



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ANNA CARLA VOGEL

JUSSARA DE CARVALHO ARCENO

**RECONFIGURAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA COM
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EMPREGANDO CONCEITOS DE REDES ELÉTRICAS
INTELIGENTES**

Palhoça

2022

**ANNA CARLA VOGEL
JUSSARA DE CARVALHO ARCENO**

**RECONFIGURAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA COM
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EMPREGANDO CONCEITOS DE REDES ELÉTRICAS
INTELIGENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Prof. Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro

Palhoça
2022

ANNA CARLA VOGEL
JUSSARA DE CARVALHO ARCENO

**RECONFIGURAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA COM
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EMPREGANDO CONCEITOS DE REDES ELÉTRICAS
INTELIGENTES**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 11 de novembro de 2022.

Orientadora: Prof.^a Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro, Ma. Eng.^a
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Fabio Ignácio da Rosa, Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Convidado: Thiago Muller Martins, Eng.
Quantum Engenharia

Dedico este trabalho aos meus pais Vera e Carlos. (Anna Carla Vogel)

Dedico este trabalho aos meus pais Jair e Jucelia e ao meu filho Kalany, por todo apoio e incentivo. (Jussara Carvalho Arceno).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos conduzido e nos permitido estarmos tão próximas de concluir essa etapa que será de grande orgulho e satisfação nas nossas vidas.

Aos nossos pais e familiares por serem desde sempre nossos alicerces. Por serem exemplos de amor e integridade e não medirem esforços para nos verem realizadas.

A Universidade do Sul de Santa Catarina, ao departamento de engenharia elétrica, com todo corpo docente, por todo conhecimento compartilhado durante toda essa nossa trajetória.

A nossa Orientadora, Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro por toda dedicação e as valiosas contribuições dadas para conclusão dessa etapa da graduação.

“Deixem que o futuro diga a verdade e avalie cada um de acordo com o seu trabalho e realizações. O presente pertence a eles, mas o futuro pelo qual eu sempre trabalhei pertence a mim” (Nikola Tesla)

RESUMO

O sistema de distribuição de energia elétrica é composto na sua grande maioria por redes aéreas, sendo essas expostas às interferências do ambiente externo deixando o sistema passível a defeitos. A Agência Nacional de Energia Elétrica por meio da regulamentação do setor de energia elétrica e através da implantação de índices de controle de qualidade de energia gerou nas concessionárias de distribuição a necessidade de investirem em soluções para atender esses indicadores que refletem a qualidade do serviço prestado. Os fatores que influenciam diretamente nos índices estão ligados à continuidade e o tempo de restabelecimento do fornecimento de energia elétrica. Os sistemas de recomposição entram como grandes aliados nessa operação, visando automatizar e acelerar o processo de restabelecimento. Esse trabalho tem o objetivo de apresentar os conceitos das redes elétricas inteligentes, e seus potenciais para sua aplicação no Brasil. Pesquisar os conceitos, as principais metodologias utilizadas e as aplicações de *self healing* em uma concessionária de distribuição de energia. Ainda aplicar o conceito estudado sobre redes no acompanhamento de uma readequação de rede de energia aérea de média tensão com a instalação de um religador inteligente.

Palavras-chave: Redes Elétricas Inteligentes. Sistemas de distribuição. Recomposição.

ABSTRACT

The electricity distribution system is composed mostly of overhead networks, which are exposed to interference from the external environment, leaving the system susceptible to defects. The National Electric Energy Agency, through the regulation of the electric energy sector through the implementation of energy quality control indexes, generated the need for distribution concessionaires to invest in solutions to meet these indicators that reflect the quality of the service provided. The factors that directly influence the indices are linked to the continuity and the time of restoration of the electric energy supply. The recomposition systems are great allies in this operation aiming to automate and accelerate the restoration process. This work aims to present the concepts of smart electrical grids, and their potential for their application in Brazil. Research the concepts, the main methodologies used and the applications of self healing in an energy distribution concessionaire. Still apply the concept studied about networks in the monitoring of a readjustment of a medium voltage overhead power network with the installation of an intelligent recloser.

Keywords: Smart grid. distribution systems. self healing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Configuração atual do sistema elétrico brasileiro.....	20
Figura 2 - Sistema elétrico de distribuição.	21
Figura 3 - Arquitetura do sistema SCADA	22
Figura 4 - Relé eletrônico	23
Figura 5 - Religador automático.....	24
Figura 6 - Chave seccionadora	25
Figura 7 - Banco de capacitores	25
Figura 8 - Regulador de tensão.....	26
Figura 9 - Rede elétrica atual e rede elétrica inteligente	26
Figura 10 - Modelo conceitual de rede inteligente	27
Figura 11 - Medidor eletrônico.....	29
Figura 12 - Etapas do sistema self healing	31
Figura 13 - Rede de distribuição aérea	32
Figura 14 – Diagrama unifilar de um sistema radial	33
Figura 15 - Usina Geração.....	37
Figura 16 - Diagrama unifilar simplificado	38
Figura 17 - Parecer técnico Celesc	38
Figura 18 - Parecer Técnico Celesc	39
Figura 19 – Projeto fornecido pela Celesc.....	40
Figura 20 - Pedido de inspeção Celesc	41
Figura 21 - Declaração de desligamento	42
Figura 22 – Ponto estrutura entrada usina	43
Figura 23 – Ponto de instalação estrutura para religador	43
Figura 24 – Instalação estrutura para religador	43
Figura 25 - Ponto para instalação de chave seccionadora em estrutura existente	44
Figura 26 - Religador trifásico.....	44
Figura 27 - Diagrama temporal para operações de interrupção e fechamento	45
Figura 28 - Religador automático trifásico 15 kV, 16 kA, 800 A	46
Figura 29 - Cabine de controle (RC) do religador.....	47
Figura 30 - Estrutura funcional do religador OSM e da cabine RC	48
Figura 31 – Módulo Relé.....	49
Figura 32 - Agendamento de inspeção externa	52

Figura 33 - Desenho placa de identificação RC10 padrão Celesc.....	53
Figura 34 - Boletim de Inspeção de materiais	53
Figura 35 - Dispensa de Inspeção em fabrica.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de medição.....	50
----------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
BT	Baixa Tensão
IED	Intelligent Electronic Devices
LT	Linha de Transmissão
MT	Média Tensão
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SE	Subestação
DVCQ	Divisão de Inspeção e Controle de Qualidade
GD	Geração Distribuída
UC	Unidade Consumidora
SIN	Sistema Interligado Nacional
UTR	Unidades Terminais Remotas
SC	Sistema de Comunicação
IHM	Interface Homem Máquina
REI	Rede Elétrica Inteligente
AMI	Advanced Metering Infrastructure
PMU	Phasor Measurement Unit
UMF	Unidade de Medição Fasorial
CDF	Concentrador de Dados Fasoriais
GPS	Global Positioning System
NA	Normalmente Aberta
NF	Normalmente Fechada
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina
TC	Transformador de corrente
AT	Alta Tensão
RC	Cabine de Controle
DSP	Processador Digital de Sinais

DOE	Department of Energy
TTC	Transformadores de tensão capacitivos
TC	Transformadores de corrente (TC)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	JUSITIFICATIVA	15
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	16
1.3	OBJETIVO	17
1.3.1	Objetivo Geral	17
1.3.2	Objetivos Específicos.....	17
1.4	DELIMITAÇÕES	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	19
2.1.1	Automação do Sistema de Distribuição.....	21
2.1.1.1	Religador Automático	23
2.1.1.2	Chaves seccionadoras	24
2.1.1.3	Banco de capacitores	25
2.1.1.4	Reguladores de tensão	25
2.2	REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES – <i>SMART GRID</i>	26
2.2.1	Transformação da rede elétrica em <i>Smart Grid</i>	28
2.2.1.1	Instalação da infraestrutura de dispositivos inteligentes;	30
2.2.1.2	Instalação da infraestrutura de comunicações;	30
2.2.1.3	Integração e interoperabilidade;	30
2.2.1.4	Disponibilização de ferramentas analíticas;	30
2.2.1.5	Otimização operativa.....	31
2.2.2	<i>Self healing</i>: Conceitos e Metodologia	31
2.2.3	Sistemas de reconfiguração da distribuição.....	33
2.2.3.1	Localização do distúrbio no sistema de distribuição	34
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	NATUREZA E TIPO DE PESQUISA	36
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS	36
4	DESENVOLVIMENTO	37
4.1	APROVAÇÕES CELESC	37
4.2	DIRETRIZES DE EXECUÇÃO DO SERVIÇO	39
4.3	1º ETAPA: MONTAGEM E ADEQUAÇÃO DA ESTRUTURA DE REDE E INSTALAÇÃO DAS CHAVES SECCIONADORAS.	41

4.4	2º ETAPA: INSTALAÇÃO E AUTOMAÇÃO DO RELIGADOR	44
4.4.1	A escolha do Religador e suas características.....	44
4.4.1.1	Parametrização Geral Religador OSM 310	45
4.4.1.2	Parâmetros operacionais.....	47
4.4.1.3	Parâmetros de Controle e Gerenciamento e Automação de Smart Grid	50
4.4.2	Processo de fabricação e liberação do Religador	51
4.4.3	Trabalhos Futuros.....	54
4.5	DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	54
5	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

Á inserção de novas tecnologias que promovem melhorias à rede elétrica tem colocado em pauta a modernização do setor de energia elétrica.

As Redes Elétricas Inteligentes são um exemplo dessa tecnologia digital, permitem gerenciar e monitorar o transporte de eletricidade em tempo real e as informações entre consumidores e distribuidoras de energia elétrica. Pode-se citar como características de uma Rede Inteligente: a autorrecuperação (restauração automática de falhas na rede e melhoria de desempenho), a capacidade para acomodar uma grande variedade de fontes e demandas, maior qualidade de energia, a comunicabilidade entre equipamentos de rede, entre outras (CGEE, 2012).

Uma técnica importante nesse contexto é a reconfiguração da rede, com capacidade de alterar a topologia da rede a partir da abertura e fechamento de chaves, permitindo isolar falhas, restaurar o fornecimento, seja ele devido a uma eventualidade ou em casos programados, além de permitir um melhor equilíbrio de carga entre os alimentadores.

O significativo aumento da utilização de fontes de geração distribuída (GD) e das redes elétricas inteligentes faz com que a nova estrutura da rede elétrica consiga incorporar tecnologias de automação e comunicação, propiciando maior segurança, confiabilidade e eficiência operacional.

Lembrando que os sistemas de geração distribuída com base em recursos renováveis quando comparado com o sistema de alimentação tradicional oferece vantagens, que incluem a melhoria do perfil de tensão, cortes de pico de demanda, alívio de sobrecarga das linhas de distribuição, entre outras.

1.1 JUSTIFICATIVA

Rede elétrica inteligente é um conceito que abrange tecnologias de controle, monitoramento, armazenamento e comunicação com a finalidade de melhorar a utilização dos recursos existentes. Os ganhos decorrentes da utilização destas redes surgiram principalmente do aumento de informações sobre consumo, transmissão, perdas, entre outras variáveis, guiando os agentes envolvidos em suas escolhas quanto ao uso e à geração de energia.

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) estimula pesquisas relacionadas a essas redes por meio de chamadas públicas e do programa de P&D que tem o

objetivo de promover e viabilizar o ciclo completo da cadeia de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

O resultado deste esforço é a iniciativa de projetos de concessionárias do setor elétrico no Brasil, com a finalidade de desenvolver nos medidores e religadores inteligentes maior automação do processo com um melhor uso de informações para respostas mais rápidas e melhor adequação de fontes alternativas de energia à rede existente.

Como o sistema de distribuição na sua maior parte é composto de linhas aéreas, ocorrem eventos que levam ao desabastecimento do consumidor, sendo assim as distribuidoras, com o objetivo de não extrapolar os índices de qualidade de energia, tem de buscar alternativas viáveis para reduzir o tempo de interrupção no fornecimento e o número de consumidores atingidos (STASZESKY, CRAIG e BEFUS, 2005).

Os sistemas de *self healing* (religamento automático) são capazes de restabelecer o sistema de maneira eficaz e automática reduzindo o número de unidades consumidoras atingidas, diminuindo as perdas com a energia não transmitida. Outra contribuição é obtida quando o sistema é capaz de restabelecer as cargas em tempo inferior a três (3) minutos, que é o prazo estabelecido pelo PRODIST (Procedimentos de distribuição) no módulo 8 (Qualidade da Energia Elétrica), para expurgar a ocorrência nos cálculos dos índices de qualidade. (ANEEL, 2014).

Este estudo tem a intenção de contribuir na busca de informações sobre *self healing*, servindo de maneira orientativa na aplicação e desenvolvimento de sistemas *self healing*.

Além da revisão bibliográfica ele conta também com a implementação de uma readequação na rede de distribuição de energia elétrica. Tais procedimentos de melhoria e automatização foram realizados para viabilizar a ligação de uma usina fotovoltaica com potência de geração de 360 kW, a rede de distribuição no município de Biguaçu.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Todo sistema de distribuição de energia elétrica é passível a falhas sejam elas transitórias ou permanentes, independentemente da causa, o sistema precisa ser restabelecido de forma rápida e confiável, isolando o trecho que contém irregularidades e restabelecendo o fornecimento de energia para o maior número de consumidores possíveis.

Com o propósito de reduzir os efeitos decorrentes das eventualidades, aponta-se a necessidade de automação da rede de distribuição, existindo a possibilidade de realizar os processos de restabelecimento do fornecimento de energia de forma automática.

Para tornar viável a automatização é necessária que a rede possua requisitos como: comunicação dos equipamentos em tempo real, dispositivos de manobra capazes de identificar eventos de sobrecorrente e sensoriamento da presença da tensão na rede de distribuição.

Para desenvolvimento de um sistema de reconfiguração, é necessário que o profissional seja dotado de conhecimento dos conceitos, métodos, premissas e aplicações. Teremos a oportunidade tanto na busca dessas informações sobre este tema, como o acompanhamento da aplicação do desenvolvimento desta pesquisa.

