

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

VANDERLEI NIENKOETTER JUNIOR

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE DOS
CONJUNTOS DE UNIDADES CONSUMIDORAS DA REDE DE
DISTRIBUIÇÃO DA CELESC NO ANO DE 2020**

FLORIANÓPOLIS, 2021.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

VANDERLEI NIENKOETTER JUNIOR

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE DOS
CONJUNTOS DE UNIDADES CONSUMIDORAS DA REDE DE
DISTRIBUIÇÃO DA CELESC NO ANO DE 2020**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para aprovação do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador:
Prof. Edison Antonio Cardoso Aranha Neto,
D. Eng.

FLORIANÓPOLIS, 2021.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Junior, Vanderlei Nienkoetter
Análise dos indicadores de continuidade dos conjuntos
de unidades consumidoras da rede de distribuição da CELESC
no ano de 2020 / Vanderlei Nienkoetter Junior;
orientação de Edison Antonio Cardoso Aranha Neto.
- Florianópolis, SC, 2021.

60 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Elétrica. Departamento Acadêmico
de Eletrotécnica.
Inclui Referências.

1. Sistemas de distribuição. 2. Indicadores de continuidade.
3. Conjuntos de unidades consumidoras. 4.

CELESC. I. Aranha Neto, Edison Antonio Cardoso. II. Instituto
Federal de Santa Catarina. III. Análise dos
indicadores de continuidade dos conjuntos de unidades
consumidoras da rede de distribuição da CELESC no ano de

ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE DOS CONJUNTOS DE UNIDADES CONSUMIDORAS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DA CELESC NO ANO DE 2020

VANDERLEI NIENKOETTER JUNIOR

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro(a) Eletricista e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 13 de setembro de 2021.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
EDISON ANTONIO CARDOSO ARANHA NETO
Data: 17/09/2021 15:08:44-0300
CPF: 005.835.469-78

Edison Antonio Cardoso Aranha Neto, D. Eng.

Orientador/IFSC



Documento assinado digitalmente
DANIEL TENFEN
Data: 17/09/2021 12:54:10-0300
CPF: 006.828.859-08

Daniel Tenfen, D. Eng.

IFSC



Documento assinado digitalmente
GUILHERME PAULI
Data: 17/09/2021 11:35:02-0300
CPF: 083.976.179-14

Guilherme Pauli, Eng.

CELESC

RESUMO

Os sistemas elétricos de potência são formados por três grandes blocos: Geração, Transmissão e Distribuição. É este último elo que recebe a função de distribuir e transformar os grandes blocos de energia a níveis de tensões exigidos e nas quantidades solicitadas aos consumidores. Desta forma, há uma importante e crescente preocupação das concessionárias pela qualidade da energia entregue aos seus consumidores e pela confiabilidade do seu sistema de distribuição. Por consequência, o desígnio de melhora nos indicadores de continuidade de um conjunto em específico acarreta em ações de inspeção e manutenção nos sistemas de distribuição do mesmo. Embora qualquer ação de manutenção impacte positivamente na confiabilidade do sistema, prever e antecipar os resultados e ganhos em cada indicador individualmente não é uma tarefa fácil. Assim, dentro deste trabalho, buscou-se identificar os conjuntos de unidades consumidoras com os piores indicadores da rede de distribuição da CELESC e seus impactos sobre os indicadores de continuidade totais da concessionária. A partir dos resultados destas análises é que se pode começar a elaborar planos de ações de manutenção, sejam elas corretivas ou preditivas, reconfiguração de redes primárias, investimentos em automação do sistema de distribuição, inserção de novos e mais modernos equipamentos de proteção etc.

Palavras-chave: Sistemas de Distribuição. Indicadores de continuidade. Conjuntos de Unidades Consumidoras. CELESC.

ABSTRACT

Currently, the electric power system consists of three large systems: Generation, Transmission and Distribution. The last link is responsible for distributing and transforming the large blocks of energy to the required voltage levels and in the requested quantities from consumers. In this way, there is a significant and ever-increasing worry from the Power Utilities for the quality of the energy delivered to their consumers and for the reliability of their distribution system. Consequently, the design of improvement in the reliability indicators of a specific set leads to inspection and maintenance actions in its distribution systems. However, although any maintenance action positively impacts the system's reliability, predicting and anticipating the results and gains in each indicator individually is not an easy task. Thus, this work tries to identify the sets with the worst indicators of CELESC's distribution network and their impacts on the total continuity indicators of the utility. Based on the results of this analysis, maintenance action plans can be drawn up, whether corrective or predictive, reconfiguration of primary networks, investments in automation of the distribution system, insertion of new and more modern protective equipment, etc.

Keywords: Distribution System. Reliability Indicators. Consumer Units' Sets. CELESC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rede de distribuição primária conjunto Santa Terezinha	34
Figura 2 – Mapa do conjunto de Santa Terezinha.....	35
Figura 3 – Rede de distribuição primária conjunto Doutor Pedrinho	36
Figura 4 – Mapa do conjunto de Doutor Pedrinho.....	37
Figura 5 – Rede de distribuição primária conjunto Curitibaanos Distrito Industrial.....	38
Figura 6 – Mapa do conjunto Curitibaanos Distrito Industrial	39
Figura 7 – Rede de distribuição primária conjunto Volta Grande	40
Figura 8 – Mapa do conjunto Volta Grande.....	41
Figura 9 – Rede de distribuição primária conjunto Itaiópolis	42
Figura 10 – Mapa do conjunto Itaiópolis.....	43
Figura 11 – Rede de distribuição primária conjunto Porto União Dist	44
Figura 12 – Mapa do conjunto Porto União Dist.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de tensão utilizados no Brasil	18
Tabela 2 – Piores DECs no ano de 2020	32
Tabela 3 – Piores FECs no ano de 2020	33
Tabela 4 – Conjuntos mais impactantes no DEC em 2020	46
Tabela 5 – Conjuntos mais impactantes no FEC em 2020	47
Tabela 6 – Impacto nos indicadores dos piores conjuntos de UC em 2020.....	48
Tabela 7 – Dados dos conjuntos disponibilizados pela ANEEL	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A

DEC – Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora

DIC – Duração Equivalente de Interrupção Individual por Unidade Consumidora

DICRI – Duração da Interrupção Ocorrida em Dia Crítico por Unidade Consumidora

DMIC – Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora

FEC – Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora

FIC – Frequência Equivalente de Interrupção Individual por Unidade Consumidora

NA – Normalmente Aberta

PRODIST – Procedimentos de Distribuição

SE – Subestação

SEB – Sistema Elétrico Brasileiro

SED – Subestação de Distribuição

SEP – Sistema Elétrico de Potência

TC – Transformadores de Corrente

TP – Transformadores de Potencial

UCs – Unidades Consumidoras

XLPE – Polietileno não Reticulado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa	12
1.2	Definição do Problema	13
1.3	Objetivos	13
1.3.1	Objetivo Geral	13
1.3.2	Objetivos Específicos	14
1.4	Estrutura do trabalho	14
2	SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO	16
2.1	Sistemas de Distribuição de energia elétrica	16
2.1.1	Configuração do Sistema de Distribuição	16
2.1.2	Conceitos de subestação	17
2.1.3	Equipamentos utilizados em redes de distribuição	18
2.1.3.1	<i>Reguladores de tensão</i>	19
2.1.3.2	<i>Religadores automáticos</i>	19
2.1.3.3	<i>Seccionadores automáticos</i>	20
2.1.3.4	<i>Banco de capacitor</i>	21
2.1.4	Classificação das redes de distribuição	21
2.1.4.1	<i>Redes aéreas convencionais</i>	22
2.1.4.2	<i>Redes aéreas compactas</i>	22
2.1.4.3	<i>Redes aéreas isoladas</i>	23
2.1.4.4	<i>Redes subterrâneas</i>	23
2.1.5	Sistema radial	24
2.1.6	Sistema em anel (ou malha)	24
2.1.7	Sistema em anel aberto (ou malha aberta)	25
2.2	Qualidade no fornecimento de energia elétrica	26
2.2.1	Conjuntos de unidades consumidoras	27
2.2.2	Parâmetros de qualidade do serviço	28
2.2.2.1	<i>Indicadores de continuidade no fornecimento de energia elétrica</i>	28
2.2.2.2	<i>Indicadores individuais</i>	28
2.2.2.3	<i>Indicadores coletivos</i>	30
3	ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE COLETIVOS DE 2020	31
3.1	A CELESC Distribuição	31
3.2	Determinação dos piores indicadores de continuidade dos conjuntos de unidades consumidoras	32
3.2.1	Conjunto Santa Terezinha	34
3.2.2	Conjunto Doutor Pedrinho.....	35
3.2.3	Conjunto Curitibaanos Distrito Industrial	37
3.2.4	Conjunto Volta Grande.....	40
3.2.5	Conjunto Itaiópolis.....	41
3.2.6	Conjunto Porto União Dist.....	43
3.3	Determinação dos conjuntos de unidades consumidores com maiores impactos nos indicadores finais	46
3.4	Proposta de melhorias	48
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51

REFERÊNCIAS.....	53
ANEXOS	55
ANEXO A – TABELA COM DADOS DOS CONJUNTOS DISPONIBILIZADOS PELA ANEEL	56

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de energia elétrica são compostos por três grandes blocos: Geração, Transmissão e Distribuição. É neste último em que é desempenhada a função de distribuir os grandes blocos de energia a níveis de tensão exigidos e nas quantidades certas os consumidores, sejam eles residenciais, comerciais ou industriais (ARANHA NETO, 2006, p.1). Para tanto, os sistemas de distribuição podem ser divididos em outros cinco subsistemas: alimentadores de distribuição secundários, transformadores de distribuição, alimentadores de distribuição primários, subestações e sistemas de subtransmissão (MOURA, 2010, p.7)).

Ademais, os sistemas de distribuição são radiais em seu âmago, ou seja, a energia sai das subestações de distribuição até o consumidor final percorrendo o único caminho disponível para tal. Esta característica de radialidade dos sistemas de distribuição simplifica os ajustes de proteção, manutenção e operação dos equipamentos de proteção instalados na rede elétrica. Porém, qualquer ocorrência que resulte em uma interrupção no trecho principal dos sistemas de distribuição acarreta na descontinuação do fornecimento de energia aos consumidores (SPERANDIO, 2008, p.1).

Desta forma, há um enorme e sempre crescente zelo das concessionárias pela qualidade da energia entregue aos seus consumidores e pela confiabilidade do seu sistema de distribuição. Esta preocupação pode ser oriunda de vários fatores, seja pela preservação da boa imagem das concessionárias, redução de gastos com compensações e multas, pela pressão imposta pelas políticas do órgão regulador, etc. (TENFEN, 2011, p.25).

Contudo, para aferir a confiabilidade de um sistema de distribuição se pode tomar como base os resultados do cálculo de indicadores de confiabilidade. Estes indicadores são obtidos através dos dados históricos das interrupções para certo conjunto de consumidores (RODIGHERI, 2013, p.28). Destarte, no Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) concebeu no Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) os seguintes indicadores de continuidade para determinado conjunto de unidades consumidoras: DEC (duração equivalente de interrupção por unidade consumidora) e FEC (frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora). Neste mesmo documento também são definidos os indicadores

individuais: DIC (duração equivalente de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão), FIC (frequência equivalente de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão), DMIC (duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora) e DICRI (duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico) (ANEEL, 2020, p.51-53).

Por consequência, como afirmado por Dias (2002, p.9) o desígnio de melhora nos indicadores de continuidade de um conjunto de unidades consumidoras (UCs) em específico acarreta em ações de inspeção e manutenção nos sistemas de distribuição do mesmo. Todavia, embora qualquer ação de manutenção impacte positivamente na confiabilidade do sistema, prever e antecipar os resultados e ganhos em cada indicador individualmente não é uma tarefa fácil.

Logo, realizar estudos e avaliações prévias com dados passados coletados ao longo do tempo visando desenvolver um plano de ações específicas com o intuito de aprimorar e corrigir os piores indicadores é mais benéfico para o sistema no todo do que apoiar-se em implementações não focadas (DIAS, 2002, p.9).

1.1 Justificativa

Nos dias atuais, o contínuo crescimento do mercado de energia, as mudanças constantes do setor elétrico e a crescente demanda por energia compelem as concessionárias de energia elétrica a empregarem cada vez mais recursos em atualização, inovação tecnológica, manutenção e operação das suas redes de distribuição (SPERANDIO, 2008, p.2). Ainda como afirmado por Sperandio (2008, p.2), a distribuição contribui com grande parte dos custos totais em energia elétrica, visto que neste setor há sempre a crescente necessidade de expansão e melhoria de redes para o atendimento do mercado consumidor. Portanto, uma pequena melhoria na eficiência desta categoria será de considerável importância econômica para o setor elétrico.

