



**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO EM UNIDADES
GERADORAS DE ENERGIA ELÉTRICA DE SISTEMAS ISOLADOS
INSTALADOS EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DO AMAZONAS**

Jefferson Emilio Maciel da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Belém
Agosto de 2021

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO EM UNIDADES
GERADORAS DE ENERGIA ELÉTRICA EM SISTEMAS ISOLADOS
INSTALADOS NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO AMAZONAS**

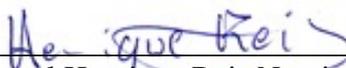
Jefferson Emilio Maciel da Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

Examinada por:



Prof. Jandecy Cabral Leite, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Manoel Henrique Reis Nascimento, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. David Barbosa de Alencar, Dr.
(FAMETRO-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

AGOSTO DE 2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Silva, Jefferson Emilio Maciel da, 1974-
Implementação de um sistema supervisorio em unidades geradoras de energia elétrica de sistemas isolados instalados em municípios do estado do Amazonas / Jefferson Emilio Maciel da Silva - 2021.

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, 2021.

1. Engenharia de processo. 2. Energia elétrica. 3. Sistema supervisorio. 4. Automação. 5. IoT. I. Título

CDD 670.42

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO EM UNIDADES
GERADORAS DE ENERGIA ELÉTRICA EM SISTEMAS ISOLADOS
INSTALADOS EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DO AMAZONAS**

Jefferson Emilio Maciel da Silva

Agosto/2021

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Essa dissertação de mestrado consiste em uma pesquisa exploratória realizada através de acompanhamento das atividades de manutenções realizadas nas Usinas Termelétricas instaladas nos Municípios do Estado do Amazonas, com o objetivo de implementar um sistema de monitoramento de grandezas elétricas oriundas dos motores/geradores, também denominadas de Unidades Geradoras de Energia Elétrica. Trata-se de uma pesquisa de campo com abordagens qualitativas, levando-se em consideração que com a implementação de um sistema automatizado de captação das variações das grandezas elétricas (Tensão, Corrente, Potência e Fator de Potência) dessas unidades geradoras de energia. A captação desses dados que: são as variações das grandezas elétricas, ocorre com o uso de CLP, transdutores, Modem, entre outros equipamentos, os quais são armazenados em banco de dados (computador) que com a utilização de um sistema supervisório modelado para essa finalidade, propiciando a visualização desses dados, em tempo real, em uma interface amigável e interativa. A partir do monitoramento desses dados, via sistema supervisório, e com a utilização de ferramentas de manipulação de dados do sistema SCADA, foi modelado uma interface para a geração de gráficos, o que contribuiu de forma significativa a interpretação desses dados. E além disso, disponibilizar de forma remota, para todos os envolvidos nas atividades das usinas, podendo assim, acessar ao sistema supervisório de qualquer lugar do mundo, através da internet.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

**IMPLEMENTATION OF A SUPERVISORY SYSTEM IN ELECTRICAL
ENERGY GENERATION UNITS IN ISOLATED SYSTEMS INSTALLED IN
MUNICIPALITIES OF THE STATE OF AMAZONAS**

Jefferson Emilio Maciel da Silva

August/2021

Advisor: Jandecy Cabral Leite

Research Area: Process Engineering

This master's dissertation consists of an exploratory research carried out by monitoring the maintenance activities carried out in the Thermolectric Power Plants installed in the cities of the State of Amazonas, with the objective of implementing a monitoring system for electrical quantities coming from engines, also called Engenies Electric Power. This is a field research with qualitative approaches, taking into account the implementation of an automated system to capture the variations in electrical quantities (Voltage, Current, Power and Power Factor) of these energy generating units. The capture of these data, which are the variations of electrical quantities, occurs with the use of PLC, transducers, Modem, among other equipment, which are stored in a database (computer) that using a Supervisory System modeled for this purpose, providing the visualization of these data, in real time, in a friendly and interactive interface. From the monitoring of these data, via a Supervisory System, and with the use of data manipulation tools from the SCADA system, an interface for the generation of graphics was modeled, which significantly contributed to the interpretation of these data. And in addition, make it available remotely, to everyone involved in the activities of the plants, thus being able to access the Supervisory System from anywhere in the world, through the internet.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	1
1.1.1 - Identificação e justificativa da proposta.....	2
1.2 - OBJETIVOS.....	2
1.2.1 - Objetivo geral.....	2
1.2.2 - Objetivos específicos.....	3
1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO.....	3
1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	4
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1 - HISTÓRICO DO SETOR ELÉTRICO.....	5
2.1.1 - Geração de energia elétrica.....	6
2.1.2 - Os tipos de geração de energia elétrica.....	7
2.1.3 - Transmissão de energia elétrica.....	7
2.1.4 - Distribuição de energia elétrica.....	9
2.2 - SISTEMA ELÉTRICO NO ESTADO DO AMAZONAS.....	10
2.2.1 - Levantamento histórico da matriz energética de Manaus: do motor elétrico ao sistema interligado nacional.....	11
2.2.2 - Configuração do sistema elétrico na Amazônia.....	12
2.3 - GRUPO GERADOR.....	16
2.4 - MANUTENÇÃO.....	17
2.4.1 - Classificação da manutenção.....	17
2.4.2 - Política da manutenção.....	18
2.5 - CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS (CLP).....	19
2.5.1 - Vantagens do uso do CLP.....	19
2.5.2 - Princípio de funcionamento do CLP - Diagrama de blocos.....	20
2.5.3 - Estrutura interna do CLP.....	22
2.6 - PROTOCOLO MODBUS.....	30
2.6.1 - Rede Modbus TCP/IP.....	31
2.7 - SISTEMAS SUPERVISÓRIOS.....	31
2.7.1 - Planejamento de um sistema supervisório.....	32
2.7.2 - Software de supervisão.....	33

CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1 - METODOLOGIA DA PESQUISA.....	35
3.1.1 - Pesquisa bibliográfica.....	35
3.1.2 - Pesquisa exploratória.....	36
3.1.3 - Estudo de caso.....	36
3.1.3.1 - Característica da unidade geradora da usina.....	37
3.1.3.2 - Operação e manutenção.....	38
3.1.3.3 - Painel de controle.....	41
3.1.3.4 - Painel concentrador – Módulo CLP (comando).....	42
3.1.3.5 - Sistema de supervisão de aquisição de dados - SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).....	44
3.2 - IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO.....	46
3.2.1 - Interface inicial do supervisório.....	46
3.2.2 - Interface de navegação.....	47
3.2.3 - Interface da calha fluvial do baixo Amazonas.....	48
3.2.3.1 - Calha fluvial do baixo Amazonas - Município Barreirinha.....	49
3.2.3.2 - Interface do alimentador 01.....	50
3.2.3.3 - Interface de registros histórico de dados do alimentador 01.....	51
3.2.3.4 - Interface de relatório por período do alimentador 01: Voltagem, corrente, potência e fator de frequência.....	52
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	65
5.1 - CONCLUSÕES.....	65
5.2 - SUGESTÕES.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Esquema de estruturação do setor elétrico.....	6
Figura 2.2	Mapa do setor elétrico.....	8
Figura 2.3	Sistema interligado do estado do Amazonas.....	14
Figura 2.4	Sistema isolado município de Caapiranga no interior do estado do Amazonas.....	15
Figura 2.5	Grupo gerador a diesel fabricante Guascor.....	16
Figura 2.6	Estrutura de funcionamento do CLP.....	20
Figura 2.7	Estrutura interna do CLP.....	22
Figura 2.8	Circuito de entrada digital 24 VCC.....	26
Figura 2.9	Circuito de entrada digital 127 / 220 VCA.....	26
Figura 2.10	Circuito de entrada analógico.....	27
Figura 2.11	Circuito de saída digital à relê.....	28
Figura 2.12	Circuito de saída digital à transistor.....	29
Figura 2.13	Circuito de saída digital à Triac.....	29
Figura 2.14	Circuito de saída analógico.....	30
Figura 3.1	Fluxograma da metodologia.....	35
Figura 3.2	Grupo gerador Guascor da UTE.....	37
Figura 3.3	Anotações de grandezas elétricas dos alimentadores coletada pelos operadores.....	39
Figura 3.4	Mantenedores atuando na manutenção dos equipamentos.....	39
Figura 3.5	Acesso a usina via meio fluvial.....	40
Figura 3.6	Painel de controle.....	42
Figura 3.7	Painel concentrador - CLP.....	43
Figura 3.8	Tela sensível ao toque (IHM).....	44
Figura 3.9	Painel de comando operacional.....	45
Figura 3.10	Verificação das medições digital e analógica.....	45
Figura 3.11	Interface inicial do sistema.....	46
Figura 3.12	Interface de navegação.....	46
Figura 3.13	Interface de navegação vista por um sistema Android.....	48
Figura 3.14	Medições energéticas dos municípios da calha do baixo Amazonas.....	49

Figura 3.15	Medições das grandezas elétricas do município de Barreirinha..	49
Figura 3.16	Medições das grandezas elétricas do alimentador 01.....	50
Figura 3.17	Medições das grandezas elétricas de picos máximos e mínimos.	51
Figura 3.18	Registros histórico de dados.....	52
Figura 3.19	Interface relatório por período.....	53
Figura 3.20	Interface tabela de medições.....	54
Figura 3.21	Gráfico de medições de tensão.....	55
Figura 3.22	Gráfico de medições de tensão da barra do alimentador 01.....	56
Figura 3.23	Gráfico redimensionado de medições de tensão.....	56
Figura 3.24	Gráfico de medições da corrente.....	57
Figura 3.25	Gráfico de medições de potência/energia.....	58
Figura 3.26	Gráfico de medições de fator de potência/frequência.....	59
Figura 4.1	Interface modo funcionamento do supervisor local.....	60
Figura 4.2	Gráfico das variações da corrente elétrica do alimentador 01.....	61
Figura 4.3	Gráfico de correção da corrente elétrica do alimentador 01.....	62
Figura 4.4	Gráfico das variações do fator de potência no alimentador 02....	63
Figura 4.5	Gráfico da correção do fator de potência do alimentador 02.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Evolução da matriz energética.....	11
------------	------------------------------------	----

NOMENCLATURA

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ANEEL	AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
AMG&T	AMAZONAS GERAÇÃO E TRANSMISSÃO
BIG	BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO
CEAM	COMPANHIA ENÉRGICA DO AMAZONAS S.A
CLP	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL
EPI'S	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL
EPC'S	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA
EPROM	ERASABLE PROGRAMMABLE READ-ONLY MEMORY
EEPROM	ELECTRICALLY-ERASABLE PROGRAMMABLE READ-ONLY MEMORY
GW	GIGAWATTS
GWH	GIGAWATTS - HORA
GN	GÁS NATURAL
GMG	GRUPO MOTOR GERADOR
IHM	INTERFACE HOMEM MAQUINA
Kv	KILOVOLTS
NBR	NORMA BRASILEIRA
MODBUS	PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO DE DADOS
PLpT	PROGRAMA LUZ PARA TODOS
RAM	RANDOM ACCESS MEMORY
ROM	READ-ONLY MEMORY
SIN	SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL
SCADA	SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION
UTE'S	UNIDADE TÉRMICAS DE ENERGIA ELÉTRICA
UHE	USINAS HIDRELÉTRICAS
V	VOLTS

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO

Não é de hoje que temos processos com a necessidade de serem controlados, e para ter esse controle eficaz é necessário ter um monitoramento adequado e específico das variáveis relacionadas, conforme as suas características e peculiaridades. E atualmente, as suas rotinas de trabalho que além de serem otimizadas, não mais necessitam de sua total dedicação. Para esse fim, surgiram os sistemas supervisórios, os quais permite que sejam monitorados os dados de um processo ou instalação física.