1.3 OBJETIVO

Serão aqui apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho, relativos ao problema apresentado.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é apresentar os conceitos das redes elétricas inteligentes, e seus potenciais benefícios em termos qualitativos, discutir as potencialidades para sua aplicação no Brasil. Pesquisar os conceitos, as principais metodologias utilizadas e as aplicações de *self healing* em uma concessionária de distribuição de energia.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar as metodologias utilizadas para sistemas de *self healing*;
- Identificar as etapas de um processo de sistema de *self healing* autônomo;
- Acompanhamento do processo de implementação dos conceitos estudados sobre redes elétricas inteligentes a partir da readequação da rede de distribuição de energia em média tensão. Tais readequações referem-se à instalação de estruturas e equipamentos como religador, chave seccionadora, entre outros, podendo assim garantir um fornecimento de energia mais seguro e eficiente.

1.4 DELIMITAÇÕES

O foco será voltado para o estudo de sistemas *self healing* utilizados em redes de distribuição. O trabalho será desenvolvido com base nas metodologias utilizadas para a reconfiguração do sistema de distribuição, tendo como objetivo estudar a teoria e os conceitos aplicados.

Os requisitos de comunicação necessários para a aplicação do sistema não serão estudados. Serão levantadas aplicações práticas de *self healing* na rede de distribuição de energia, dentro do território regional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica será abordada conforme a seguinte estrutura:

Sistemas de distribuição: será abordado a regulamentação do sistema de distribuição e alguns equipamentos necessários para aplicação um sistema de distribuição.

Redes Elétricas Inteligentes (*Smart Grid*): será abordado os conceitos e características das redes elétricas inteligentes, as iniciativas nacionais e as tecnologias abordadas.

Conceitos e Metodologia *Self Healing*: será abordado o tema *self healing* da forma conceitual. O sistema *self healing* se define como um sistema auto regenerável ou auto recuperável capaz de detectar, analisar, responder e restaurar falhas na rede de energia elétrica de forma automática e em alguns casos de forma instantânea.

Aplicação de *Self Healing*: aplicações em redes de distribuição regional, como foco principal o uso de religadores automáticos que são equipamentos usados em sistemas elétricos com a principal função de reduzir o tempo de descontinuação no abastecimento de energia elétrica nos momentos em que ocorrem problemas transitórios.

2.1 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

O sistema elétrico brasileiro possui diversas peculiaridades e é de grande complexidade. Uma das premissas operativas é que a energia elétrica deve ser consumida no momento em que é produzida, pois no atual desenvolvimento tecnológico não é possível o armazenamento em grande escala de energia a um baixo custo. Por esse motivo, é necessária a interligação dos setores de geração, transmissão e distribuição (ABREU, 1999).

O sistema elétrico brasileiro adota um modelo de sistema interligado entre produção, transmissão, distribuição e consumidor final, permitindo o aproveitamento e consumo da energia elétrica pelas empresas geradoras em qualquer ponto do sistema. Se houver uma falha, por exemplo, em uma linha de transmissão, o sistema é capaz de redirecionar a eletricidade, possibilitando que menos consumidores sejam afetados.

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte. Além destes, existem ainda os chamados sistemas isolados.

O sistema de distribuição é parte integrante do sistema interligado nacional. É formado por um sistema mais amplo e ramificado que o sistema de transmissão, pois tem por objetivo

levar energia elétrica até as unidades consumidoras, representando assim o percurso final, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Configuração atual do sistema elétrico brasileiro



Fonte: Coletânea Eletrotécnica (2014)

O sistema de distribuição é integrado da seguinte maneira:

- Sistema de subtransmissão – é responsável pela interligação entre as subestações de transmissão de 230, 500, 750 kV e as subestações de distribuição, cuja tensão usualmente adotada é 69 kV ou 138 kV.
- Subestação (SE) – Ponto de interligação, utilizada para modificar os níveis de tensão, controlar níveis de carregamento e tensão, seccionar linhas de subtransmissão e distribuir a energia através dos circuitos alimentadores utilizando equipamentos de proteção e controle.
- Alimentadores de distribuição primários (MT) – conduzem a energia até os consumidores atendidos em média tensão e também aos transformadores de distribuição.
- Transformadores de distribuição – responsáveis por reduzir o nível de tensão de média para baixa tensão.
- Alimentadores de distribuição secundários (BT) – Leva a energia até consumidores atendidos em BT pelos transformadores de distribuição.

O sistema de distribuição de energia é aquele que se confunde com a própria topografia das cidades, ramificado ao longo de ruas e avenidas, conectando fisicamente o

sistema de transmissão ou mesmo unidades geradoras de médio e pequeno porte, aos consumidores finais da energia elétrica, como é mostrado na figura 2 abaixo.

Figura 2 - Sistema elétrico de distribuição.



Fonte: Idec (2022)

O Brasil conta, em 2019, com mais de 85 milhões de “Unidades Consumidoras” (UC), termo que corresponde ao conjunto de instalações/equipamentos elétricos caracterizados pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor. Do total de UCs brasileiras, 85% são residenciais. (ABRADEE,2021).

Existe uma grande demanda para que a rede de distribuição seja dotada de mecanismo de atuação automática, seja por atuação de um simples telecomando ou sistemas de redes inteligentes.

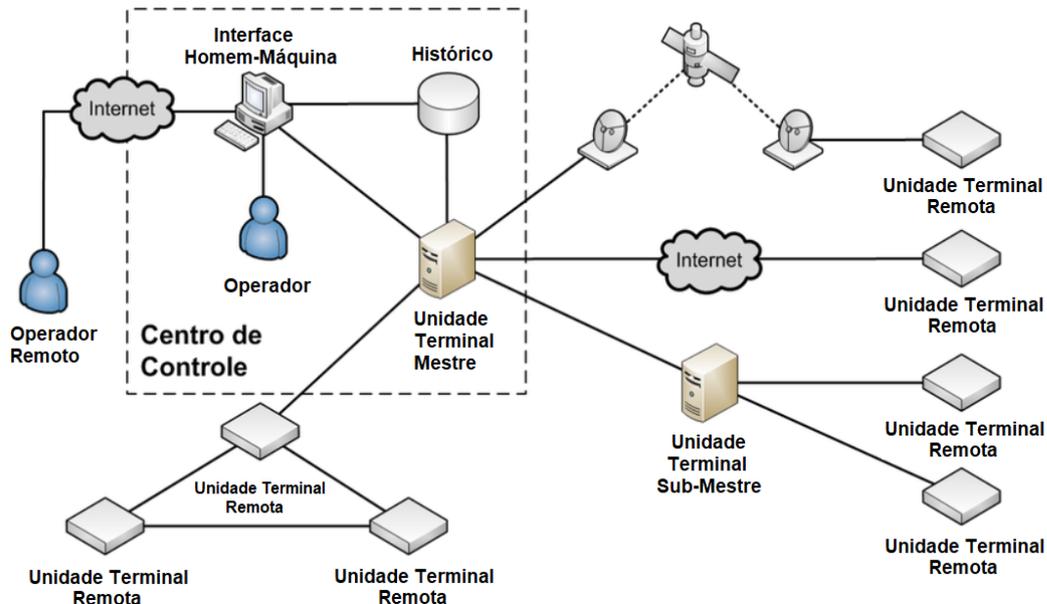
2.1.1 Automação do Sistema de Distribuição

A automação do sistema elétrico é constituída pela integração entre os dispositivos de controle, medição e sensoriamento. A automação envolve um conjunto de fatores e tem como objetivo principal a proteção da rede. São necessárias tecnologias de comunicação de alta velocidade, totalmente integradas, com vias bidirecionais para as trocas de informações em tempo real.

O sistema SCADA(Supervisory Control and Data Aquisition) é o responsável pela supervisão e controle do sistema de distribuição e tem como função integrar os principais

componentes, como a estação mestre, Unidades Terminais Remotas (UTR), Sistema de Comunicação (SC) e a Interface Homem-Máquina (IHM). A figura 3 ilustra um esquema referente à arquitetura do sistema SCADA no sistema de distribuição.

Figure 3 - Arquitetura do sistema SCADA



Fonte: Researchgate (2013)

Referente ao sistema SCADA, destacam-se os seguintes componentes:

- Estação mestre: equipamentos responsáveis pela captação e formação de um banco de dados com as informações coletadas pelos equipamentos de campo, como as UTRs. O número de estações mestre varia de acordo com o tamanho do sistema SCADA.
- IHM (interface homem máquina): equipamento utilizado para verificar dados de medição, estados das chaves e disjuntores e efetuar comandos, sendo responsável pela interação entre o operador e o sistema controlado.
- UTR (unidade terminal remota): equipamento responsável pela aquisição de todos os dados de campo, transferindo as informações para a estação mestre. Também faz a distribuição dos sinais de comando enviados pela estação mestre.
- Sistema de comunicação: é o termo utilizado para determinar os canais de comunicação entre a estação mestre e as unidades terminais remotas.

Na rede de comunicação trafegam os dados de operação e controle do sistema de distribuição, por isso devem-se adotar procedimentos de controle de acesso e segurança da informação, com uma arquitetura segura para componentes, clientes e operadores, pois nesta rede estão todos os dados e comandos dos equipamentos. Como exemplo desses equipamentos a figura 4 ilustra exemplos de relés de proteção diferencial utilizados para a eliminação rápida de falhas de curto circuitos em transformadores de todos os níveis de tensão e em máquinas elétricas rotativas como motores e geradores, para linhas curtas e barramentos.

Figura 4 - Relé eletrônico



Fonte: SIEMENS (2022)

O sistema de distribuição pode ter a automação dividida em: automação das redes de distribuição de media tensão e das subestações de distribuição de energia.

Com relação a rede de distribuição, nota-se que os equipamentos estão distribuídos pelos alimentadores troncos e derivações, sendo que devem estar dispostos em pontos estratégicos de controle e proteção, visando melhorar a operação e controle do sistema em casos de perturbação e em casos de restabelecimento do fornecimento de energia (DUARTE, 2008).

Entre os principais equipamentos do sistema de distribuição que tem como finalidade o controle e proteção da rede de distribuição destacam-se os seguintes:

2.1.1.1 Religador Automático

O religador é um equipamento de proteção que possui a capacidade de abertura e posterior fechamento de seus contatos automaticamente, isso ocorre a partir da detecção de um curto circuito no circuito em que esteja instalado, sendo capaz de repetir a operação inúmeras vezes (ALMEIDA, 2000).

Seu princípio de funcionamento se baseia na detecção automática de falha na rede elétrica, interrompendo o circuito elétrico temporariamente. Após um período pré-configurado o RA restabelecerá automaticamente a energia na rede elétrica, verificando se a falha no circuito ainda persiste. Caso persista, ele desligará e após determinado tempo religará novamente. Pode ser programado de acordo com a necessidade do circuito onde será instalado. Além disso, existe a possibilidade de enviar comandos para o equipamento através de uma estação mestre do sistema SCADA.

O religador pode ser utilizado para proteção dos troncos alimentadores podendo ser instalado na saída do circuito na subestação e também posicionado ao longo do tronco alimentador, proporcionando seletividade na proteção da rede de distribuição (SILVEIRA; GALVANI E SOUZA, 2011). Um modelo deste equipamento está ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Religador automático



Fonte: Noja Power (2022)

2.1.1.2 Chaves seccionadoras

As chaves de seccionadoras já dotadas de telecomando ou por procedimentos pré-determinados via programação, são equipamentos que aumentam a eficiência dos chaveamentos que são solicitados na rede de distribuição (NORTHCOTE-GREEN, J. 2007).

As chaves seccionadoras têm como sua principal função assegurar que na ocorrência de má distribuição de energia, o que pode gerar curtos circuitos ou grandes danos, a energia seja cortada com alto desempenho, minimizando os riscos. Oferecem segurança também quando o sistema passa por manutenções, pois, ela permite a mudança da carga de energia ou

até mesmo funcionando como um sistema de bloqueio que não permite a religação da energia de forma acidental. Este equipamento está ilustrado na Figura 6.

Figure 6 - Chave seccionadora



Fonte: Sieletric (2022)

2.1.1.3 Banco de capacitores

O capacitor corrige o fator de potência, pois adiciona uma carga capacitiva na rede, fornecendo assim uma corrente para compensar a corrente atrasada causada por cargas indutivas. Ao neutralizar a corrente atrasada, os capacitores auxiliam na redução das perdas no sistema de distribuição elétrica e na redução da conta de energia. O banco de capacitores pode ser fixo, programado ou automático. Este equipamento está ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Banco de capacitores



Fonte: Dax Energy (2022)

2.1.1.4 Reguladores de tensão

Equipamento cuja função principal é controlar os níveis de tensão em patamares adequados através da comutação de taps dos transformadores. A grande importância está na

qualidade do fornecimento de energia elétrica (MAMEDE, 2011). Este equipamento está ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Regulador de tensão

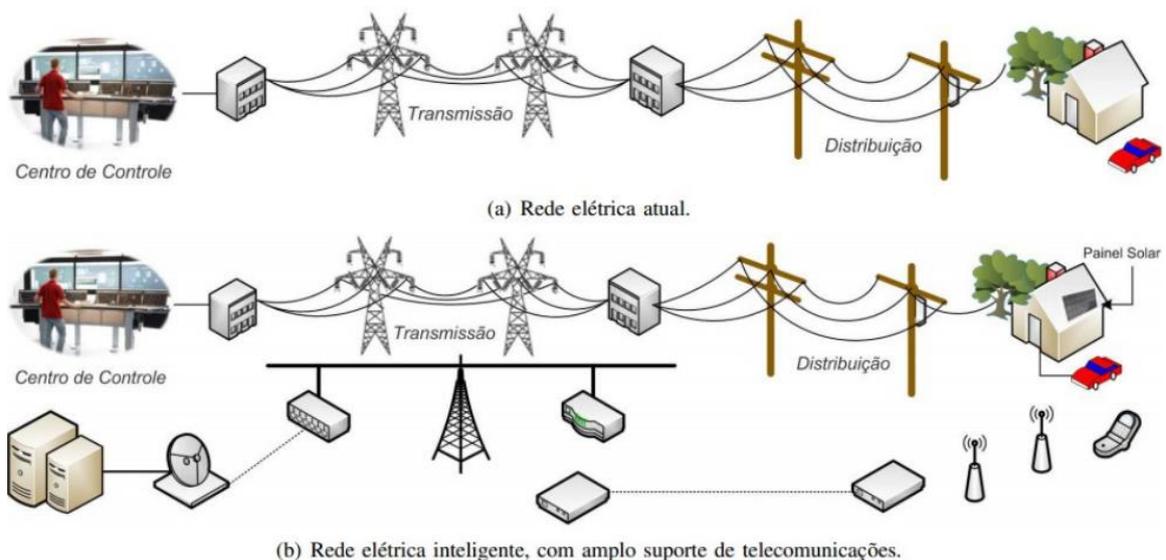


Fonte: CEB Distribuição (2014)

2.2 REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES – *SMART GRID*

As Redes Elétricas Inteligentes (REI) podem ser compreendidas como a rede elétrica que utiliza tecnologia digital avançada de automação, computação e comunicações para monitoração e controle da rede elétrica, as quais permitirão a implantação de estratégias muito mais eficiente que as atualmente em uso. Na figura 9 temos um comparativo entre o tipo de rede elétrica atual e a rede elétrica inteligente.