Desta maneira, antes de poder planejar ou executar qualquer plano de ação visando a melhoria de algo, deve-se coletar dados e analisá-los de forma coerente e imparcial. Sendo assim, antes de eleger modos para tornar o sistema de distribuição mais eficiente e confiável, necessita-se analisar o histórico dos indicadores de continuidade de cada conjunto de UCs do sistema de distribuição alvo.

O descrito anteriormente é corroborado por Dias em sua dissertação:

A incorporação dos estudos de confiabilidade ao processo de planejamento amplia o nível de análise das alternativas, auxiliando nas tomadas de decisão, além de identificar soluções de menor custo, sem prejudicar a qualidade do fornecimento (DIAS, 2002, p.10).

1.2 Definição do Problema

Neste contexto, o referido trabalho realizou a análise dos indicadores de continuidade dos diversos conjuntos de unidades consumidoras presentes na área de concessão do sistema de distribuição da concessionária Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (CELESC).

Dentro desta análise, procurou-se identificar os conjuntos de UCs com os piores indicadores da rede de distribuição da CELESC e seus impactos sobre os indicadores de continuidade totais da concessionária. Ademais, verificou-se os conjuntos de UCs com maior impacto nos indicadores de continuidade globais da empresa, visto que a regra de cálculo dos indicadores de continuidade leva em consideração o número de unidades consumidoras presentes em cada conjunto (ANEEL, 2020, p.53).

A partir dos resultados desta análise é que se pode embasar melhores planos de ações de manutenção, sejam elas corretivas ou preditivas, reconfiguração de redes primárias, investimentos em automação do sistema de distribuição, inserção de novos e mais modernos equipamentos de proteção etc.

1.3 Objetivos

Este tópico visa apresentar os objetivos do trabalho, contendo, portanto, o objetivo geral e os objetivos específicos necessários para se alcançar o mesmo.

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar os indicadores de continuidade dos conjuntos de unidades consumidoras da rede de distribuição da CELESC no ano de 2020, através dos dados anuais fornecidos pela ANEEL.

1.3.2 Objetivos Específicos

O presente trabalho visa cumprir os seguintes objetivos específicos:

- a) Realizar o levantamento bibliográfico sobre os temas relacionados;
- b) Coletar os dados dos indicadores de continuidade dos conjuntos de unidades consumidoras do ano de 2020 da CELESC;
- c) Analisar e determinar os conjuntos de unidades consumidoras com os piores indicadores de continuidade para o sistema de distribuição;
- d) Aferir os conjuntos de unidades consumidoras com maior impacto nos indicadores finais de continuidade;
- e) Propor soluções para melhoria destes indicadores.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho apresenta quatro capítulos ao total, sendo o primeiro deles o presente capítulo, no qual é apresentada a introdução do trabalho, descrevendo o tema, sua importância e relevância. Ademais, está descrito neste capítulo o objetivo geral do trabalho e, logo após, uma divisão em objetivos específicos que o trabalho de conclusão de curso almejará.

Em seguida, o capítulo dois está dividido em dois grandes subtópicos e apresenta alguns conceitos importantes sobre o sistema de distribuição e suas nuances e sobre a obtenção dos indicadores de continuidade. Nesse mesmo capítulo, é elucidado sobre as configurações do sistema de distribuição, os equipamentos mais comuns encontrados nas redes de distribuição, subestações de distribuição, topologia de redes de distribuição, normas para agrupamento das unidades consumidoras em conjuntos de UCs e definição e cálculo dos indicadores de continuidade (individual e coletivos).

No capítulo três, tem-se a análise dos indicadores de continuidade coletivos dos conjuntos de UCs sobre a área de concessão da CELESC. Neste capítulo, estão descritas as análises dos conjuntos com piores valores de indicadores e os conjuntos que mais impactaram no indicador global da empresa no ano de 2020. Ademais,

encontra-se também neste capítulo a proposta de soluções para amenizar os indicadores de continuidade nos próximos anos.

Por fim, o capítulo quatro contém a conclusão do trabalho e algumas propostas para trabalhos futuros nesta mesma área.

2 SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

Neste capítulo são apresentados os conceitos teóricos referentes aos objetos de estudo deste trabalho: os sistemas de distribuição de energia elétrica, divisão de conjuntos elétricos e qualidade no fornecimento de energia.

2.1 Sistemas de Distribuição de energia elétrica

Nesta seção é realizada uma breve descrição do sistema elétrico de potência com enfoque no sistema de distribuição, elencando os aspectos referentes aos equipamentos, automação e regulação.

2.1.1 Configuração do Sistema de Distribuição

O Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) detém diversas peculiaridades e sua operação é de grande complexidade. Visto que o armazenamento em grande escala de energia elétrica é limitado e seu uso deve ser otimizado, a energia deve ser consumida no momento em que é gerada.

Desta forma, o SEB adota um modelo de sistema interligado a nível nacional. Destarte, esta interligação em nível nacional do SEB possibilita o consumo da energia gerada pelos agentes geradores em qualquer ponto deste sistema interligado.

Assim, o sistema de distribuição representa a parcela final da trajetória da energia elétrica pelo Sistema Elétrico de Potência (SEP). Portanto, é nele em os que grandes blocos de energia são modificados para os níveis de tensão exigidos e distribuídos nas quantidades certas aos consumidores, sejam eles residenciais, comerciais ou industriais (ARANHA NETO, 2006, p.1).

Segundo Moura (2010, p.7) o sistema de distribuição pode ser estruturado pelas seguintes partes:

- a) sistema de subtransmissão: interligação entre o sistema de transmissão e as subestações de distribuição, normalmente compreendendo tensões de 69 kV a 138 kV;

- b) subestação (SE): ponto de interligação, utilizada para seccionar linhas de subtransmissão, controlar os níveis de tensão e carregamentos e distribuir a energia entre os alimentadores primários com os devidos equipamentos de proteção e controle;
- c) alimentadores de distribuição primários: transporta energia aos transformadores de distribuição e aos consumidores atendidos em média tensão;
- d) transformadores de distribuição: abaixa os níveis de tensão dos alimentadores primários de média tensão para baixa tensão;
- e) alimentadores de distribuição secundários: Leva a energia até os consumidores atendidos em baixa tensão.

2.1.2 Conceitos de subestação

As subestações (SE) são formadas por um conjunto de equipamentos de manobras e/ou transformação de tensão, que detém por função primordial modificar (diminuir ou elevar) os níveis de tensão, e por consequência direta, também os níveis de corrente, de um determinado circuito (DUALIBE, 1999, p.4).

As SEs podem ser classificadas de acordo com a sua função: transformadora, seccionadora, manobra ou chaveamento; modo de instalação dos equipamentos em relação ao meio ambiente: externa, abrigada ou blindadas compactas (DUALIBE, 1999, p.4-5). Garcia e Duzzi Jr. (2012, p.56) complementam que as SEs podem ser classificadas quanto ao nível de tensão e a forma de operação: com operador, semiautomáticas e/ou automatizadas.

Em relação ao nível de tensão, o Ministério de Minas e Energia fixa os seguintes limites de tensão para a distribuição (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.29):

Tabela 1 – Níveis de tensão utilizados no Brasil

Tensão (kV)		Campo de Aplicação
Padronizada	Não Padronizadas	
0,220/0,127	0,208/0,120	Distribuição secundária (BT)
0,380/0,220	0,230/0,115	
0,254/0,127	0,240/0,120	
0,440/0,220:		
13,8	11,9	Distribuição primária (MT)
34,5	22,5	
34,5	88,0	Subtransmissão (AT)
69,0		
138,0		

Fonte: Nakaguishi e Hermes (2011).

Consoante com Dualibe (1999, p.5-7), os equipamentos presentes nas subestações são classificados conforme o tipo de função que exercem dentro das próprias SEs, sendo:

- a) equipamentos de Transformação: transformadores de potência ou força, transformadores de instrumentos (transformadores de corrente – TC e transformadores de potencial – TP);
- b) equipamentos de Manobra: disjuntores e chaves seccionadoras;
- c) equipamentos de Proteção: relés, fusíveis, para-raios;
- d) equipamentos de Medição: toda a instrumentação necessária para aferir grandezas como corrente, tensão, potência ativa e reativa, frequência, etc.

2.1.3 Equipamentos utilizados em redes de distribuição

Como o intuito do trabalho é analisar as redes de distribuição de energia elétrica, será dado enfoque nos equipamentos presentes nestas redes. Deste modo, na saída das subestações utilizam-se alguns equipamentos específicos, como por exemplo os religadores automáticos e os bancos de capacitores.

Outrossim, ao longo das redes de distribuição de energia elétrica há vários outros equipamentos com funções específicas dispostos em pontos estratégicos e planejados. Pode-se elencar alguns deles: transformadores reguladores de tensão, transformadores de força com ajuste automático de “tap” para comutação de tensão, seccionadores automáticos, entre tantos outros.

2.1.3.1 Reguladores de tensão

O regulador de tensão, conforme Mamede (2013) “é um equipamento destinado a manter um determinado nível de tensão em um sistema elétrico, quando submetido a uma variação de tensão fora dos limites especificados”. Destarte, este mesmo autor declara que o regulador é um dos mais importantes para as concessionárias de energia elétrica que tem como objetivo “manter uma boa qualidade de fornecimento de energia a seus consumidores na forma de tensão, com razoável estabilidade”.

Normalmente, utiliza-se os reguladores trifásicos nas subestações de distribuição para regular as tensões nos barramentos, enquanto que os reguladores monofásicos são aplicados nos alimentadores primários de média tensão como forma de manter os limites definidos nos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) (MAMEDE, 2013).

2.1.3.2 Religadores automáticos

Mamede cita em seu livro que:

religadores automáticos são equipamentos de interrupção da corrente elétrica dotados de uma determinada capacidade de repetição em operações de abertura e fechamento de um circuito, durante a ocorrência de um defeito (MAMEDE, 2013).

Religadores são utilizados para efetuar a proteção da saída dos alimentadores, no lugar dos disjuntores, assim como para a proteção das linhas de distribuição, ao longo do alimentador primário (SILVEIRA; GALVANI; SOUZA, 2011, p.220). Ademais, conforme elencado por Silveira, Galvani e Souza (2011, p.221) “quando uma unidade de proteção do religador é sensibilizada por uma corrente de defeito e depois de transcorrido o tempo especificado na sua curva característica de operação, o religador operará, e abrirá o circuito”.

Além disto, defeitos transitórios que ocorrem em circuitos de redes áreas dos alimentadores primários são eliminados sem a necessidade do deslocamento de uma equipe de atendimento e/ou manutenção (MAMEDE, 2013).

Por outro lado, a aplicação dos religadores nos sistemas de distribuição deve ser planejada e seguir alguns critérios de utilização importantes, segundo Mamede (2013), são eles:

- a) derivação de ramal: em pontos onde há derivação para ramais que suprem cargas relevantes, cuja área atendida apresente elevado risco de falhas transitórias;
- b) circuitos longos: em pontos predeterminados de circuitos muito longos, nos quais as correntes de curto circuito não tem valor expressivo para sensibilizar as proteções dos equipamentos a jusante do religador;
- c) alimentadores: apenas com alimentadores que tenham dois ou mais ramais;
- d) prioridade de atendimento: imediatamente após cargas ou agrupamento de cargas que demandem uma elevada continuidade de serviço;
- e) ramais alimentadores de consumidores primários: caso a proteção do consumidor primário seja feita através de disjuntor dotado apenas de relés de indução.

Por fim, os religadores automáticos possuem como escopo final realizar a interrupção do fornecimento de energia elétrica quaisquer sejam o motivo da falta em um tempo mínimo. Para tal, o mesmo realiza um teste no circuito a jusante, visando eliminar as interrupções transitórias, para dar continuidade com o fornecimento ou isolar o local em que foi verificado a falta permanente ou ainda possibilitar que outro equipamento o faça.

2.1.3.3 Seccionadores automáticos

Os seccionadores automáticos são equipamentos de proteção instalados em redes áreas de distribuição com a função de seccionar terminantemente determinado trecho do alimentador principal. Ao ocorrer uma falta a jusante ou a montante deste equipamento, o mesmo deve ser acionado para isolar o trecho defeituoso e permitir manobras de recomposição.

Conforme Silveira, Galvani e Souza (2011, p.222), os seccionalizadores automáticos são equipamentos de proteção “utilizados em sistemas de distribuição

sempre em conjunto com outro equipamento de proteção, normalmente um religador”. Contudo, os mesmos “não são capazes de interromper correntes de curto circuito, embora possam interromper correntes até a sua corrente nominal”.