Para SALVADOR e SILVA (2005), os primeiros sistemas supervisórios eram basicamente sistemas telemétricos, utilizados para apresentar a todo o momento informações ou estados de um processo, onde estas informações eram recebidas sem disponibilizar nenhuma ação do operador. E junto a esses sistemas estão os dispositivos eletroeletrônicos que podem ser aplicados aos computadores e/ou outros dispositivos capazes de efetuar operações lógicas, como os controladores lógicos programáveis - CLP, micros controladores e etc.

A Automação industrial visa, a produtividade, a qualidade e segurança em um processo. Em um sistema típico, toda a informação advinda dos sensores é armazenada em um controlador programável, o qual de acordo com o programa em memória define o estado dos atuadores. (ROSÁRIO, 2009)

Com o aumento da automação nos processos industriais existe a necessidade de gerenciamento das informações geradas pelo processo. É neste contexto que os sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados, ou abreviadamente SCADA (proveniente do seu nome em inglês Supervisory Control and Data Acquisition) são sistemas que utilizam software para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos de sistemas de controle conectados através de controladores (drivers) específicos (STOUFFER; FALCO, 2006).

Este tipo de sistema é utilizado em indústrias de processos contínuos, onde o processo funciona de maneira mais significativa e com variáveis contínuas, como as indústrias petrolíferas, petroquímicas, e a geração e distribuição de energia elétrica, exemplo, entre outras.

1.1.1 - Identificação e justificativa da proposta

O presente trabalho surgiu pela necessidade de ter um melhor acompanhamento e análise dos dados das grandezas elétricas das usinas de geração de energia, localizadas nos municípios do Amazonas. E com essa aplicação, haverá a possibilidade de manipular os dados captados desse sistema, implementado em uma interface de supervisão que permita ao usuário monitorar as oscilações de medições das grandezas elétricas do processo de geração de energia em tempo real (net), e além do monitoramento, o sistema possibilita a geração de gráficos para uma análise detalhada do processo. Resultando dessa forma, em melhorias contínuas desses processos, aplicadas em melhores tomadas de decisões, sejam na operação ou manutenção, possibilitando a disponibilidade dos equipamentos que são passíveis de problemas a qualquer momento e, atrelado a isso, acompanhar as rotinas dos colaboradores envolvidos nesses processos.

Tendo em vista que o norte do país, necessita de uma gestão específica para realizar atividades relacionadas com a geração de energia elétrica nos municípios do Amazonas, levando em consideração a distância, o acesso, a logística e as especificidades que o estado apresenta, ocasionadas pelas condições ambientais e outros condicionantes da sazonalidade da região. Haja a vista, que os rios são os principais meios de acesso que percorrem os municípios do território do Amazonas, sendo maior que muitos países da Europa.

Portanto, esse trabalho visa a implementação de um sistema supervisorio vinculado a demanda de fornecimento de geração de energia elétrica em sistema isolados, possibilitando a modernização de partes dos processos, até então manuais, e melhorias na gestão da: manutenção, operação, financeira, contábil e pessoal.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Implementar um sistema supervisorio capaz de visualizar os dados captados, das grandezas elétricas (tensão, corrente e potência) das unidades geradoras (motores geradores) instalados nas UTE's (Unidades Termoelétricas de Energia Elétrica),

utilizando sensores, atuadores, transdutores e CLP, possibilitando acesso de qualquer lugar, via internet.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Realizar a coleta de dados das grandezas elétricas oriundas dos geradores de energia elétrica das usinas Termoelétrica dos Municípios do Estado do Amazonas;
- Manipular dados e implementá-los em uma interface intuitiva;
- Permitir o monitoramento das variações de medições das grandezas elétricas em tempo real, via internet.

1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho busca implementar um sistema de captação de dados em usinas de geração de energia elétrica nos municípios do Estado do Amazonas com o uso de um sistema supervisório capaz de receber, tratar e expor em forma numérica e gráfica os dados/medições, em tempo real, de equipamentos instalados nessas usinas. Além do mais, com a constante melhoria desse processo implantado e uso de mais equipamentos que possibilitem a instalação e a captação de dados, de outros equipamentos, pode-se ter uma melhor análise de dados que possibilite avaliar muito mais partes dos equipamentos para uso da manutenção possibilitando a antecipação de possíveis falhas que porventura possam ocorrer. Levando em consideração que esse processo está em constante melhorias devidas as outras causas que venham ocorrer e que precisarão dentro de avaliações técnicas ser supervisionadas, e dentro das possibilidades e capacidade financeira da empresa.

No entanto, a automatização do sistema de geração de energia é essencial para atingir altos níveis de rendimento, maior confiabilidade e segurança do processo na geração da energia térmica e na transformação para energia elétrica. Tendo em vista que a utilização das técnicas de automação proporciona a repetitividade das operações, resultando, também, em maior qualidade, flexibilidade do sistema, além da redução de custos de produção, considerando que um controle preciso do processo resulta em maior produtividade e numa melhor utilização dos recursos disponíveis.

Por outro lado, é necessário avaliar outros aspectos para essa implementação, levado em consideração as peculiaridades da região amazônica, por exemplo:

- Enchente e Vazantes dos rios durante o ano;
- Demanda de tempo para chegar na maioria das locais (municípios);
- Os rios são as ruas de acesso aos locais (municípios);
- Dificuldades de acesso;
- Períodos “definidos” para transporte de grandes cargas;
- Disposição de logística, pois a falta de um equipamento, ferramenta e/ou peça tem um impacto enorme na execução dos serviços.

1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Está projeto é composto de 5 capítulos sendo:

Capítulo 1 inicia com a introdução, a Identificação e Justificativa do tema escolhido, seguido pelo objetivo geral e específico, a contribuição e relevância do tema, Delimitação da Pesquisa e a estrutura dos capítulos.

Capítulo 2 instrumentos para a revisão da literatura: Geração de Energia Elétrica no Brasil, Geração de Energia Elétrica no Estado do Amazonas, Sistemas Interligados, Sistemas Isolados, Operadores e Mantenedores (Manutenção e Operação), Manutenção, Aplicações de CLP, Sistema Supervisório.

Capítulo 3 apresenta a abordagem da metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto, Caracterização da Pesquisa, Especificação do Problema da Pesquisa e o Fluxograma da Metodologia.

Capítulo 4 apresenta a abordagem do sistema supervisório para captação de dados, as grandezas elétricas dos equipamentos de geração de energia elétrica instaladas nas UTE's dos municípios do Amazonas, as coletas de dados, expõem os resultados alcançados com o sistema.

Capítulo 5 será concluído com as considerações finais, conclusões, recomendações para trabalhos futuros, referencias, anexos e apêndices.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - HISTÓRICO DO SETOR ELÉTRICO

O período histórico da eletricidade no Brasil, permite que façamos diferentes análises dos vários estágios sofridos desde a sua origem até os dias atuais. Para isso, é importante que saibamos que a energia elétrica foi disponibilizada em seu início apenas para pequenos grupos populacionais das 5(cinco) regiões do país, apresentando maior concentração nas regiões sul e sudeste, devido ao crescimento do mercado. Com isso, a eletricidade começou a ser produzida no Brasil nos anos finais do século XIX, quase simultaneamente ao início do seu uso comercial na Europa. Participaram dessa organização inicial pequenas empresas privadas nacionais e empresas de governos municipais de pequenas localidades que se destacavam no cenário nacional (GOMEZ-EXPOSITO, 2018).

Do final do século XIX até meados da década de 1950, o setor elétrico foi conduzido pelo capital privado, especialmente por duas grandes multinacionais (Light e Amforp), ambas também com forte atuação no setor mexicano, nesse mesmo período. A partir da década de 1950, em virtude da forte pressão para o aumento na oferta e na distribuição de eletricidade, o estado começa a assumir a setor de energia elétrica como estratégia para o país e para o desenvolvimento urbano-industrial (SAES; LOUREIRO, 2014).

Com isso o setor elétrico brasileiro apresentou uma estrutura vertical envolvendo um parque gerador em uma ponta, a transmissão no meio, e na outra ponta, a distribuição. Por meio de uma estrutura hierarquizada (*holding*) o estado controlava todas as fases do processo (geração, transmissão e distribuição), porém, com os novos arranjos político-institucionais da década de 1990 para o setor elétrico, essa estrutura começou a mudar para um modelo de integração horizontal, ou seja, houve uma mudança da estrutura estatal hierarquizada para outra estrutura baseada em empresas privadas e na livre concorrência do mercado de energia elétrica. Essa estrutura horizontal passaria a contar com geradores e distribuidores independentes e com uma transmissão mista. Ao longo das reformas poucas linhas de transmissão foram privatizadas, sendo a maior parte delas mantida nas mãos do estado (LEME, 2006).

De forma simplificada, visualiza-se na Figura 2.1 a nova configuração do setor elétrico brasileiro em um esquema estrutural.

Estrutura Vertical



Figura 2.1 - Esquema de estruturação do setor elétrico.

Fonte: LEME (2006).

Em 2001, o setor elétrico sofreu uma grave crise de abastecimento que culminou em um plano de racionamento de energia elétrica (MELO *et al.*, 2011). Esse acontecimento gerou uma série de questionamentos sobre os rumos que o setor elétrico estava trilhando. Visando adequar o modelo em implantação, foi instituído em 2002 o Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico, cujo trabalho resultou em um conjunto de propostas de alterações no setor elétrico brasileiro. Assim, o Governo Federal durante os anos de 2003 e 2004 apostou em um novo modelo para o setor elétrico brasileiro. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA).

2.1.1 - Geração de energia elétrica

A eletricidade é a forma mais fácil de se transportar energia para a utilização nos processos de manufatura. A geração de energia elétrica é o processo de transformação de qualquer tipo de energia mecânica em energia elétrica, que ocorre em duas etapas. Na primeira etapa, a máquina transforma qualquer tipo de energia em energia cinética de rotação. Já na segunda etapa, usa-se um gerador acoplado à máquina primária que transforma a energia cinética de rotação em energia elétrica (WEG, 2012).

Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) é a melhor fonte oficial de informações mais recentes sobre o parque

gerador brasileiro. Pode-se encontrar, por exemplo, a capacidade instalada por fonte, o número de plantas de geração por fonte e por região e informações das plantas em construção.

2.1.2 - Os tipos de geração de energia elétrica

Energia Hidrelétricas: É um conjunto de equipamentos usados para produzir energia elétrica por meio de turbinas de potencial hidráulico de um rio (PAISH, 2012).

Energia Termelétricas: É toda energia produzida por uma central através da geração de calor resultante da queima de combustíveis. Os principais combustíveis utilizados nas usinas termoelétricas são o carvão mineral, o petróleo e o gás natural (PAISH, 2012).

Energia Eólica: Se dá através da captação da energia cinética provocada pelo vento, a qual movimenta pás de grandes turbinas que convertem este movimento em energia elétrica. O funcionamento de uma turbina eólica envolve vários campos de conhecimento, incluindo meteorologia, aerodinâmica, eletricidade, controle, bem como a engenharia civil, mecânica e estrutural (PINTO, 2012).

Energia Fotovoltaica: é obtida pela transformação direta da radiação solar em energia elétrica, com a utilização de materiais semicondutores, quase sempre de silício. São dispositivos constituídos de células fotovoltaicas, reunidas em série e em paralelo, para aumentar a tensão e a potência fornecidas, formando os conhecidos “painéis fotovoltaicos”. (HÄBERLIN,2012).

