Para a qualidade do produto, define-se os indicadores, caracteriza os fenômenos, estabelece os limites ou valores de referência, a metodologia de medição, a gestão das reclamações relativas à conformidade de tensão em regime permanente e às perturbações na forma de onda de tensão e os estudos específicos de qualidade da energia elétrica para fins de acesso aos sistemas de distribuição (ANEEL; PRODIST Módulo 8, 2021).

A qualidade do produto é discorrida na seção 8.1 do módulo oito do PRODIST. Nela define-se os fenômenos que envolvem a qualidade da energia elétrica, os critérios de amostragem, valores de referência e procedimentos em geral. São considerados os seguintes pontos nesta seção seja em regime permanente ou transitório (ANEEL; PRODIST Módulo 8, 2021).

2.2.3.2 Qualidade do Serviço

A qualidade do serviço é basicamente entendida como a continuidade do fornecimento que tem o seu ciclo rompido por interrupções que ocorrem no sistema elétrico e essas interrupções podem ter diversos causadores, mas basicamente podem ser de dois tipos, defeitos ou atividades programadas (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2010).

Nos casos de defeito esta interrupção ocorre pela atuação do dispositivo de proteção que pode ser um religador, fusível, seccionizador ou outro. Esse dispositivo vem a atuar devido

um aumento brusco na corrente a jusante dos equipamentos. Os defeitos que podem vim acontecer na rede de distribuição podem ser classificados em dois tipos: defeitos permanentes que são aqueles de necessitam de manutenção corretiva para reestabelecimento da energia, por exemplo uma cruzeta quebrada; defeitos temporários que são aqueles que no qual a energia reestabelece quase que instantaneamente por meios de religadores. Geralmente são causados por algum arco ou defeito para terra que ocorre na rede, seja ele uma descarga atmosférica ou mesmo uma árvore tocando na rede. Em média 70% das interrupções do fornecimento são causadas por defeitos temporários e outros 30% são defeitos permanentes (KAGAN; ROBBA; SCHMIDT, 2009).

De acordo com o MÓDULO 1 do PRODIST (ano base 2018) a descontinuidade do neutro ou da tensão disponível em qualquer uma das fases de um circuito elétrico que atende a unidade consumidora ou ponto de conexão é considera uma interrupção, com os seguintes níveis de classificação:

- Interrupção de emergência: é a abertura manual do equipamento seccionador sem a comunicação ao centro de operação, com a finalidade de evitar um dano maior, seja para a vida humana ou para o próprio sistema elétrico;
- Interrupção de longa duração: é toda interrupção que tenha duração maior que três minutos;
- Interrupção de urgência: são as interrupções sem as devidas programações, com o intuito de realizar serviços de urgência;
- Interrupção em situação de emergência: interrupção provocada por força maior e deve ser comprovada documentalmente pela concessionária;
- Interrupção momentânea de tensão: toda interrupção com duração menor ou igual a três segundos;
- Interrupção não programada: são interrupções causadas por desligamento não programados;
- Interrupção programada: interrupções com aviso prévio para executar determinado serviço no sistema elétrico;
- Interrupção temporária de tensão: toda interrupção com mais de três segundos e menos de três minutos.

2.2.3.2.1 Conjunto de Unidades Consumidoras

Segundo MÓDULO 1 do PRODIST (ano base 2018), Conjuntos de unidades consumidoras são um agrupamento de unidades consumidoras, aprovado pela ANEEL e pertencente a uma mesma área de concessão ou permissão com características semelhantes. Um conjunto pode abranger mais de um município assim como pode-se ter mais de um conjunto no mesmo município (SILVA, LEBORGNE, ROSSINI, 2014).

2.2.3.2.2 Indicadores de Continuidade do Serviço de Distribuição de Energia Elétrica

Indicador de continuidade: Representação quantificável do desempenho de um sistema elétrico, utilizada para a mensuração da continuidade apurada e análise comparativa com os padrões estabelecidos (PRODIST Módulo 1, 2018).

Através do controle das interrupções, do cálculo e da divulgação dos indicadores de continuidade de serviço, as distribuidoras, os consumidores, as centrais geradoras e a ANEEL podem avaliar a qualidade do serviço que foi prestado e o desempenho do SEP. Os indicadores são avaliados quanto à duração e frequência das interrupções ocorridas.

Os indicadores deverão ser calculados para períodos de apuração mensais, trimestrais e anuais, com exceção do indicador DICRI, que deverá ser apurado por interrupção ocorrida em Dia Crítico (PRODIST Módulo 8, 2021).

Para apuração e análise dos dados, a ANEEL lista os possíveis fatores geradores, como uma forma de padronizar as informações entre as distribuidoras. Esses dados estão listados no Quadro 1:

Quadro 1 - Lista de Fatos Geradores

Origem	Tipo	Causa	Detalhe
Interna	Programada	Alteração	Para melhoria
			Para ampliação
		Manutenção	Corretiva
			Preventiva
	Não programada	Meio ambiente	Poluição
			Corrosão
			Queima ou Incêndio
			Inundação
			Erosão
			Árvore ou Vegetação
			Descarga Atmosférica
			Animais
			Vento
		Terceiros	Vandalismo
			Abaloamento
			Roubo
			Acidente
			Objeto na Rede
			Defeito cliente afetando outros
			Ligação clandestina
			Empresas de serviços públicos ou suas contratadas
			Defeito interno não afetando outras unidades consumidoras
			Interferência de terceiros
		Falha operacional	Erro de operação
			Serviço mal executado
			Acidente
		Próprias do sistema	Subtensão
			Sobretensão
			Sobrecarga
			Desligamento para manutenção emergencial

Fonte: (ANEEL; PRODIST Módulo 8, 2021)

2.2.3.2.3 Indicadores de Continuidade Individuais

- Duração de interrupção individual por unidade consumidora (DIC)

O DIC é o indicador de continuidade que demonstra quanto tempo uma Unidade Consumidora ou Ponto de Conexão ficou sem energia elétrica, num determinado período de tempo. Pode ser calculado pela equação 1 (DA SILVA; LEBORGNE; ROSSINI, 2014).

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \quad (1.0)$$

Onde:

i = índice de interrupções da unidade consumidora no período de apuração, variando de 1 a n ;

$t(i)$ = tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada ou ponto de conexão;

n = número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração.

- Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (FIC)

O FIC é o indicador de continuidade que demonstra o número de vezes que uma Unidade Consumidora ou Ponto de Conexão ficou sem energia elétrica, num determinado período de tempo. (DA SILVA; LEBORGNE; ROSSINI, 2014).

$$FIC = n \quad (2.0)$$

Onde:

n = número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração.

- Duração Máxima de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (DMIC)

O DMIC é o indicador de continuidade que demonstra a duração máxima de tempo que uma Unidade Consumidora ou Ponto de Conexão ficou sem energia elétrica, num determinado período de tempo (equação 3). Ele limita o tempo máximo de interrupção, para impedir que a distribuidora deixe o consumidor um longo tempo sem energia elétrica (DA SILVA; LEBORGNE; ROSSINI, 2014).

$$DMIC = t(i) \max \quad (3.0)$$

Onde:

$t(i)\max$ = valor correspondente ao tempo da máxima duração de interrupção contínua (i), no período de apuração, verificada na unidade consumidora considerada, expresso em horas e centésimos de horas.

- Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ocorrido em dia crítico (DICRI)

É o indicador que verifica em um determinado intervalo, o tempo de interrupção contínua, de uma unidade ou ponto de conexão em um dia em que a quantidade de ocorrências de um determinado conjunto supera a média acrescida de três desvios padrões esses desvios serão relativos aos 24 meses anteriores. Pode ser calculado pela equação 4 (ANEEL; PRODIST Módulo 8, 2021).

$$DICRI = t_{critico} \quad (4.0)$$

Onde:

$t_{critico}$ = Duração da interrupção ocorrida em Dia Crítico.

2.2.3.2.4 Indicadores de Continuidade de Conjunto de Unidade Consumidoras

- Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor (DEC)

Representa a duração de interrupção de um agrupamento de consumidores, previamente estabelecido pela concessionária/permissionária e aprovado pela ANEEL. Estes conjuntos podem ser municípios ou bairros dependendo da quantidade e importância dos consumidores envolvidos. O indicador é expresso em horas e centésimos de hora e calculado pela equação a seguir (COELHO, 2012).

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_C} DIC(i)}{C_C} \quad (5.0)$$

Onde:

i = índice de unidades consumidoras atendidas em BT ou MT faturadas do conjunto;

C_c = número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em BT ou MT;

DIC(i) = Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora, excluindo-se as centrais geradoras.

- Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor (FEC)

É a frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora de um determinado conjunto, verificado durante um período definido e calculado pela equação a seguir (KAGAN; ROBBA; SCHMIDT, 2009, p.16).

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_C} FIC(i)}{C_C} \quad (6.0)$$

Onde:

i = índice de unidades consumidoras atendidas em BT ou MT faturadas do conjunto;

C_c = número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em BT ou MT;

FIC(i) = Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora, excluindo-se as centrais geradoras.