Figura 9 - Rede elétrica atual e rede elétrica inteligente

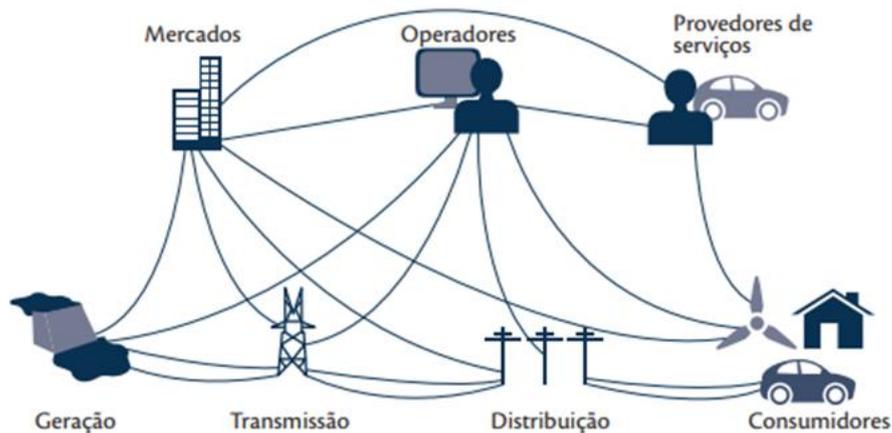


Fonte: Lopes (2012)

A incorporação do conceito de Smart Grid resultará em uma convergência acentuada entre as infraestruturas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e a infraestrutura de processamento de dados e comunicações digitais. A última irá operar como uma Internet de Equipamentos, conectando os denominados IEDs (Intelligent Electronic Devices) e trocando informações e ações de controle entre os diferentes segmentos da rede elétrica. Essa reunião de diferentes tecnologias necessitará do desenvolvimento de novas técnicas de controle, automação e otimização da operação do sistema elétrico, com alta inclinação para o uso de técnicas de resolução distribuída de problemas, fundamentada na utilização de multi-agentes (FALCÃO, 2010).

A figura 10 ilustra o modelo conceitual de uma rede inteligente. Que traz os conceitos de geração como às unidades geradoras de eletricidade; transmissão como os recursos de transporte de eletricidade; distribuição como os distribuidores de eletricidade aos consumidores; cliente como os usuários finais; mercados como os operadores e participantes do mercado de energia; operadores de rede como os gerenciadores de fluxo de eletricidade e por fim os provedores de serviços como os fornecedores de serviços aos consumidores finais.

Figura 10 - Modelo conceitual de rede inteligente



Fonte: CGEE (2016)

Algumas das características que geralmente são atribuídas às Redes Elétricas Inteligentes também conhecidas como Smart Grid são (FALCÃO, 2010):

- Auto recuperação (*Self Healing*): capacidade de automaticamente detectar, analisar, responder e restaurar falhas na rede;

- Empoderamento dos Consumidores: habilidade de incluir os equipamentos e comportamento dos consumidores nos processos de planejamento e operação da rede;
- Tolerância a Ataques Externos: capacidade de mitigar e resistir a ataques físicos e cyber-ataques;
- Qualidade de Energia: prover energia com a qualidade exigida pela sociedade digital;
- Acomodar uma grande variedade de fontes e demandas: capacidade de integrar de forma transparente (*plug and play*) uma variedade de fontes de energia de várias dimensões e tecnologia;
- Reduzir o impacto ambiental do sistema produtor de eletricidade, reduzindo perdas e utilizando fontes de baixo impacto ambiental;
- Resposta da demanda mediante a atuação remota em dispositivos dos consumidores;
- Viabilizar e beneficiar-se de mercados competitivos de energia, favorecendo o mercado varejista e a microgeração.

2.2.1 Transformação da rede elétrica em *Smart Grid*

O processo de transformação da rede de energia elétrica atual para a *Smart Grid* deverá acontecer de forma gradual com a inclusão novas tecnologias de automação, computação e comunicações introduzidas em partes da rede, formando bolsões de sub-redes com as características da *Smart Grid*, as quais conviverão de forma harmoniosa.

Uma das inovações tecnológicas propostas para implementação da *Smart Grid* são as Microredes Inteligentes (*Smart Microgrids*), as quais conectam fontes de energia de diferentes tipos e capacidades, dispositivos armazenadores de energia e cargas especiais. Constituem um mini-SEE que pode operar de forma semiautônoma, conectado ao sistema da concessionária ou isolado. Utilizam dispositivos conversores, baseados em eletrônica de potência, para conectar e controlar as diversas fontes de geração e armazenamento de energia, assim como cargas especiais. Utilizam, também, tecnologia avançada de medição eletrônica, sensores distribuídos, comunicações digitais e computação, para a supervisão, controle da qualidade e confiabilidade do fornecimento de energia e otimização de custos e emissões. (FALCÃO, 2010).

A evolução do processo de implantação da *Smart Grid* deverá seguir os seguintes passos (FALCÃO, 2010):

- Instalação da infraestrutura de dispositivos inteligentes;
- Instalação da infraestrutura de comunicações;
- Integração e interoperabilidade;
- Disponibilização de ferramentas analíticas;
- Otimização operativa.

Hoje já existem tecnologias em uso em determinadas áreas que contribuem sobremaneira para a formação de sistemas inteligentes e que viabilizam a implantação do conceito de *Smart Grid*. Como é o caso dos equipamentos inteligentes para uso residencial e comerciais com recursos de controle capazes de alterar sua demanda em função de sinais de preço ou relacionados com a confiabilidade do sistema elétrico.

Na área de geração distribuída e micro geração, por exemplo, a tendência de incorporação de fontes de energia dispersas, particularmente as renováveis, conectadas aos sistemas de distribuição de energia elétrica.

O uso da infraestrutura automática de medição (AMI), se trata de um sistema automático de coleta e transferência de dados por meio dos *Smart Meters* (medidores eletrônicos) para um sistema centralizado de processamentos de dados. A figura 11 a seguir ilustra um medidor inteligente.

Figura 11 - Medidor eletrônico



Fonte: WEG (2022)

O uso de equipamentos IEDs também viabiliza o conceito *Smart Grid*, pois são equipamentos padronizados que utilizam de tecnologia digital para proporcionar a convergência de tecnologias de controle, proteção e supervisão. Elementos esses que oferecem uma interface da infraestrutura de comunicações e processamento de informação com o sistema elétrico.

2.2.1.1 Instalação da infraestrutura de dispositivos inteligentes;

A implantação das redes elétricas inteligentes só pode ser feita com o desenvolvimento de novos sistemas e equipamentos com o objetivo de atender diferentes necessidades das distribuidoras e dos consumidores.

2.2.1.2 Instalação da infraestrutura de comunicações;

Sistemas estes, capazes de realizar medição inteligente, automação de redes aéreas e subterrâneas, tratamento de cargas especiais como o carro elétrico etc. Além de desenvolver novos sistemas, é preciso assegurar que eles possam se conectar utilizando sistemas de comunicação compatíveis com o objetivo de garantir que diferentes soluções, sistemas e equipamentos possam ser adicionados a uma mesma rede inteligente sem necessidade de adaptação.

2.2.1.3 Integração e interoperabilidade;

Já existem no mercado vários sistemas de diferentes fabricantes que atendem a algumas necessidades específicas com respeito à implantação das redes elétricas inteligentes. Apesar de diversos equipamentos já atenderem requisitos de normas específicas no tema *smart grids*, da Comissão Eletrotécnica Internacional como a IEC 61850, a existência de um número excessivo de protocolos em diversas áreas e com diversas finalidades trazem problemas na comunicação entre equipamentos de diferentes fabricantes.

2.2.1.4 Disponibilização de ferramentas analíticas;

A falta de capacidade dos sistemas de interoperar de modo a garantir que os sistemas computacionais interajam de maneira eficaz, assim como, a pequena possibilidade de

substituição de dispositivos por outro equivalente fazem com que as concessionárias tenham opções de apenas um ou poucos fabricantes.

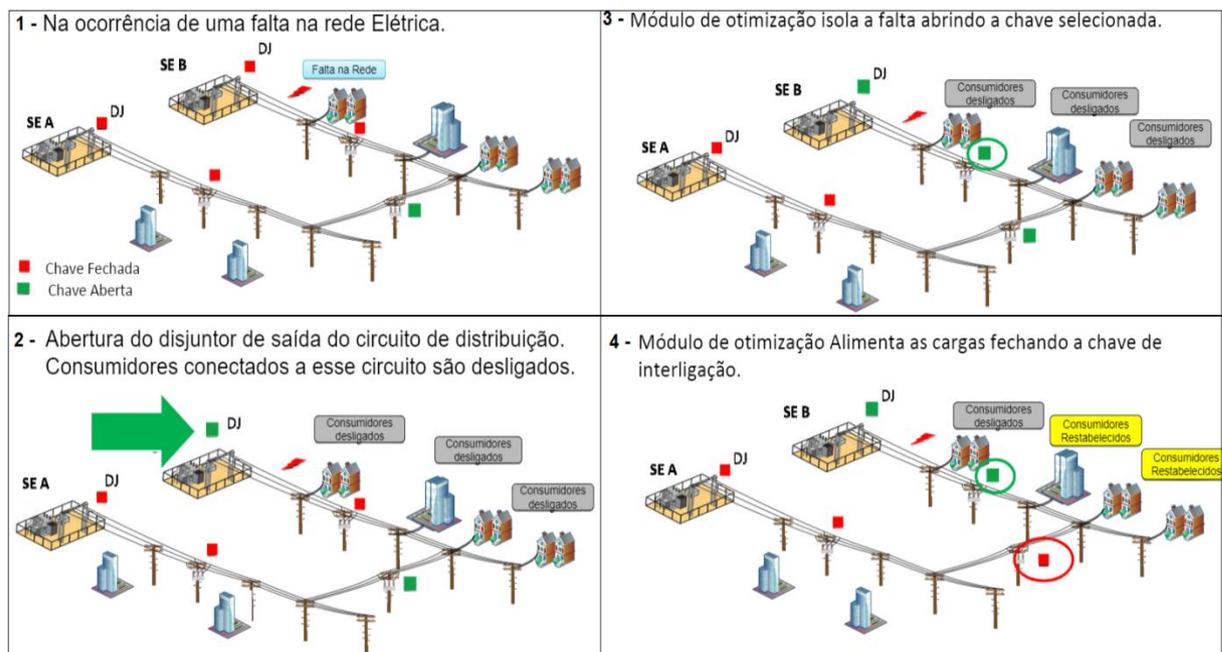
2.2.1.5 Otimização operativa.

Finalmente, o conceito de rede inteligente estabelece a utilização de técnicas de sensoriamento, transmissão e processamentos de dados, bem como o uso de medições inteligentes e a possibilidade de geração distribuída, almejando, com isto, a otimização das formas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica do sistema energético nacional em vigor.

2.2.2 *Self healing*: Conceitos e Metodologia

O *Self Healing* é um sistema que identifica e corrige, em segundos, possíveis falhas no fornecimento de energia. No momento em que uma falha é detectada, o trecho da rede é isolado e alternativas são ativadas para fazer com que a energia chegue ao cliente utilizando outras rotas. A figura 12 exemplifica as etapas realizadas pelo sistema *Self Healing* para correção de uma falha na rede elétrica.

Figura 12 - Etapas do sistema self healing

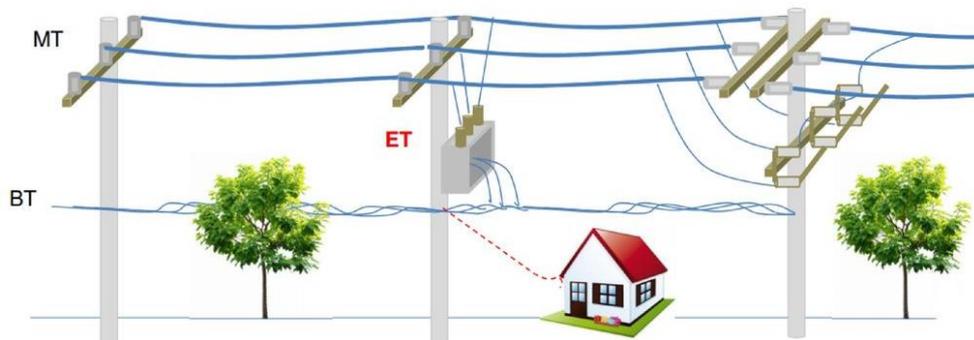


Fonte: Spin (2017)

A tecnologia utilizada para o controle dos equipamentos de automação passa por uma análise criteriosa, devido ao grande número de métodos e tecnologias que se fazem necessárias para a automatização do controle e restabelecimento da rede de distribuição.

A maior parte da rede de distribuição de energia é composta por condutores aéreos, sem proteção mecânica, estando assim desprotegida perante as interferências do meio ambiente e contatos acidentais de galhos de árvores, aumentando consideravelmente o índice de falhas neste tipo de rede (AZEVEDO,2010). A figura 13 apresenta uma rede de distribuição aérea.

Figura 13 - Rede de distribuição aérea



Fonte: Udc (2022)

As intervenções e contingências não programadas na rede de distribuição acontecem a todo o momento e causam prejuízos tanto para a concessionária, com as perdas de faturamento pelo não fornecimento de energia como também com as multas impostas pelo órgão regulador, já para a sociedade, podem ocorrer avarias em equipamentos, transtornos em hospitais, trânsito, e perda de produção em indústrias, entre outros.