2.1.3 - Transmissão de energia elétrica

O sistema de transmissão de energia elétrica é responsável pela ligação entre as grandes usinas geradoras de energia e as regiões de grande consumo de energia. Assim, a energia que sai das usinas e dos geradores é transportada via cabos aéreos suspensos através de postes, que são revestidos por material isolante. As redes de transmissão são longas e abrangem grandes distâncias, no final de 2014, havia 125.640 km (quilômetros) de linhas de transmissão no Sistema Interligado Nacional (SIN) (EPE/MME, 2015a), extensão equivalente a mais de três voltas em torno da Terra. Essas linhas operam com tensões elétricas altíssimas com dezenas de milhares de volts. Como exemplo dessa tensão, podemos citar as casas cuja tensão é de 127 ou 220 V

(volts). A eletricidade que é gerada nas usinas tem a tensão elevada e para diminuir as perdas dessa energia durante sua transmissão a longas distâncias, reduz-se o diâmetro dos cabos e, logo, o seu peso e custo. Dessa forma, cabeamento mais leve também significa estruturas mais leves e com menos custos que dão sustentação a essas extensas linhas de transmissão.

O SIN é responsável pelo suprimento de energia elétrica a 96% do território nacional. Os 3,4% restantes constitui-se de sistemas isolados localizados na região norte do país que dispõem de sistemas hidrotérmicos e/ou térmicos locais, conforme mostra a Figura 2.2. (AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015.)

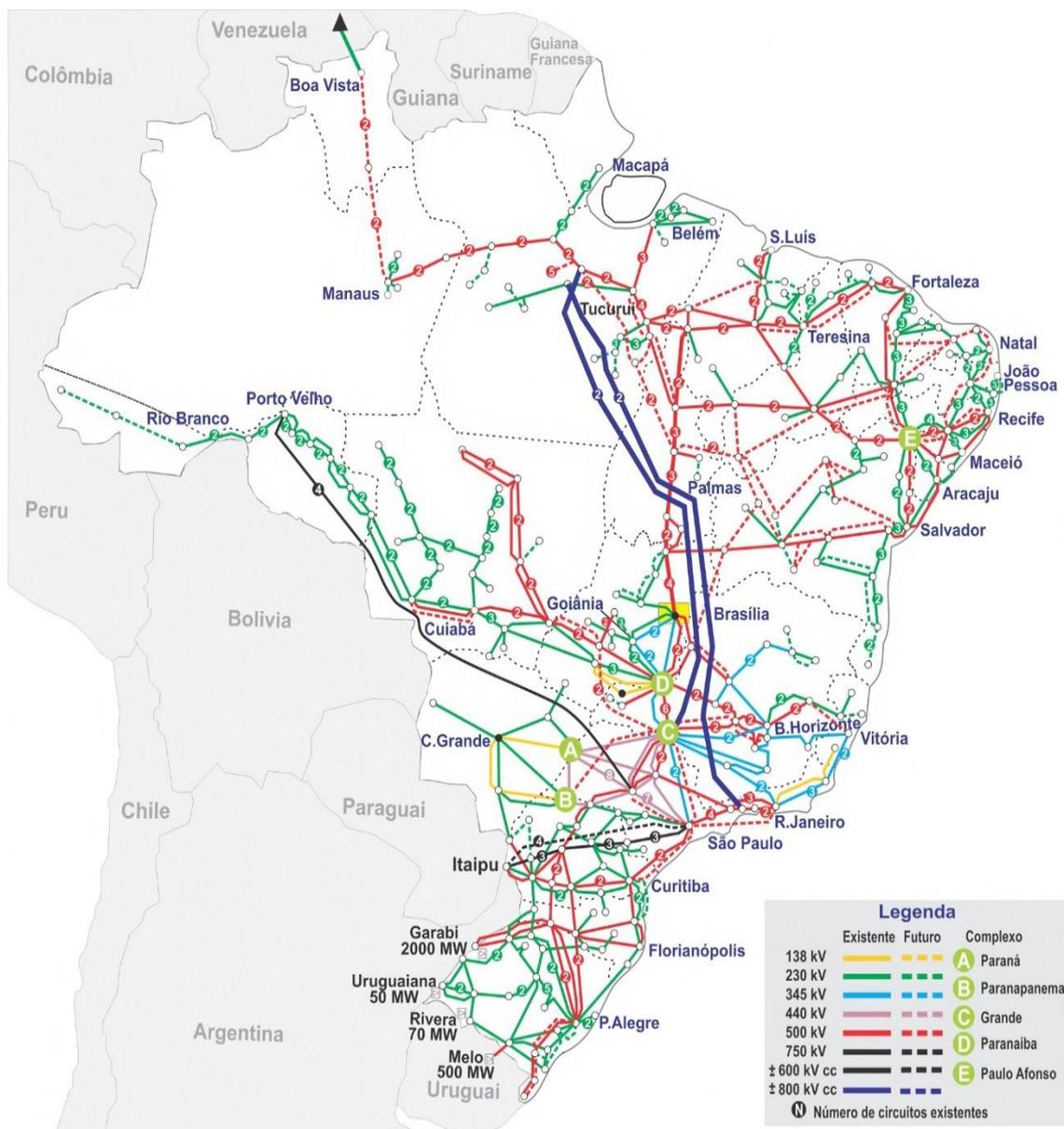


Figura 2.2 - Mapa do setor elétrico.
Fonte: ONS (2019).

2.1.4 - Distribuição de energia elétrica

O sistema de distribuição de energia é aquele que se confunde com a própria topografia das cidades, ramificado ao longo de ruas e avenidas para conectar fisicamente o sistema de transmissão, ou mesmo unidades geradoras de médio e pequeno porte, aos consumidores finais da energia elétrica. Antes de alcançar os consumidores, a energia elétrica passa pelo processo de distribuição, exclui-se nesse caso os consumidores industriais de altas tensões que são conectados diretamente aos sistemas de transmissão (GOMEZ,2018).

Segundo a ANEEL, como regra geral, no Brasil o sistema de distribuição pode ser considerado como um conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam, geralmente, em tensões inferiores a 230 kV. Os níveis de tensão que fazem parte do sistema de distribuição estão classificados como níveis de repartição ou níveis de distribuição. Neste nível estão os consumidores residenciais, comerciais e industriais.

A conexão, o atendimento e a entrega efetiva de energia elétrica ao consumidor do ambiente regulado ocorrem por parte das distribuidoras de energia. A energia distribuída, portanto, é a energia efetivamente entregue aos consumidores conectados à rede elétrica de uma determinada empresa de distribuição, podendo ser rede de tipo aérea (suportada por postes) ou de tipo subterrânea (com cabos ou fios localizados sob o solo, dentro de dutos subterrâneos). Assim como ocorre com o sistema de transmissão, a distribuição é também composta por fios condutores, transformadores e equipamentos diversos de medição, controle e proteção das redes elétricas. Todavia, de forma bastante distinta do sistema de transmissão, o sistema de distribuição é muito mais extenso e ramificado, pois deve chegar aos domicílios e endereços de todos os seus consumidores.

As redes de distribuição são compostas por linhas de alta, média e baixa tensão. Apesar de algumas transmissoras também possuírem linhas com tensão abaixo de 230 kV, as chamadas Demais Instalações da Transmissão (DIT), grande parte das linhas de transmissão com tensão entre 69 kV e 138 kV são de responsabilidade das empresas distribuidoras. Essas linhas são também conhecidas no setor como linhas de subtransmissão. Além das redes de subtransmissão, as distribuidoras operam linhas de média e baixa tensão, também chamadas de redes primária e secundária, respectivamente. As linhas de média tensão são aquelas com tensão elétrica entre 2,3 kV e 44 kV, sem do mais comum a 13,8 kV e são muito fáceis de serem vistas em ruas

e avenidas das grandes cidades, frequentemente compostas por três fios condutores aéreos sustentados por cruzetas de madeira em postes de concreto. (FIGUEIRA, 2011)

As redes de baixa tensão, com tensão elétrica que pode variar entre 127 e 440 V, são aquelas que, também afixadas nos mesmos postes de concreto que sustentam as redes de média tensão, localizam-se em altura inferior. As redes de baixa tensão levam energia elétrica até as residências e pequenos comércios/indústrias por meio dos chamados ramais de ligação. Os supermercados, comércios e indústrias de médio porte adquirem energia elétrica diretamente das redes de média tensão, devendo transformá-la internamente para níveis de tensão menores, sob sua responsabilidade. (ATHAYDE, 2001).

2.2 - SISTEMA ELÉTRICO NO ESTADO DO AMAZONAS

A eletrificação de uma região é essencial para alcançar o desenvolvimento sustentável. Tendo em vista esse desenvolvimento na região norte, o governo federal, por meio da ELETRONORTE, investiu na ampliação dos parques geradores e dos sistemas de transmissão de energia da Amazônia, construídas nesse período as usinas hidrelétricas de Coaracy Nunes (AP), Tucuruí (PA), Balbina (AM), Samuel (RO) ao Sistema Interligado Nacional (SIN). E a partir de 2013. E Manaus iniciou o processo de interligação, conforme as obras estruturais, políticas públicas, e também, através do aproveitamento das jazidas de gás natural de Urucu, para a geração de energia elétrica, entre outras, passando a operar com a sua parcela de energia elétrica disponibilizada pelo SIN.

Com a interligação, a cidade passa a ser alimentada por energia elétrica produzidas por termelétricas a gás natural (GN), diesel, óleo combustível e por hidroeletricidade. É importante destacar ainda que, para cada modalidade de produção de energia, existem os aspectos ambientais envolvidos, bem como os aspectos sociais (LIMA, 2014).

Já na região Amazônica, as dificuldades são grandes devido à grande extensão territorial, baixa densidade demográfica, esparcidade do povoamento, densa rede hidrográfica, inúmeras áreas alagadas e floresta compacta. Como estes obstáculos ocorrem em diferentes escalas, a implantação do PLpT (Programa Luz para Todos), iniciou pelos locais com uma possível extensão das redes de distribuição vindas de sistemas já existentes. Para a outra parte, que representa mais da metade do território, a

energia virá de geração isolada cuja sustentabilidade requer que a fonte de energia primária seja renovável. Proporcionando assim, um impacto positivo na melhoria da qualidade de vida e as condições básicas para o exercício da cidadania dessa população.

2.2.1 - Levantamento histórico da matriz energética de Manaus: do motor elétrico ao sistema interligado nacional

A Tabela 2.1 apresenta a evolução histórica da matriz energética ao longo dos anos, no que se refere à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica do estado Amazonas, desde a iluminação a gás hidrogênio em 1856, passando pelo gás natural (GN) nos idos de 2009, até os dias atuais com Sistema Interligado Nacional (SIN).

Tabela 2.1 - Evolução da matriz energética.

Ano	Energético	Origem	Modal	Potência Instalada	Finalidade
1856	Iluminação a gás hidrogênio	Serviços vendidos por empresa não declarada	A própria empresa importava a M.P. e produzia o gás	25 lampiões	Iluminar os principais pontos da cidade
1870	Iluminação a querosene	Serviços vendidos pela Empresa Thury & Irmão	Importação efetuada pela Empresa Prestadora do Serviço	90 candeeiros e de velas montados em postes de madeira de 5 palmos de altura	Iluminar as ruas mais habitadas e frequentadas da cidade
1879	Iluminação a gás Globo (óleo de nafta)	Serviços vendidos por Manoel Joaquim Pereira de Sá	O próprio empresário importava a M. P. e produzia o gás	122 lampiões	Iluminar as ruas mais habitadas e frequentadas da cidade
1889	Termelétrica à lenha para o bombeamento de água potável	Represa da Cachoeira Grande	Tubulações para transporte até as caixas d'água e torneiras públicas	64 cavalos a vapor e conjunto de bombas elétricas	Abastecimento de água para a cidade de Manaus
1896	Termelétrica à lenha	O Governo do Estado assumiu o comando da produção da energia, iluminação e fiscalização do sistema	Linhão de Transmissão aérea em postes de madeira	327 lâmpadas de arco voltaico de 2.000 velas	Toda a zona urbana da sede Municipal
1896	Vapor	Serviço prestado pela empresa	-	3 Bondes e 16 km de trilhos da cidade	Transporte urbano
1899	Termelétrica à lenha	Serviços vendidos pela <i>Manaós Railway Company</i>	Linha de transmissão aérea em postes de ferro	-	Alimentar eletricamente as linhas de bondes elétricos
1900	Telégrafo	Manaus –	Linha de	-	Comunicação

		Itacoatiara	transmissão terrestre		com a sede do Governo
1989	Hidroeletricidade	Balbina no Município de Presidente Figueiredo-AM	Linha de transmissão aérea de 230 kV	250 MW	Ampliar capacidade de geração instalada
2009	Gás Natural (GN)	Urucu do Município de Coari-AM	Gasoduto Urucu-Coari-Manaus	5,5 milhões de m ³ /dia inicialmente, mas pode ser aumentado se houver demanda	Substituir o consumo de óleo combustível por gás natural
2013	Hidroeletricidade	Tucuruí-PA pelo SIN	Linha de transmissão aérea de 500 kV	Potência destinada oscila por sazonalidade	Interligar o Estado do Amazonas ao SIN

Fonte: BATTAGLIN (2011).