2.2.3.2.5 Compensações

No caso de violação dos limites dos indicadores DIC, FIC e DMIC em relação ao período de apuração (mensal, trimestral ou anual), a distribuidora deverá calcular a compensação ao consumidor ou central a geradora acessante do sistema de distribuição, e efetuar o crédito na fatura, apresentada em até dois meses após o período de apuração do indicador (ANEEL; PRODIST Módulo 8, 2021).

No caso de violação do limite do DICRI, a distribuidora deverá calcular a compensação ao consumidor ou central geradora acessante do sistema de distribuição, inclusive àqueles conectados em Demais Instalações de Transmissão (DIT), e efetuar o crédito na fatura, apresentada em até dois meses após o mês de ocorrência da interrupção registrada (ANEEL; PRODIST Módulo 8, 2021).

No cálculo do valor da compensação serão utilizadas as equações 7 a 10.

Para o DIC:

$$Valor = \left(\frac{DICv}{DICp} - 1 \right) DICp * \frac{EUSDmédio}{730} * kei \quad (7.0)$$

Para o DMIC:

$$Valor = \left(\frac{DMICv}{DMICp} - 1 \right) DMICp * \frac{EUSDmédio}{730} * kei \quad (8.0)$$

Para o FIC:

$$Valor = \left(\frac{FICv}{FICp} - 1 \right) DICp * \frac{EUSDmédio}{730} * kei \quad (9.0)$$

Para o DICRI:

$$Valor = \left(\frac{DICRIv}{DICRIp} - 1 \right) DICRIp * \frac{EUSDmédio}{730} * kei \quad (10.0)$$

Sendo:

DICv = duração de interrupção por unidade consumidora ou por ponto de conexão,

conforme cada caso, verificada no período considerado, expressa em horas e centésimos de hora;

DICp = limite de continuidade estabelecido no período considerado para o indicador de duração de interrupção por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expresso em horas e centésimos de hora;

DMICv = duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, conforme cada caso, verificada no período considerado, expressa em horas e centésimos de hora;

DMICp = limite de continuidade estabelecido no período considerado para o indicador de duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expresso em horas e centésimos de hora;

FICv = frequência de interrupção por unidade consumidora ou por ponto de conexão, conforme cada caso, verificada no período considerado, expressa em número de interrupções;

FICp = limite de continuidade estabelecido no período considerado para o indicador de frequência de interrupção por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expresso em número de interrupções e centésimo do número de interrupções;

DICRIv = duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;

DICRIp = limite de continuidade estabelecido para o indicador de duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão, expresso em horas e centésimos de hora;

EUSDmédio = média aritmética dos encargos de uso do sistema de distribuição correspondentes aos meses do período de apuração do indicador;

730 = número médio de horas no mês;

kei = coeficiente de majoração cujo valor deve ser fixado em:

- i. 15 (quinze), para unidade consumidora ou ponto de conexão atendidos em Baixa Tensão;
- ii. 20 (vinte), para unidade consumidora ou ponto de conexão atendidos em Média Tensão;
- iii. 27 (vinte e sete), para unidade consumidora ou ponto de conexão atendidos em Alta Tensão.

2.2.4 Apuração dos Indicadores de Qualidade de Energia

Os indicadores são apurados pelas distribuidoras e enviados periodicamente para a ANEEL para verificação da continuidade do serviço prestado, representando, respectivamente, o tempo e o número de vezes que uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica para o período considerado (mês, trimestre ou ano), o que permite que a Agência avalie a continuidade da energia oferecida à população (ANEEL, 2021).

É com a análise dos dados de QEE, após um período previamente definido no contrato de concessão, que se planeja um processo de Revisão Tarifária, mantendo assim o equilíbrio econômico financeiro da concessão (REIS; DA SILVA; BARBOSA, 2015).

3 CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA DO ESTADO DO TOCANTINS

3.1 CARACTERÍSTICAS DO SEP DO TOCANTINS

O sistema elétrico do Tocantins é operado pela Energisa Tocantins, que possui o direito de concessão desde o ano de 2014. Atualmente o número de consumidores equivale a 614.834 mil, distribuídos nos 139 municípios existentes no estado. O SEP é composto por longas redes elétricas, com tensões que variam entre 13,8kV e 230kV, 109 subestações, que são responsáveis por levar energia elétrica a todos os consumidores.

3.2 HISTÓRICO DE INTERRUPÇÕES

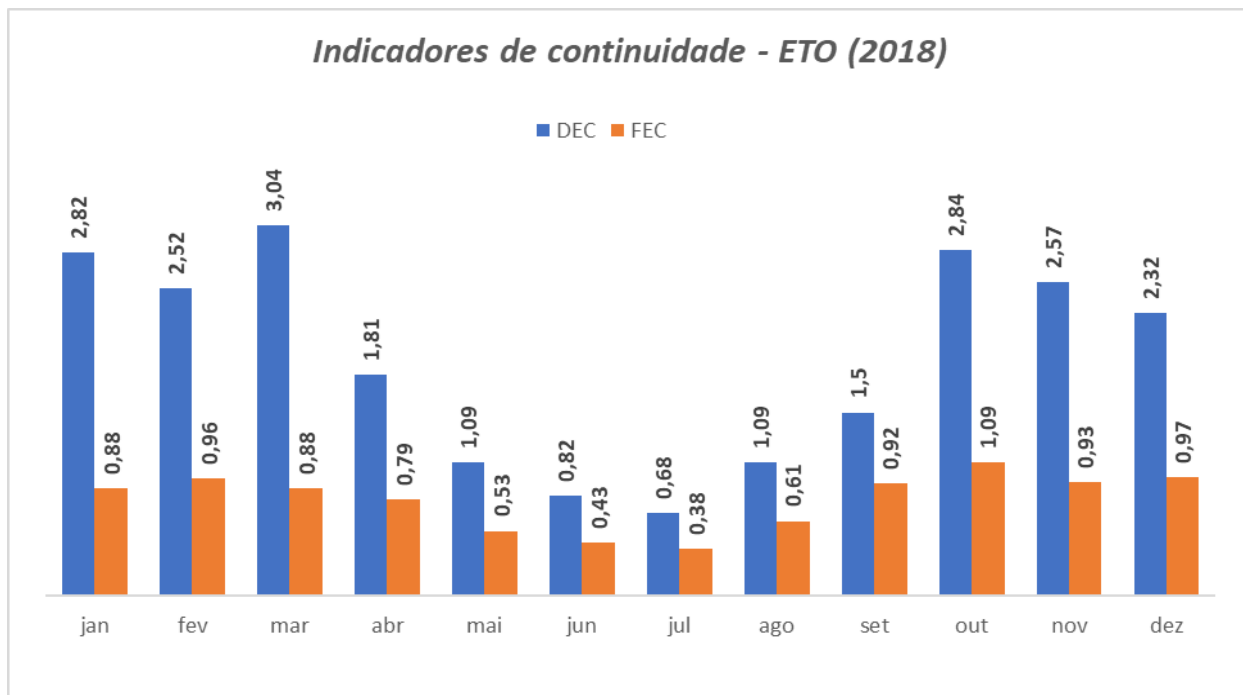
O histórico de interrupções das ocorrências foi dividido em período anualizado, com alimentação em 34,5kV (de 2018 a 2020) e em alimentação em 138kV (de 2020 a 2021). As ocorrências abrangem

3.3 INDICADORES DE CONTINUIDADE DA ENERGISA TOCANTINS

Esses indicadores são responsáveis por mensurar a qualidade do serviço e produto do fornecimento de energia elétrica a população. A Aneel estabelece metas a fim de manter a qualidade da prestação do serviço por parte das concessionárias, editando os limites para tais indicadores coletivos de continuidade. Esses dados são exigidos pela Aneel e através deles é possível que o órgão regulamentador faça fiscalizações acompanhe o desempenho das concessionárias.

No gráfico mostrado na Figura 5, pode-se observar o histórico de apuração dos indicadores de continuidade no período ano base 2018 para a concessão do estado do Tocantins.