2.1.3.4 Banco de capacitor

Os bancos de capacitores são instalados nos sistemas de distribuição e nas subestações das concessionárias de distribuição de energia com o intuito de reduzir as perdas por potência reativa do sistema e elevar a tensão do circuito. Conforme Mamede (2013), os bancos de capacitores são instalados nas redes de distribuição áreas objetivando os seguintes benefícios:

- a) melhoria do fator de potência do sistema;
- b) controle do fluxo de potência;
- c) aumento da capacidade do fluxo de potência ativa, postergando investimentos de ampliação e melhoria nos alimentadores primários;
- d) redução de perdas ôhmicas nos condutores;
- e) melhoria no perfil de tensão nos alimentadores primários.

2.1.4 Classificação das redes de distribuição

A conexão tanto entre a subestação de distribuição e os consumidores finais, quanto a conexão entre os equipamentos supracitados, é realizada por meio dos cabos condutores de energia. Desta forma, segundo Azevedo (2010, p.34), as redes de distribuição podem ser classificadas de acordo com a tensão: rede de distribuição primária com tensões entre 25 kV e 1 kV e secundária com tensões inferiores a 1000 V.

Azevedo (2010, p.34) ainda cita que, no que diz respeito aos sistemas de distribuição, o tipo de isolamento dos condutores é um critério importante, pois define a maneira como os mesmos serão instalados. Deste modo, existem alguns tipos de redes de distribuição utilizados em abrangência pelas concessionárias de distribuição de energia, os mais comuns serão relatados a seguir.

2.1.4.1 *Redes aéreas convencionais*

As redes aéreas convencionais são as mais difundidas no país e caracterizam-se pelos condutores nus sob isoladores de vidro ou porcelana. Os isoladores são fixados em cruzetas de concreto ou madeira apoiadas nos postes de concreto nas redes urbanas e postes de madeira nas redes rurais (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.24).

Consoante com Nakaguishi e Hermes (2011, p. 24), este tipo de rede de distribuição produz um baixo nível de confiabilidade na distribuição, visto que os condutores não são isolados ou protegidos e qualquer elemento externo ao sistema pode provocar o desligamento da rede. Além disto, os mesmos autores afirmam que o descrito anterior eleva a taxa de falhas do trecho e que se faz necessário podas frequentes nas árvores próximas como forma de remediar as inúmeras atuações.

Com tantas atuações, as intervenções e consertos nesta topologia de rede são frequentes e impactam negativamente na sociedade em geral. Os impactos negativos são diversos, como por exemplo os desligamentos não programados, perdas de faturamento, queima de aparelhos, transtornos em hospitais e gastos elevados com manutenção e podas emergenciais e corretivas (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.24-25).

2.1.4.2 *Redes aéreas compactas*

As redes aéreas compactas são elaboradas de tal forma que um cabo mensageiro de aço e espaçadores poliméricos (espaçados a cada dez metros) que sustentam três condutores revestidos por uma camada de polietileno não reticulado (XLPE). Em contrapartida, mesmo que os cabos sejam protegidos, não se pode considerar que os condutores estejam isolados eletricamente (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.26).

Esta topologia de rede de distribuição detém muitas vantagens se quando comparada com a rede aérea convencional, apresentando como conveniências a redução da taxa de falhas e conseqüentemente redução nas intervenções e manutenções, redução nos indicadores de continuidade (DEC e FEC), aumento na

confiabilidade e, mas não menos importante, melhora na imagem da concessionária distribuidora de energia (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.26-27).

Desta forma, este tipo de rede de distribuição está em crescente expansão nos sistemas de distribuição atuais.

2.1.4.3 Redes aéreas isoladas

Nesta topologia de rede, ao redor de um cabo de mensageiro de aço para sustentação, são utilizados três condutores isolados, blindados e trançados. Portanto, é necessária a utilização de condutores isolados compatíveis com a classe de tensão onde serão aplicados, ou seja, em baixa ou média tensão (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.27).

Ademais, são utilizados acessórios desconectáveis para as conexões e derivações e terminações para permitirem a transição entre os condutores isolados desta topologia de rede e os condutores das redes aéreas convencionais (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.27).

Segundo Bittencourt (2016, p.21), esta topologia de rede traz maior segurança contra contatos acidentais temporários ou contatos permanentes com objetos aterrados ou arborização, pois os acessórios e os próprios condutores são blindados e totalmente isolados. Outrossim, como a blindagem deve estar aterrada nos dois lados da transposição do condutor, reduz-se o impacto das descargas atmosféricas nas redes de distribuição primária. Conseqüentemente, tem-se a taxa de falhas reduzida com a aplicação desta topologia de rede dos sistemas de distribuição.

2.1.4.4 Redes subterrâneas

Segundo Nakagushi e Hermes (2011), as redes subterrâneas são divididas em totalmente enterradas e semi enterradas. Nas redes semi enterradas os condutores são enterrados, mas os equipamentos são instalados sobre o solo, enquanto que nas totalmente enterradas, ambos, equipamentos e condutores, ficam abaixo do nível do solo.

O arranjo semi enterrado demanda espaço suficiente acima do solo para comportar os equipamentos necessários. Ao passo que “os sistemas subterrâneos de distribuição são caracterizados pelo uso de cabos e equipamentos totalmente enterrados”. Ademais, ainda sobre os sistemas totalmente enterrados, sua “utilização é indicada em áreas urbanas com alta densidade de carga, em que a rede aérea é inviável.” (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.28).

Dentre as topologias apresentadas anteriormente, esta é sem dúvidas a que apresenta maiores vantagens, contudo com um custo mais elevado. Desta forma, Nakaguishi e Hermes (2011, p.28) afirmam que “os sistemas subterrâneos são justificados em áreas com grande densidade de carga, locais com congestionamento de equipamentos aéreos [...]” etc. Entre as vantagens, tem-se a menor possibilidade de falhas e, conseqüentemente, redução nos custos de manutenção, melhor continuidade de serviço e nível de segurança, entre outras (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.29).

2.1.5 Sistema radial

Os sistemas de distribuição diferem dos sistemas de transmissão e subtransmissão quanto a sua estrutura topológica, uma vez que nos sistemas de distribuição a topologia em radial prevalece sobre a em malha. Esta característica de radialidade se origina pelo único caminho disponível para o fluxo de energia entre SE de distribuição e o consumidor final. Destarte, caso houver uma interrupção neste único caminho disponível, todos os consumidores após a interrupção ficarão com seu fornecimento de energia comprometido (CARVALHO, 2006, p.18).

O sistema em radial ainda é o mais usufruído nas redes de distribuição devido a sua simplicidade de construção, planejamento, operação e proteção, além, é claro, do menor custo para implementação (CARVALHO, 2006, p.18).

2.1.6 Sistema em anel (ou malha)

Os sistemas em anel ou malha detém como principal característica ser um circuito fechado, usufruído, principalmente, no sistema elétrico de transmissão de energia. Conforme com Carvalho (2006, p.19), o motivo principal de haver esta

interligação (malha) entre os sistemas se deve ao fato da elevada confiabilidade que este sistema proporciona, além da possibilidade de intercâmbio entre áreas.

Graças a esta interligação existente entre os sistemas, os mesmos podem ser “comumente chamados de sistemas malhados, isto é, sistemas que possuem uma topologia em malhas ou anéis.” (CARVALHO, 2006, p.19).

Como supracitado, a maior vantagem do sistema em anel comparado ao sistema radial está relacionada com o aumento da confiabilidade. Como exemplo prático, um sistema em malha composto por linhas, alimentadores e transformadores, é alimentado por dois disjuntores diferentes e em caso de falha, somente o trecho em que ocorrer a falha ficará isolado e o restante será atendido como um sistema radial qualquer.

2.1.7 Sistema em anel aberto (ou malha aberta)

Como os sistemas em anel são mais comumente utilizados no sistema elétrico de transmissão de energia, uma simplificação desta topologia pode ser aplicada nas redes de distribuição. Portanto, no sistema em anel aberto, a distribuição de energia é concebida por duas ou mais redes de distribuição primária. Desta forma, caso ocorra uma falha permanente no trecho principal de uma das redes, toda a carga pode ser suprida por outra rede. Contudo, todas as redes de distribuição primária envolvidas devem ser dimensionadas para atender toda a carga conectada nas redes de distribuição primária desta topologia (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.32).

Desta forma, muitos sistemas de distribuição radiais podem ser interligados através de chaves de seccionamento normalmente abertas (NA), sejam telecomandadas ou não. Destarte, caso seja necessário isolar uma parte principal da rede de distribuição primária, pode-se reenergizar os consumidores a jusante pelo fechamento desta chave NA. Portanto, a adição de uma chave NA nos sistemas de distribuição radiais diminui consideravelmente o impacto dos desligamentos sobre uma parcela dos consumidores durante os serviços de manutenção (NAKAGUSHI; HERMES, 2011, p.32).

2.2 Qualidade no fornecimento de energia elétrica

O conceito de “qualidade de energia” está associado ao fato de que o fornecimento de energia elétrica está atrelado a um ponto de entrega e, conseqüentemente, deve ser tratado como uma entrega de produto e não uma prestação de serviço. Assim, deve-se definir de forma clara e objetiva a qualidade do produto “eletricidade” e o fornecimento do mesmo dentro de padrões aceitáveis provindo de um acordo entre consumidor e fornecedor (PAZZINI, 2002, p.9).

Conforme Pazzini (2002, p.9) relata em seu trabalho, “o agente regulador deve estabelecer indicadores que retratem o sentimento do cliente quanto ao produto que está recebendo” para aferir a qualidade da energia elétrica. Ademais, o mesmo agente regulador deve estabelecer padrões de comparação para avaliar e/ou punir se não for apresentado um nível mínimo de qualidade (PAZZINI, 2002, p.9).

Desta forma, avalia-se o conceito de qualidade de energia elétrica sobre três perspectivas diferentes: qualidade do produto, qualidade do serviço e qualidade comercial (PAZZINI, 2002, p.9). Sendo o segundo, qualidade do serviço, o enfoque principal deste trabalho.

A qualidade do serviço relaciona-se de modo direto com a operação e manutenção do sistema elétrico. Ela estabelece níveis aceitáveis de interrupções, programadas ou não, as quais os consumidores estão sujeitos a um fator diretamente ligado ao gerenciamento do sistema elétrico, a qualificação profissional dos trabalhadores envolvidos nas tarefas diárias da empresa e a existência de um canal eficiente de comunicação acessível os consumidores (PAZZINI, 2002, p.10).

O consumidor é o primeiro a sentir os efeitos da má qualidade no fornecimento de energia elétrica, por isso que a distribuição tem um papel fundamental para a qualidade da energia, visto que a distribuição é o elo mais próximo do consumidor. Ademais é de responsabilidade da concessionária de distribuição fiscalizar e tomar as providências cabíveis quanto aos consumidores que geram distúrbios e problemas que afetam outros consumidores.

2.2.1 Conjuntos de unidades consumidoras

Primeiramente, antes de discorrer sobre a qualidade do serviço em si, é necessário escrever sobre o agrupamento dos consumidores em conjuntos de unidades consumidoras (UCs), pois os indicadores de continuidade coletivos são mensurados e avaliados pela ANEEL nos conjuntos de UCs pré-definidos. Segundo ANEEL (2020, p.44), os conjuntos elétricos de unidades consumidoras são definidos por Subestação de Distribuição (SED) e contemplam as redes de média tensão da distribuidora a jusante da SED.

Conforme ANEEL (2020, p.44-45), alguns preceitos para o agrupamento das unidades consumidoras em conjuntos devem ser respeitados também. São eles:

- a) SED com número de unidades consumidoras igual ou inferior a 1000 (mil) consumidores devem ser agregadas a outros conjuntos;
- b) SED com número de unidades consumidoras entre 1000 (mil) e 10000 (dez mil) consumidores podem ser agregadas a outros conjuntos;
- c) não devem ser agrupadas duas ou mais SEDs com número de unidades consumidoras acima 10000 (dez mil) consumidores;
- d) só podem ser agrupadas SEDs que sejam adjacentes;
- e) poderão ser divididas em diferentes conjuntos, conforme aprovação da ANEEL, SEDs com redes subterrâneas e SEDs com redes aéreas, desde que os conjuntos apresentem mais que 1000 (mil) unidades consumidoras;
- f) para as redes em média tensão que não possuam subestação com primário em alta tensão, o conjunto deve englobar as redes de média tensão da propriedade da distribuidora até o ponto de conexão com o agente supridor;
- g) todos os consumidores e centrais geradoras atendidos em baixa e média tensão devem pertencer ao mesmo conjunto em que a sua SED está designada.