O sistema aplicado para a produção da energia elétrica na cidade de Manaus, utilizava a matéria prima para produzir o gás para iluminação, que era importada dos Estados Unidos via marítima, a lenha que era extraída nos arredores da cidade e transportada à tração animal até o local de consumo. E o óleo combustível que alimentava o sistema termelétrico era importado de outros estados por via marítima.

2.2.2 - Configuração do sistema elétrico na Amazônia

Na Amazônia, devido as suas características específicas, o sistema elétrico pode ser classificado como:

- Sistema Interligado;

O Estado do Amazonas deixou título de maior sistema energético isolado do país a pouco tempo, e com a conexão de Manaus com as subestações ao longo do traçado do linhão de Tucuruí-Manaus que está dimensionado para transporte de até 2.500 MW em sua conclusão. Entretanto, mesmo com Manaus estando totalmente interligada ao linhão de Tucuruí, tem a orientação de não abrir mão da hidrelétrica de Balbina, nem das termelétricas da AmG&T (Amazonas Geração e Transmissão), assim também, como dos produtores independentes, pois ainda há a necessidade desta energia ser conectada ao SIN no período sazonal energético brasileiro (LIMA, 2014).

Atualmente o sistema elétrico de Manaus e regiões metropolitanas é suprido com parte dessa energia gerada pela UHE de Tucuruí e a outra parte, equivalente a (50%) dessa energia provem da recém inaugurada, Usina Termelétrica de Mauá 3, com capacidade de geração nominal de 583 MW, em ciclo combinado (gás e vapor) a partir

de gás natural proveniente da plataforma de Urucu, localizado no município de Coari, no Estado do Amazonas, a 363 km de distância da capital Manaus, e os seus excedentes transferidos para os subsistemas nordeste e sudeste/ Centro-Oeste, com as quais são feitos intercâmbios, objetivando otimizar a operação dos seus reservatórios, conforme mostra a Figura 2.3.

Vale ressaltar que a usina Termoelétrica de Mauá 3 é considerada estratégica pelo Governo Federal, por garantir o aumento da confiabilidade no suprimento de energia, funcionando como uma espécie de seguro na recomposição do sistema da capital amazonense, em situações de ocorrência de falha no Sistema Interligado Nacional (SIN), além de garantir o consumo eficiente do gás natural de Urucu. (ONS, 2012)

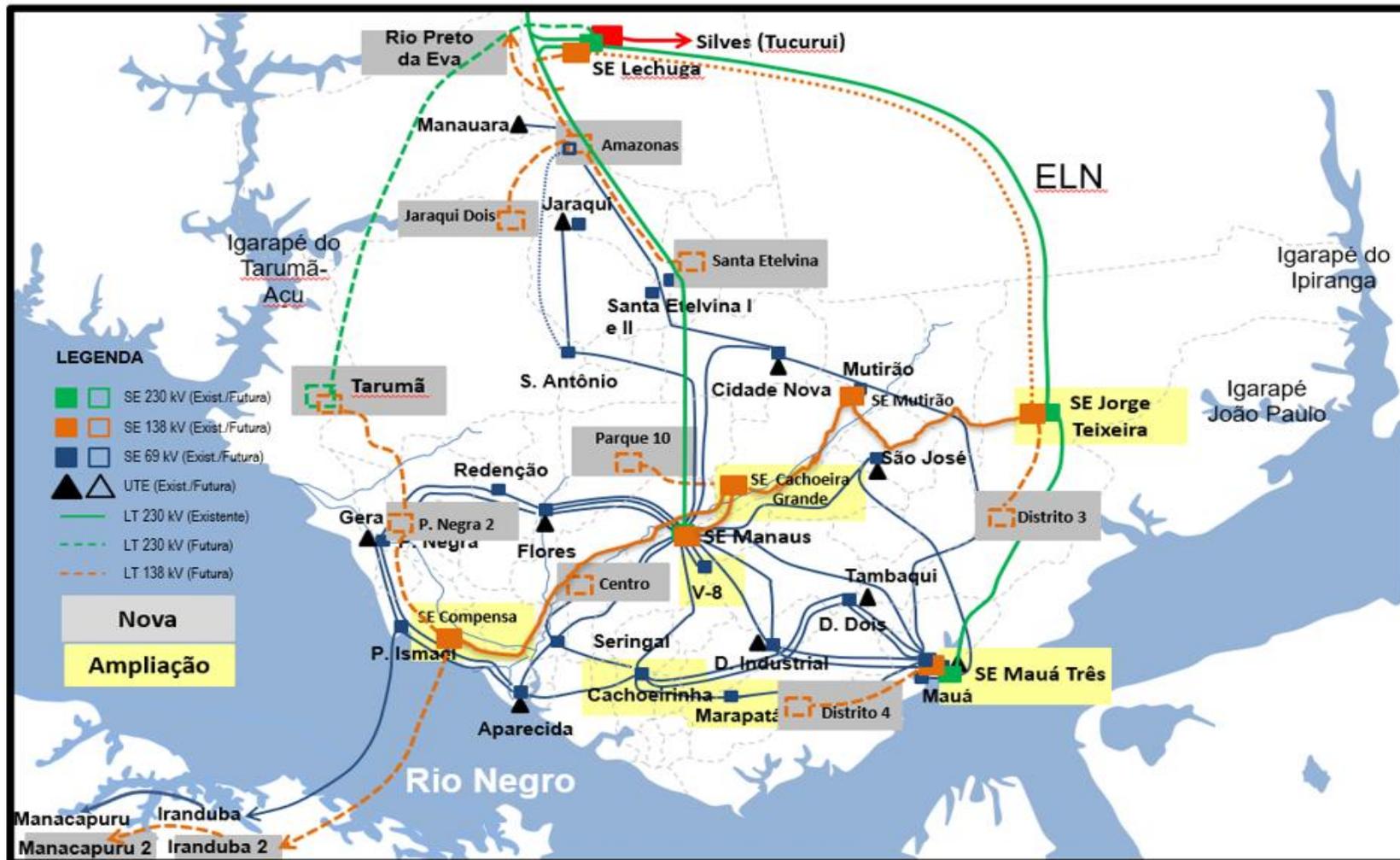


Figura 2.3 - Sistema interligado do estado do Amazonas.
 Fonte: Google Maps (2019).

- Sistema Isolado;

No estado do Amazonas existem 89 sistemas isolados, sendo 1 atendido pela Manaus Energia S.A, e 88 de responsabilidade da companhia Energética do Amazonas S.A – CEAM. A Figura 2.4, mostra o mapa do sistema isolado do município de Caapiranga localizado a 133 km da Capital Manaus.



Figura 2.4 - Sistema isolado município de Caapiranga no interior do estado do Amazonas.

Fonte: Google Maps (2019).

2.3 - GRUPO GERADOR

Um grupo motor gerador (GMG) é uma mescla que agrega um motor diesel com um gerador síncrono, também conhecido como alternador, que gera correntes e tensões alternadas. Sua finalidade é fornecer energia elétrica para operar de forma autônoma ou em ligação paralela com a rede convencional de energia elétrica da concessionária, por meio do uso de óleo diesel como combustível (CHAPMAN, 2013).

Os sistemas de geração com geradores, podem ser classificados como standby, contínuo ou prime, dependendo de como ele será destinado para entregar a energia produzida e como a carga aplicada irá se comportar, sendo fundamental ter o levantamento total de consumo a ser atendido. Quando é conectada uma carga, imediatamente ocorre uma queda de tensão, a estabilização do gerador, neste momento, ocorre pela ação do regulador de tensão que aumenta a corrente de campo e a volta da tensão nominal entre 1 e 10 segundos (CUMMINS, 2015).

A principal diferença entre a energia consumida de um grupo gerador e a proveniente da concessionária se dá quando conectada uma carga subitamente. A rede elétrica da distribuidora, normalmente, não ocorre variação de frequência, mas quando conectada a um gerador, ocorre uma redução na velocidade de rotação do eixo e, posteriormente, a frequência do GMG é reduzida. Na Figura 2.5 tem-se um equipamento projetado pelo fabricante Guascor.



Figura 2.5 - Grupo gerador a diesel fabricante Guascor.

Fonte: Guascor, (2018).

2.4 - MANUTENÇÃO

Segundo BRANCO (1996), são medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação.

A Norma NBR5462-1994 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (BRANCO, 1994), esclarece que a manutenção é uma combinação de procedimentos técnicos, incluindo as de supervisão, com o objetivo de manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

O termo "manutenção" tem sua origem no vocabulário militar, em que o sentido era "manter" as unidades de combate em nível constante. Tornando-se conhecida na volta do ano de 1950 nos Estados Unidos da América. Em função da acirrada competição econômica internacional e da busca do incremento na produtividade, a manutenção deixou de ser considerada um centro de custos, passando a ser vista como um gerador de lucros, nos países do chamado Primeiro Mundo.

O crescimento e o desenvolvimento da indústria mostraram a grande preocupação em eliminar as falhas, identificando-as sendo imprescindível o conhecimento de profissionais para esta análise e as devidas orientações das diretrizes sobre a manutenção da produção. Assim, iniciou-se a “Engenharia da Manutenção”, que teria como atribuições o planejamento e controle da manutenção.

2.4.1 - Classificação da manutenção

Conforme as intervenções são realizadas nos equipamentos, sistemas ou instalações podem caracterizar tipos diferentes de manutenção, sendo importante que as definições sejam claras e específicas para que não haja equívocos quanto aos seus tipos, conforme definido por MOREIRA (2002) abaixo:

- Manutenção Corretiva:

Realizada de forma não programada (emergência ou urgência) para corrigir “falhas” ou “defeitos graves” em componentes, equipamentos ou sistemas, visando restabelecê-los a sua função requerida.

- Manutenção Preventiva:

Executada com a finalidade de prevenir ou detectar anomalias, visando evitar ou reduzir a probabilidade de falhas e defeitos em componentes, equipamentos ou sistemas, sejam principais ou auxiliares.

- Manutenção Preventiva Não Sistemática (Programada):

É um tipo de manutenção voltada na atuação de anormalidades de equipamentos antes mesmo que ocorram defeitos ou perdas. Tendo como objetivo central o desenvolvimento de uma cadeia de operações e com um sistema de rotina elaboradas que atendam as mais diversas atividades, incluindo aquelas manutenções não programadas. Levando em consideração o período de tempo de funcionamento dos equipamentos que fazem parte da produção de energia ou não (sistema auxiliares), conforme determinado pelos manuais dos fabricantes.