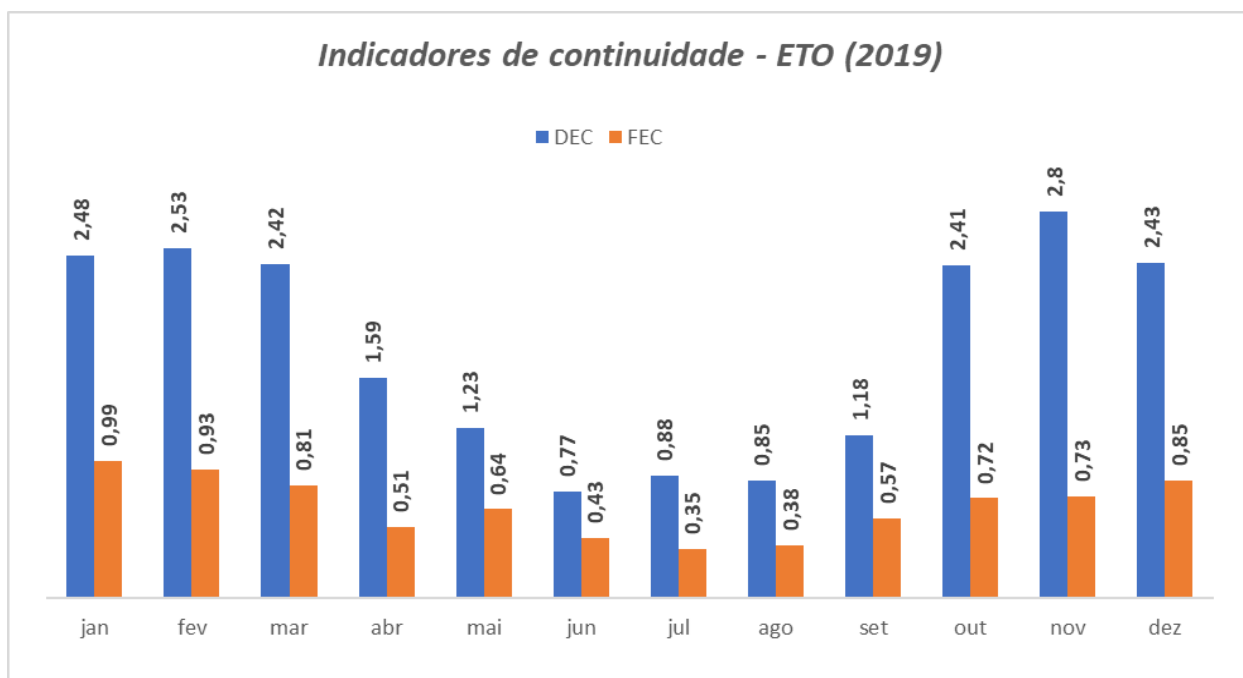
Figura 5 - DEC e FEC de 2018 da Energisa Tocantins



Fonte: (Elaborado pelo autor)

No gráfico mostrado na Figura 6, pode-se observar o histórico de apuração dos indicadores de continuidade no período ano base 2019 para a concessão do estado do Tocantins.

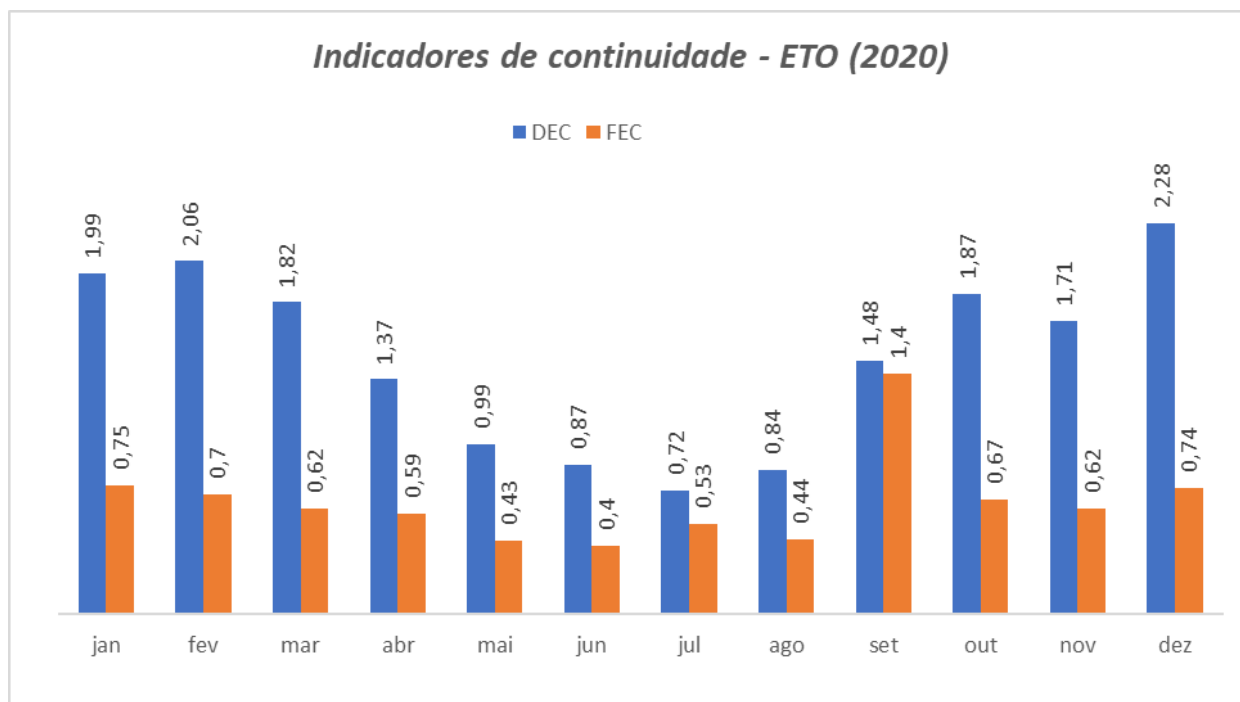
Figura 6 - DEC e FEC de 2019 da Energisa Tocantins



Fonte: (Fonte: (Elaborado pelo autor)

No gráfico mostrado na Figura 7, pode-se observar o histórico de apuração dos indicadores de continuidade no período ano base 2020 para a concessão do estado do Tocantins.

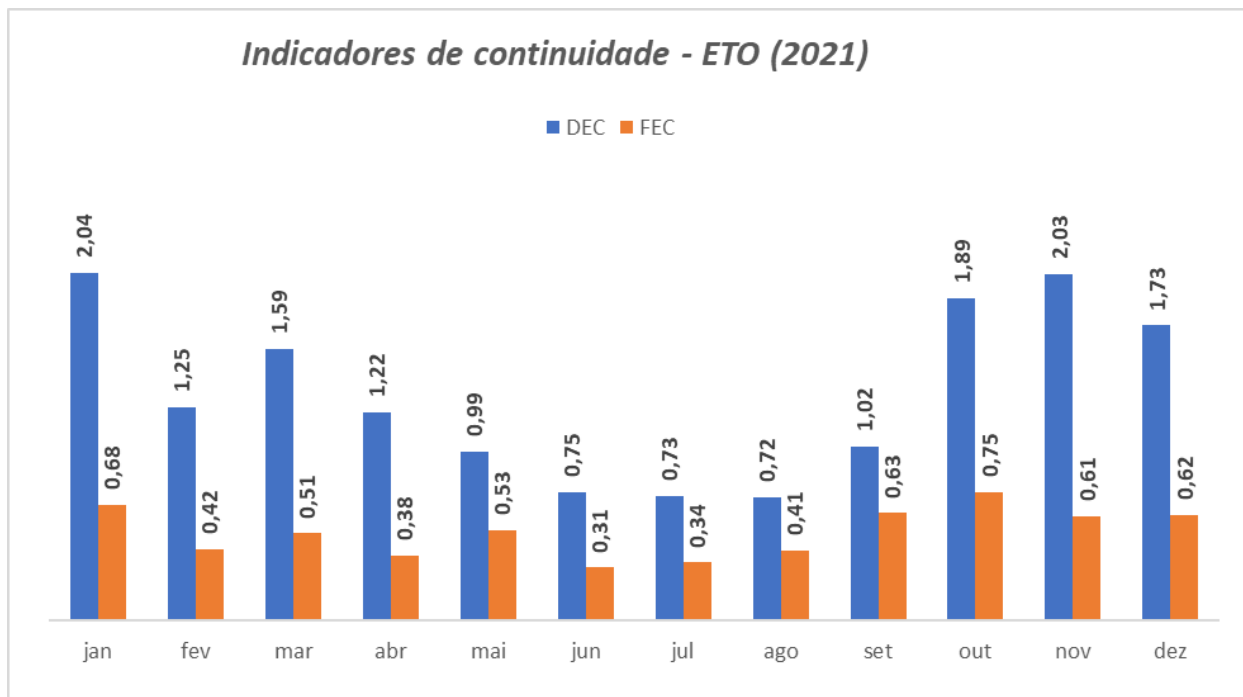
Figura 7 - DEC e FEC de 2020 da Energisa Tocantins



Fonte: (Elaborado pelo autor)

No gráfico mostrado na Figura 8, pode-se observar o histórico de apuração dos indicadores de continuidade no período ano base 2021 para a concessão do estado do Tocantins.