Além disto, “novas unidades consumidoras ligadas após a aprovação dos conjuntos deverão ser classificadas de acordo com a área geográfica de abrangência dos conjuntos vigentes” (ANEEL, 2020, p.45).

2.2.2 Parâmetros de qualidade do serviço

Os parâmetros de qualidade do serviço da energia elétrica são estabelecidos e fiscalizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com o intuito de estabelecer diretrizes aos procedimentos relativos à qualidade do serviço prestados pelas concessionárias de distribuição aos consumidores, oferecendo a esses, parâmetros de avaliação para o serviço.

De uma forma geral, os parâmetros de qualidade do serviço estão descritos e compilados no Módulo 8 do documento de Procedimentos de Distribuição (PRODIST) elaborado pela ANEEL com revisões anuais.

2.2.2.1 Indicadores de continuidade no fornecimento de energia elétrica

A ANEEL, as distribuidoras e os consumidores podem avaliar a qualidade do serviço através do controle das interrupções, cálculo de divulgação dos indicadores de continuidade no fornecimento de energia elétrica. Estes indicadores se referem tanto à duração das interrupções, quanto à frequência das mesmas, sendo apurados de forma mensal, trimestral e anual. Salvo o indicador DICRI, que “deve ser apurado por interrupção ocorrida em Dia Crítico” (ANEEL, 2020, p.51).

Comumente, divide-se os indicadores de continuidade em duas categorias: indicadores individuais e indicadores coletivos.

2.2.2.2 Indicadores individuais

Os indicadores de continuidade individuais são aplicáveis a todas as unidades consumidoras ou pontos de conexão.

Duração de interrupção por unidade consumidora ou por ponto de conexão (DIC). Indica quanto tempo uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica durante um período considerado. Obtida pela Equação 1 e o valor do DIC é expresso em horas e centésimos de hora: (ANEEL, 2020, p.51-52).

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

Onde:

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

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

$t(i)$ = tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada ou ponto de conexão, no período de apuração.

Frequência de interrupção por unidade consumidora ou por ponto de conexão (FIC). Indica quantas vezes uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica durante um período considerado. Obtida pela Equação 2 e o valor do FIC é expresso em número de interrupções: (ANEEL, 2020, p.51-52).

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

Onde:

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

Além do FIC e DIC, há outros indicadores estabelecidos pelo PRODIST, o DMIC, duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão e o DICRI, duração da interrupção ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão, os indicadores de DMIC e DICRI, são obtidos pelas Equações 3 e 4, respectivamente: (ANEEL, 2020, p.51-52).

$$DMIC = t(i)_{max} \quad (3)$$

$$DICRI = t_{crítico} \quad (4)$$

Onde:

$t(i)_{max}$ = valor correspondente ao tempo da máxima duração de interrupção contínua (i), no período de apuração, verificada na unidade considerada, expresso em horas e centésimo de horas;

$t_{crítico}$ = duração da interrupção ocorrida em dia crítico.

2.2.2.3 Indicadores coletivos

Duração equivalente de interrupções por unidade consumidora (DEC). Indica o número de horas em média que um consumidor fica sem energia elétrica durante um período, geralmente mês, trimestre e ano. Obtida pela seguinte fórmula (Equação 5):

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

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 e MT.

Frequência equivalente de interrupções por unidade consumidora (FEC). Indica quantas vezes em média houve interrupção no fornecimento de energia em um determinado intervalo de tempo, geralmente mês, trimestre e ano. Obtida pela Equação 6:

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

3 ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE COLETIVOS DE 2020

A partir das informações apresentadas nos capítulos anteriores, o presente trabalho deu enfoque na análise dos indicadores de continuidade dos conjuntos de unidades consumidoras (UCs) da distribuidora CELESC durante o ano de 2020.

Os dados com as informações referentes aos indicadores de continuidade coletivos (DEC e FEC) limites de cada conjunto de UCs foram adquiridos diretamente no site da ANEEL. Juntamente com os indicadores de continuidade DEC e FEC apurados no ano de 2020 para cada conjunto. Vale ressaltar que a ANEEL fornece anualmente de forma livre e gratuita estes dados em seu site.

Portanto, coletou-se os dados contendo a relação de DEC e FEC limite estipulado e mensurado durante o ano de 2020 dos 133 (cento e trinta e três) conjuntos de unidades consumidores sobre a concessão da CELESC disponibilizados pela ANEEL.

Desta forma, como a lista dos conjuntos de unidades consumidoras sobre a concessão da CELESC é extensa, optou-se por transformá-la no Anexo A deste trabalho, com todos os valores retirados diretamente do site da ANEEL (2021).

Portanto, neste capítulo é apresentada algumas informações sobre a CELESC Distribuição e descrito a análise dos indicadores de continuidade coletivos dos conjuntos de unidades consumidoras da CELESC no ano de 2020.

3.1 A CELESC Distribuição

A Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (CELESC) é uma sociedade de economia mista nas áreas de geração, transmissão e distribuição de energia. Fundada em 1955, consolidou-se ao longo dos anos como uma das maiores empresas do setor elétrico brasileiro, com reconhecimento nacional e internacional pela qualidade dos seus serviços e por suas ações nos campos técnico, econômico, ambiental e social (CELESC, 2021c).

A CELESC Distribuição foi criada em outubro de 2006, a partir da desverticalização das atividades de geração e distribuição de energia elétrica exercidas pela CELESC, em atendimento ao marco regulatório do Setor Elétrico

Nacional. Naquele ano, a CELESC passou a operar no formato de holding, com duas subsidiárias integrais: a CELESC Geração S.A e a CELESC Distribuição S.A. (CELESC, 2021c).

É responsável pela prestação dos serviços de energia elétrica para uma carteira formada por mais de 3 milhões unidades consumidoras em 285 municípios catarinenses (cerca de 92% do território do estado), além do município de Rio Negro, no Paraná. A empresa mantém parceria com cooperativas de eletrificação rural e outras concessionárias que atuam no Estado, sendo quatro concessionárias e 20 permissionárias (CELESC, 2021a).

Ademais, a CELESC Distribuição administra um sistema elétrico de alta tensão que possui aproximadamente 5 mil quilômetros de linhas de distribuição de 138 kV e 69 kV. Além disto, conta com cerca de 318 transformadores de potência e uma capacidade instalada de 7,8 GVA. Contudo a demanda máxima registrada foi de 5,37 GVA (CELESC, 2021a).

3.2 Determinação dos piores indicadores de continuidade dos conjuntos de unidades consumidoras

Iniciou-se a análise dos dados coletados com a aferição dos conjuntos de unidades consumidoras com os maiores indicadores registrados no ano de 2020. Assim, por motivos de conveniência, esta análise foi limitada a apenas os cinco piores conjuntos de unidades consumidores separados por indicador (DEC e FEC). Destarte, a Tabela 2 apresenta os conjuntos de UCs com piores valores de DEC para o ano de 2020.

Tabela 2 – Piores DEC's no ano de 2020

Conjunto	Nº de UCs	DEC apurado [h]	DEC limite [h]
SANTA TEREZINHA	3.612	66,58	32
DOCTOR PEDRINHO	2.742	55,14	31
CURITIBANOS DISTRITO INDUSTRIAL	3.334	47,28	15
VOLTA GRANDE	1.576	37,16	26
ITAIOPOLIS	8.536	34,33	25

Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

Ademais, a Tabela 3 a seguir exhibe os cinco conjuntos de unidades consumidoras com os piores valores de FEC apurados no ano de 2020.

Tabela 3 – Piores FECs no ano de 2020

Conjunto	Nº de UCs	FEC apurado	FEC limite
SANTA TEREZINHA	3.612	31,32	16
ITAIOPOLIS	8.536	24,37	14
DOUTOR PEDRINHO	2.742	22,52	19
PORTO UNIÃO DIST.	6.844	21,59	15
CURITIBANOS DISTRITO INDUSTRIAL	3.334	19,88	10

Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

Assim, as informações presentes nas Tabelas 2 e 3 apontam que em ambos os indicadores, DEC e FEC, os mesmos conjuntos de UCs tiveram os piores indicadores apurados de toda a área de concessão da CELESC. Ou seja, em média os consumidores pertencentes aos conjuntos acima listados foram submetidos há sucessivas interrupções no fornecimento de energia ao longo do ano (característica devido ao alto valor do indicador FEC) e o tempo de retorno no fornecimento foi um dos mais elevados em todo o estado. Todavia, a única exceção foi o conjunto de Volta Grande, pois é o quarto pior DEC da empresa, porém está classificado em décimo nono como pior FEC.

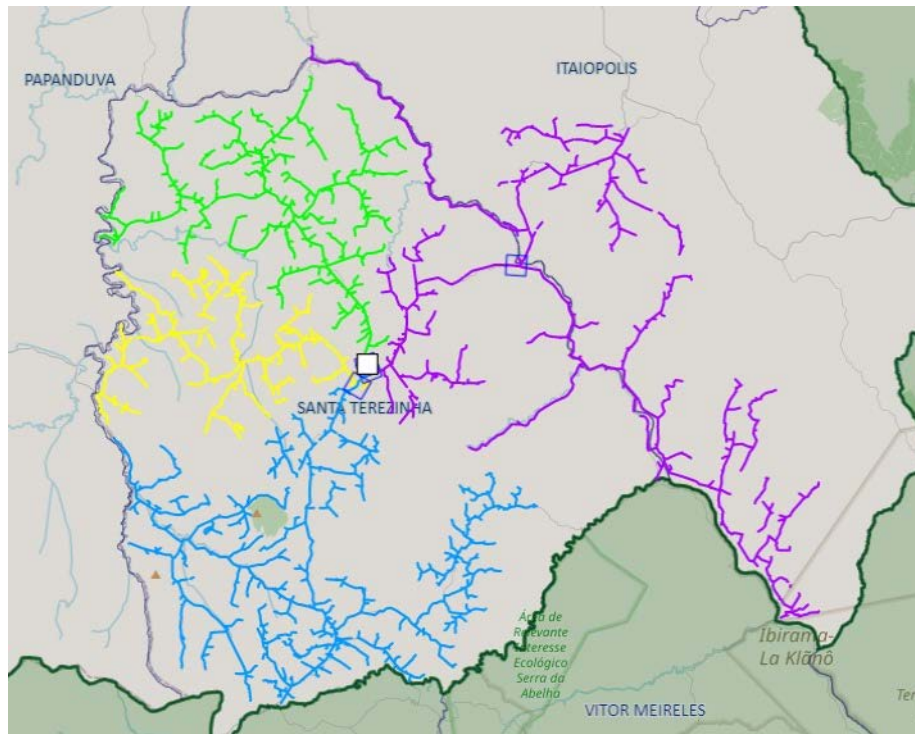
Evidentemente, a constatação descrita anteriormente já é de conhecimento da CELESC, pois se forem observadas as colunas de DEC e FEC limites nas Tabelas 2 e 3, já foram estipulados valores altos de DEC e FEC para estes conjuntos de UCs no início do ano. Isto indica que os conjuntos listados nas Tabelas 2 e 3 já apresentam histórico de altos valores nos indicadores coletivos de continuidade.

Além disto, pelos conjuntos listados nas Tabelas 2 e 3, a grande maioria dos piores conjuntos de UCs da CELESC estão localizados no norte e meio oeste do estado de Santa Catarina e cobrem predominantemente áreas rurais com forte presença de vegetação.

3.2.1 Conjunto Santa Terezinha

O conjunto de unidades consumidoras Santa Terezinha atende geograficamente os consumidores do município catarinense de mesmo nome, Santa Terezinha, e uma parte de Itaiópolis. A Figura 1 exibe a rede de distribuição primária do conjunto Santa Terezinha.

Figura 1 – Rede de distribuição primária conjunto Santa Terezinha



Fonte: Adaptado de CELESC (2021b).

Como é possível visualizar na Figura 1, o conjunto Santa Terezinha possui alimentadores e redes de distribuição primárias longos, muito ramificados e as interligações com outras redes de distribuição primárias são escassas.

A Figura 2 exibe uma imagem de satélite da região do conjunto de Santa Terezinha, assim como o curso dos grandes rios, relevo, algumas estradas principais, zonas com vegetação densa e áreas rurais do município.