- Manutenção Preditiva:

É definida pelas atuações que são feitas nas máquinas de acordo com alterações em parâmetros de controle. Possui a finalidade de indicar, por meio de softwares e equipamentos, as condições de funcionamento e desempenho de uma máquina em tempo real. Por meio desse controle de parâmetros e métricas é possível que os responsáveis pela manutenção monitorem a degradação dos equipamentos. Tudo isso evitará que ocorram perdas para a empresa.

Para FOGLIATTO (2011), A principal função de um programa de manutenção é controlar o estado e garantir a disponibilidade em um equipamento ou sistema. Assim, entende-se que é necessário identificar o período para realização de manutenções, trocas e inspeções de maquinários e demais ferramentas utilizadas no processo de manutenção.

2.4.2 - Política da manutenção

A política de manutenção consiste na definição de objetivos técnico, relativos ao domínio das instalações e equipamentos da empresa pelo serviço de manutenção.

Deve ser estabelecida sob a forma de compromisso entre três fatores:

- Fator técnico: disponibilidade e durabilidade dos equipamentos;
- Fator humano: melhores condições de trabalho, segurança, qualidade dos serviços prestados;
- Fator econômico: menores custos de manutenção dos equipamentos.

Para transformar a função manutenção numa atividade estável e garantindo seu espaço e importância mesmo nas mudanças estruturais e de comando, é necessário estabelecer uma política de manutenção fundamentada em bases sólidas e com objetivos

bem definidos, capaz de consolidar a experiência obtida e fixar os rumos a serem seguidos.

2.5 - CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS (CLP)

O Controlador Programável (CP), também chamado de Controlador Lógico Programável (CLP), e, pela sigla em inglês PLC (Programmable Logic Controller), surgiu em função das necessidades da indústria automobilística. Os painéis eletromecânicos para controle lógico utilizados anteriormente dificultavam as alterações e ajustes de sua lógica de funcionamento, fazendo as montadoras gastarem mais tempo e dinheiro a cada alteração na linha de produção.

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o CLP é um equipamento eletrônico digital, com hardware e software que possui compatibilidade com as aplicações industriais.

Um controlador lógico programável, ou simplesmente CLP é um sistema eletrônico desenvolvido especialmente para uso industrial, muito embora hoje tenha outras aplicações como a automação residencial. É um computador capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controle (sequência lógica, temporizador e contagem), além de realizar operações lógicas, aritméticas e manipulação de dados através de comunicação em rede, sendo utilizado no controle de sistemas automatizados. (GEORGINI, 2000).

2.5.1 - Vantagens do uso do CLP

- Redução do custo: devido o grande número de relés e da necessidade de manutenção os CLP's sendo a opção mais viável;
- Imunidade a ruídos eletromagnéticos: o CLP possui um sistema de isolamento de ruídos elétricos;
- Facilmente configurável: através de racks modulares, é possível trocar módulos de entrada e saída para cada necessidade específica;
- Facilmente programável: as linguagens utilizadas (Ladder e Blocos de Funções [1], por exemplo) possuem fácil aprendizagem e uso facilitando a construção da

lógica de controle. Além disso, permite a realização de operações mais complexas do que as realizadas através de relés;

- Grande flexibilidade: torna-se mais simples de modificar a lógica do processo;
- Maior controle: por ser um equipamento microprocessado, dispõem ao usuário a facilidade de interagir com o hardware via software, se tornando muito prática facilitando a identificação de falhas;
- Monitoramento on-line: pode-se ter vários controladores conectados comunicação, e com essa conexão monitorar em tempo real os processos;
- Manutenção simples: o próprio CLP indica a existência de erros;
- Recursos para processamento em tempo real e multitarefa: controle em tempo real que permite exatidão maior na execução de tarefas.

2.5.2 - Princípio de funcionamento do CLP - Diagrama de blocos

Os programas de um CLP são sempre executados de forma cíclica (loop), reiniciando-se automaticamente a execução a partir da primeira linha de programa. A execução completa das linhas que compõem um programa é chamada de ciclo de varredura (scan cycle), conforme descreve NATALE (2003).

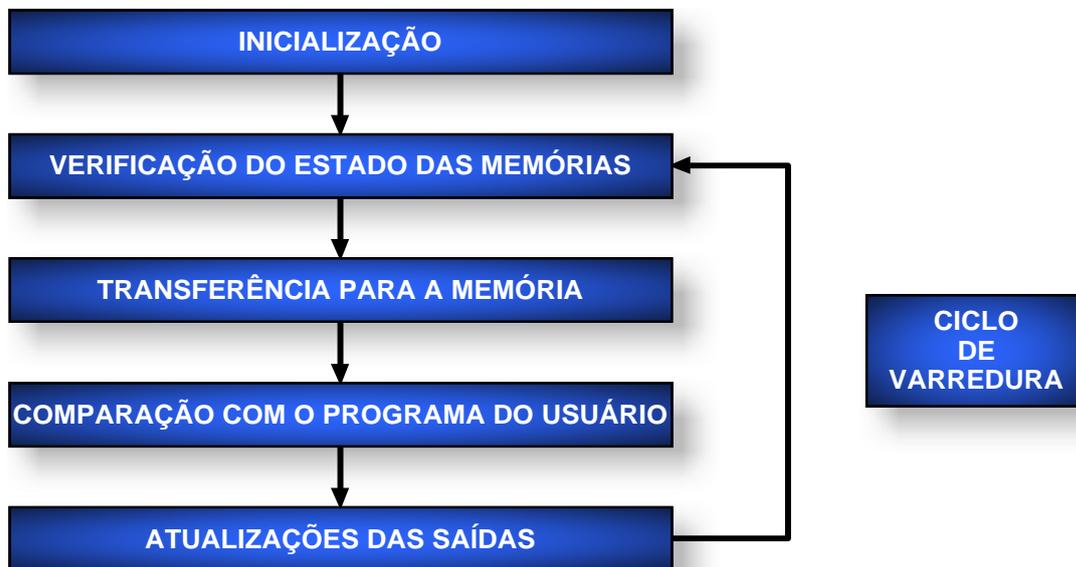


Figura 2.6 - Estrutura de funcionamento do CLP.
Fonte: NATALE (2003).

A Figura 2.6 mostra o princípio de funcionamento de um controlador lógico programável, sendo cada uma das etapas descritas abaixo:

1. Ciclo de Varredura

Durante o seu funcionamento o CLP realiza sequências de operações denominada de ciclo de varredura. O tempo que leva para completar um ciclo denomina-se **Tempo de Varredura** ou **Scan Time**, os fabricantes em geral fornecem o tempo de varredura para executar 1024 (1K) instruções de lógica booleana. Todas as tarefas que são realizadas pelo processador são executadas sequencialmente e cíclica enquanto estiver sendo alimentado.

2. Inicialização

No momento em que o CLP está em funcionamento executa uma série de operações pré-programadas, que são gravadas em seu programa monitor:

- Verifica o funcionamento da CPU, memórias e circuitos auxiliares;
- Confere a configuração interna e compara com os circuitos instalados;
- Checa o estado das chaves principais (RUN / STOP, PROG, etc.);
- Verifica a existência de um programa de usuário;
- Emite bip de erro, caso algum dos itens acima falhe.

3. Verificar o estado das entradas

O CLP lê os estados de cada entrada, realizando a verificação se alguma foi acionada. O processo de leitura é nomeado como Ciclo de Varredura (Scan) sendo realizado em microssegundos (Scan Time).

4. Transferir para a memória

Após o Ciclo de Varredura, o CLP armazena os resultados obtidos na memória chamada de Memória Imagem das Entradas e Saídas. Recebe este nome por o espelho dos estados de entrada e saída. Posteriormente será consultada pelo CLP durante o processamento do programa do usuário.

5. Comparar com o programa do usuário

O CLP ao executar o programa do usuário, consultar a Memória Imagem das Entradas, conforme as instruções definidas pelo usuário em seu programa.

6. Atualizar o estado das saídas

O CLP escreve o valor que está na memória de saídas, atualizando os módulos de saída, ou seja, liga ou desliga conforme seu programa, até que se inicie um novo ciclo de varredura.

2.5.3 - Estrutura interna do CLP

O CLP é um sistema microprocessado, ou seja, constitui-se de um microprocessador (ou microcontrolador), um Programa Monitor, uma Memória de Programa, uma Memória de Dados, uma ou mais Interfaces de Entrada, uma ou mais Interfaces de Saída e Circuitos Auxiliares.

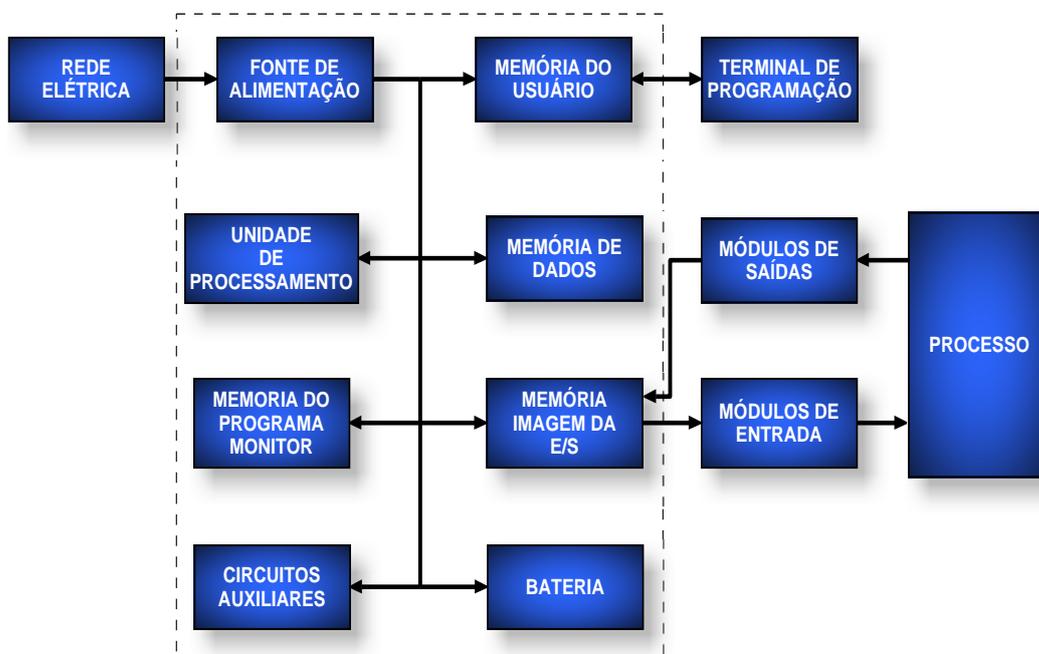


Figura 2.7 - Estrutura interna do CLP.

Fonte: NATALE, (2003).

Na Figura 2.6, pode-se observar a estrutura interna do CLP formado por módulos que podem ser substituídos facilmente caso algum apresente qualquer defeito. Os mesmos são descritos a seguir:

1. Fonte de alimentação

Por função fornecer as tensões adequadas para o funcionamento do CPU (geralmente ligada aos 220 VAC da rede). Normalmente são projetadas para fornecer várias tensões de alimentação para os módulos e o processador usualmente necessita de uma alimentação de 5 VDC. Módulos de entradas e saídas digitais necessitam de

alimentação auxiliar para os elementos de chaveamento e conversão os quais possuem as seguintes funções básicas:

- Converte a tensão da rede elétrica (127 ou 220 VCA) para a tensão de alimentação dos circuitos eletrônicos, (+ 5 VCC para o microprocessador, memórias e circuitos auxiliares e +/- 12 VCC para a comunicação com o programador ou computador);
- Mantem a carga da bateria, nos sistemas que utilizam relógio em tempo real e Memória do tipo RAM;
- Fornece tensão para alimentação das entradas e saídas (12 ou 24 VCC).