Figura 8 - DEC e FEC de 2021 da Energisa Tocantins



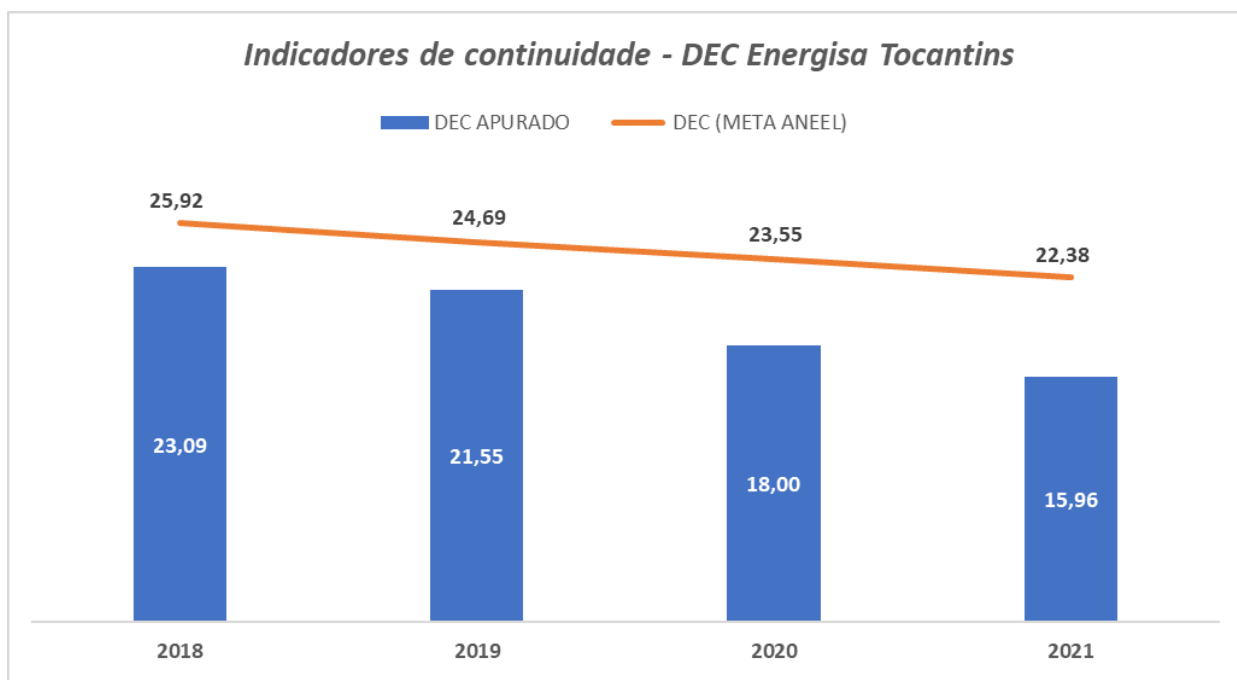
Fonte: (Elaborado pelo autor)

Observa-se nos gráficos, para o período apurado de 2018 a 2021, tem-se esses resultados mensais nos índices de DEC e FEC, para os consumidores de energia elétrica do estado do Tocantins.

De acordo com os dados da ANEEL, no ano de 2018 cada cliente da ETO ficou o equivalente de 23,09 horas sem energia. E nesse mesmo período foram registradas 9,37 interrupções por cada unidade consumidora por ela atendida. Esses indicadores correspondem ao índice global, onde os valores apurados são distribuídos para cada um dos 582.067 consumidores contabilizados no ano de 2018. Em 2019, foram 21,55 horas sem energia, 7,9 interrupções por unidade consumidora, em um total de 594.284 consumidores. Em 2020, foram 18 horas sem energia, 7,9 interrupções por unidade consumidora, em um total de 601.243 consumidores. Por fim, no ano de 2021, foram 15,96 horas sem energia, 6,18 interrupções por unidade consumidora, em um total de 614.834 consumidores.

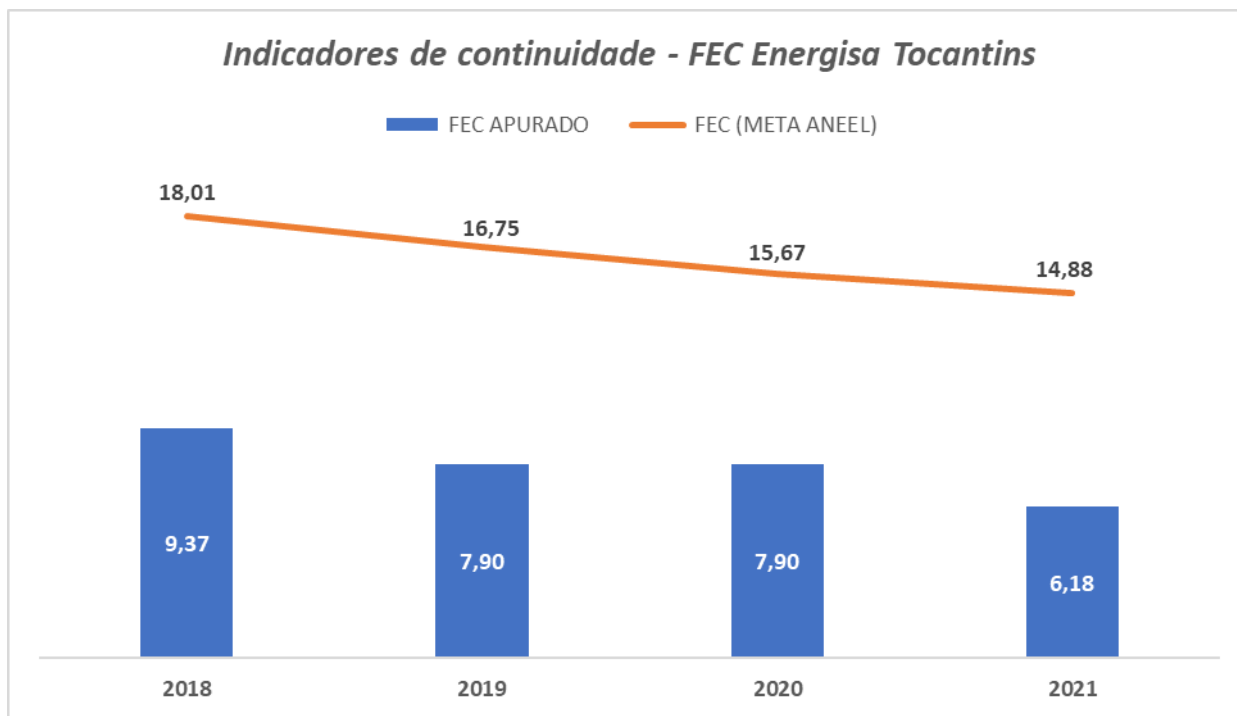
Nas Figuras 9 e 10, é possível ver o comparativo dos índices de continuidade DEC e FEC realizados na Energisa Tocantins versus a meta estabelecida pela Aneel como limite de indicador.

Figura 9 - DEC da Energisa Tocantins



Fonte: (Elaborado pelo autor)

Figura 10 - FEC da Energisa Tocantins



Fonte: (Elaborado pelo autor)

A Figura 11 mostra o mapa eletrogeográfico do SEP do estado do Tocantins no ano de 2021,

que permite observar um panorama geral de como é distribuído as linhas e as subestações de energia elétrica no estado.

Figura 11 - Mapa eletrogeográfico



Fonte: (Concessionária Energisa-TO)

4 INDICADORES DE CONTINUIDADE DE BERNARDO SAYÃO

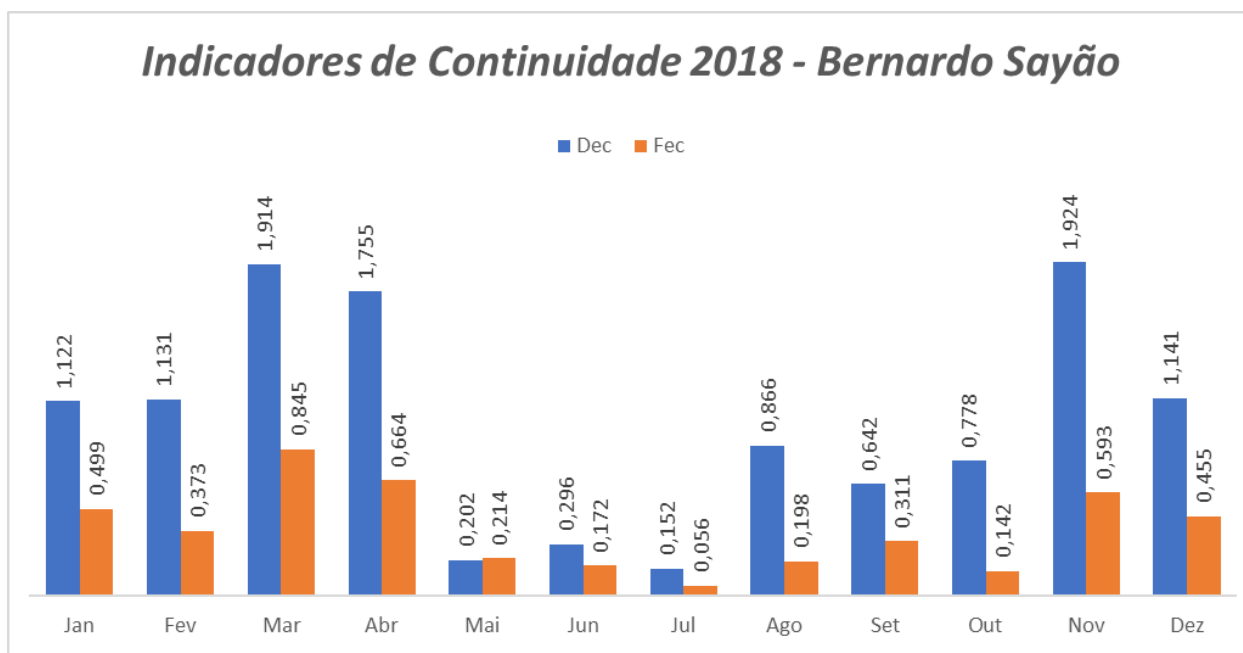
4.1 CARACTERÍSTICAS DO ALIMENTADOR, ANOS 2018 E 2019

No ano de 2018 e 2019, o alimentador de Bernardo Sayão fazia parte do conjunto Colinas do Tocantins e era denominado LD Colinas a Bernardo Sayão, que por sua vez, era responsável pela distribuição de energia elétrica para aproximadamente 3.500 unidades consumidoras, abrangendo a zona urbana e rural. A tensão de fornecimento em média tensão era em 34,5kV trifásico, 19,9kV monofásico e baixa tensão em 380/220V, tendo como fonte primária a subestação de Colinas do Tocantins. Além de Bernardo Sayão, outros municípios como Juarina e povoados nas proximidades também compreendiam o conjunto.