Um sistema de distribuição de energia elétrica moderno terá de satisfazer múltiplos objetivos, incluindo a melhoria da confiabilidade, eficiência e segurança do sistema. Dentro desta perspectiva, faz-se necessário, então, desenvolver um sistema integrado, combinando aquisição, processamento e análise de dados com o propósito de proporcionar a assistência necessária para realizar a automação, o controle e a tomada de decisão no ambiente de subestações de distribuição de energia elétrica (NORTHCOTE-GREEN; WILSON, 2007).

Portanto, com objetivo de potencializar as condições operativas do sistema de distribuição, a automação desse sistema deve formar uma rede inteligente.

Dentro do conceito de *smart grid* destaca-se a funcionalidade de autorregenerar ou *self healing*. A definição desta funcionalidade é descrita por Falcão:

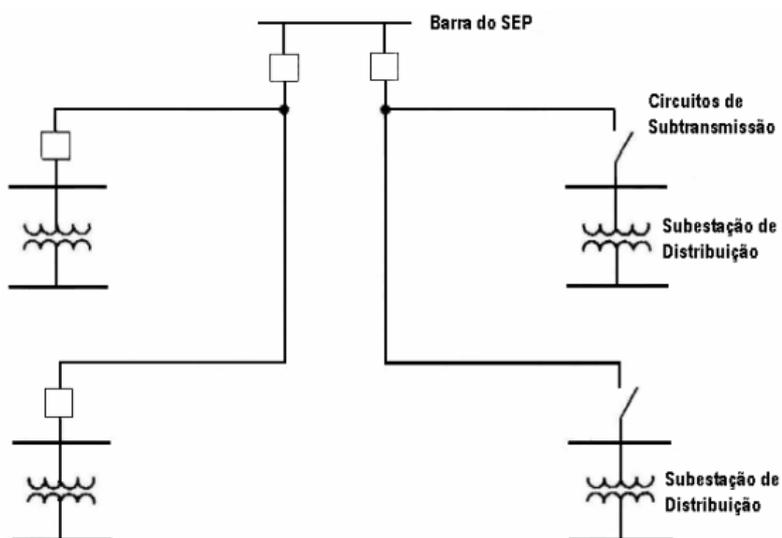
Define-se um sistema “*self-healing*” (auto regenerável ou auto recuperável) como aquele capaz de detectar, analisar, responder e restaurar falhas na rede de energia elétrica de forma automática (e em alguns casos de forma instantânea) Falcão (2010, p. 27.)

De acordo com o DOE (Department of Energy – USA), o conceito de *Self Healing* é a capacidade que a rede tem de isolar o problema, minimizar o número de clientes afetados e restabelecer o estado normal o mais rápido possível, com a menor intervenção humana possível, de maneira que a inteligência do sistema defina e execute as decisões, minimizando o deslocamento de equipes (OHARA, 2009).

2.2.3 Sistemas de reconfiguração da distribuição

A distribuição de energia elétrica em redes aéreas normalmente é projetada de forma radial, com a instalação de equipamentos de seccionamento tais como chaves seccionadoras, chaves fusíveis ou religadores automáticos em pontos estratégicos em termos de operação, manutenção e proteção, permitindo com que segmentos do circuito que apresentem uma falha sejam detectados e isolados, enquanto que o restante dos consumidores não sejam atingidos ou transferidos a outro circuito (FONSECA, 2016). A figura 14 apresenta um modelo de sistema radial.

Figura 14 – Diagrama unifilar de um sistema radial



Fonte: SlidePlayer (2022)

A reconfiguração pode ser definida como a alteração da configuração das redes de distribuição em regime normal de operação ou na ocorrência de alguma falta através do procedimento de manobras na rede com objetivo de reduzir perdas (BARBOSA, 2012).

O sistema de reconfiguração permite a rede opções de operação para atender requisitos de balanceamento de carga, manobras emergências isolando defeitos e transferência de carga, são instaladas na rede de distribuição equipamentos de manobra que atendem basicamente as condições de chaves normalmente abertas (NA) e normalmente fechadas (NF) (SCHMIDT, 2005).

A reconfiguração de redes quando o sistema é afetado por alguma falta que gera a interrupção total ou parcial de cargas, deve seguir alguns princípios, tais como: restaurar a maior quantidade de cargas possível sem violar quaisquer tipos de restrições operacionais, verificação e validação de sequência possível de operações que podem ser realizadas com segurança para alcançar a configuração final bem como garantir o balanceamento de cargas.

As manobras de reconfiguração necessitam ser executadas no menor tempo possível e manter a estrutura radial da rede com o objetivo facilitar a localização de falhas, isolamento e coordenação dos dispositivos de proteção.

A reconfiguração de um sistema de distribuição, conforme Pfitscher (2013), ocorre em três situações distintas:

- Casos de contingências, quando a topologia da rede muda para isolar faltas e restabelecer a energia para os consumidores afetados que não se encontram na região com defeito;
- Casos de manutenção programada, quando a topologia muda para isolar uma determinada região que precisa ser desligada e transferir parte dos consumidores para outra rede;
- Condições normais de operação, quando a topologia muda para melhorar parâmetros de desempenho da rede, como carregamento de alimentadores e níveis de tensão, por exemplo.

2.2.3.1 Localização do distúrbio no sistema de distribuição

O profissional deve identificar a localização do problema, acionar as equipes de manutenção e restabelecer os trechos não afetados, em tempo inferior ao tempo estipulado de falha momentânea pela ANEEL. Para restabelecer o sistema elétrico, o operador deve avaliar

todas as informações referentes aos possíveis equipamentos, como disjuntores, chaves, religadores, envolvidos no defeito.

O sistema SCADA reporta uma série de dados referentes aos eventos que estão ocorrendo no sistema e o volume de informações muitas vezes acaba prejudicando a análise do operador. Para auxiliar a localização foram desenvolvidos métodos de detecção de faltas que estimam a distância através dos dados adquiridos por meio dos equipamentos de proteção.

Os desempenhos dessas técnicas são afetados pelas características específicas do sistema de distribuição, como a presença de condutores diferentes, sistema desequilibrado, ramificação do sistema, etc (SPATTI, 2011).

Visando contornar as limitações das técnicas convencionais, a grande aposta para o desenvolvimento de um sistema capaz de tratar com a identificação-classificação-localização é o uso de sistemas inteligentes.

Sendo assim, segundo Alves e Machado (2010) para resolver estes problemas de forma satisfatória são utilizadas técnicas de inteligência artificial, que combinam as informações já adquiridas pela experiência dos operadores com a capacidade de executar rotinas de maneira segura e com custo de processamento relativamente baixo.

As principais técnicas utilizadas para o desenvolvimento de um processo de diagnóstico de faltas de maneira automatizada são as redes neurais artificiais, lógica fuzzy, sistemas especialistas, redes de Petri, redes de causa e efeito.

Para Spatti (2011) a integração entre as técnicas de sistemas inteligentes com às convencionais é válida principalmente pela evolução das ferramentas de processamento de sinais, gerando sistemas de diagnósticos de faltas que têm apresentado os resultados mais eficientes e convincentes, pois obtém-se robustez, confiabilidade e eficiência.

Com relação à estratégia aplicada para a execução da reconfiguração da rede de maneira inteligente, pode-se adotar soluções de inteligência distribuída e de inteligência centralizada.

3 METODOLOGIA

O método utilizado foi o de pesquisa descritiva de forma qualitativa, através de bases bibliográficas para a coleta de informações, consultas em meios eletrônicos, livros, teses, dissertações, além de artigos científicos. Com o objetivo de analisar a configuração das redes elétricas e os dispositivos nela contidos, destacando as técnicas necessárias para implantação do sistema *Self Healing*.

3.1 NATUREZA E TIPO DE PESQUISA

Quanto ao procedimento da pesquisa se optou pelo bibliográfico. Já a natureza da pesquisa escolhida foi à qualitativa. Na pesquisa do presente trabalho será utilizado método qualitativo de abordagem, que é um método de investigação científica. Portanto, o procedimento deste trabalho pauta-se em consultas bibliográficas, trazendo para a pesquisa somente doutrinas relevantes ao tema.

O estudo terá caráter qualitativo porque, como explica Goldenberg (2004), a pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas com o aprofundamento da compreensão de um grupo social.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O método de pesquisa foi o dedutivo. Os materiais a serem analisados serão:

Bibliográficos: Teses, artigos, livros e periódicos que descrevem a aplicação de redes *Smartgrids*, dando ênfase para o sistema de *Self Healing*.

Documentais: Documentos diversos sobre as legislações regendo a distribuição e transmissão de redes elétricas.

4 DESENVOLVIMENTO

O estudo de caso que apresentaremos neste capítulo, trata-se de uma melhoria de rede em Biguaçu, município brasileiro do estado de Santa Catarina, devido à necessidade de adequação da rede de distribuição de energia para ligação de uma Usina Fotovoltaica do grupo de concessionárias de veículos Geração. A usina conta com 1.260 módulos fotovoltaicos com potência de geração de 360 kW, conforme figura 15.

Figura 15 – Usina Geração



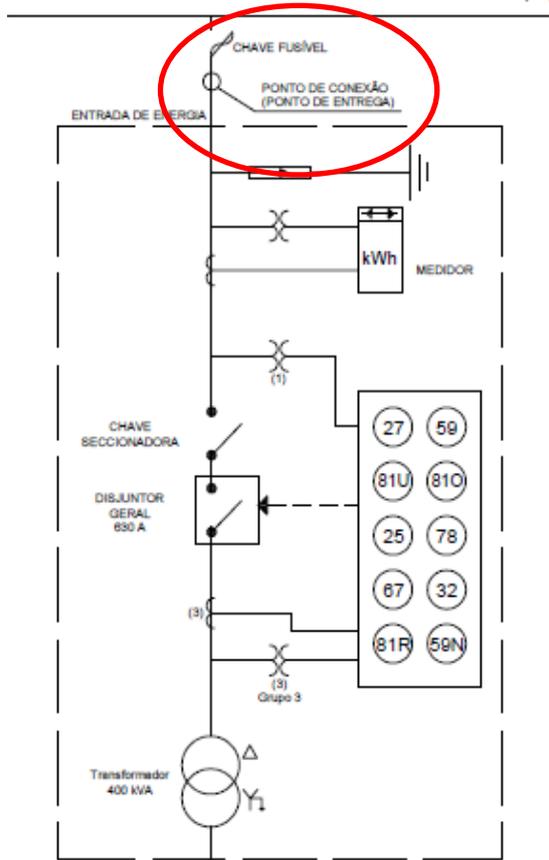
Fonte: Portal Solar (2022)

A rede de distribuição é de naturalidade aérea com tensão de 15 kV, na área de concessão da Celesc Distribuição S.A. Logo o padrão das instalações de energia elétrica utilizado e atendido é o padrão Celesc.

4.1 APROVAÇÕES CELESC

O ponto de conexão (ponto de entrega) entre a usina fotovoltaica e a rede da Celesc foi feito entre a cabine de medição e rede de media tensão (MT) da CELESC, conforme o diagrama unifilar simplificado, mostrado na figura 16.

Figura 16 - Diagrama unifilar simplificado
REDE CELESC (MT)



Fonte: Quantum Engenharia (2021)

Conforme o parecer técnico encaminhado pela CELESC, mostrado nas figuras 17 e 18, existe necessidade de substituição da chave fusível por um religador trifásico automático com sensor de presença de tensão em ambos os lados e automação, além da substituição de uma segunda chave fusível por chave seccionadora faca.

Figura 17 - Parecer técnico Celesc

PARECER TÉCNICO DE ACESSO MINIGERAÇÃO

SEÇÃO 6: PENDÊNCIAS PARA A SOLICITAÇÃO DE VISTORIA

É necessário aumentar a potência disponibilizada da Unidade Consumidora?	Sim
Outras pendências	Os custos da conexão de Geração Distribuída não consideram os custos de Nova Ligação.
Obras Associadas	
Substituição da chave fusível nº 80481 por religador trifásico automático com sensor de presença de tensão em ambos os lados e automação; Substituição da chave fusível nº 80907 por chave seccionadora faca.	

Fonte: Quantum Engenharia (2022)

Além do parecer é indicado no manual de procedimentos da Celesc “CONEXÃO DE GERADOR PARTICULAR EM UNIDADE CONSUMIDORA LIGADA A REDE DE DISTRIBUIÇÃO” COD. I-321.0028 que:

‘O sistema de geração particular não poderá provocar qualquer distúrbio, problema técnico ou de segurança na operação do sistema elétrico da Celesc D e/ou às outras unidades consumidoras.’

Ainda no parecer, é informada a necessidade da obra (mencionada nesse capítulo) na rede devido à exigência de aumento de potência, como mostra a figura 18.

Figura 18 - Parecer Técnico Celesc

SEÇÃO 7: AUMENTO DO POTÊNCIA DISPONIBILIZADA

Nos casos em que é necessário o aumento de potência disponibilizada na UC onde o sistema de minigeração será instalado (ver quadro da Seção 6, o consumidor deverá solicitar o aumento da potência disponibilizada em uma das lojas de atendimento da Celesc, nos termos do Art. 27 da Resolução Normativa ANEEL 414/2010. Em função do pedido de aumento de potência disponibilizada, podem ser necessárias obras na rede, podendo haver participação financeira do consumidor.

SEÇÃO 8: OBRAS NA REDE DISTRIBUIÇÃO

Nos casos em que são necessárias obras (ver o quadro da Seção 6), o titular da unidade consumidora deverá comparecer à agência regional de vinculação de sua unidade consumidora antes da Solicitação de Vistoria em até 120 dias após a emissão do Parecer de Acesso, para realizar solicitação de obras de melhorias na rede para atendimento da futura Solicitação de Vistoria.

A distribuidora tem o prazo de 30 (trinta) dias, contados da data da solicitação, para elaborar os estudos, orçamentos, projetos e informar ao interessado.

A partir do recebimento das informações, o interessado pode optar entre aceitar os prazos e condições estipulados pela distribuidora; solicitar antecipação no atendimento mediante aporte de recursos ou executar a obra diretamente, manifestando sua opção à distribuidora, que tem os prazos máximos a seguir estabelecidos para conclusão das obras de atendimento da solicitação:

- I – 60 (sessenta) dias, quando tratar-se exclusivamente de obras na rede de distribuição aérea de tensão secundária, incluindo a instalação ou substituição de posto de transformação;
- II – 120 (cento e vinte) dias, quando tratar-se de obras com dimensão de até 1 (um) quilômetro na rede de distribuição aérea de tensão primária, incluindo nesta distância a complementação de fases na rede existente e, se for o caso, as obras do inciso I.