2. Unidade de processamento

A tarefa principal do processador é a execução do programa realizado pelo usuário, além de outras, como o gerenciamento da comunicação e execução dos programas de auto-diagnósticos. Para poder realizar todas estas tarefas, o processador necessita de um programa escrito pelo fabricante, denominado sistema operacional. Este não é acessível pelo usuário e se encontra gravado na memória não volátil que faz parte da CPU. Existem atualmente CLP's que usam mais de um processador, conseguindo dividir tarefas e com isso ganhar maior velocidade de processamento e facilidade de programação.

3. Bateria

As baterias são usadas para manter o circuito do Relógio em Tempo Real, reter parâmetros ou programas (em memórias do tipo RAM), mesmo em caso de rompimento de energia, além de guardar configurações de equipamentos. Normalmente são utilizadas baterias recarregáveis do tipo Ni-Ca ou Li. Nesses casos, incorporam se circuitos carregadores.

4. Memória do programa monitor

O sistema operacional, os módulos de entradas e saídas e os registros internos estão associados a diferentes tipos de memória. A capacidade de armazenamento de uma memória é quantificada em bits, bytes ou words. O sistema operacional é gravado pelo fabricante, devendo permanecer inalterado para que o usuário não tenha acesso, sendo armazenado em uma memória como as ROM, EPROM ou EEPROM, memórias cujo conteúdo permanece inalterável mesmo na ausência de um alimentador. O

programa construído pelo usuário e permanecer estável durante o funcionamento do equipamento com facilidade de leitura, escrita e com possibilidade de exclusão. Por isso que em seu armazenamento usam-se memórias tipo RAM ou EEPROM. No caso de usar memórias tipo RAM, será necessário também o uso de baterias, pois esse tipo de memória se apaga na ausência de um alimentador. A velocidade também exerce um papel importante na operação do CLP, por isso são utilizadas memórias tipo RAM. Nesse processo, a memória é responsável pelo armazenamento de todas as informações necessárias para o funcionamento do CLP.

5. Memória usuário

Armazena o programa da aplicação desenvolvido pelo usuário, podendo ser alterada, já que uma dentre várias de se utilizar CLP's é a flexibilidade de programação. Inicialmente era constituída de memórias do tipo EPROM, sendo hoje utilizadas memórias do tipo RAM (cujo programa é mantido pelo uso de baterias), EEPROM e FLASH-EPROM, sendo também comum o uso de cartuchos de memória, que permite a troca do programa com a troca do cartucho de memória. A capacidade desta memória varia bastante de acordo com a marca/modelo do CLP, sendo normalmente dimensionadas em Passos de Programa.

6. Memória imagem das entradas/saídas

Sempre que a CPU executa um ciclo de leitura das entradas ou executa uma modificação nas saídas, ela armazena os estados de cada uma das entradas ou saídas em uma região de memória denominada Memória Imagem das Entradas/Saídas. Essa região de memória funciona como uma espécie de “tabela” onde a CPU irá obter informações das entradas ou saídas para tomar as decisões durante o processamento do programa do usuário.

7. Circuitos auxiliares

São responsáveis para atuar em falhas no CLP. Alguns deles são:

- POWER ON RESET: Quando se energiza um equipamento digital, não é possível prever o estado lógico dos circuitos internos, para que não ocorra um acionamento indevido de uma saída, que pode causar um acidente, há um circuito encarregado de realizar o desligamento no instante em que se energiza o

equipamento e assim que o microprocessador assume o controle do equipamento, esse circuito é desabilitado.

- **POWER-DOWN**: O caso inverso ocorre quando um equipamento é subitamente desenergizado, o conteúdo das memórias pode ser perdido. Para isso há um circuito responsável pelo monitoramento da tensão de alimentação, e em caso do valor desta cair abaixo de um limite pré-determinado, o circuito é acionado interrompendo o processamento para avisar o microprocessador e armazenar o conteúdo das memórias em tempo hábil.
- **WATCH-DOG-TIMER**: Para garantir no caso de falha de um microprocessador, o programa não entra em “loop”, considerado assim um desastre, para isso há um circuito denominado “Cão de Guarda”, que é acionado em intervalos de tempo pré-determinados, caso não seja acionado, assume o controle do circuito sinalizando uma falha geral.

8. Módulos ou interface de entrada

São circuitos usados para adequar eletricamente os sinais de entrada para serem processados pela CPU (ou microprocessador) do CLP, com dois tipos básicos de entrada: as digitais e as analógicas.

– **Entradas Digitais:**

São possuem somente dois estados, ligado ou desligado, vejamos alguns exemplos de dispositivos que podem ser ligados a elas:

- Botões;
- Sensores de proximidade indutivos ou capacitivos;
- Chaves comutadoras;
- Termostatos;
- Pressostatos;
- Controle de nível (boia);
- Etc.

As entradas digitais podem ser programadas para operar em corrente contínua (24 VCC) ou em corrente alternada (127 ou 220 VCA). Podem ser do tipo N (NPN) ou do tipo P (PNP) que se refere a construção interna do sensor. No caso do tipo N, necessita fornecer o potencial negativo (terra ou neutro) da fonte de alimentação para

que a mesma seja ativada. No caso do tipo P é necessário fornecer o potencial positivo (fase). Em qualquer dos tipos é de praxe haver uma isolação galvânica entre o circuito de entrada e a CPU. Esta isolação é realizada normalmente através de opto acopladores. As entradas de 24 VCC são utilizadas quando identificada a distância entre os dispositivos de entrada e o CLP não excederam 50 m. Caso contrário, o nível de ruído pode provocar disparos acidentais. Conforme mostra as Figuras 2.7 e 2.8, com exemplos, de circuito de entrada digital 24VCC e 127/220VCA:

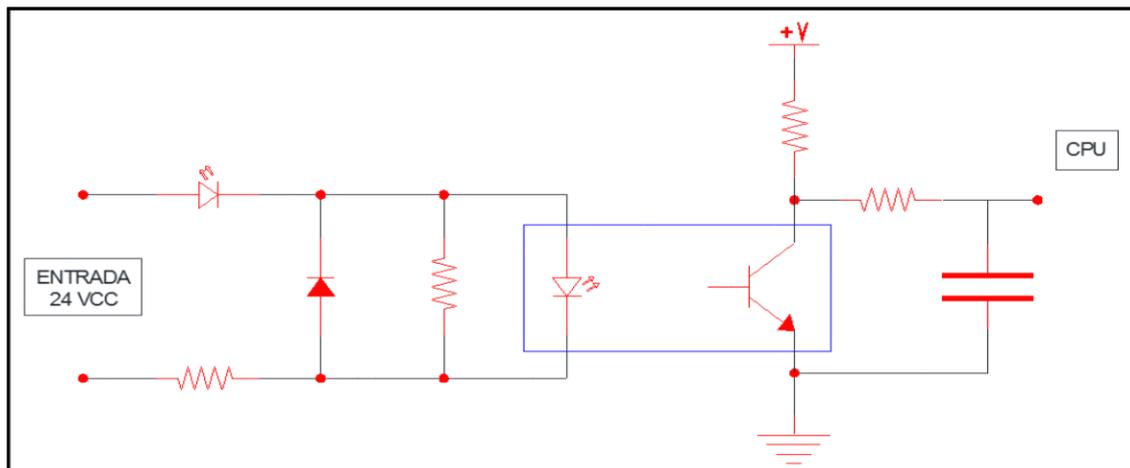


Figura 2.8 - Circuito de entrada digital 24 VCC.

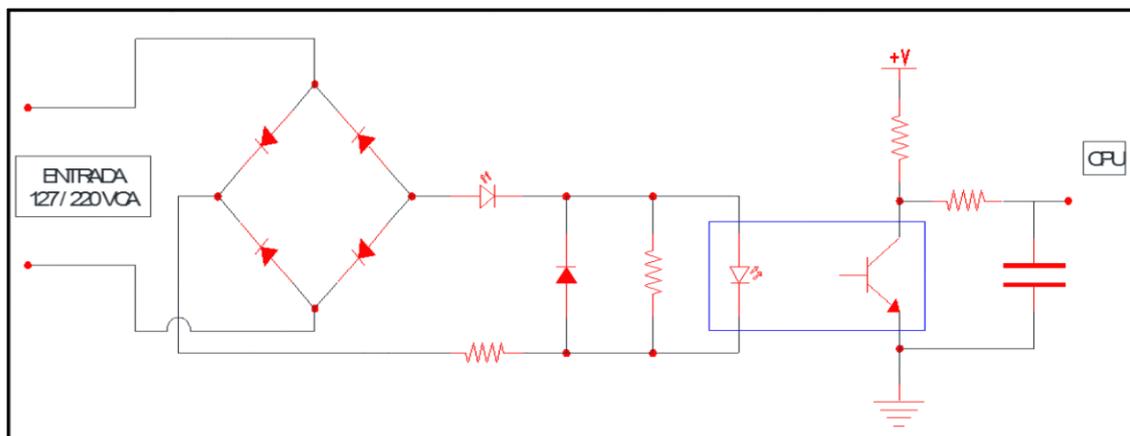


Figura 2.9 - Circuito de entrada digital 127 / 220 VCA.

– **Entradas Analógicas:**

As Interfaces de Entrada Analógicas, permitem que o CLP manipular grandezas analógicas, enviadas normalmente através de sensores eletrônicos. As grandezas analógicas elétricas tratadas por estes módulos são normalmente tensão e corrente. No caso de tensão as faixas de utilização são: 0 a 10 VCC, 0 a 5 VCC, 1 a 5 VCC, -5 a +5

VCC, -10 a +10 VCC (para o caso de interfaces que permitem entradas positivas e negativas são denominadas Entradas Diferenciais), e no caso de corrente, as faixas utilizadas são: 0 a 20mA ou de 4 a 20mA.

Os principais dispositivos são:

- Sensor de pressão monométrica;
- Sensores de pressão mecânica (strain gauges – usadas em células de carga);
- Taco - geradores para medição rotação de eixo;
- Transmissor de temperatura;
- Transmissores de umidade relativa.

Uma informação importante a respeito das entradas analógicas é a sua resolução. Esta é normalmente medida em Bits. Uma entrada analógica com um maior número de bits permite uma melhor representação das grandezas analógicas. Por exemplo: uma placa de entrada analógica de 0 a 10 VCC com uma resolução de 8 bits permite uma sensibilidade de 39,2mV, enquanto que a mesma faixa em uma entrada de 12 bits permite uma sensibilidade de 2,4mV e uma de 16 bits permite uma sensibilidade de 0,2mV. Assim, quanto maior o bit menor a sensibilidade de mV. (NORMAN, 2011).

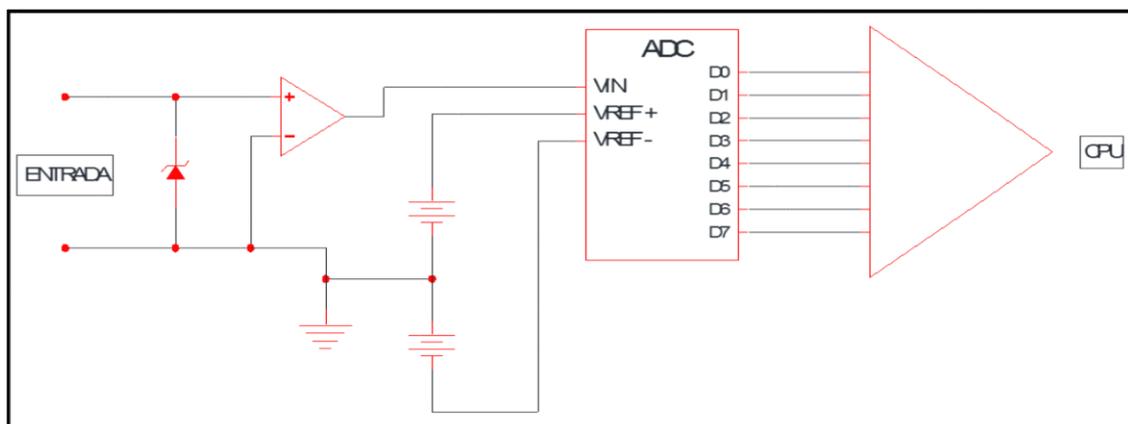


Figura 2.10 - Circuito de entrada analógico.