A linha que atendia esses municípios tinha uma configuração que possibilitava transferências de cargas através da subestação de Nova Olinda, no caso de alguma anomalia e perda da fonte primária de Colinas do Tocantins. Porém, a recomposição ficava limitada, tendo em vista que esses municípios equivaliam a um grande bloco de carga com linhas extensas com diversas ramificações. Diante disso, a depender do evento e do número de consumidores sem energia elétrica, havia uma segunda fonte de suprimento via Guaraí, podendo ser através das LD's de Colmeia ou Presidente Kenedy, ficando a critério do operador optar e definir a melhor manobra.

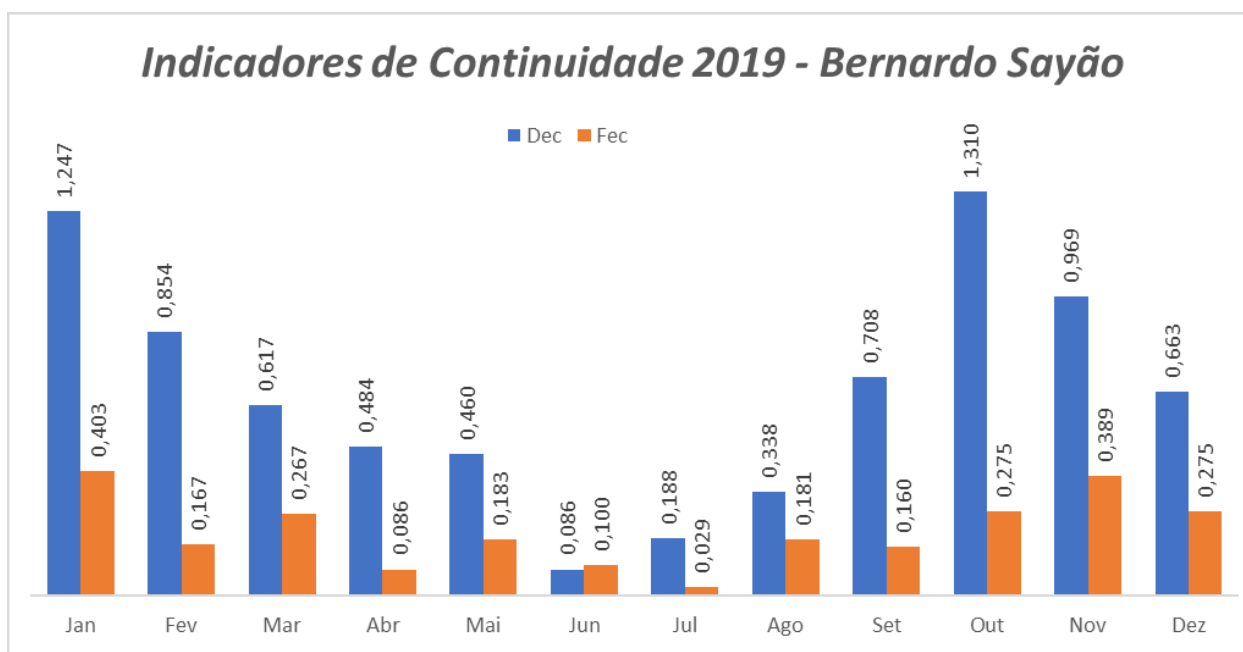
Nas Figuras 12 e 13 é possível ver os índices dos indicadores de continuidade DEC e FEC realizados no alimentador de Bernardo Sayão. Valores estes que antecedem a implementação e operação da Linha de subtransmissão e subestação de 138kV instalada no município de Bernardo Sayão.

Figura 12 - DEC e FEC Bernardo Sayão 2018



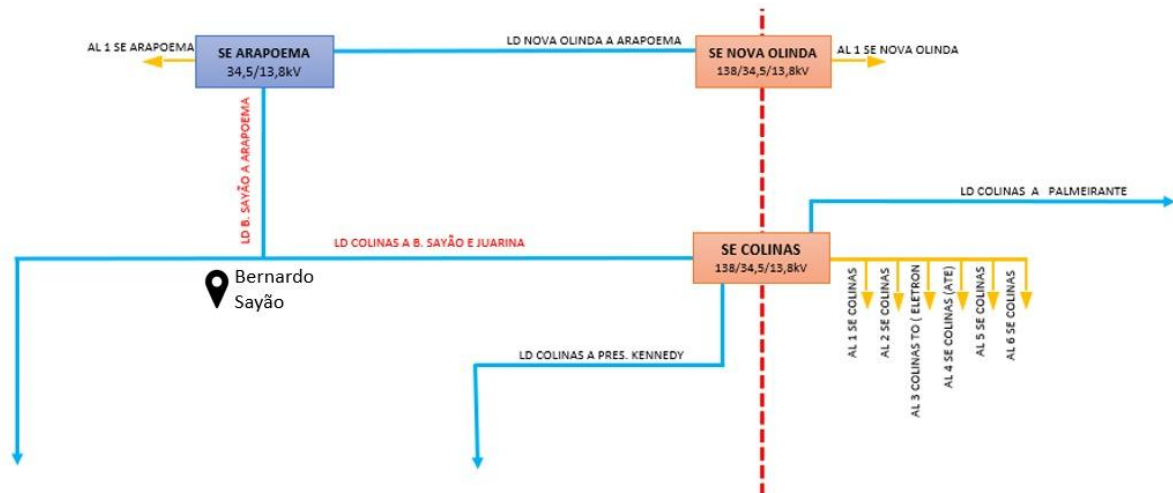
Fonte: (Elaborado pelo autor)

Figura 13 - DEC e FEC Bernardo Sayão 2019



Fonte: (Elaborado pelo autor)

Figura 14 - Malha do Sistema em 2018 e 2019



Fonte: (Elaborado pelo autor)

Na Figura 14, verifica-se como era distribuído a malha do sistema que atendia a região do município de Bernardo Sayão. Onde a linha deriva de Colinas do Tocantins, tem uma distância aproximadamente de 67 km até o município de Bernardo Sayão. Esses consumidores faziam parte do conjunto de Colinas do Tocantins, com exceção de Arapoema, que pertencia ao conjunto de Nova Olinda.

Pelos resultados dos indicadores de continuidade e pelo elevado número de interrupções registrados nessas LD's 34,5kV, percebe-se o quanto havia fragilidade e vulnerabilidade quanto as perturbações diversas existentes nas redes elétricas, dificultando que o fornecimento de energia se mantivesse ininterrupto.