Figura 2 – Mapa do conjunto de Santa Terezinha



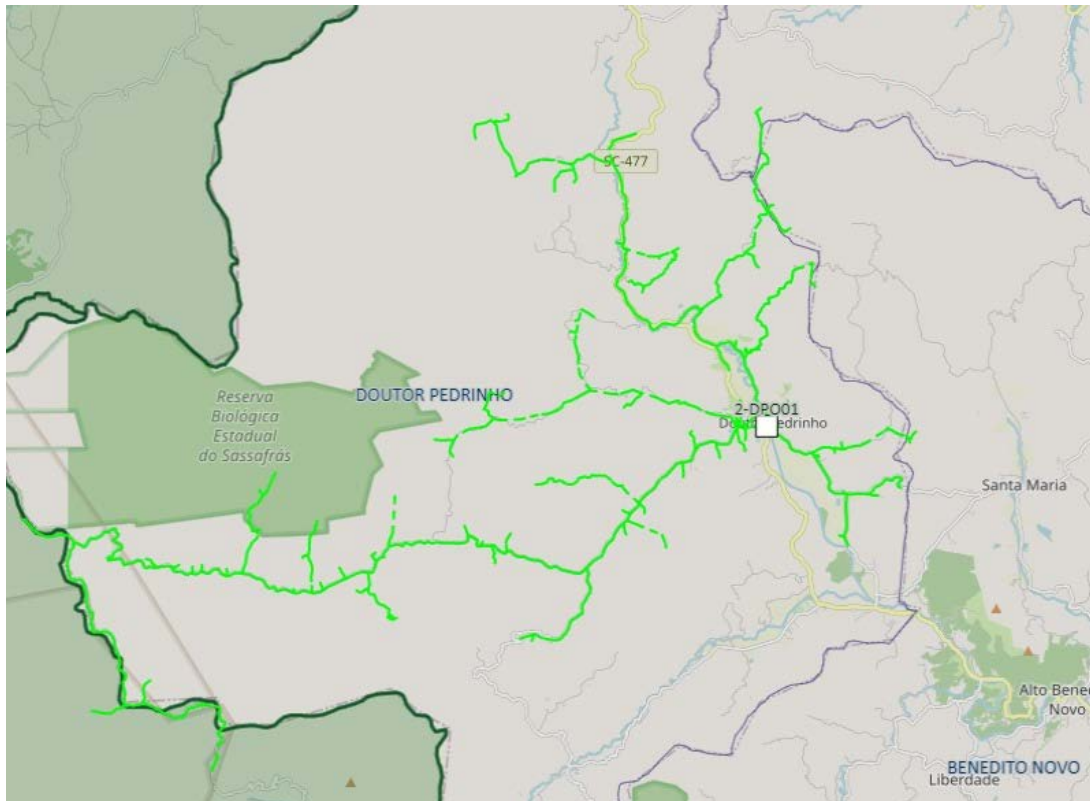
Fonte: Adaptado de MonitoraSC (2017).

A região é predominantemente rural com forte presença de vegetação ainda nativa em alguns pontos e cercado por serras no sul, leste e oeste do município. Desta forma, o atendimento às inúmeras falhas pelas equipes emergenciais é dificultado pelas condições citadas anteriormente. Outrossim, esta região se torna um desafio para o setor de planejamento e construção devido ao relevo, densidade de vegetação e a extensa área rural do conjunto.

3.2.2 Conjunto Doutor Pedrinho

O conjunto de unidades consumidoras Doutor Pedrinho atende geograficamente os consumidores do município catarinense de mesmo nome, Doutor Pedrinho. A Figura 3 exibe a rede de distribuição primária do conjunto Doutor Pedrinho.

Figura 3 – Rede de distribuição primária conjunto Doutor Pedrinho

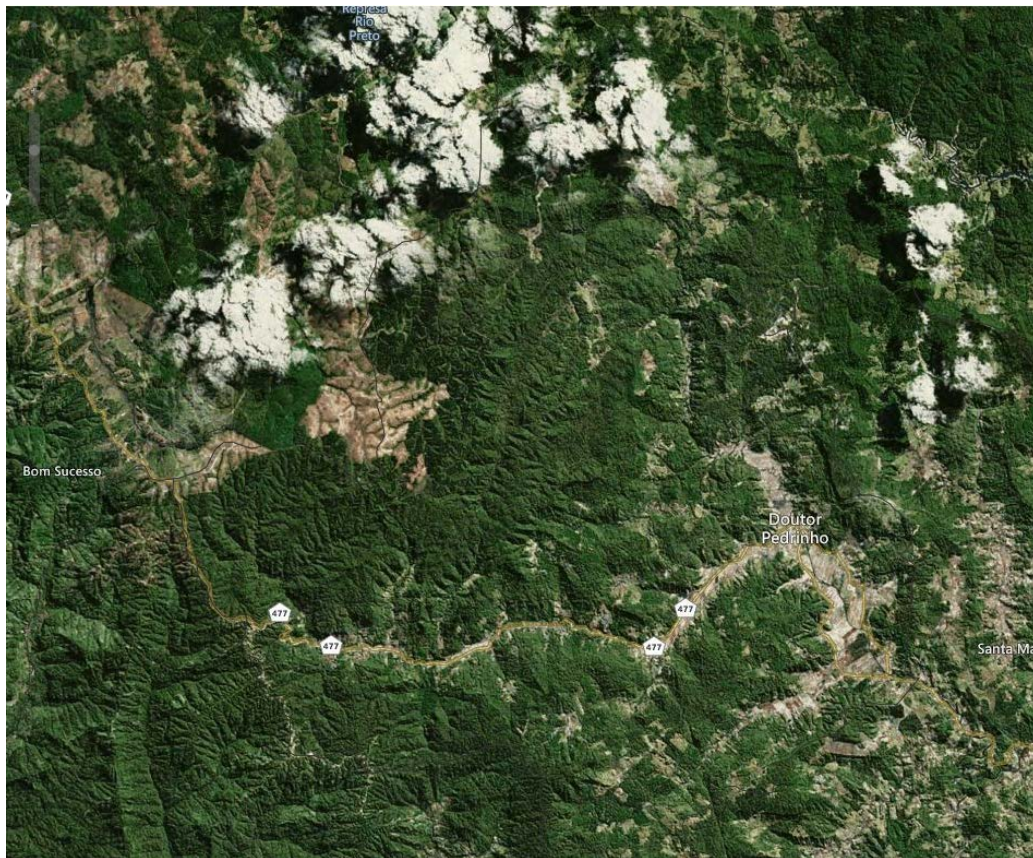


Fonte: Adaptado de CELESC (2021b).

Como é possível visualizar na Figura 3, o conjunto Doutor Pedrinho possui apenas um alimentador e sua rede de distribuição primária necessita ser extremamente longa para atender as demandas dos consumidores presentes nas áreas rurais do município. Ademais, o conjunto Doutor Pedrinho possui alimentadores e redes de distribuição primárias longos, muito ramificados e as interligações com outras redes de distribuição primárias são escassas.

A Figura 4 exibe uma imagem de satélite da região do conjunto de Doutor Pedrinho, assim como o curso dos grandes rios, relevo, algumas estradas principais, zonas com vegetação densa e áreas rurais do município.

Figura 4 – Mapa do conjunto de Doutor Pedrinho



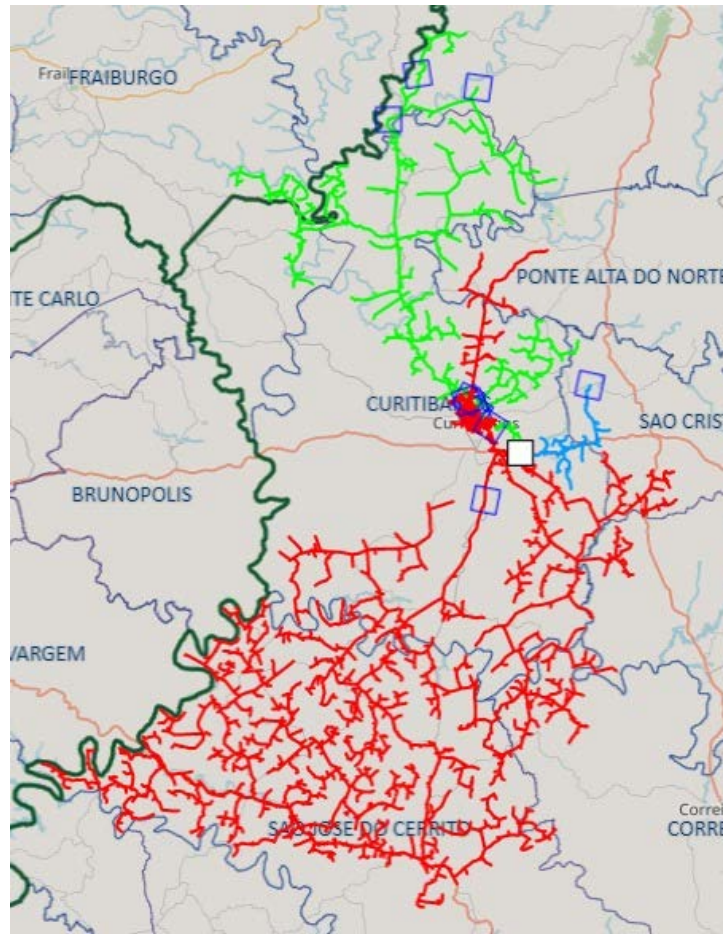
Fonte: Adaptado de MonitoraSC (2017).

A região é predominantemente rural, com exceção do centro da cidade de Doutor Pedrinho. A rede de distribuição primária se estende para a região rural com forte presença de vegetação e com serras a oeste da cidade de Doutor Pedrinho. Desta forma, o atendimento às inúmeras falhas pelas equipes emergenciais é dificultado pelas condições citadas anteriormente. Outrossim, esta região se torna um desafio para o setor de planejamento e construção devido ao relevo, densidade de vegetação e a extensa área rural do conjunto.

3.2.3 Conjunto Curitibanos Distrito Industrial

O conjunto de unidades consumidoras Curitibanos Distrito Industrial atende geograficamente os consumidores dos municípios catarinenses Curitibanos, uma parte de São Cristóvão do Sul e São José do Cerrito. A Figura 5 exibe a rede de distribuição primária do conjunto Curitibanos Distrito Industrial.

Figura 5 – Rede de distribuição primária conjunto Curitibaanos Distrito Industrial

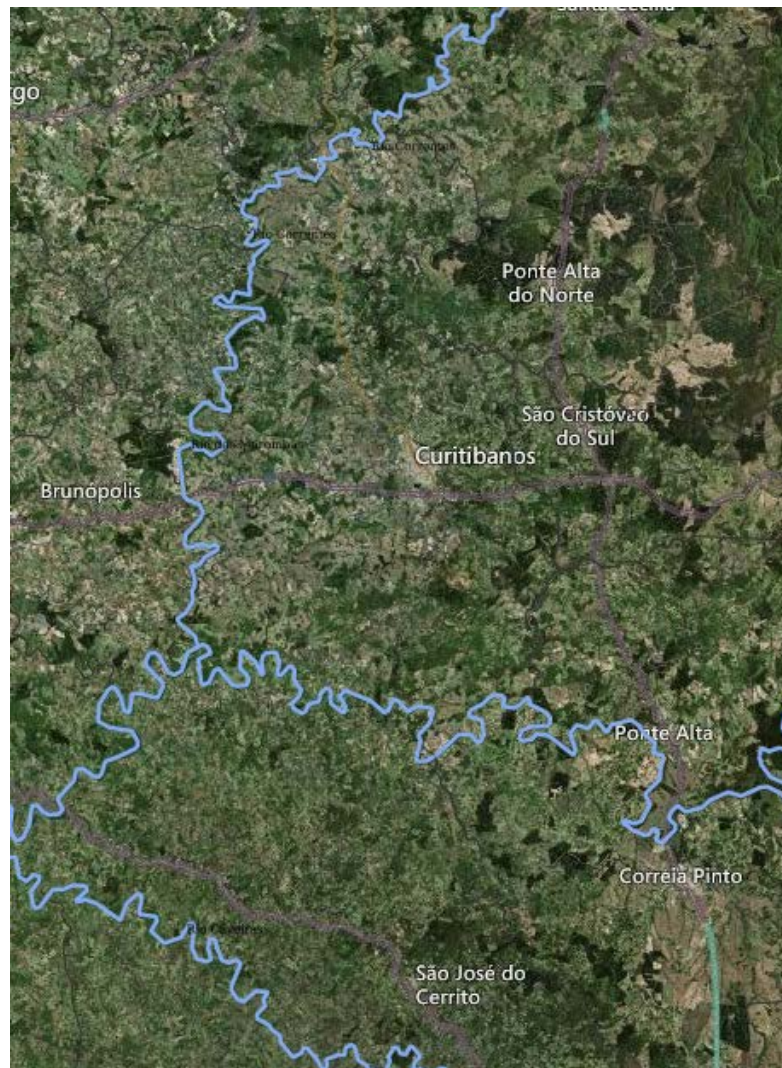


Fonte: Adaptado de CELESC (2021b).