Fonte: Quantum Engenharia (2022)

4.2 DIRETRIZES DE EXECUÇÃO DO SERVIÇO

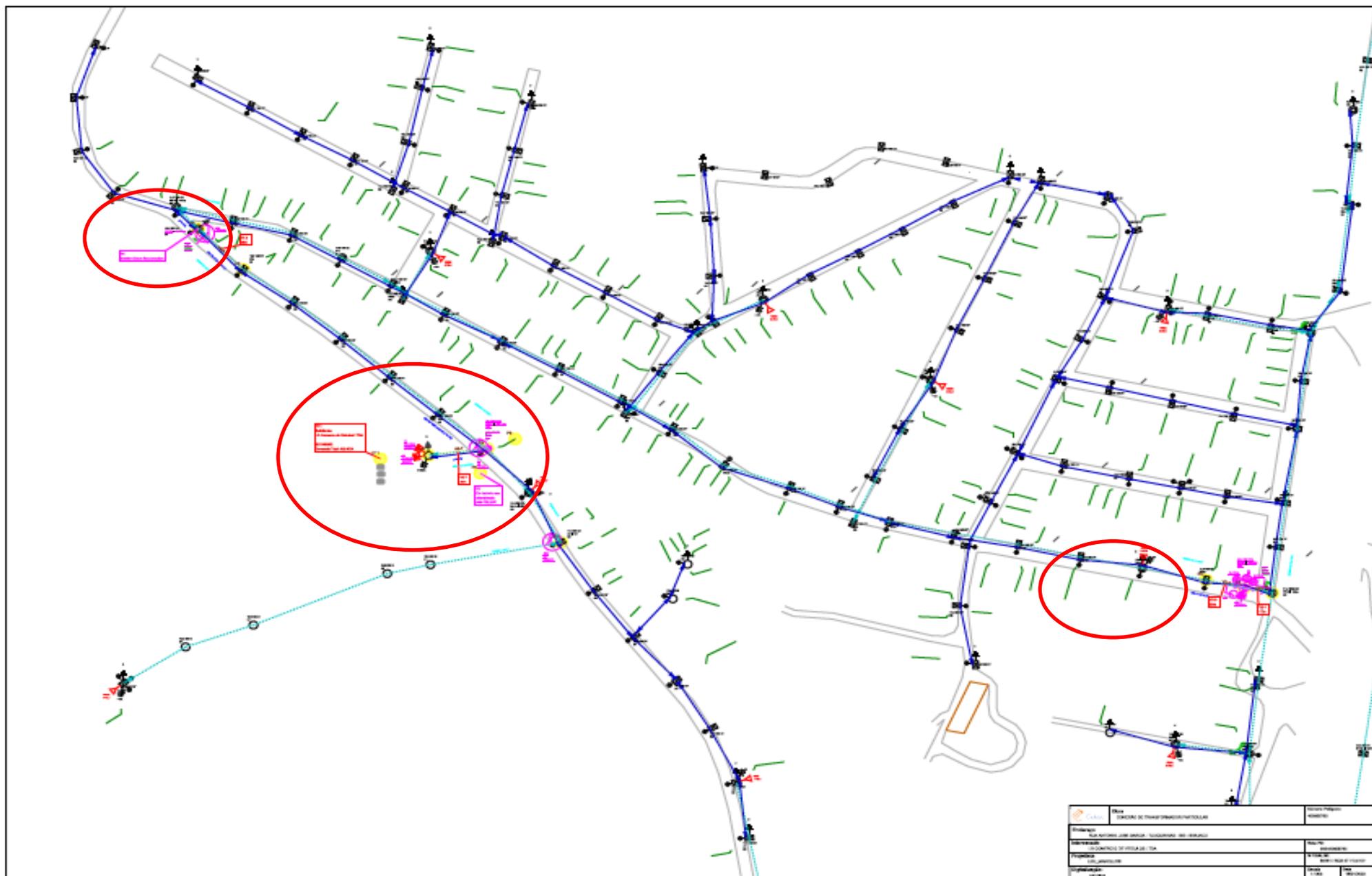
Para a adequação da rede existente, a Celesc forneceu o projeto da rede local informando os pontos de alteração e instalação das estruturas e equipamentos como mostra a figura 19. Além do projeto também foi fornecido uma lista de materiais e serviços a serem executados.

Os pontos principais da adequação da rede de distribuição são a instalação da estrutura em frente à usina, instalação da chave seccionadora e a instalação da estrutura e religador.

A execução do serviço foi programada em duas etapas devido à urgência do serviço e o prazo de fabricação do religador. Considerando as etapas da seguinte forma:

- a) 1º Etapa: Montagem e adequação da estrutura de rede e instalação das chaves seccionadoras.
- b) 2º Etapa: Instalação e automação do religador.

Figura 19 – Projeto fornecido pela Celesc



4.3 1º ETAPA: MONTAGEM E ADEQUAÇÃO DA ESTRUTURA DE REDE E INSTALAÇÃO DAS CHAVES SECCIONADORAS.

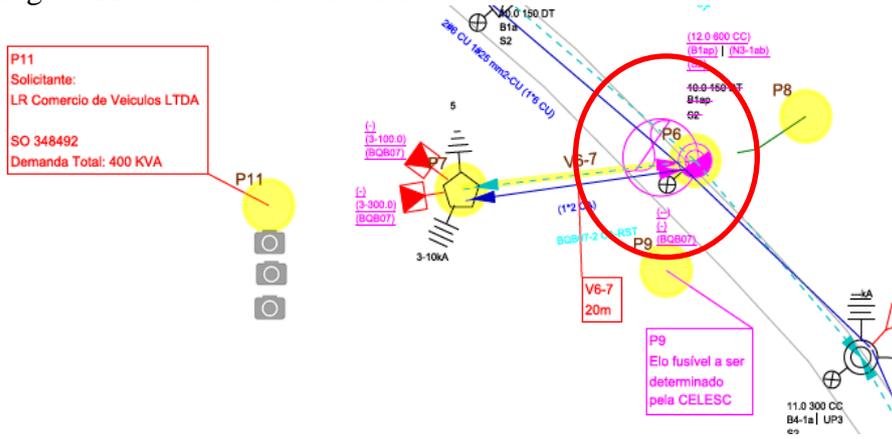
Para a execução dos trabalhos executados na rede elétrica foi necessário fazer o desligamento da rede junto a concessionária, além disso, todos os materiais e equipamentos passaram pela divisão de controle de qualidade (DVCQ) da Celesc e somente após a liberação foi possível fazer a aplicação do material. Abaixo é possível verificar o modelo de liberação dos materiais pela DVCQ na figura 20 e da declaração de desligamento na figura 21.

Figura 20 - Pedido de inspeção Celesc

x		INSPEÇÃO	REINSPEÇÃO				
FABRICANTE/FORNECEDOR:		ONIX DISTRIBUIDORA DE PRODUTOS ELÉTRICOS LTDA	CNPJ: 07.770.014/0001-33				
PEDIDO DE COMPRA Nº:	392/22	DATA DA SOLICITAÇÃO DE INSPEÇÃO* - Deve ter antecedência mínima de 15 dias em relação à data em que o material/equipamento estará disponível para inspeção, conforme existência de edital:					
CONTRATO Nº:	QTM - DGD - 01-22						
OBRA:	Adequação Rede Aérea LR Veículos						
LOCAL DE INSPEÇÃO							
RUA/AVENIDA:	R. Sen. Carlos Gomes de Oliveira, 397	BAIRRO:	Distrito Industrial				
MUNICÍPIO:	São José	ESTADO:	Santa Catarina				
DATAS IMPORTANTES PARA O PROCESSO DE INSPEÇÃO							
DATA QUE O MATERIAL ESTARÁ DISPONÍVEL PARA INSPEÇÃO*:		23 / 03 / 2022	(observar o prazo mínimo de 15 dias de antecedência)				
NÚMERO DE DIAS NECESSÁRIOS PARA REALIZAÇÃO DA INSPEÇÃO:		1	dias úteis.				
CONTATOS PARA REALIZAÇÃO DOS TRABALHOS DE INSPEÇÃO							
NOME DO CONTATO:	Anna	E-MAIL:	anna@quattroengenharia.net.br				
TELEFONE:	(48) 3271-0200	FAX:					
ITEM DO PEDIDO	CÓDIGO CELESC	DESCRIÇÃO RESUMIDA DO MATERIAL	FABRICANTE / MARCA	MODELO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)
395	5230	Caabo cobre nu, tempera meio dura, classe 2A, 7 fios, 25,0mm ² . Cod. Celesc 5230	Santa Luzia		kg	6,41	87,3694
651	6418	Conector cunha al cb 336,4mm x 2awg. cod. Celesc 6418	Incesa		pc	6	10,8812
666	6786	Conector cunha cu cb 25 x 25mm ² . cod. Celesc 6786	Incesa		pc	1	56,8875
667	6806	Conector cunha cu cb 35 x 25 ou 50 x 16mm ² . cod. Celesc 6806	Intelli		pc	1	56,8875
668		Conector cunha cu cb 35x35 ou 50 x 25mm ²	Incesa		pc	3	61,1327
675	6383	Conector cunha cu+sn cb ca-caa-cu tipo 1. cod. Celesc 6383	Incesa		pc	9	8,782
677	6382	Conector cunha cu+sn cb ca-caa-cu tipo 2. cod. Celesc 6382	Incesa		pc	2	5,1785
678	6381	Conector cunha cu+sn cb ca-caa-cu tipo 3. cod. Celesc 6381	Incesa		pc	2	3,3902
869	7570	Elo fusível distribuição 6k. cod. Celesc 7570	Indel Bauru		pc	1	6,3803
935	5022	Isolador roldana porcelana 1,3kV, d45mm 76x79. cod. Celesc 5022 e 5013	Santa Terezinha		pc	8	8,2083
1134	7624	Para-raio de distribuição polimérico, ZnO, com dispositivo para desl. automático, sistema neutro aterrado, 12kV, 10kA. cod. Celesc 7624 e 13486.	Balestro		pc	6	210,9616
1774	5228	Fio de cobre nu, recozido, 16,0 mm ² . Cod. Celesc 5228	Santa Luzia		kg	0,91	87,3694

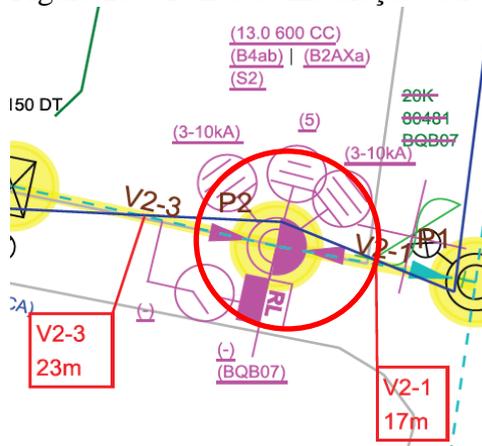
Fonte: Quantum Engenharia (2022)

Figura 22 – Ponto estrutura entrada usina



Fonte: Celesc (2022)

Figura 23 – Ponto de instalação estrutura para religador



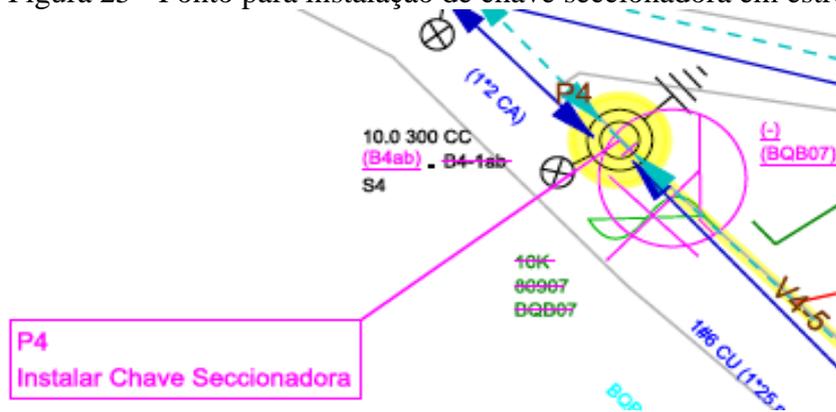
Fonte: Celesc (2022)

Figura 24 – Instalação estrutura para religador



Fonte: Acervo Pessoal (2022)

Figura 25 - Ponto para instalação de chave seccionadora em estrutura existente



Fonte: Celesc (2022)

4.4 2º ETAPA: INSTALAÇÃO E AUTOMAÇÃO DO RELIGADOR

Como já mencionado no capítulo interior os materiais e equipamentos utilizados na obra devem ser inspecionados e liberados pelo setor de divisão de qualidade da concessionária. Além disso, também foi mencionado o longo prazo de fabricação do religador e a estratégia de divisão do serviço em duas partes. Sendo elas:

- Etapa 1 - Montagem e adequação da estrutura de rede e instalação das chaves seccionadoras;
- Etapa 2 - Instalação e automação do religador.

4.4.1 A escolha do Religador e suas características

O equipamento indicado foi o Religador Trifásico para sistema de distribuição com 3 fases com classe de tensão de 13,8 kV, corrente continua nominal de 560 A e capacidade de 12,5 kA com código SAP 37377 (código Celesc). Respeitando esses critérios o fabricante escolhido foi a Noja Power com o modelo OSM15-16-800, conforme figura 26.