4.2 CARACTERÍSTICAS DO ALIMENTADOR, ANOS 2020 E 2021

Com a construção da linha de subtransmissão e da subestação de Bernardo Sayão, que entrou em operação no mês de março de 2020, a configuração do sistema e conjuntos foram alteradas, tendo uma redistribuição. Foi criado o novo conjunto de Bernardo Sayão para os

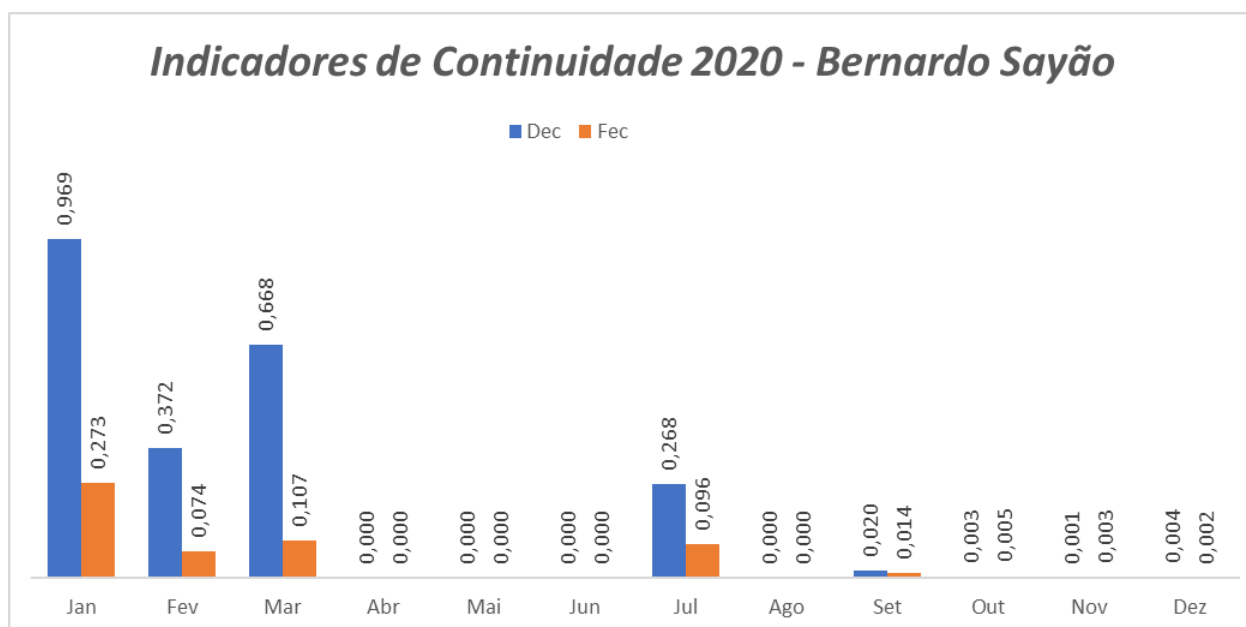
consumidores do alimentador existente, com a adição do município de Arapoema, antes pertencente ao conjunto de Nova Olinda.

Com a nova redistribuição, o conjunto de Bernardo Sayão passou a ter aproximadamente cerca de 5000 consumidores, distribuídos em novos alimentadores da nova instalação da Subestação de Bernardo Sayão. Foram criados quatro novos alimentadores na SE e conectados as redes já existentes, caracterizando assim uma mudança na fonte primária de alimentação ou ponto de suprimento.

Observa-se no mapa da Figura 11 que a LD 34,5 kV (traçado na cor vermelha) continua existente e em operação atendendo os consumidores conectados em ramificações ao longo da linha, mesmo após a implantação da LST 138 kV, que também pode ser vista no mapa (traçado na cor verde).

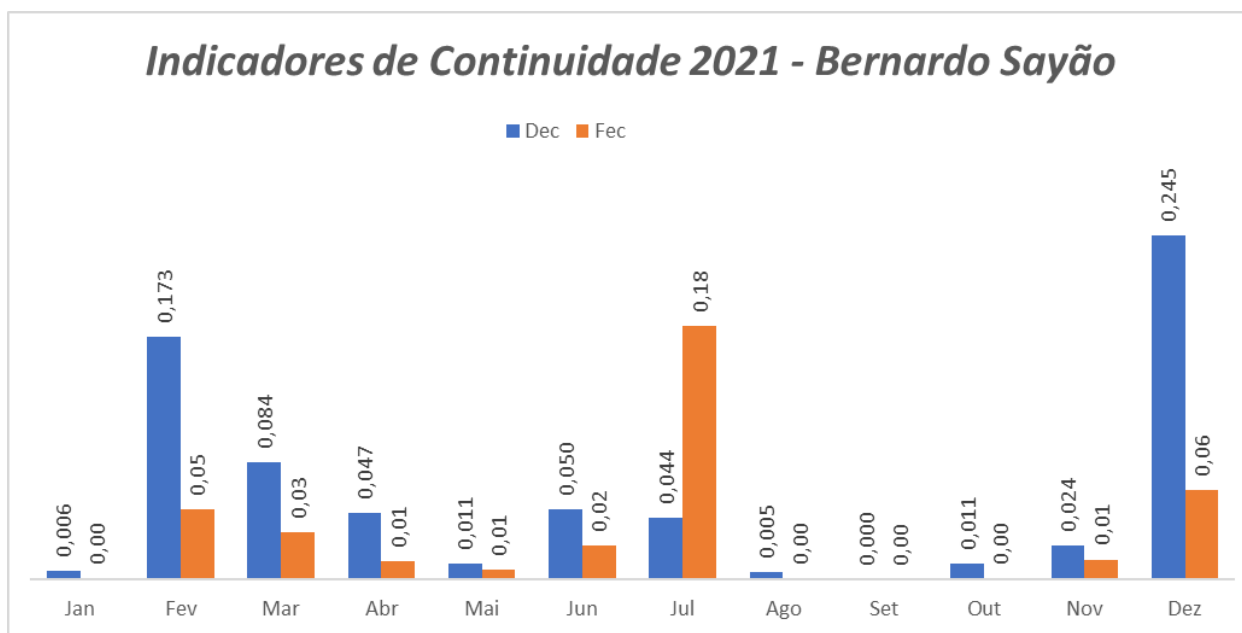
Nas Figuras dos 15 e 16, é possível ver os índices dos indicadores de continuidade DEC e FEC realizados no alimentador de Bernardo Sayão após a energização da subestação de 138kV e alimentação da linha de subtransmissão de 138kV que deriva da SE de Colinas. Pode-se observar a melhoria significativa após o mês de março de 2020, quando a SE de Bernardo Sayão entrou em operação.

Figura 15 - DEC e FEC Bernardo Sayão 2020



Fonte: (Elaborado pelo autor)

Figura 16 - DEC e FEC Bernardo Sayão 2021



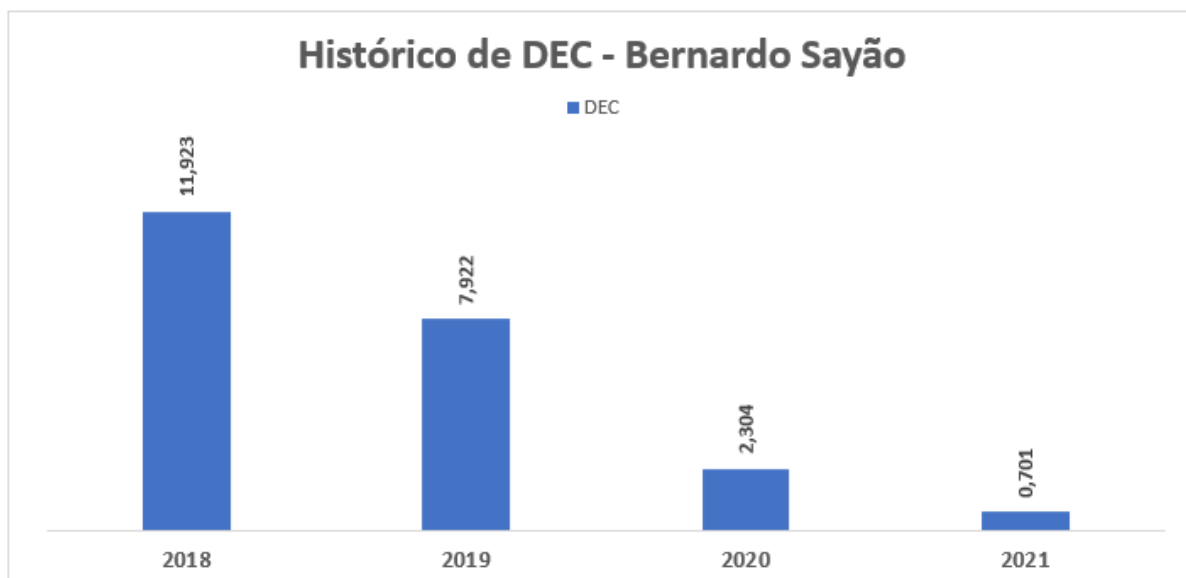
Fonte: (Elaborado pelo autor)

Para uma reflexão detalhada do ganho da implementação da mudança da tensão de alimentação, é possível verificar a evolução dos indicadores de continuidade no período utilizado para análise nessa pesquisa, entre 2018 e 2021. É notável que houve uma melhoria significativa na qualidade do fornecimento de energia elétrica aos consumidores do município de Bernardo Sayão. Como mostrado nas Figuras 17 e 18, pode-se observar o histórico dos resultados obtidos nos indicadores DEC e FEC.

É importante ressaltar que para os indicadores de continuidade DEC e FEC, houve uma redução percentual de 94,12% e 91,42% respectivamente, no período apurado do ano de 2018 a 2021, que indica uma oferta de serviço de melhor qualidade aos consumidores, e consequentemente uma redução de perdas operacionais.