Novamente, a Figura 5 ilustra que o conjunto Curitibaanos Distrito Industrial possui vários alimentadores e suas redes de distribuição primária são extremamente longas visando atender as demandas dos consumidores presentes nas áreas rurais do município.

A Figura 6 exibe uma imagem de satélite da região do conjunto de Curitibaanos Distrito Industrial, assim como o curso dos grandes rios, relevo, algumas estradas principais, zonas com vegetação densa e áreas rurais do município.

Figura 6 – Mapa do conjunto Curitibanos Distrito Industrial



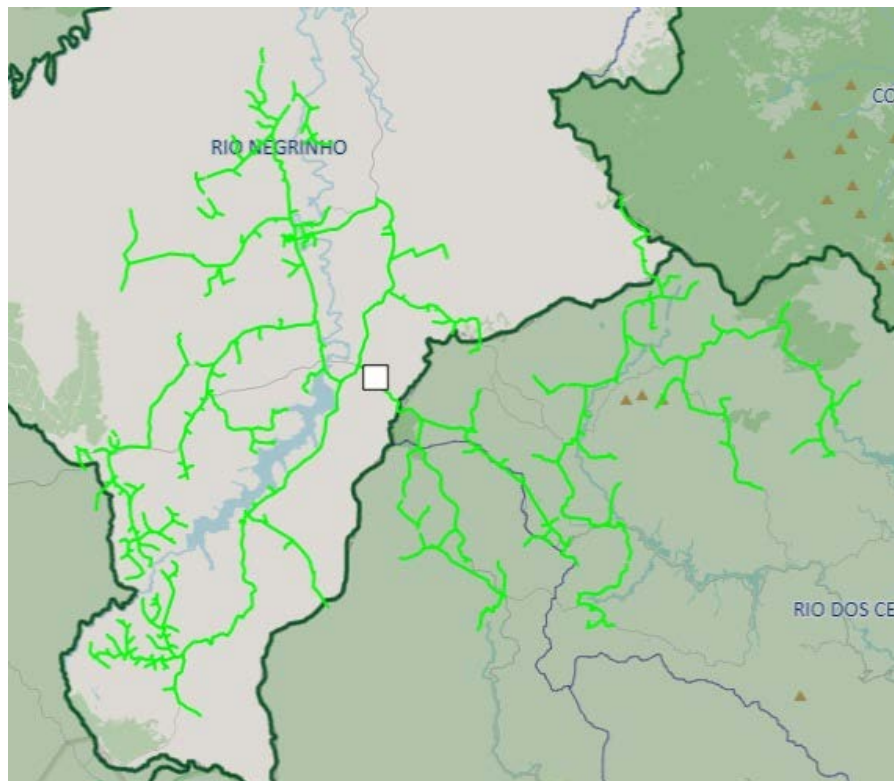
Fonte: Adaptado de MonitoraSC (2017).

A região é predominantemente rural, com exceção do centro da cidade de Curitibanos. A rede de distribuição primária se estende para a região rural com algumas áreas com presença de vegetação. Desta forma, o atendimento às inúmeras falhas pelas equipes emergenciais é dificultado pelas condições citadas anteriormente. Outrossim, esta região se torna um desafio para o setor de planejamento e construção devido a extensa área rural do conjunto.

3.2.4 Conjunto Volta Grande

O conjunto de unidades consumidoras Volta Grande atende geograficamente os consumidores dos municípios catarinenses de Rio Negrinho e Rio dos Cedros. A Figura 7 exibe a rede de distribuição primária do conjunto Volta Grande

Figura 7 – Rede de distribuição primária conjunto Volta Grande



Fonte: Adaptado de CELESC (2021b).

Como é possível visualizar na Figura 7, o conjunto Volta Grande possui apenas um alimentador e sua rede de distribuição primária necessita ser extremamente longa para atender as demandas dos consumidores presentes nas áreas rurais do município.

A Figura 8 exibe uma imagem de satélite da região do conjunto de Volta Grande, assim como o curso dos grandes rios, relevo, algumas estradas principais, zonas com vegetação densa e áreas rurais do município.

Figura 8 – Mapa do conjunto Volta Grande



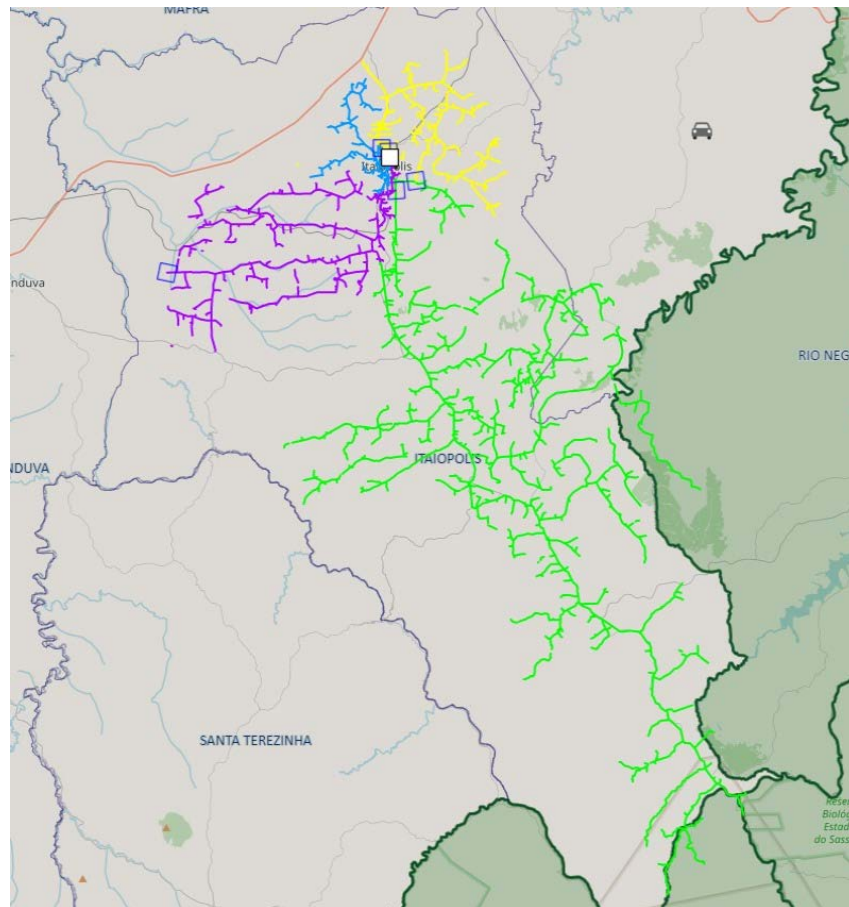
Fonte: Adaptado de MonitoraSC (2017).

Como se pode visualizar na Figura 8, a rede de distribuição primária se estende para uma região rural com forte presença de vegetação ainda nativa e com propriedades rurais grandes. Desta forma, o atendimento às inúmeras falhas pelas equipes emergenciais é dificultado pelos motivos acima e pela dificuldade de acesso as redes que percorrem dentro de grandes propriedades rurais. Outrossim, esta região se torna um desafio para o setor de planejamento e construção devido à extensa área rural do conjunto.

3.2.5 Conjunto Itaiópolis

O conjunto de unidades consumidoras Itaiópolis atende geograficamente os consumidores do município catarinense de mesmo nome, Itaiópolis. A Figura 9 exhibe a rede de distribuição primária do conjunto Itaiópolis

Figura 9 – Rede de distribuição primária conjunto Itaiópolis



Fonte: Adaptado de CELESC (2021b).

Como é possível visualizar na Figura 9, o conjunto Itaiópolis possui vários alimentadores e suas redes de distribuição primária necessitam ser extremamente longas para atender as demandas dos consumidores presentes nas áreas rurais do município. Ademais, estas redes são muito ramificadas e os pontos de interconexão, para eventuais manobras de emergência com outras redes de distribuição, são escassos.

A Figura 10 exibe uma imagem de satélite da região do conjunto de Itaiópolis, assim como o curso dos grandes rios, relevo, algumas estradas principais, zonas com vegetação densa e áreas rurais do município.

Figura 10 – Mapa do conjunto Itaiópolis



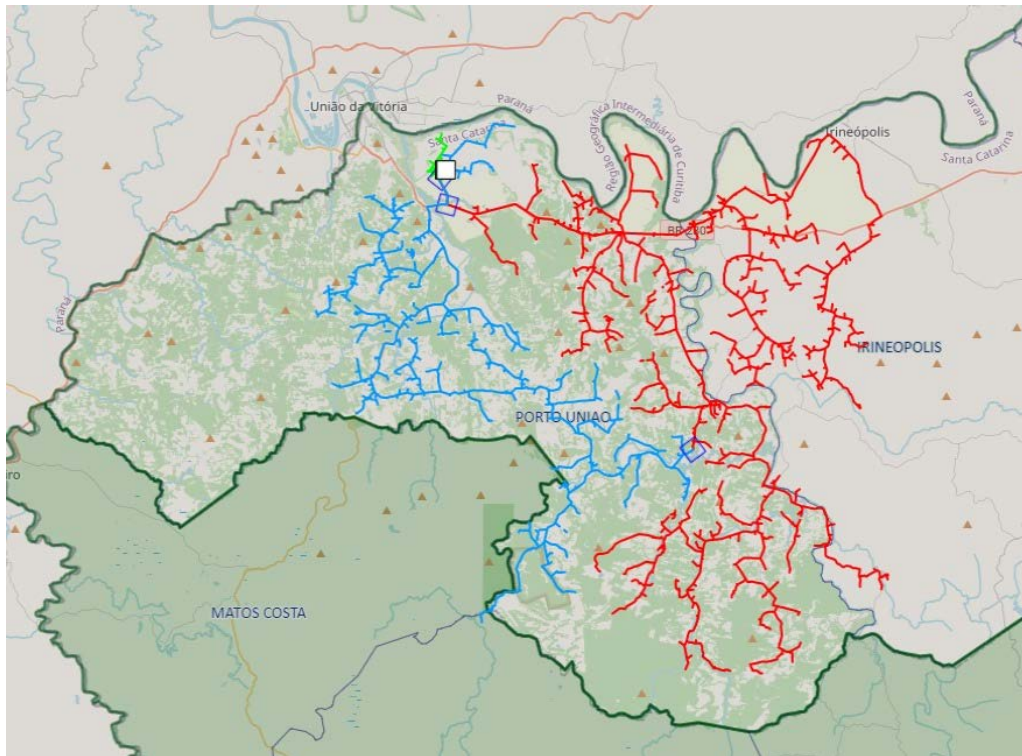
Fonte: Adaptado de MonitoraSC (2017).

Conforme a Figura 10, a rede de distribuição primária do presente conjunto se estende para uma grande região rural com forte presença de vegetação. Além disso, tem-se uma grande serra ao sul do município. Desta forma, o atendimento às inúmeras falhas pelas equipes emergenciais é dificultado pelos motivos acima citados. Outrossim, esta região se torna um desafio para o setor de planejamento e construção devido a extensa área rural do conjunto, relevo e forte presença de vegetação.

3.2.6 Conjunto Porto União Dist.

O conjunto de unidades consumidoras Porto União Dist. atende geograficamente os consumidores dos municípios catarinenses Porto União e uma parte de Irineópolis. A Figura 11 exibe a rede de distribuição primária do conjunto Porto União Dist.

Figura 11 – Rede de distribuição primária conjunto Porto União Dist



Fonte: Adaptado de CELESC (2021b).

Como é possível visualizar na Figura 11, o conjunto Porto União Dist. possui vários alimentadores e suas redes de distribuição primária necessita ser extremamente longa e ramificada para atender as demandas dos consumidores presentes nas áreas rurais do município.

A Figura 12 exibe uma imagem de satélite da região do conjunto de Porto União Dist, assim como o curso dos grandes rios, relevo, algumas estradas principais, zonas com vegetação densa e áreas rurais do município.

Figura 12 – Mapa do conjunto Porto União Dist



Fonte: Adaptado de MonitoraSC (2017).

Segundo a Figura 12, a rede de distribuição primária se estende para a região rural com forte presença de vegetação e várias serras ao sul do município de Porto União. Este conjunto atende também a região urbana central de Porto União. Desta forma, o atendimento às inúmeras falhas pelas equipes emergenciais é dificultado pelas condições citadas anteriormente. Outrossim, esta região se torna um desafio para o setor de planejamento e construção devido a extensa área rural do conjunto, relevo e forte presença de vegetação.