9. Módulos especiais de entrada

Existem módulos especiais de entrada com funções bastante especializadas. Alguns exemplos são:

- Módulos Contadores de Fase Única;
- Módulos Contadores de Dupla Fase;
- Módulos para Encoder Incremental;

- Módulos para Encoder Absoluto;
- Módulos para Termopares (Tipo J, K, L, S, etc.);
- Módulos para Termoresistências (PT-100, Ni-100, Cu-25, etc.);
- Módulos para Sensores de Ponte Balanceada do tipo Strain - Gauges;
- Módulos para leitura de grandezas elétricas (kWh, kW, kVA, kVAr, fator de potência ($\cos\phi$), corrente elétrica (I), tensão (V), etc.).

10. Módulos especiais de saída

Os Módulos ou Interfaces de Saída adequam eletricamente os sinais que saem do microprocessador para que possa atuar nos circuitos controlados. Existem dois tipos básicos de interfaces de saída: as digitais e as saídas analógicas.

- Saídas Digitais:

As saídas digitais admitem apenas dois estados: ligado e desligado. Podemos com elas controlar dispositivos, tipo:

- Relés;
- Contactores;
- Solenoides;
- Inversores de Frequência, etc.

As saídas digitais podem ser construídas de três formas básicas: Saída Digital à Relê, Saída Digital 24 VCC e Saída digital à Triac. Nos três casos, também é de praxe, prover o circuito de um isolamento galvânico, normalmente opto-acoplado.

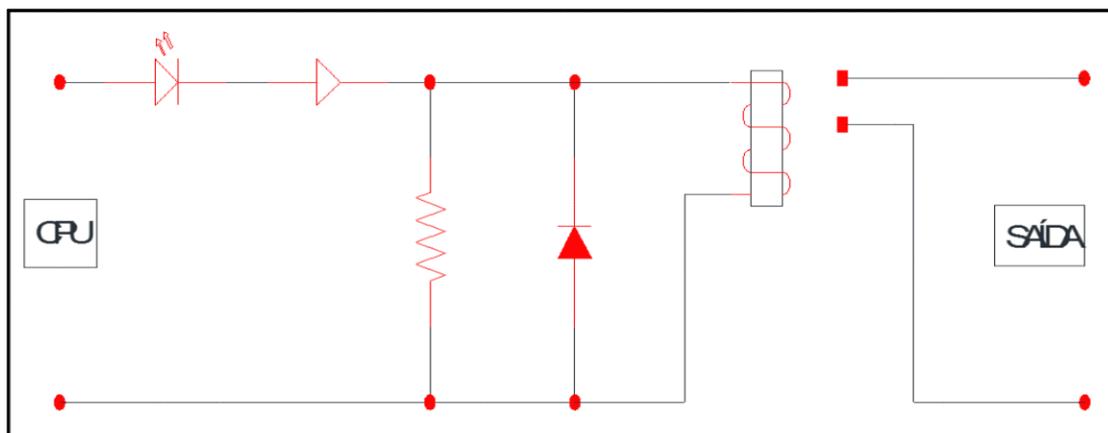


Figura 2.11 - Circuito de saída digital à relê.

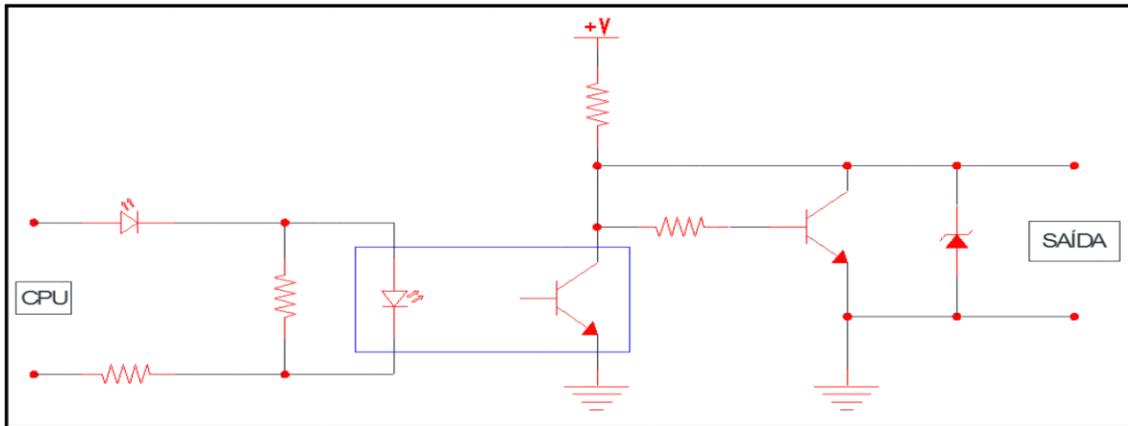


Figura 2.12 - Circuito de saída digital à transistor.

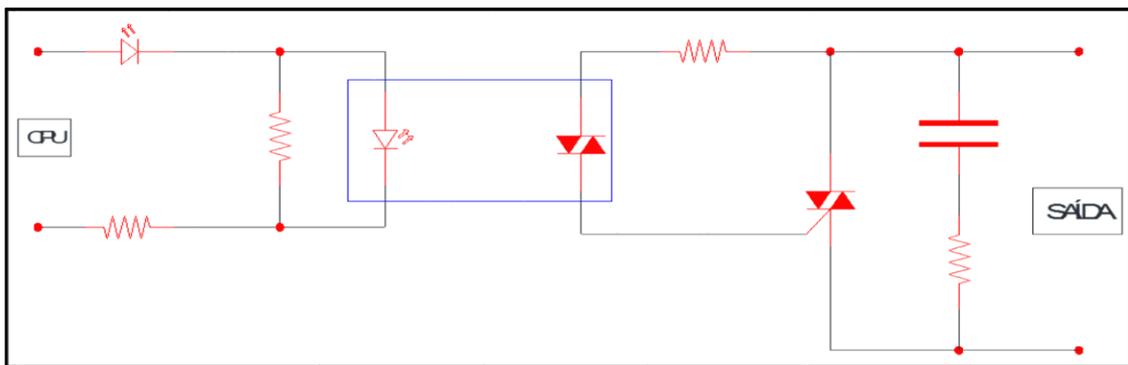


Figura 2.13 - Circuito de saída digital à Triac.

– **Saídas Analógicas:**

Os módulos ou interfaces de saída analógica converte valores numéricos, em sinais de saídas em tensão ou corrente. No caso de tensão normalmente 0 a 10 VCC ou 0 a 5 VCC, e no caso de corrente de 0 a 20mA ou de 4 a 20mA.

Estes sinais são utilizados para controlar dispositivos atuadores do tipo:

- Válvulas proporcionais;
- Motores de Corrente Contínua (CC);
- Servo Motores CC;
- Inversores de Frequência;
- Posicionamentos rotativos;
- Etc.

A Figura 2.13 mostra um exemplo de circuito de saída analógico:

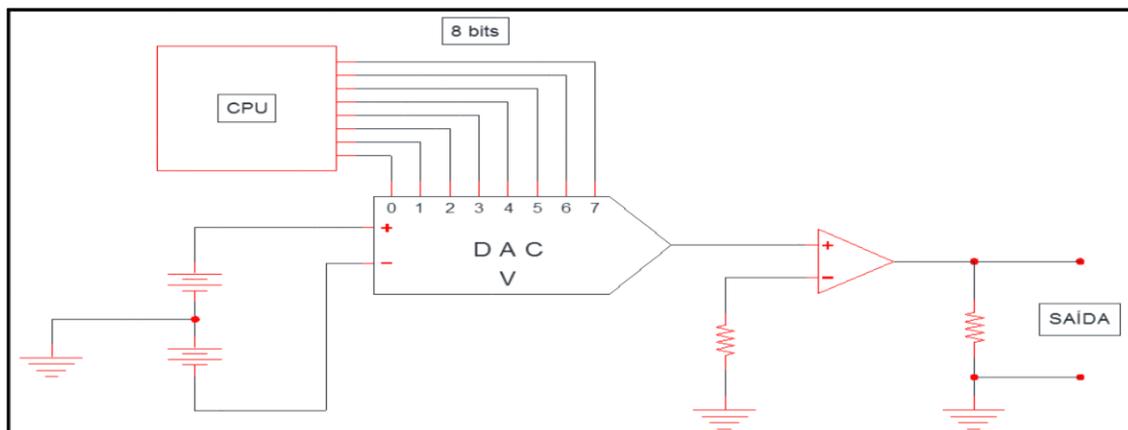


Figura 2.14 - Circuito de saída analógico.

Existem também módulos de saída especiais. Alguns exemplos são:

- Módulos PWM para controle de motores CC;
- Módulos para controle de Servomotores;
- Módulos para controle de Motores de Passo (Step Motor);
- Módulos para I.H.M. (Interface Homem Máquina), e etc.

Os CLP`s analógicos são empregados onde se deseja um controle mais preciso e com variações proporcionais, onde a presença humana é apenas para inserir os valores a serem programados. (ALIEVI, 2018).

2.6 - PROTOCOLO MODBUS

Desenvolvido pela Modicon Industrial Automation Systems, o MODBUS é um protocolo de rede utilizado em sistemas CLP para aquisição de sinais e comando de atuadores. A Modicon integrante do grupo Schneider Electric, colocou as especificações e normas que definem o Modbus em domínio público, para ser utilizado em vários equipamentos existentes de forma a obter dados em tempo real (NOGUEIRA, 2009).

O protocolo possui comandos para envio de dados discretos (entradas e saídas digitais) ou numéricos (entradas e saídas analógicas), usualmente utilizado sobre RS-232, RS-485 ou, ultimamente, Ethernet que define: os pedidos que os dispositivos de controle podem enviar a outros dispositivos; como estes respondem a esses pedidos; a forma como são tratados os erros.

2.6.1 - Rede Modbus TCP/IP

O protocolo Modbus usado também em uma rede Ethernet TCP/IP é baseado em quatro tipos de mensagens: requisição, confirmação, indicação e resposta. Segundo MICHAEL (2000), O protocolo Modbus define uma unidade de dados de protocolo (PDU) simples e independente das camadas de comunicação subjacentes. Na requisição é informado ao dispositivo endereçado que tipo de ação deve ser executada. O campo de dados deve informar qual registrador deve ser iniciado e quantos registros vem ser lidos.

Na verificação os erros recebem um método para validar a integridade do conteúdo da mensagem e na resposta é replicado o código dessa função na requisição de consulta. Assim, os bytes de dados contêm os dados coletados como valores de registros ou status. Se ocorrer um erro, o código da função é modificado para indicar que há uma resposta de verificação de erros que permite ao mestre que o conteúdo de mensagem é válido. No nível de mensagem, o protocolo Modbus é realizado no método de comunicação de rede ponto a ponto (MODBUS, 2008).

2.7 - SISTEMAS SUPERVISORIOS

Um sistema de supervisão é o responsável pelo monitoramento das variáveis amostradas do processo de controle de um sistema. Seu objetivo principal é fornecer subsídios ao operador para controlar e monitorar um processo automatizado com maior rapidez, permitindo assim a leitura das variáveis em tempo real e o gerenciamento e o controle do processo (ROSARIO, 2005).