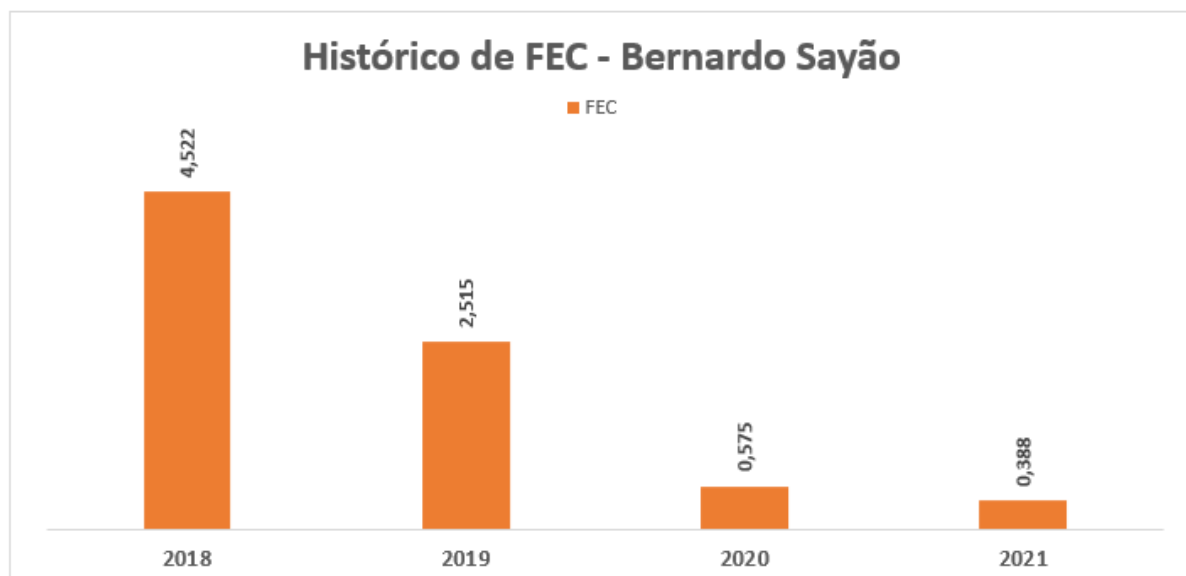
Os resultados que mensuram a qualidade do serviço são de extrema importância especialmente para a distribuidora, pois caso os limites dos indicadores sejam ultrapassados/violados com reincidência, a concessionária pode enfrentar mazelas junto ao agente regulador ANEEL, como restrições e penalidades, podendo inclusive colocar em risco a sua concessão, além de prejudicar a imagem da empresa e perder valor no mercado.

Figura 17 - Histórico de DEC de Bernardo Sayão



Fonte: (Elaborado pelo autor)

Figura 18 - Histórico de FEC de Bernardo Sayão



Fonte: (Elaborado pelo autor)

O diagrama ilustra a configuração da rede elétrica entre quatro subestações (SE):

- SE ARAPOEMA** (34,5/13,8kV):
 - Recebe alimentação (AL 1 SE ARAPOEMA) de uma fonte externa.
 - Envia energia para **SE NOVA OLINDA** via linha LD NOVA OLINDA A ARAPOEMA.
 - Envia energia para **SE B. SAYÃO** via linha LD B. SAYÃO A.
- SE NOVA OLINDA** (138/34,5/13,8kV):
 - Receve alimentação (AL 1 SE NOVA OLINDA) de uma fonte externa.
 - Envia energia para **SE ARAPOEMA** via linha LD NOVA OLINDA A ARAPOEMA.
 - Envia energia para **SE COLINAS** via linha LD COLINAS A PALMEIRANTE.
- SE B. SAYÃO** (138/34,5/13,8kV):
 - Receve alimentação (AL 1 SE B. SAYÃO) de uma fonte externa.
 - Envia energia para **SE ARAPOEMA** via linha LD B. SAYÃO A.
 - Envia energia para **SE COLINAS** via linha LD B. SAYÃO A COLINAS.
 - Envia energia para uma carga externa via linha LD B. SAYÃO A JUARINA.
- SE COLINAS** (138/34,5/13,8kV):
 - Receve alimentação (AL 1 SE COLINAS) de uma fonte externa.
 - Envia energia para **SE NOVA OLINDA** via linha LD COLINAS A PALMEIRANTE.
 - Envia energia para **SE B. SAYÃO** via linha LD B. SAYÃO A COLINAS.
 - Envia energia para uma carga externa via linha LD COLINAS A PRES. KENNEDY.
 - Alimenta seis alimentadores (AL) locais:
 - AL 1 SE COLINAS
 - AL 2 SE COLINAS
 - AL 3 COLINAS TO (ELETRO)
 - AL 4 SE COLINAS (ATE)
 - AL 5 SE COLINAS
 - AL 6 SE COLINAS

Uma linha tracejada vermelha vertical separa as subestações SE NOVA OLINDA e SE COLINAS, indicando uma divisão ou fronteira na rede.

Na Figura 19 é possível verificar que a partir da operação dessa nova subestação, criou-se o conjunto de Bernardo Sayão, composto por 04 alimentadores, sendo 03 deles de 34,5kV que atende os ramais LD rurais e o alimentador 01, de 13,8kV que atende os consumidores urbanos do município de Bernardo Sayão. Pelos bons resultados dos indicadores de continuidade e pela redução dos números de interrupções registradas após essa mudança de nível de tensão de alimentação, percebe-se a melhoria na qualidade do fornecimento de energia elétrica a região de Bernardo Sayão.

5 HISTÓRICO DE INTERRUPÇÕES DE BERNARDO SAYÃO

5.1 INTERRUPÇÕES NO ALIMENTADOR NOS ANOS DE 2018 A 2019

No período de 2018 a 2019, eram atendidos 3500 consumidores (distribuídos em regiões urbanas e rurais) através de uma LD de 34,5kV com ponto de suprimento principal a subestação localizada no município de Colinas do Tocantins.

Para uma melhor compreensão do histórico de interrupções que afetaram a LD, as Tabela 1 e 2 demonstram o quantitativo total de interrupções nos anos de 2018 e 2019, bem como as causas que originaram os registros de ocorrências do sistema elétrico.

Tabela 1 – Interrupções em 2018

CAUSA/ORIGEM	QUANTIDADE
DISTRIBUIÇÃO PROGRAMADA	18
POSTE QUEBRADO OU ABALROADO	21
MANUTENÇÃO EMERGENCIAL	42
PROB PROT	67
TERCEIROS	86
CABO BT OU MT	162
ANIMAL OU ARVORE NA REDE	183
CONEXÃO OU FALHA EM EQUIPAMENTO	183
ISOLADOR OU CRUZETA OU TRAFO	190
FENÔMENOS NATURAIS	715
Total Geral	1667

Fonte: (Elaborado pelo autor)

Tabela 2 - Interrupções em 2019

CAUSA/ORIGEM	QUANTIDADE
FALHA HUMANA	5
DISTRIBUIÇÃO PROGRAMADA	17
MANUTENÇÃO EMERGENCIAL	22
PROB PROT	26
POSTE QUEBRADO OU ABALROADO	37
CABO BT OU MT	97
TERCEIROS	103
ANIMAL OU ARVORE NA REDE	105
ISOLADOR OU CRUZETA OU TRAFO	128
CONEXÃO OU FALHA EM EQUIPAMENTO	220
FENÔMENOS NATURAIS	730
Total Geral	1490

Fonte: (Elaborado pelo autor)

Pode-se observar a existência de um quantitativo relevante de interrupções nesses períodos, que consequentemente refletem negativamente na qualidade do serviço e que são mensurados através dos indicadores de continuidade.

Esse alto volume de ocorrências de interrupções pode ser caracterizado pela vulnerabilidade da LD 34,5 kV frente aos distúrbios elétricos e intervenções.

5.2 INTERRUPÇÕES NO ALIMENTADOR NOS ANOS DE 2020 A 2021

No estágio de 2020 a 2021, com a redistribuição de cargas após a entrada de operação da LST 138kV e a subestação de Bernardo Sayão, o número de consumidores atendidos por esse ponto de suprimento passou a ser 5012 unidades consumidoras ativas.

As Tabelas 3 e 4 demonstram o total de interrupções nos anos de 2020 e 2021, apresentando uma redução de 20,12% no ano de 2021 em comparação ao ano de 2020.

Tabela 3 - Interrupções em 2020

CAUSA/ORIGEM	QUANTIDADE
FALHA HUMANA	1
PROB PROT	2
POSTE QUEBRADO OU ABALROADO	10
DISTRIBUIÇÃO PROGRAMADA	14
MANUTENÇÃO EMERGENCIAL	27
ANIMAL OU ARVORE NA REDE	41
CABO BT OU MT	46
ISOLADOR OU CRUZETA OU TRAFO	55
TERCEIROS	62
CONEXÃO OU FALHA EM EQUIPAMENTO	95
FENÔMENOS NATURAIS	298
Total Geral	651

Fonte: (Elaborado pelo autor)

Tabela 4 - Interrupções em 2021

CAUSA/ORIGEM	QUANTIDADE
DISTRIBUIÇÃO PROGRAMADA	7
POSTE QUEBRADO OU ABALROADO	7
PROB PROT	7
CABO BT OU MT	15
ANIMAL OU ARVORE NA REDE	27
MANUTENÇÃO EMERGENCIAL	29
CONEXÃO OU FALHA EM EQUIPAMENTO	62
ISOLADOR OU CRUZETA OU TRAFO	65
TERCEIROS	78
FENÔMENOS NATURAIS	223
Total Geral	520

Fonte: (Elaborado pelo autor)

É importante ressaltar que houve uma redução considerável no número de interrupções no SEP, especificamente, nos alimentadores que atendem parte dos consumidores do conjunto de Bernardo Sayão no intervalo que abrange os anos de 2018 a 2021. A partir da análise da base de dados obtidos, houve uma redução percentual de 68,81% de ocorrências perturbadoras no fornecimento de energia elétrica.