3.3 Determinação dos conjuntos de unidades consumidoras com maiores impactos nos indicadores finais

Outrossim, a outra análise proposta neste trabalho toma como base uma visão global da empresa, ou seja, é verificada a contribuição de cada conjunto de unidades consumidoras para os indicadores de continuidade finais da empresa como um todo.

Assim, partindo-se dos dados coletados no site da ANEEL, verificou-se os conjuntos de UCs que mais impactaram no indicador DEC global da empresa no ano de 2020. A Tabela 4 a seguir exhibe os conjuntos mais impactantes, números de consumidores, DEC apurado e a participação deste DEC no DEC global de 9,214 horas/consumidor da empresa.

Tabela 4 – Conjuntos mais impactantes no DEC em 2020

Conjunto	Nº de UCs	DEC apurado [h]	Partic, DEC Global [h]	Partic, DEC Global %
TIJUCAS	52.069	16,88	0,287647	3,12%
ROÇADO	108.091	7,83	0,276987	3,01%
PALHOÇA	71.820	8,57	0,201435	2,19%
CHAPECÓ II	64.654	9,27	0,196148	2,13%
PIÇARRAS	68.513	8,59	0,192608	2,09%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

Ademais, partindo-se dos dados coletados no site da ANEEL, verificou-se os conjuntos de UCs que mais impactaram no indicador FEC global da empresa no ano de 2020. A Tabela 5 a seguir exhibe os conjuntos mais impactantes, números de consumidores, FEC apurado e a participação deste FEC no FEC global de 6,694 interrupções/consumidor da empresa.

Tabela 5 – Conjuntos mais impactantes no FEC em 2020

Conjunto	Nº de UCs	FEC apurado	Partic, FEC Global	Partic, FEC Global %
ROÇADO	108.091	6,83	0,241612	3,61%
TIJUCAS	52.069	11,66	0,198694	2,97%
CHAPECÓ II	64.654	8,64	0,182817	2,73%
PALHOÇA	71.820	6,25	0,146904	2,19%
PIÇARRAS	68.513	6,07	0,136104	2,03%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

Portanto, como os dados nas tabelas 4 e 5 indicam, no geral os conjuntos de UCs com maior número de unidades consumidoras impactam mais nos indicadores coletivos globais da empresa do que conjuntos com um número menor de unidades consumidoras, mesmo que esses conjuntos possuam indicadores mais elevados. Essa característica já era esperada no início do trabalho, pois a formulação dos indicadores DEC e FEC segundo o módulo 8 do PRODIST da ANEEL leva em consideração o número de unidades consumidoras totais na distribuidora.

Por outro lado, diferentemente dos conjuntos de UCs listados nas Tabelas 2 e 3, os conjuntos de UCs apontados nas Tabelas 4 e 5 tem por características atenderem os grandes centros urbanos. Ainda por cima, dos cinco conjuntos listados, três deles ficam na grande Florianópolis, um deles próximo a Itajaí e o ultimo em Chapecó no Oeste do Estado.

Além disto, nota-se que o mesmo os conjuntos de UCs com elevado número de consumidores, e por consequência um maior peso nos indicadores coletivos finais da CELESC, a participação individual dos conjuntos não ultrapassou 3,12% no indicador DEC e 3,61% no indicador FEC.

Por outro lado, a Tabela 6 exhibe a participação nos indicadores globais dos conjuntos de UCs com os piores indicadores de continuidade listados nas Tabelas 2 e 3 deste trabalho.

Tabela 6 – Impacto nos indicadores dos piores conjuntos de UC em 2020

Conjunto	Nº de UCs	DEC apurado [h]	Partic, DEC Global [h]	Partic, DEC Global %	FEC apurado	Partic, FEC Global	Partic, FEC Global %
ITAIOPOLIS	8.536	34,33	0,095904	1,04%	24,37	0,068080	1,02%
SANTA TEREZINHA	3.612	66,58	0,078704	0,85%	31,32	0,037023	0,55%
PORTO UNIÃO DIST.	6.844	31,24	0,069973	0,76%	21,59	0,048358	0,72%
CURITIBANOS DISTRITO INDUSTRIAL	3.334	47,28	0,051588	0,56%	19,88	0,021692	0,32%
DOUTOR PEDRINHO	2.742	55,14	0,049481	0,54%	22,52	0,020209	0,30%
VOLTA GRANDE	1.576	37,16	0,019166	0,21%	12,16	0,006272	0,09%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

Desta forma, pode-se aferir que mesmo com indicadores coletivos de continuidade muito altos, por ter um baixo número de unidades consumidoras conectadas, o impacto nos indicadores globais da empresa é relativamente menor. Todavia, ao compararmos diretamente a participação do pior conjunto em termos de DEC, Itaiópolis, com a participação do conjunto mais impactante, Tijucas, o conjunto Itaiópolis apresenta 1/3 do valor na participação com aproximadamente 1/6 dos consumidores. Isto indica que alguns dos conjuntos com os maiores valores de DEC e FEC apresentaram contribuições significativas para a elevação dos indicadores globais da empresa.

3.4 Proposta de melhorias

A grande maioria dos conjuntos de UCs citados nas análises anteriores tem suas redes de distribuição em áreas rurais, com forte presença de vegetação e redes muito extensas. Portanto, ações de podas e limpeza de faixa nas redes de distribuição primária (MT) e distribuição secundária (BT) devem ser executadas rotineiramente. Ademais, conforme elencado por Koga (2018, p.114), o toque da vegetação na rede de distribuição foi uma das principais causas da saída de alimentadores na rede de abrangência em estudo do mesmo. Portanto, o processo de poda de vegetação deve ser rotineiramente revisado e verificado se está sendo realizado de maneira correta em consoante com o tipo de vegetação presente no local do problema. Além disso, conforme discutido pelo mesmo autor supracitado, a criação de um método de

identificação e denominação dos tipos de podas traz benefícios às equipes de campo, para os operadores em tempo real do sistema e para o setor de manutenção em si. Contudo, treinamentos constantes sobre os métodos e benefícios das podas devem ser realizados rotineiramente, visando conscientizar e relembrar as equipes de campo sobre a importância do trabalho de poda. Outrossim, Koga (2018, p.114) afirma que: “[...] com equipes de podas mais produtivas e eficientes, as desenergizações por toque de árvore na rede, que representam o maior impacto negativo no DEC e FEC, com certeza diminuirão.”

Outra ação já adotada em algumas regiões sobre a concessão da CELESC, é a alteração e substituição das redes aéreas convencionais (redes nuas) de distribuição por redes compactas nos troncos das redes de distribuição primárias. Essa substituição, conforme descrito na seção 2.1.4.2, reduz a taxa de falhas do trecho substituído significativamente, e conseqüentemente, provoca uma redução nos indicadores de continuidade coletivos. Entretanto, essa permuta de topologia de rede demanda a substituição de toda a estrutura de ancoragem dos condutores (postes, cruzetas, isoladores, etc.). Ademais, envolve um plano complexo de logística de materiais, desligamentos programados, planejamento de redes, manutenção, construção e operação do sistema em tempo real. Portanto, qualquer alteração drástica desta maneira, deve ser pensada e muito bem elaborada pelo departamento de planejamento e construção de cada regional.

Destarte, nos últimos anos, houve uma forte inserção de equipamentos telecomandados (relogadores) no tronco das redes de distribuição primárias da CELESC. Estes equipamentos possibilitam a identificação e seccionamento das faltas permanentes, reenergização nos casos de defeitos transitórios e manobras de realimentação. Contudo, a empresa está longe do ideal com esses equipamentos, pois ainda não estão presentes em todos os alimentadores, perdem comunicação com o sistema de supervisão com facilidade, em algumas ocasiões isoladas as curvas de proteção se sobrepõem e há descoordenação entre equipamentos, etc. Por conseguinte, um plano de manutenção periódico e um estudo de proteção a cada elemento novo inserido na rede são necessários para melhorar a confiabilidade destes equipamentos.

Ainda nesta vertente, as dissertações de Tenfen (2011) e Aranha Neto (2006) indicam que a simbiose da inserção de novos equipamentos telecomandados

na rede de distribuição primária e possibilidades de manobras viáveis são de extrema importância para reduzir os indicadores de continuidade dos conjuntos de UCs destacados ao longo deste trabalho, visto que uma alocação ótima de chaves de manobra possibilita reduções nos indicadores de continuidade nos alimentadores dos conjuntos visando atender as metas estipuladas pelo órgão regulamentador. Deste modo, a alocação ótima de chaves de manobra reduz também o montante de energia que a empresa deixou de distribuir aos consumidores durante as interrupções. Contudo, há várias metodologias de apoio a tomada de decisão que podem ser utilizadas pelo setor de planejamento e construção e cabe a empresa definir quais delas estão melhores alinhadas com os objetivos futuros da empresa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ano de 2020, janela de tempo em foco na análise, foi considerado um ano tumultuado e atípico para a maioria dos setores da economia devido aos contratemplos e infortúnios gerados pela pandemia do COVID-19. Ademais, neste mesmo ano, no início do mês de julho, teve-se a ocorrência do fenômeno meteorológico popularmente nomeado de “Ciclone Bomba” que afetou todo o estado de Santa Catarina e gerou inúmeras complicações não só no setor elétrico. Apesar disso, foi em 2020 que a CELESC alcançou os melhores indicadores de continuidade coletivos da história da empresa, com DEC e FEC globais estipulados em 9,21 horas/consumidor e 6,69 interrupções/consumidor, respectivamente.

Com a análise dos conjuntos de UCs com piores valores dos indicadores de continuidade coletivos, verificou-se que todos estão situados em áreas geográficas desafiadoras para a construção de redes de distribuição e atendimento em casos de emergência. Além disso, a presença de vegetação de grande porte próxima das redes de distribuição também contribui para o problema. Entretanto, verificou-se que estes conjuntos destacados têm históricos de indicadores altos, pois todos os conjuntos de UCs elencados nesta análise tiveram limites elevados para os indicadores estipulados no início do ano.

Com a análise realizada, verificou-se o que se esperava no início do trabalho, ou seja, os conjuntos de UCs com maior número de consumidores conectados tem maior peso nos indicadores globais da empresa. Todavia, ao comparar-se diretamente a participação do pior conjunto em termos de DEC, Itaiópolis, com a participação do conjunto mais impactante, Tijucas, o conjunto Itaiópolis apresentou 1/3 do valor na participação com aproximadamente 1/6 dos consumidores. Este resultado não foi esperado, pois indica que alguns dos conjuntos com os maiores valores de DEC e FEC apresentaram contribuições significativas para a elevação dos indicadores globais da empresa.

Em seguida, elencou-se algumas propostas de melhorias gerais que poderiam ser implementadas nas redes de distribuição dos conjuntos para elevar a confiabilidade das mesmas e, por consequência, melhorar os indicadores de continuidade coletivos.

Como proposta para trabalhos futuros, pode-se, a partir deste trabalho, escolher um dos conjuntos listados na primeira análise, identificar os trechos mais susceptíveis a falhas e desenvolver alternativas de melhorias para corrigir tais problemas. Outrossim, realizar uma análise em anos anteriores para verificar se os mesmos conjuntos de UCs listados neste trabalho aparecem nas análises.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**. Procedimentos da Distribuição (PRODIST). Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2020.
- ANEEL. **Indicadores coletivos de continuidade: DEC e FEC**. 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/indicadores-coletivos-de-continuidade>. Acesso em: 05 abr. 2021.
- ARANHA NETO, E. A. C. **Alocação de chaves automatizadas em redes de distribuição utilização múltiplos critérios**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 110 p., 2006.
- AZEVEDO, F. A. **Otimização de rede de distribuição de energia elétrica subterrânea reticulada através de algoritmos genéticos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 138 p., 2010.
- BITTENCOURT, J. P. **Automação das redes de distribuição**. Monografia (Graduação). Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS MG), Varginha, 73 p., 2016.
- CARVALHO, M. R. **Estudo comparativo de fluxo de potência para sistemas de distribuição radial**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 94 p., 2006.
- CELESC. **Celesc Distribuição**. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/a-celesc-distribuicao>. Acesso em: 10 set. 2021a.
- CELESC. **Celmapas**. Disponível em: <https://celmapas.celesc.com.br>. Acesso em: 25 ago. 2021b.
- CELESC. **História: Novo Milênio**. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/home/historia#novo-milenio>. Acesso em: 10 set. 2021c.
- DIAS, E. B. **Avaliação de indicadores de continuidade e seu impacto no planejamento de sistemas de distribuição**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 139 p., 2002.
- DUALLIBE, P. **Subestações: Tipos, Equipamentos e Proteção**. 1999. Disponível em: <http://www.uff.br/lev/downloads/apostilas/SE.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2021
- GARCIA, D. A. A.; DUZZI JR., F.E. Tópicos de sistemas de transmissão e de distribuição de energia elétrica. **Revista O Setor Elétrico**. São Paulo. p. 52-63, 2012.
- GOMES, H. J. **Estudos de viabilidade das redes de distribuição secundárias compactas no sistema elétrico da CELG D**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, 125 p., 2010.
- KOGA, F. H. P. **Gestão da qualidade aplicada no processo de poda em árvores em uma distribuidora de energia**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, 132 p., 2018.