Figura 26 - Religador trifásico

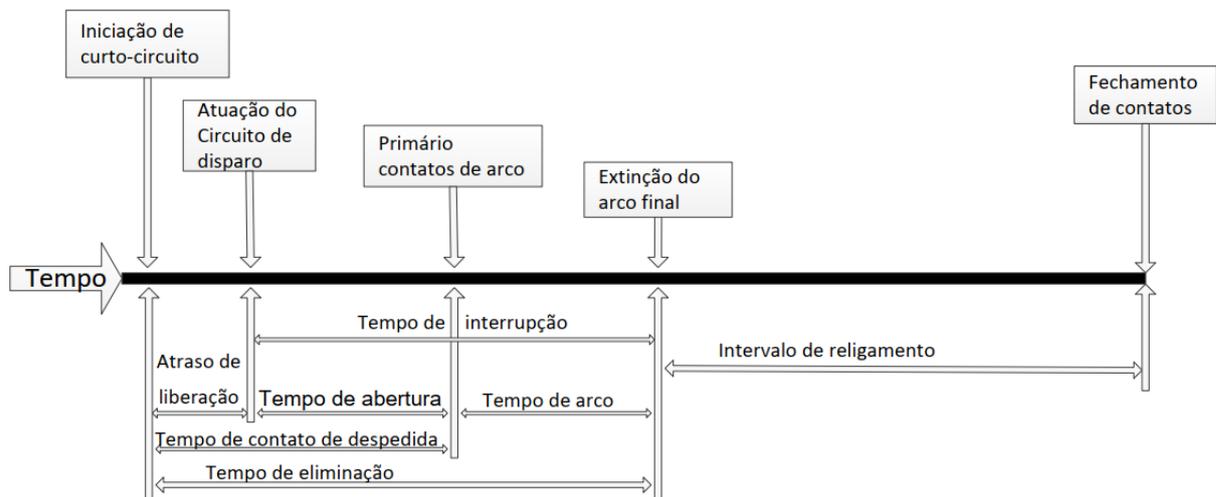


Fonte: Acervo pessoal (2022)

O princípio de funcionamento do religador é o de proteção a sobrecorrentes utilizado em circuitos aéreos de distribuição. Opera quando detecta correntes de curto circuito, desligando e religando automaticamente os circuitos um número predeterminado de vezes.

Quando um religador sente uma condição de sobrecorrente, a circulação dessa corrente é interrompida pela abertura de seus contatos. Os contatos são mantidos abertos durante determinado tempo, chamado tempo de religamento, após o qual se fecham automaticamente para reenergização da linha. Se, no momento do fechamento dos contatos, a corrente persistir, a sequência abertura/fechamento é repetida até três vezes consecutivas e, após a quarta abertura, os contatos ficam abertos e travados. Na figura 27 podemos ver um diagrama temporal para operações de interrupção e fechamento.

Figura 27 - Diagrama temporal para operações de interrupção e fechamento



Fonte: Noja Power (2022)

4.4.1.1 Parametrização Geral Religador OSM 310

O religador possui três pólos, cada um com o seu interruptor a vácuo, contidos em um invólucro de sólido dielétrico. Cada polo possui seu próprio atuador magnético. A energia necessária para a operação do atuador é fornecida por capacitores localizados na cabine de controle do religador. Os atuadores magnéticos são intertravados, garantindo operação simultânea trifásica. O travamento magnético mantém o mecanismo na posição fechada. A operação de disparo assistida por molas é atingida revertendo à direção da corrente do atuador para gerar força na direção inversa à operação de fechamento para liberar a trava.

O Religador pode ser disparado manualmente utilizando uma vara de manobra para puxar o anel de disparo mecânico para baixo. O estado 'Aberto/Fechado' do religador é detectado

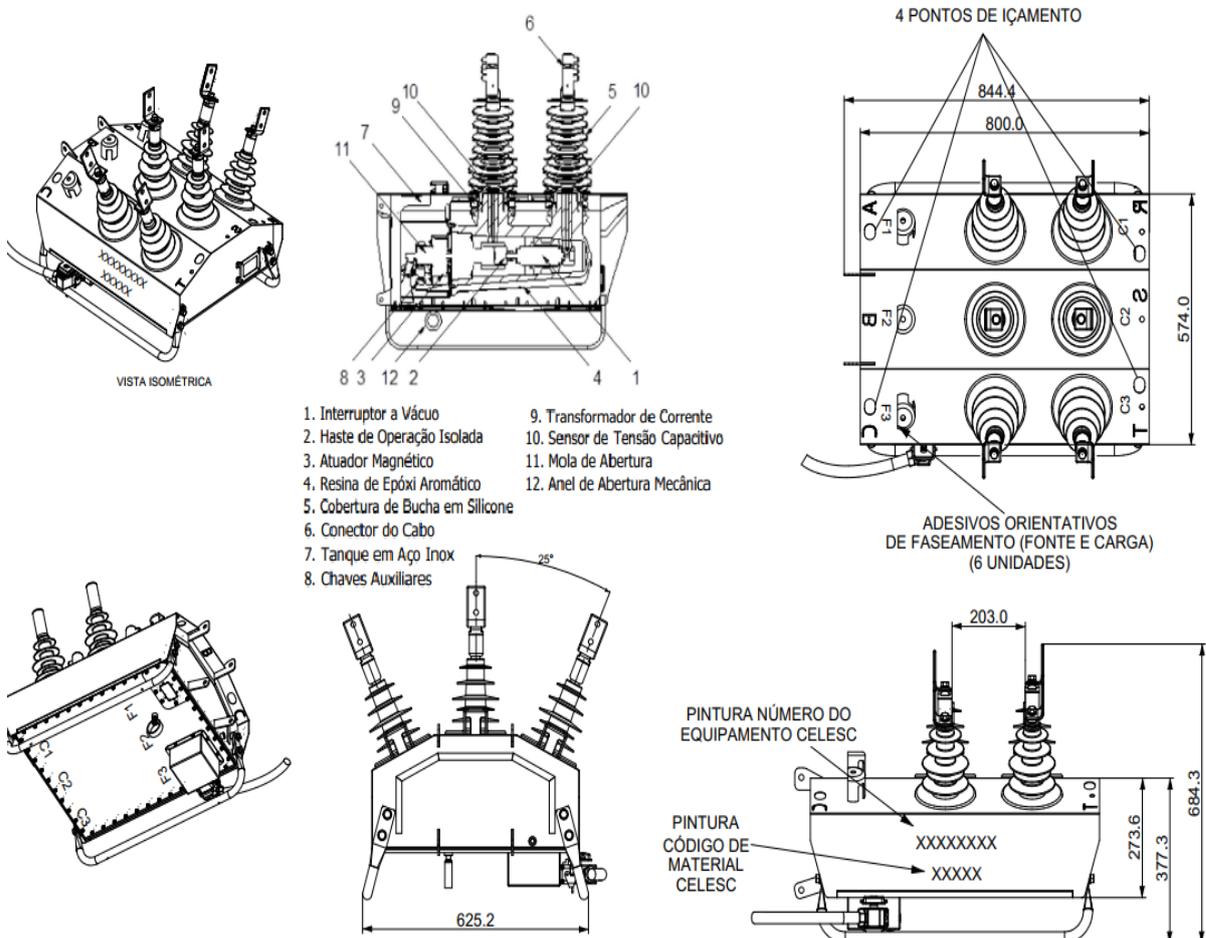
pelo Controle RC através do monitoramento de chaves auxiliares que refletem a posição do mecanismo.

A tensão em todos os seis terminais é medida através de sensores capacitivamente acoplados aos terminais de Alta Tensão (AT). Já a corrente é medida nas três fases através de transformadores de corrente (TCs). Estes transformadores fornecem medida de corrente de fase e neutro para fins de sinalização e proteção contra sobrecorrente. Os secundários dos transformadores de corrente são automaticamente curto-circuitados quando o tanque é desligado da cabine de Controle.

As buchas do circuito principal são fabricadas de resina de epóxi aromático e possuem conectores de latão estanhado para terminação dos cabos aéreos. Os conectores foram fornecidos para encaixe de cabos até 260 mm², considerando o conector NEMA com 2 furos.

O Cabo de Controle OSM é comum a todos os três módulos. O terra é feito por um pino M12 no tanque, conforme figura 28.

Figura 28 - Religador automático trifásico 15 kV, 16 kA, 800 A



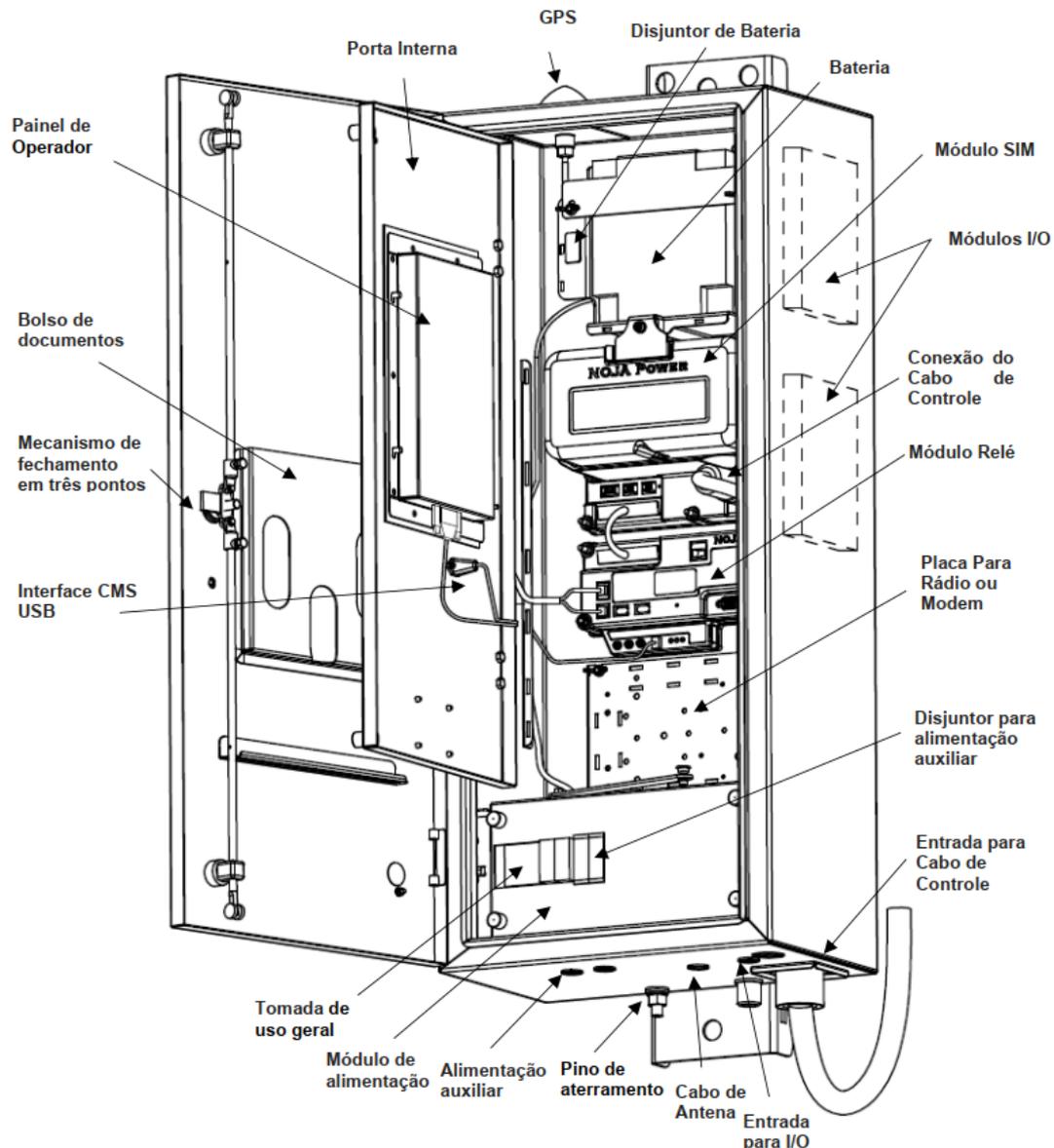
Fonte: Power (2022)

4.4.1.2 Parâmetros operacionais

O controle eletrônico é abrigado numa caixa separada do religador chamada de cabine de controle (RC). A cabine de controle e comunicação RC consiste em um controle microprocessado que fornece as funções de: proteção direcional de sobrecorrente, falta à terra, falta sensível a terra, autoreligamento, medição instantânea, registro de eventos, registrador de demanda e unidade terminal remota para controle.

Os Controles do Religador são fabricados em aço inox sob pintura eletrostática e oferecem proteção IP66 para os equipamentos internos. A figura 29 mostra uma cabine de controle do religador.

Figura 29 - Cabine de controle (RC) do religador



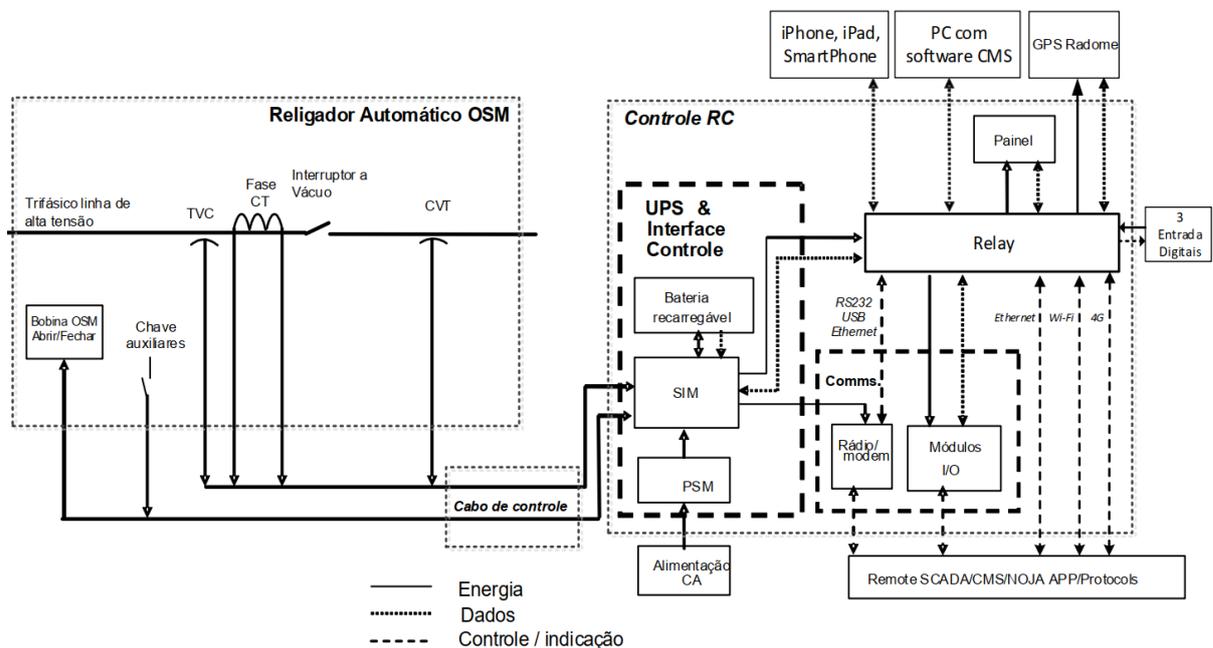
Fonte: Noja Power (2022)

Dentre as principais características da Cabine RC, estão:

- Painel do Operador;
- Espaço para rádio, Modem ou outros equipamentos de comunicação;
- Disjuntor para alimentação auxiliar;
- Tomada de uso geral;
- Entrada para o cabo de Controle à prova de vandalismo;
- Filtro de drenagem à prova de poeira
- Pino de aterramento M12;
- Furos para entrada de cabos;
- Disjuntor de bateria.