Destaca-se que todas as ocorrências apontadas nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 foram apuradas a considerar que as interrupções tiveram um tempo de duração superior a 3 minutos, conforme é disposto pelo agente regulador ANEEL.

Quadro 2 - Interrupções de energia elétrica

Descrição Ocorrência	2018	2019	2020	2021	Total
ANIMAL OU ARVORE NA REDE	183	105	41	27	356
CABO BT OU MT	162	97	46	15	320
CONEXÃO OU FALHA EM EQUIPAMENTO	183	220	95	62	560
DISTRIBUIÇÃO PROGRAMADA	18	17	14	7	56
FALHA HUMANA	0	5	1	0	6
FENÔMENOS NATURAIS	715	730	298	223	1.966
ISOLADOR OU CRUZETA OU TRAFO	190	128	55	65	438
MANUTENÇÃO EMERGENCIAL	42	22	27	29	120
POSTE QUEBRADO OU ABALROADO	21	37	10	7	75
PROB PROT	67	26	2	7	102
TERCEIROS	86	103	62	78	329
Total	1.667	1.490	651	520	

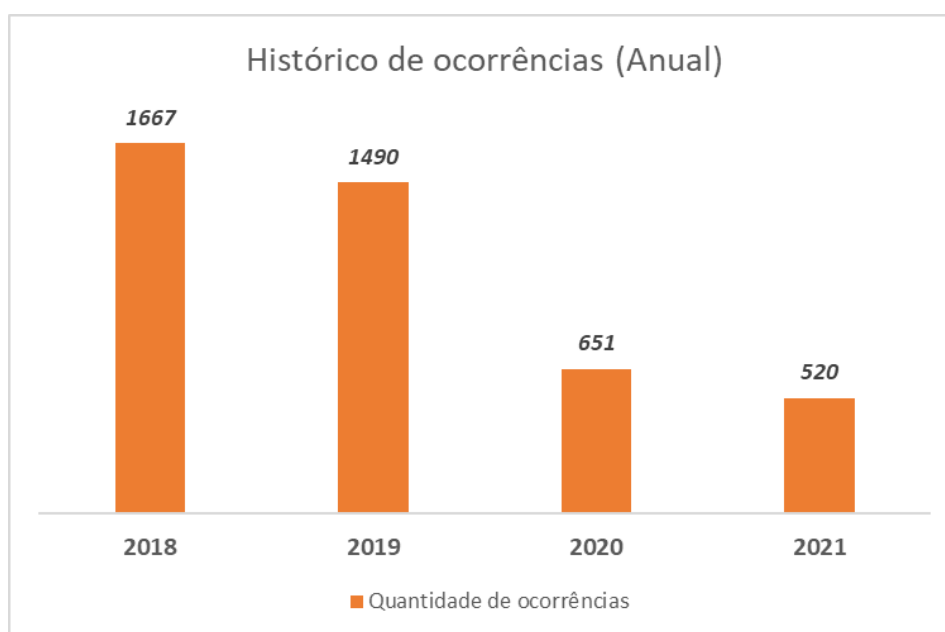
Fonte: (Elaborado pelo autor)

No quadro 2, é possível ter uma visão macro de todas as interrupções no fornecimento de

energia elétrica no período de estudo que compreende 2018 a 2021. É importante destacar a soma total das ocorrências por causa origem, em que os fenômenos naturais lideram como maior ofensor de interrupções ao fornecimento de energia elétrica e a falha humana, com o menor índice de impacto ao sistema elétrico de potência.

Na figura 20, pode-se observar a redução anual do quantitativo de ocorrências que foram contabilizadas e apuradas na contabilização do indicador de continuidade.

Figura 20 - Quantitativo do histórico de ocorrências



Fonte: (Elaborado pelo autor)

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho pretendeu compreender, a partir de uma pesquisa bibliográfica e documental e, consequentemente, por meio da análise de dados, a influência da classe de tensão de alimentação da subestação, de Bernardo Sayão – TO a visar a melhoria dos indicadores de continuidade de fornecimento de energia elétrica, visto que ambos estão diretamente relacionados.

Para isso, definiu-se como objetivo geral analisar a qualidade da energia elétrica fornecida no município, pelo motivo de que a compreensão dos indicadores de continuidade, com base no DEC e no FEC comprovam tais melhorias devido à construção da LST com a implantação de condutores e equipamentos mais robustos afim de diminuir as interrupções no fornecimento e conceder uma melhor qualidade de energia elétrica.

Ao consolidar numericamente as mudanças na rede no período compreendido entre 2018 e 2021, foi possível fazer um balanço na quantidade de ocorrências que ainda ocorrem na transmissão e distribuição de energia elétrica no município de Bernardo Sayão, e por fim, avaliar as causas de interrupção no fornecimento de energia da região baseado nos registros da empresa fornecedora de energia.

Com isso, a hipótese do trabalho, de que a mudança da classe de tensão da rede elétrica tem influência na qualidade do fornecimento, foi facilmente comprovada na análise dos instrumentos e coleta de dados que permitiram avaliar os resultados discutidos.

Destarte, houve uma melhoria considerável nos índices dos indicadores de qualidade DEC e FEC no ano de 2020 e 2021. Ao observar a qualidade de energia fornecida na região, de acordo com as condições estabelecidas pela ANEEL, a concessionária de energia elétrica conseguiu melhorar quantitativamente na redução de ocorrências na rede e consequentemente melhorar seu fornecimento. Em 2018 foram registradas pela empresa Energisa-TO 1667 reclamações de interrupções no fornecimento de energia elétrica, enquanto, que em 2019, 1490 ocorrências. Logo mais em 2020, esse número caiu para 651 e em 2021, para 520 ocorrências. Uma redução de 1147 do primeiro para o último ano.

A elucidação e progressão dos objetivos da pesquisa, portanto, foram alcançados de forma satisfatória, sendo, dessa forma, relevante ao meio acadêmico pelo fato de discutir a análise da melhoria de fornecimento de energia de acordo a mudança de uma LD para uma LST e mais importante ainda à sociedade, por contribuir no entendimento de recursos que melhorem a qualidade do fornecimento de energia elétrica, que, no contexto hodierno, é indispensável à

vida. A eletricidade no dia a dia é sinônimo da evolução humana e do bem-estar social. Sendo, portanto, um direito de todo cidadão.

Por fim, em pesquisas futuras pode-se avaliar os custos operacionais do processo de transição de nível de tensão e reestruturação da alimentação dos municípios vizinhos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRADEE, Redes de Energia Elétrica. Disponível em:

<<https://www.abradee.org.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica/>> Acesso em 15-10-2021

ANEEL, **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST Módulo 1 – Introdução**

<https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo1_Revis%C3%A3o10/f6c63d9a-62e9-af35-591e-5fb020b84c13>

ANEEL, **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica.**

<https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_12/342ff02a-8eab-2480-a135-e31ed2d7db47>

ANEEL, A ANEEL. Disponível em:<<http://www.aneel.gov.br/a-aneel>>

DA SILVA, Mauren Pomalis Coelho; LEBORGNE, Roberto Chouhy; ROSSINI, Elton. **A Influência da Metodologia de Regulação nos Indicadores de Continuidade DEC e FEC. SIPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS**, 2014.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B. de; ROBBA, E. J. **Introdução Aos Sistemas De Distribuição De Energia Elétrica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

KAGAN, N.; ROBBA, E. J.; SCHMIDT, H. P. **Estimação de indicadores de qualidade da energia elétrica**. São Paulo: Blucher, 2009.

LEÃO, Ruth. **Apostila de GTD – Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica**. 2009. Ceará: UFC, 2009.

MAMEDE FILHO, J. **Manual De Equipamentos Elétricos**. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MEHL, Ewaldo L. M. **Qualidade da energia elétrica**. Universidade Federal do Paraná, 2012.

MUZY, G. L. C. de O. **Subestações Elétricas**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

REIS, Cintia Luciana Rêgo; DA SILVA, Kleber Freire; BARBOSA, Daniel. **Avaliação de Limites de Continuidade de Conjuntos de Unidades Consumidoras com Especificidades**. SIPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 2015.

SILVA, M. P. C; LEBORGNE, R. C.; ROSSINI, E. **A influência da metodologia de regulação nos indicadores DEC e FEC**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 6 f, 2014, Foz do Iguaçu. Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2014.

S. M., Deckmann. “**Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica**”. Unicamp, junho 2010.

ENERGISA TOCANTINS, Base de dados e Softwares internos – TS/UE-Viewer, março/2022.