MAMEDE Filho, J. **Manual de Equipamentos Elétricos**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MONITORASC. **Cobertura florestal e uso da terra**. 2017. Disponível em: <http://monitora.furb.br/maps/198/view>. Acesso em: 16 set. 2021.

MOURA, C. J. S. **Estudos para implantação de um sistema de recomposição automática para a rede de distribuição do campus do PICI**. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ceará (UFC), Fortaleza, 77 p., 2010.

NAKAGUISHI, M. I.; HERMES, P.D. **Estudo comparativo técnico/financeiro para implantação de redes de distribuição subterrâneas**. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 100 p., 2011.

PAZZINI, L. H. A. **Fornecimento de Energia Elétrica**. 2002. Disponível em: <http://docplayer.com.br/3042421-Fornecimento-de-energia-eletrica-introducao.html>. Acesso: 14 mar. 2021.

RODIGHERI, A. **Simulação da confiabilidade de redes primárias de distribuição considerando faltas temporárias, equipamentos religadores e manobras de restauração**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 181 p., 2013.

SILVEIRA, F. T.; GALVANI, G. T. A.; SOUZA, E. D. Coordenação entre religador e seccionalizador em redes de distribuição. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 219-225, 12/2011.

SOUZA, F. A. **Detecção de falhas em sistemas de distribuição de energia elétrica usando dispositivos programáveis**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, 120 p., 2008.

SPERANDIO, M. **Planejamento da automação de sistemas de manobra em redes de distribuição**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 149 p., 2008.

TENFEN, D. **Alocação ótima de chaves telecomandadas em redes de distribuição com multi-objetivo via algoritmos genéticos de Pareto**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 164 p., 2011.

ANEXOS

ANEXO A – TABELA COM DADOS DOS CONJUNTOS DISPONIBILIZADOS PELA ANEEL

A Tabela 7 apresenta os dados de número de consumidores, DEC e FEC limites estipulados pela ANEEL no início do ano de 2020 e os valores de DEC e FEC aferidos durante o mesmo ano. Esta tabela foi utilizada nas análises presentes no Capítulo 3 deste trabalho.

Tabela 7 – Dados dos conjuntos disponibilizados pela ANEEL

CONJUNTO	Nº DE CONSUMIDORES	DEC APURADO [h]	DEC LIMITE [h]	FEC APURADO	FEC LIMITE
ÁGUA DOCE	3.050	15,58	21	8,07	14
ANITA GARIBALDI	6.544	23,96	29	10,66	14
ARABUTÃ	3.927	25,57	23	17,17	16
ARAQUARI	21.646	9,4	14	5,94	11
ARARANGUÁ	42.686	6,61	9	7,03	7
BIGUAÇÚ QUINTINO BOCAIUVA	39.926	11,49	9	6,61	8
BLUMENAU BAIRRO DA VELHA	39.452	4,09	8	3,23	7
BLUMENAU GARCIA	36.964	8,3	8	6,23	7
BLUMENAU II	40.979	9,99	13	5,93	10
BLUMENAU SALTO	48.381	4,27	8	4,46	7
BOM RETIRO	15.536	30,53	26	15,96	15
BRUSQUE	32.286	5,44	10	4,27	9
BRUSQUE RIO BRANCO	36.687	12,51	13	8,88	11
CAÇADOR	25.162	12,42	12	8,51	10
CAÇADOR CASTELHANO	9.209	10,58	15	7,44	10
CAMBORIÚ	25.377	2,46	7	2,41	6
CAMBORIÚ MORRO DO BOI	62.966	6,08	7	4,33	7
CAMPOS NOVOS	18.122	8,28	15	7,34	11
CANOINHAS	31.891	10,1	14	7,51	10
CAPINZAL	24.121	7,47	14	6,38	11
CATANDUVAS	12.201	12,99	15	8,55	11
CHAPECÓ	42.288	4,26	8	4,01	7
CHAPECÓ II	64.654	9,27	9	8,64	10
CONCÓRDIA	34.009	8,1	12	7,52	10
CONCÓRDIA SÃO CRISTOVÃO	5.411	18,32	12	12,1	10

CONJUNTO	Nº DE CONSUMIDORES	DEC APURADO [h]	DEC LIMITE [h]	FEC APURADO	FEC LIMITE
COQUEIROS	46.807	3,74	7	3,16	5
CORUPÁ	6.547	13,73	17	5,82	13
CRICIÚMA	29.953	2,93	7	3,16	6
CRICIÚMA FLORESTA	34.977	3,44	7	4,61	6
CURITIBANOS DISTRITO INDUSTRIAL	3.334	47,28	15	19,88	10
DOUTOR PEDRINHO	2.742	55,14	31	22,52	19
ERMO	1.685	14,29	9	13,52	7
FAXINAL DOS GUEDES	11.433	24,61	21	13,5	14
FLORIANÓPOLIS AGRONÔMICA	31.181	4,88	7	3,38	6
FORQUILHINHA	9.271	3,19	7	3,81	6
FRAIBURGO	22.080	20,44	15	14,87	11
GAROPABA	9.947	9,6	9	5,46	9
GARUVA	8.312	8,97	18	5,61	11
GASPAR	26.460	10	10	8,77	10
GOVERNADOR CELSO RAMOS	2.541	12,69	13	5,69	8
GUARAMIRIM	8.937	6,55	10	4,32	8
GUARAMIRIM DIST	10.835	10,41	12	9,98	9
HERVAL D'OESTE	30.013	6,94	11	7,78	9
IBIRAMA	19.512	19,77	18	9,47	13
IÇARA	1.072	7,45	7	3,13	6
ILHA CENTRO	20.398	4,03	7	3	6
ILHA NORTE	75.197	7,6	8	5,42	6
ILHA SUL	41.886	12,29	8	5,88	7
IMBITUBA	32.762	8,65	8	5,49	7
INDAIAL	28.065	10,35	15	7,97	11
IPÚ MIRIM	4.072	8,89	18	8,12	14
ITAIOPOLIS	8.536	34,33	25	24,37	14
ITAJAÍ FAZENDA	64.275	5,23	7	4,76	6
ITAJAÍ ITAIPAVA	44.561	7,18	8	7,21	7
ITAJAÍ SALSEIROS	41.037	11,2	9	8,9	8
ITAPIRANGA	11.649	10,7	20	8,19	13
ITAPOÁ BARRA DO SAHY DIST.	23.795	8,67	18	3,94	12
ITUPORANGA	22.792	18,67	20	13,67	14

CONJUNTO	Nº DE CONSUMIDORES	DEC APURADO [h]	DEC LIMITE [h]	FEC APURADO	FEC LIMITE
JAGUARUNA VELHA	16.836	7,3	9	3,73	8
JARAGUÁ CHICO DE PAULA	10.655	4,27	8	5,28	7
JARAGUÁ DO SUL	34.257	4,4	8	3,91	7
JARAGUÁ NEREU RAMOS	6.119	12,6	12	12,1	11
JARAGUÁ RIO DA LUZ	14.859	11,77	12	9,55	8
JOINVILLE I	14.549	4,77	10	3,45	8
JOINVILLE III	42.611	6,6	8	4,86	7
JOINVILLE IRIRIÚ	45.262	6,05	7	4,28	7
JOINVILLE IV	37.760	4,78	9	3,21	7
JOINVILLE PARANAGUAMIRIM	25.952	7,47	8	4,22	7
JOINVILLE PERINI	2.100	9,13	9	3,78	7
JOINVILLE SANTA CATARINA	29.258	6,63	9	4,99	8
JOINVILLE V	27.675	1,71	7	2	6
JOINVILLE VILA NOVA	9.984	8,15	13	6,78	10
LAGES ÁREA INDUSTRIAL	20.527	8,64	12	5,1	10
LAGUNA	25.034	7,99	9	6,09	7
LAURO MULLER	5.536	10,75	8	4,72	7
LUÍS ALVES	4.867	21,93	22	12,62	16
MAFRA	31.100	8,91	10	5,89	8
MAJOR VIEIRA	3.587	20,52	33	9,42	17
MARACAJÁ	4.259	16,21	16	11,16	11
MONDAÍ	8.056	6,57	17	5,96	13
NAVEGANTES	31.797	10,7	8	9,44	7
ORLEANS	7.645	6,46	9	3,66	7
OTACÍLIO COSTA	8.386	14,04	16	7,97	9
PALHOÇA	71.820	8,57	11	6,25	9
PALMITOS	20.147	16,66	19	14,72	13
PAPANDUVA	11.820	19,65	24	11,14	13
PIÇARRAS	68.513	8,59	8	6,07	7
PINHALZINHO	34.783	7,98	13	6,99	12
PINHEIRA	12.553	9,44	12	4,31	9
PIRABEIRABA	7.733	9,31	12	5,78	9
POMERODE	12.852	10,23	13	7,02	9

CONJUNTO	Nº DE CONSUMIDORES	DEC APURADO [h]	DEC LIMITE [h]	FEC APURADO	FEC LIMITE
PONTE ALTA	7.748	10,66	15	6,08	10
PORTO BELO	71.556	6,5	8	3,67	7
PORTO UNIÃO DIST.	6.844	31,24	28	21,59	15
PRESIDENTE GETÚLIO	6.230	26,41	15	18,29	11
QUILOMBO	11.640	15,32	20	9,95	14
RIO DO SUL	15.635	10,99	15	8,41	10
RIO DO SUL II	25.851	6,81	13	6,46	10
RIO NEGRINHO	15.443	8,04	9	8,62	8
RIO NEGRO	4.017	6,68	9	7,77	7
ROÇADO	108.091	7,83	8	6,83	6
SANTA CECÍLIA	5.650	8,84	15	3,38	10
SANTA TEREZINHA	3.612	66,58	32	31,32	16
SAO BENTO DO SUL	24.005	4,84	9	2,73	7
SAO BENTO DO SUL - BRASÍLIA	15.422	12,14	12	6,03	10
SÃO CRISTÓVÃO	19.586	8,81	15	7,16	10
SAO FRANCISCO DO SUL	11.487	6,31	9	4,88	8
SAO JOAQUIM	13.832	20,02	23	9,59	12
SAO JOSÉ DO CEDRO	23.125	8,63	18	8,41	13
SÃO JOSÉ DO SERTÃO	25.394	10,65	11	9,04	9
SAO LOURENÇO DO OESTE	20.877	10,98	17	7,16	12
SAO MIGUEL D'OESTE II	41.460	6,83	15	5,23	13
SCHROEDER	11.667	9,42	14	10,53	11
SEARA	13.350	21,78	19	12,41	13
SIDERÓPOLIS	3.909	5,46	7	9	6
SOMBRIO	26.389	12,58	11	9,27	9
TAIÓ	20.919	16,39	19	14,34	13
TANGARÁ	3.264	21,47	13	11,15	11
TIJUCAS	52.069	16,88	11	11,66	9
TIMBO	35.647	9,41	11	7,26	10
TREZE TÍLIAS	3.580	5,83	14	3,61	10
TRINDADE	41.239	6,52	7	4,21	6
TROMBUDO CENTRAL	13.232	12,87	16	10,31	13
TUBARÃO	51.019	4,54	7	3,48	6

CONJUNTO	Nº DE CONSUMIDORES	DEC APURADO [h]	DEC LIMITE [h]	FEC APURADO	FEC LIMITE
TUBARÃO II	3.349	3,74	8	3,29	7
UBATUBA	15.097	6,7	9	4,82	9
USINA CAVEIRAS	6.025	13,26	24	4,7	13
USINA GARCIA	3.761	21,34	25	11,88	19
VIDAL RAMOS CENTRO	5.316	28,49	19	12,7	14
VIDAL RAMOS JÚNIOR	52.829	6,76	10	4,47	7
VIDEIRA	34.400	15,88	13	11,26	11
VOLTA GRANDE	1.576	37,16	26	12,16	16
XANXERÊ	10.397	16,47	20	14,36	15

Fonte: ANEEL (2021).