A estrutura funcional do Religador OSM e da Cabine RC está ilustrada no diagrama de blocos apresentado na figura 32.

Figura 30 - Estrutura funcional do religador OSM e da cabine RC



Fonte: Noja Power (2022)

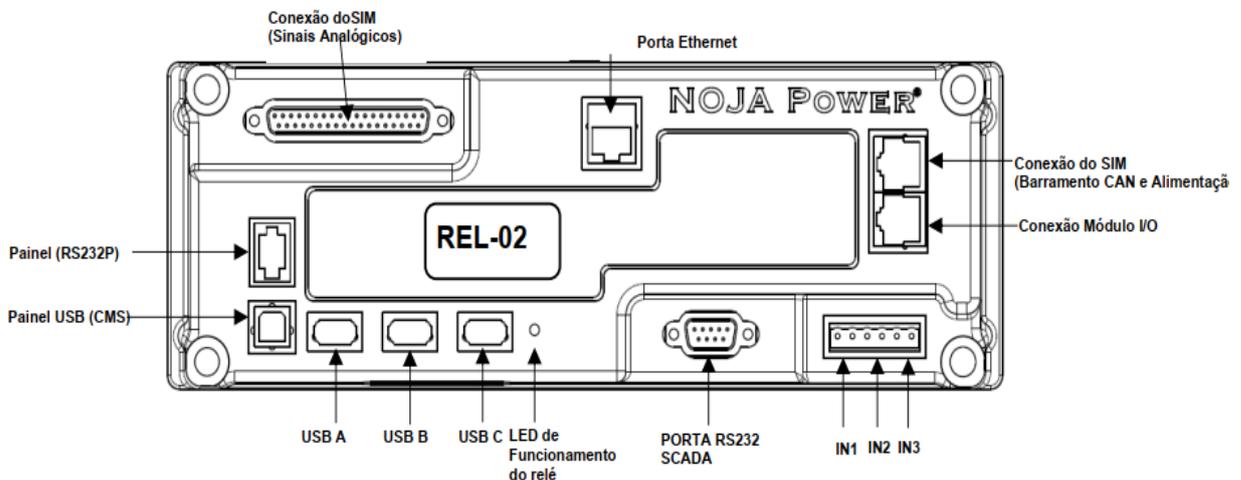
Sendo os principais pontos da estrutura:

- O Módulo Painel do Operador contém a Interface do usuário para Controle do operador.

- O Módulo de Fornecimento de Energia (PSM) recebe alimentação auxiliar CA e fornece CC para o módulo SIM.
- O Módulo de Interface com Religador (SIM) fornece gerenciamento de energia, carregador de bateria e incorpora os capacitores que fornecem energia ao tanque para as operações de abertura e fechamento.
- As Portas de Comunicação e Módulos I/O fornecem funções de Controle e indicação externas para sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA) ou outras aplicações de controle remoto.
- O Módulo Relé (REL) contém o microprocessador principal, a funcionalidade do processador digital de sinais (DSP), unidade terminal remota (UTR), portas de comunicação e entradas digitais padrões.

O Módulo Relé é responsável por todas as funcionalidades disponíveis na cabine controle através da interação com o religador OSM, módulo de interface com religador (SIM) e painel do operado. A figura 31 ilustra o módulo relé.

Figura 31 – Módulo Relé



Fonte: Noja Power (2022)

O Módulo SIM recebe os sinais das saídas dos transformadores de tensão capacitivos (TTC) e da saída dos transformadores de corrente (TC) do tanque OSM e os transfere para o módulo relé após filtragem e escalonamento dos sinais. O Módulo Relé converte os sinais analógicos recebidos do módulo SIM em dados.

Os dados de medição são filtrados para remoção de harmônicas e o valor RMS do sinal fundamental é usado para aplicações de proteção e sinalização, como mostrado na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Dados de medição

Grandeza Medida	Designação	Intervalo Medido	Resolução	Aplicabilidade	
				Proteção	Sinalização
Correntes de fase	Ia, Ib, Ic	0 – 16000 A	1 A	✓	✓
Corrente residual ⁽¹⁾	In	0 – 16000 A	1 A	✓	✓
Corrente residual (Modelo SEF 0,2A) ⁽²⁾	In	0 – 16000 A	0.1 A	✓	✓
Tensões fase-terra	Ua, Ub, Uc, Ur, Us, Ut	0,5 – 22 kV	0,1 kV	✓	✓
Tensões de linha	Uab, Ubc, Uca	0,5 – 38 kV	0,1 kV	✓	✓
Corrente de sequência positiva	I1	0 – 16000 A	1 A	✓	–
Corrente de sequência negativa	I2	0 – 16000 A	1 A	✓	–
Tensão de sequência positiva	U1	0,5 – 38 kV	0,1 kV	✓	–
Tensão de sequência negativa	U2	0,5 – 38 kV	0,1 kV	✓	–
Tensão residual ⁽²⁾	Um	0,5 – 22 kV	0,1 kV	✓	–
Defasagem entre tensão de sequência positiva e corrente	A1	0 – 359°	1°	✓	–
Defasagem entre tensão residual e corrente	A0	0 – 359°	1°	✓	–
Potência ativa, reativa e total monofásica e trifásica	A, B & C kVA / kW / kVAr 3 fases kVA / kVAr / kW	0 – 65535	1	–	✓
Energia total, ativa e reativa, monofásica e trifásica, relacionada às direções direta e reversa do fluxo de potência	A, B & C +/- – kVAh A, B & C +/- – kWh A, B & C +/- – kVAhr, 3 fases +/- – kVAh 3 fases +/- – kWh 3 fases +/- – kVArh	0 – 999999999	1	–	✓
Frequência dos lados ABC e RST do religador	Fabc, Frst	46 – 65 Hz	0,01Hz	✓	✓
Sequência de fase dos lados ABC e RST	Phase seq.	ABC / ACB / ? ⁽³⁾ RST / RTS / ? ⁽³⁾	NA	–	✓
Fator de potência monofásico e trifásico ⁽⁴⁾	Power factor: 3phase, A phase, B phase, C phase	0 – 1	0,01	–	✓

Fonte: Noja Power (2022)

4.4.1.3 Parâmetros de Controle e Gerenciamento e Automação de Smart Grid

O software CMS permite configuração e controle de todas as características e funcionalidades. É uma ferramenta de configuração compreensiva e permite ao usuário a:

- Realizar todas as configurações do Relé.
- Transferir todas as configurações do computador para o Relé.

- Transferir do Relé para o computador todas as configurações, registro de operações, perfil de faltas, perfil de carga, registro de alterações, contadores de faltas, contadores de vida útil.
- Ir on-line e ver as medidas, operar o OSM, configurar a proteção, configurar elementos de controle do status de proteção, sincronizar data/hora com o computador e apagar dados de perfil de carga.
- Filtrar registros e informações de perfis para auxiliar na análise de dados.
- Imprimir configurações e todos os dados históricos.
- Gerar representações gráficas de faltas e dados do perfil de carga.
- Importar e Exportar arquivos de configuração para uso de terceiros.
- Configurar curvas de proteção definidas pelo usuário e curvas padrões (IEC, ANSI) usando uma interface gráfica.
- Assegurar a coordenação do religador através da importação de características de coordenação de outros dispositivos a partir de uma biblioteca de curvas de proteção.
- Configurar protocolos para o Controle do SCADA.

O computador executando o CMS e conectado a USB do Painel, usa o tipo de conexão “USB Direta”. O cabo USB usado deve ser tipo A x B e com o tamanho máximo de 3m. Se uma extensão USB for usada, este deverá possuir fornecimento de energia.

O CMS também pode ser conectado remotamente através de Modem Serial, conexão Ethernet ou Fibra Ótica para permitir acesso de engenharia à cabine de controle do religador.

A Automação Smart Grid da NOJA Power permite implementar e implantar aplicativos de controle e automação distribuídos sobre o religador em conformidade com a norma IEC 61499. A funcionalidade inclui ferramentas de software de PC e software embarcado para o religador.

4.4.2 Processo de fabricação e liberação do Religador

Depois de fabricado o religador, foi agendado a inspeção do equipamento junto a Celesc. A inspeção foi efetuada diretamente na fábrica. E o documento de agendamento da inspeção pode ser visto na figura 32.

Figura 32 - Agendamento de inspeção externa



CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A.
 Almoxarifado Central - BR 101 - Km 215
 CEP 88130-000 - Palhoça - SC
 Fone: (48) 3279-3061 Fax: (48) 3279-3069

Data: 14.09.2022
 Hora: 09:42:53
 Pág.: 1 de 001

AGENDAMENTO DE INSPEÇÃO EXTERNA

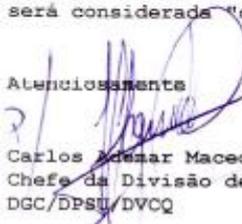
Para: QUANTUM ENGENHARIA LTDA De: DPSU/DVCQ
 At: ALINE AZEVEDO/AIRA OLIVEIRA (NOJA) Nome: Carlos Ademar Macedo Messaggi
 Fone: 19 32863-0041 Fax: Fone: (048) 3279-3060 Fax: (048) 3279-3069

Doc. Compra	Referência	Início	Término	Nome do inspetor
	NPS 400655763 - UFV GERAÇÃO LR VEÍCULOS	12.09.2022	13.09.2022	JULIANO CANDIDO MARTINS

Lote de Controle	Item	Parcela	Quantidade Un.	Descritivo do Material	Ordem do Evento
010000196241	00000	0000	1	PEÇ RELIGADOR 3P 13,8KV 560A 12,5KA RD	1ª Inspeção

Confirmamos a inspeção do(s) material(is) acima referido(s), pelo inspetor e data indicados.
 Atenção: A alteração ou cancelamento da data ou período da inspeção confirmada neste documento somente poderá ser solicitada com cinco (5) dias úteis de antecedência, caso contrário será considerada "chamada improdutiva".

Atenciosamente


 Carlos Ademar Macedo Messaggi
 Chefe da Divisão de Inspeção e Controle de Qualidade
 DGC/DPSU/DVCQ

Fonte: Celesc (2022)

Na inspeção foram realizados os ensaios de: Inspeção Geral, Dimensional, Tensão Suportável Nominal a Frequência Industrial no Circuito Principal a Seco, Verificação da Corrente Mínima de Disparo (Fase a Terra), Operação Manual, Operação Automática, Medição da Resistência Ôhmica do Circuito Principal, Tensão Suportável Nominal a Frequência Industrial nos circuitos auxiliares, Verificação da Simultaneidade dos Contatos, Resistência de Isolamento, Funcionais no Controle, Ensaios Complementares no Religador, Galvanização, Estanqueidade, Verificação da Embalagem, Atuação da Unidade Direcional de Sobrecorrente, Atuação da Unidade de Frequência e Verificação dos Requisitos de Automação, conforme especificação da Celesc.

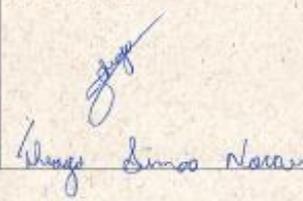
Apesar de o religador ter apresentado os resultados exigidos no teste, o equipamento foi recusado devido o QR CODE da placa de identificação não possuir todas as informações exigidas pela concessionária, além disso, também foi solicitada a troca dos conectores devido a camada de estanho dos mesmos estarem abaixo do especificado, conforme mostrado nas figuras 33 e 34.

Figura 33 - Desenho placa de identificação RC10 padrão Celesc

NOJA POWER®					
Modelo: OSM15-16-800 Religador Automático					
Norma: IEEE C37.60 / IEC 62271-111 PC: Quantum Engenha.					
Número de Série: 0050121091449		Meio de Interrupção: Vácuo			
Cód. de Material CELESC: 37377		Nº Equip. Celesc: 10336554			
Sequência de Operação: O - 0.1s - CO - 1s - CO - 1s - CO					
Tensão Máxima Ur,	kV	15.5	Nível Básico de Impulso (NBI),	kV	110
Corrente Nominal Ir,	A	800	Corrente de Interrupção, RMS	kA	16.0
Frequência fr,	Hz	50/60	Corrente de Interrupção (Pico),	kA	42.0
Corrente de Curta Duração Ik,	kA	16.0	Corrente Máxima de Falta, RMS	kA	16.0
Duração de Curto-Circuito tk,	s	3	Número de Fases	3	
Relação dos TCs		2500/1		Item pedido Celesc	
Peso,	kg	100	Data de Fabricação	09/21	Tipo de Fabricação
				310	
16 Archimedes Place, Murarrie Brisbane, QLD, 4172, Australia					
PLA-0020-NPB					

Fonte: Noja Power (2022)

Figura 34 - Boletim de Inspeção de materiais

Celesc		BOLETIM DE INSPEÇÃO DE MATERIAIS		Nº 862JM			
Este documento não possui caráter liberatório.							
Obs: O material só poderá ser entregue mediante simulação da nota fiscal aprovada e prévio agendamento. Estes procedimentos deverão ser realizados através do e-mail: entrega@celesc.com.br .							
FORNECEDOR	QUANTUM ENGENHARIA LTDA			CONTRATO	UFV GERAÇÃO LR VEICULOS		
FABRICANTE	NOJA POWER SWITCHGEAR DO BRASIL EQUIP. DE CHAVEAM. DE BAIXA E MEDIA TENSÃO LTDA			DWTA EMISSÃO	14/09/2022		
LOCAL DA INSPEÇÃO	NOJA POWER SWITCHGEAR DO BRASIL - CAMPINAS - SP						
ITEM	Código SAP	LC	QUANTIDADE			UN	DESCRIÇÃO SUCINTA DO MATERIAL
			ESPECIFICAÇÃO	APROVAÇÃO	RECUSA		
01	37377	198241	01	--	01	PC	RELIGADOR 3P 13.8KV 580A 12,5KA RD demais características conforme contrato N° de Equipamento: 10336554.
ENSAIOS REALIZADOS: Inspeção Geral, Dimensional, Tensão Suportável Nominal a Frequência Industrial no circuito principal a seco, Verificação da corrente Mínima de Disparo (Fase a Terra), Operação Manual, Operação Automática, Medição da Resistência Ôhmica do Circuito Principal, Tensão Suportável Nominal a Frequência Industrial nos circuitos auxiliares, Verificação da Simultaneidade dos Contatos, Resistência de Isolamento, Funcionais no Controle, Ensaio Complementares no Religador, Galvanização, Estanqueidade, Verificação da Embalagem, Atuação da Unidade Direcional de Sobrecorrente, Atuação da Unidade de Frequência e Verificação dos Requisitos de Automação conforme especificação Celesc NE-148E/rev. DEZ/18).							
MOTIVO DA RECUSA: - O QR CODE da placa de identificação não possui todas as informações exigidas pela Celesc. - Os Conectores Nema dos terminais estão com a camada de estanho abaixo do especificado pela Celesc. - O campo "Pedido de compra" está com o nome da obra incorreta (está Quantum Engenharia e o correto é UFG GERAÇÃO LR VEICULOS).							
ASS. INSPECTOR CELESC				ASS. FORNECEDOR			
 Juliana Cândido Martins Matrícula Celesc 14931 Divisão de Inspeção e Controle de Qualidade				 Thiago Simão Nolasco			
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES: - TODO MATERIAL INSPECIONADO DEVE SE FAZER ACOMPANHAR DA NOTA FISCAL E DESTTE BOLETIM DE INSPEÇÃO DE MATERIAIS ESTA EXIGÊNCIA É DE CARÁTER OBRIGATORIO. - OS RESULTADOS APRESENTADOS NO PRESENTE BOLETIM TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRETA E SE APLICAM AOS MATERIAIS INSPECIONADOS. - O BOLETIM SOMENTE PODE SER REPRODUZIDO POR INTEIRO E COM APROVAÇÃO ESCRITA DA DIVISÃO DE INSPEÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE (DQ/CQ). - ESTE BOLETIM DE INSPEÇÃO DE MATERIAIS TEM VALIDADE DE QUINZE (15) DIAS. - O BOLETIM DE INSPEÇÃO DE MATERIAIS (BIM) É UM DOCUMENTO DE USO TÉCNICO E SO POSSUI VALIDADE SE O PEDIDO DE COMPRA OU CONTRATO EM QUESTÃO ESTIVER VIGENTE.							
Página 1							

Fonte: Celesc (2022)

Somente após a troca da placa com as informações corretas do religador e a instalação dos novos conectores seria possível marcar a reinspeção do equipamento. Porém após as modificações solicitadas no primeiro parecer, a concessionária fez a liberação do equipamento solicitando apenas ao fabricante o envio dos ensaios técnicos, conforme figura 35.

Figura 35 - Dispensa de Inspeção em fabrica



CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A.
 Almoarifado Central - BR 101 - Km 215 / CEP 88130-000 - Palhoça - SC
 Fone: (48) 3279-3061 Fax: (48) 3279-3069

Data: 07.10.2022
 Hora: 13:25:50
 Pág.: 1 de 001

DOCUMENTO COM VALIDADE DE TRINTA (30) DIAS

DISPENSA DE INSPEÇÃO EM FÁBRICA

Para: QUANTUM ENGENHARIA LTDA	De: DPSU/DVCQ	Doc.Compra:
At: ALINE AZEVEDO/AIRA OLIVEIRA	Nome: Carlos Ademar Macedo Messaggi	Referência: NPS 400655763 - UFV GERAÇÃO LR
Fone:19 3283-0041 Fax:	Fone: (048) 3279-3060 Fax: (048) 3279-3069	VEÍCULOS

Lote	Controle	Item	Parcela	Quantidade	Un.	Descritivo do Material	Observações
010000197977	00000	0000		1		PEÇ RELIGADOR 3P 13,8KV 560A 12,5KA RD	ENCAMINHAR RELATÓRIOS DE ENSAIOS PARA ANÁLISE

Dispensamos de inspeção em fábrica o(s) material(is) acima referido(s), juntamente com a(s) quantidade(s) extra(s) para ensaio(s) destrutivo(s) indicadas(s) em Observações.

No ato da entrega devidamente agendada, as notas fiscais previamente aprovadas, deverão estar acompanhadas de:

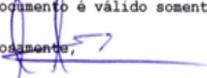
- Cópia desta dispensa de inspeção;
- Relatórios de Ensaio conforme indicados acima.
- Os materiais citados neste documento serão inspecionados no seu recebimento pela Celesc Distribuição S.A

Email para agendamento de entrega: entrega@celesc.com.br

Esta dispensa de inspeção tem validade de trinta (30) dias a partir da data de sua emissão.

Este documento é válido somente se o contrato atrelado ao presente fornecimento estiver vigente.

Atenciosamente,



Carlos Ademar Macedo Messaggi
 Chefe da Divisão de Inspeção e Controle de Qualidade

Fonte: Celesc (2022)

4.4.3 Trabalhos Futuros

Com o faturamento e entrega do equipamento, será agendado junto a Celesc a instalação e programação do religador. A previsão de execução é de um dia considerando que o serviço é de caráter simples.

Será necessário o agendamento de desligamento da rede para conexão do religador a rede existente, após a conexão a Celesc fica responsável pela programação do equipamento.

4.5 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Devido à contraposição do prazo de entrega deste trabalho de conclusão de curso e o agendamento para o desligamento da rede de energia elétrica junto a Celesc, não foi possível

apresentar a última etapa do serviço referente à instalação e automação do religador. Os prazos entre os procedimentos induziram diretamente na conclusão e desenvolvimento do projeto.

Ainda sobre as dificuldades, um dos maiores desafios encontrados para o desenvolvimento do projeto foram as limitações de literatura técnica e aplicações.

5 CONCLUSÃO

As Redes Inteligentes vêm para transformar o setor elétrico e a forma com que ele atua, trazendo eficiência, tecnologia e agilidade. O grande desafio é o processo de modernização de toda a estrutura regulatória brasileira que é baseada no fundamento unidirecional. Essa necessidade de evolução no sistema não é só nacional, mas sim mundial.

O sistema utilizado para geração, transmissão e distribuição de energia apresenta muitas falhas dentre elas algumas foram expostas anteriormente, o que justifica os apagões e quedas de energia assim como o tempo para restabelecê-las. Futuramente o sistema elétrico, não será mais capaz de suprir a crescente demanda dos consumidores o que forçara a necessidade de uma busca novas tecnologias.

A abertura do mercado de energia elétrica e a regulamentação da ANEEL são fatores determinantes para as melhorias dos serviços prestados pelas concessionárias de energia. Os índices relativos à continuidade do fornecimento de energia elétrica são diretamente afetados pelo tempo e quantidade de consumidores atingidos em caso de defeito no sistema elétrico. O tempo que a concessionaria possui para o restabelecimento de energia é relativamente curto comparando-se com a extensão do sistema de distribuição, sendo assim a automação da rede torna-se fator determinante para que a concessionaria possa eliminar e restabelecer os defeitos que ocorrem na rede de distribuição.

A realização do projeto de implementação do sistema *Self-Healing*, a partir de um ponto específico adotado, realizando manobras de reconfiguração automáticas das redes de média tensão, é de suma importância tanto para redução dos custos operacionais, quanto para os indicadores de desempenho regulados pela Aneel, melhorando o desempenho e os resultados nesses locais, contribuindo para a satisfação dos clientes e evitando multas por descontinuidade de fornecimento de energia.

Analisando o desempenho existente e comparando com a metodologia proposta, percebe-se um resultado satisfatório para a utilização desta ferramenta, impactando significativamente nos resultados para a empresa distribuidora de energia, principalmente ao se considerar que se trata da automação de apenas um trecho do sistema, e que os benefícios podem ser muito maiores e expressivos se a técnica for utilizada em outros locais.

Apesar de ser um assunto pouco abordado no decorrer da trajetória acadêmica, o conhecimento acerca do sistema elétrico de potência e as maneiras que é possível interagir com o mesmo é crucial para o trabalho de um engenheiro eletricista, bem como conhecer equipamentos e o comportamento desse sistema diante dos avanços tecnológicos e

automatização dos serviços e da sociedade de forma geral. O trabalho desenvolvido colocou em prática alguns conhecimentos teóricos adquiridos durante o curso, além de incentivar um estudo mais detalhado e específico sobre temas relacionados à otimização de sistemas, exigindo muita disciplina, além de pesquisas e análises de sistemas específicos baseado no fabricante dos equipamentos.

Em conclusão a este trabalho acadêmico, é verificada a vasta quantidade de projetos que podem ser realizados na automação de sistemas de distribuição, bem como a complexidade para implementação dos mesmos. O setor elétrico é uma área com um enorme potencial de expansão, requer profissionais capacitados e especializados para identificar as possibilidades de melhorias, assim como adotar as melhores técnicas e viabilizar a implementação destas soluções nos sistemas físicos reais.

Para trabalhos futuros, é de suma importância analisar o comportamento e configurações disponíveis para outros fabricantes e modelos de equipamentos instalados nas redes de distribuição, e verificar a possibilidade de desenvolver técnicas de *Self Healing* através dos mesmos, apesar das limitações estruturais que possuam, tais como religadores.

REFERÊNCIAS

A DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA. ABRADÉE. Disponível em: < <https://www.abradee.org.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia/> >. Acesso em 8 de abril 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br> >. Acesso em 21 de abril 2022.

A RECONSTRUÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO. IEE USP. Disponível em: < <http://www.iee.usp.br/sites/default/files/biblioteca/producao/1999/teses/yolanda.pdf/> >. Acesso em 8 de maio de 2022.

ALMEIDA, Marcos Antônio DA. Apostila de Proteção de Sistemas Elétricos. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000. Disponível em: < <https://doceru.com/doc/sncxsx> >. Acesso em 21 de junho de 2022.

AZEVEDO, Fernando A. **Otimização de Rede de Distribuição de Energia Elétrica Subterrânea Reticulada através de Algoritmos Genéticos.** 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24884/DISSERTACAO%20FERNANDO%20AZEVEDO%202010.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em 30 de maio de 2022.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. CGEE. Disponível em : < https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Redes_Eletricas_Inteligentes_22mar13_9539.pdf/36f87ff1-43ed-4f33-9b53-5c869ace9023?version=1.5/ >. Acesso em 10 de abril de 2022.

DUARTE, Daniel P. **Automação como recurso de planejamento de redes de distribuição de energia elétrica.** 2008. 127 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Potência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde11082008134751/publico/Dissertacao_Rev_Daniel_Duarte.pdf >. Acesso em 20 de maio de 2022.

FANUCCHI, Rodrigo Z.; OLESKOVICZ, Mario; BARBOSA, Daniel. **Análise da Detecção de Falhas de Alta Impedância Utilizando Redes Neurais Artificiais com Topologias Baseadas em Perceptron Multicamadas e Redes RBF.** 2013. XII SBAI – Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, 13 a 17 de outubro de 2013, Fortaleza - CE – Brasil.

FALCÃO, D. M. **Smart Grid e Microredes: o futuro já é presente.** In: VIII Simpósio de automação de sistemas elétricos – SIMPASE, Rio de Janeiro, Brasil. 09 a 14 ago. 2009.

FALCÃO, Djalma M. **Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid.** In: Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 3., 2010, Belém. Anais... Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2010. p. 1-5.

MAMEDE Filho, João. **Manual de Equipamentos Elétricos**. 2011. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

NojaPower. **Catálogo de produtos**. Disponível em: < <https://www.nojapower.com.br/product/recloser> >. Acesso em 14 de setembro de 2022.

NORTHCOTE-GREEN, James; WILSON, Robert, **Control and Automation of Electrical Power Distribution Systems**, Boca Raton, FL (EUA): CRC Taylor & Francis, 2007. 464 p.

PROCEDIMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL - PRODIST. ANEEL. Disponível em: < https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2_7.pdf >. Acesso em 21 de abril de 2022.

SILVEIRA, Francisco T, et al. **Coordenação entre religador e seccionizador em redes de distribuição**. E-xacta, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, dex. 2011. Disponível em: < <http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/viewFile/707/410> >. Acesso em 6 de junho de 2022.

SCHMIDT, Hernán P. **Reconfiguração de redes de distribuição através de programação não-linear inteira mista**. 2005. 120 f. Tese. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: < https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde19092006143553/publico//TeseLD_HernanPrietoSchmidt.pdf >. Acesso em 14 de maio de 2022.

SILVEIRA, Francisco T, et al. **Coordenação entre religador e seccionizador em redes de distribuição**. E-xacta, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, dex. 2011. Disponível em: < <http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/viewFile/707/410> >. Acesso em 9 de abril de 2022.

STASZESKY, Douglas M.; CRAIG, Dean.; BEFUS, Craig. **Advanced feeder automation is here**. IEEE Power and Energy Magazine, v. 3, n. 5, p. 56- 63, Sept.-Oct. 2005. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1507027&isnumber=32291> Acesso em 8 de junho. 2022.

VIEIRA, J. G.; GRANATO, S. Medição Inteligente e a Smart Grid. Smart Grid News, 8 jul. 2011.

OHARA, Alexandre T. Sistema de Recomposição Automática de Redes de Distribuição – A aplicação do conceito de Self-Healing. IN: Anais do VI CIERTEC 2009 - Seminário Internacional sobre Smart Grid em Sistemas de Distribuição e Transmissão de Energia Elétrica. Belo Horizonte, Minas Gerais: 2009. Disponível em: < <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/self-healing> >. Acesso em 20 de maio de 2022.

PFITSCHER, L. **Reconfiguração automática das redes de energia elétrica com monitoramento em tempo real**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Disponível em: < <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3684/PFITSCHER%2C%20LUCIANO%20LOPES.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em 11 de junho de 2022.

ALVES, Helton do N; MACHADO, Raphaela C. Um algoritmo genético para localização de faltas em redes aéreas radiais de distribuição de energia elétrica. In: V CONNEPI. 2010, Alagoas. Disponível em: < <http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1924/564> > . Acesso em 6 de maio de 2022.