Para ANDRADE (2001), os sistemas de supervisão viabilizam a integração de diversos dispositivos e equipamentos controladores do processo. A maioria desses sistemas tem em comum, a necessidades de bons conhecedores do processo industrial trabalhando como operadores, pois, são eles que fornecem as entradas aos sistemas, como por exemplo, dosagens, receitas e parâmetros, além de analisarem alarmes, operarem comandos remotamente e etc.

Os sistemas supervisórios situam-se no terceiro nível da pirâmide de automação, onde faz uma conectividade entre o controle em campo (CLPs, inversores de frequência, relés) com o gerenciamento do processo e produção, como mostrado na figura 3. (JUNIOR, 2011).

Segundo SALVADOR e SILVA (2005), há quatro elementos básicos que fazem parte da arquitetura de um sistema de supervisão, são eles: sensores e atuadores, estações remotas de aquisição e/ou controle, redes de comunicação e monitoração central. “Sistemas supervisórios são sistemas digitais de monitoração e operação da planta que gerenciam variáveis de processo. Estas são atualizadas continuamente e podem ser guardadas em bancos de dados locais ou remotos para fins de registro histórico.” (MORAES; CASTRUCCI, 2012).

Todo processo é composto de variáveis que definem o bom funcionamento de um sistema. Para que se possam tomar medidas de controle é necessário saber continuamente sobre as variáveis para que seja possível atuar de forma mais eficiente sobre estas. Para exemplificar pode-se citar um gerador eólico, o qual possui variáveis que devem ser constantemente controladas, como a velocidade do vento, capacidade de geração ou a tensão da bateria.

Atualmente os sistemas de automação industrial utilizam tecnologias de computação e comunicação para realizar a aquisição de dados dos processos, geralmente localizados geograficamente distantes, conforme MOREIRA LOPES (2009) a respectiva apresentação destes dados ao operador é feita de forma amigável por uma interface gráfica com recursos os quais ajudam a interpretação destes. Para MORAES e CASTRUCCI (2007) esses sistemas visam à integridade física dos equipamentos e operadores, devido à identificação de falhas.

2.7.1 - Planejamento de um sistema supervisório

Conforme MORAES e CASTRUCCI (2012) são recomendadas etapas essenciais para o desenvolvimento de um sistema supervisório, dentre elas estão:

- Entendimento do processo;
- Variáveis do processo;
- Planejamento da base de dados;
- Planejamento de alarmes;
- Planejamento da hierarquia de navegação entre telas;
- Desenho de telas.

O entendimento do processo é etapa essencial, onde se faz necessário reunir inúmeras informações de como o processo se dará, para isso conversar com operadores

e especialistas ajuda a entender as necessidades, requisitos mínimos. Depois de formar uma ideia sólida sobre o processo, separar este em partes e criar um diagrama de blocos de modo a entender todas as interações entre as partes e obter uma ideia do volume de informações trocadas entre elas. Após o entendimento do processo, deve ser feito um levantamento de todas as variáveis deste, as quais são de suma importância na etapa de registro histórico, devido a estas definirem possíveis intervenções no processo e condições de alarme. E para obtenção de uma transferência de dados mais eficiente e segura entre estação remota e central, um processo de identificação conhecido como “tag” é aplicado. Em seguida deve ser feito o planejamento da base de dados, parte essencial de um sistema supervisório, tendo em vista que o histórico de informações do processo será armazenado neste, e esta deve ser feita pensando em apresentar apenas os dados essenciais do processo de maneira que o supervisório se torne conciso, porque um grande tráfego de informações pode prejudicar o desempenho total do sistema. “A preparação da base de dados deve levar em conta que não importa quão rápido o seu sistema seja, uma base de dados otimizada representa maior eficiência de troca de dados, permitindo tempos de atualização menores e menor chance de problemas futuros.” (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

2.7.2 - Software de supervisão

Conforme afirma ROSÁRIO (2005), um *software* supervisório deve ser entendido como um conjunto de programas gerados e configurados em um *software* básico de supervisão, onde se programam as estratégias de controle e supervisão com telas de interface homem-máquina, apresentando ao operador as várias etapas de um processo, facilitando o tratamento e gerência dos dados do processo.

O tipo de sistema supervisório mais comum é o sistema SCADA, segundo MORAES e CASTRUCCI (2012) este sistema foi criado para controlar grandes quantidades de variáveis, sejam estas digitais ou analógicas. Os sistemas SCADA iniciaram basicamente com a telemetria, a qual informava através de lâmpadas e indicadores, o estado corrente de um processo sem que houvesse qualquer interface.

Segundo ALBUQUERQUE e ALEXANDRIA (2007), há três atribuições básicas em um sistema SCADA, que precisam estar presentes no software: supervisão, operação e controle. A função de supervisão inclui todas as funções de monitoramento do processo, como estados das variáveis e seus gráficos de tendências, relatórios,

verificação de alarmes etc. A função de operação é permitir que os operadores atuem sobre o sistema. Esta tarefa era realizada nas mesas de controle e hoje estão disponíveis no supervisão.

As funções de controle incluem: ligar e desligar equipamentos, operação de malhas de controle, mudança de modo de operação de equipamentos, etc. Para FILIPE (2018) a função de controle é a ação de gerar um sinal de saída para o processo, a fim de manter a variável controlada em um estágio pré-estabelecido, alguns sistemas de supervisão possuem uma linguagem de programação que permitem definir a estratégia de controle sem depender de um equipamento intermediário. Os sistemas SCADA possuem um ambiente integrado de desenvolvimento que possui editor de gráficos, editor para banco de dados, relatórios, receitas e editor de scripts.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - METODOLOGIA DA PESQUISA

Segundo KAUARK *et al.* (2010) metodologia é a disciplina que viabiliza os métodos disponíveis para determinada pesquisa, ou seja, é a execução dos trabalhos com base em técnicas e processos objetivando a construção de um determinado conhecimento.

Para fundamentar didaticamente a Figura 3.1 mostra o fluxograma da metodologia, sendo iniciada com uma revisão literária fundamentada por autores nas áreas correspondente ao tema, bem como a pesquisa exploratória que permitiu realizar entrevistas com os operadores experientes *in loco* durante as manutenções realizadas nesses equipamentos.

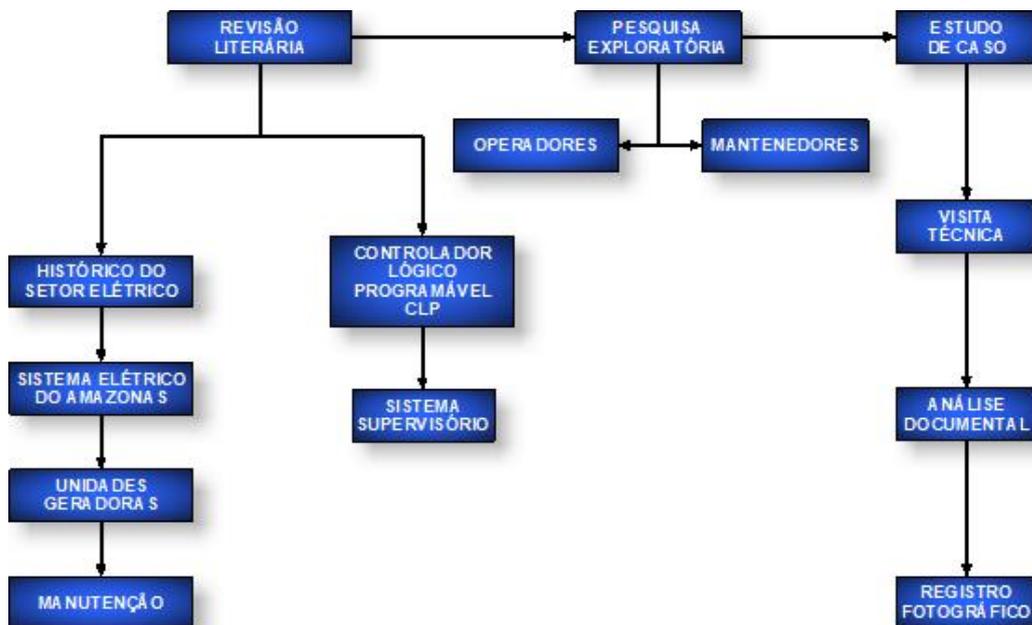


Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia.

3.1.1 - Pesquisa bibliográfica

No tocante ao levantamento bibliográfico, fundamento importante para a construção do conhecimento, cita-se Lakatos que define:

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, artigos científicos impressos ou eletrônicos, material cartográfico e até meios de comunicação oral: programas de rádio, gravações, audiovisuais. (LAKATOS, 2017).

Nos ensinamentos de PRODANOV, CLEBER CRISTIANO (2013), “a pesquisa bibliográfica é elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de: livros, publicações, artigos científicos, monografias, dissertações, com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa, [...]” e fundamentou as informações necessárias sobre a Energia; O histórico do Setor Elétrico Brasileiro; A configuração do Sistema Elétrico na Amazônia; Unidades Geradoras; A Manutenção; Controladores Lógicos Programáveis; Sistemas Supervisórios, e demais tópicos pertencentes a estruturação desta monografia.

3.1.2 - Pesquisa exploratória

De acordo com PRODANOV, CLEBER CRISTIANO (2013), configura-se com a fase preliminar, tendo como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que será investigado de forma panorâmica, propiciando maior familiaridade nos processos envolvidos e com a sistemática do problema, e além do mais, possibilitando a delimitação do assunto pesquisado.

Associado a essa linha de pesquisa, adotou-se o modelo de uma parte dos processos inerentes a de geração de energia elétrica de uma usina termelétrica instalada em um município do estado do Amazonas relacionadas a captação de dados.

3.1.3 - Estudo de caso

Para PRODANOV, CLEBER CRISTIANO (2013) estudo de caso “envolve o estudo profundo de um ou poucos objetos de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento, possui metodologia de pesquisa classificada como Aplicada, na qual se busca a aplicação prática de conhecimentos para a solução de problemas, [...]”.

Para esse estudo de caso, foi escolhido uma das várias usinas termelétricas situadas no interior do estado do Amazonas, sendo essa no município de Barreirinha,

localizada há cerca de 331 quilômetros da capital Manaus, onde foram realizadas visitas a fim de “levantar” informações que atendessem a realização desse trabalho, levando-se em consideração as atividades cotidianas realizadas pelos mantenedores, operadores e demais colaboradores que laboram na usina, assim também, como as informações dos equipamentos instalados nesse ambiente como: motores, geradores, caldeiras, sistemas elétricos, mecânicos, pneumáticos e sistemas lógicos (CLP). E no contexto desse estudo de caso, as atividades específicas de leitura e medição das grandezas elétricas utilizadas para a implementação de um sistema supervisório.

3.1.3.1 - Característica da unidade geradora da usina

Na planta dessa usina no município de Barreirinha, estão instalados cinco (05) motores de fabricação Guascor, modelo SFGLD360, ciclo OTTO, com 16 cilindros em “V”, de combustão interna, com rotação nominal de 1.200 rpm. Acoplado ao eixo do motor está o gerador elétrico de fabricação Leroy Samer, modelo LSA 50.2 de seis pólos auto excitado, sem escova, com potência aparente de 594 kVA e tensão de alimentação em 440 V trifásico, fator de potência 0,8 e frequência ajustada em 60 Hz.

A alimentação dessas unidades geradoras é feita por gás natural, via city gate da empresa Petrobras, localizado ao lado da planta dessa usina, propiciando o uso desse combustível nas pressões, volumes e temperaturas ideais para o funcionamento desses motores. A Figura 3.2 mostra o equipamento instalado na usina.



Figura 3.2 - Grupo gerador Guascor da UTE.

3.1.3.2 - Operação e manutenção

A operação em uma planta de usina termoeletrica é realizada em níveis distintos de responsabilidade. (QUEIROZ, 2010) descreve essa operação entre os dois níveis hierárquicos como: os operadores de uma instalação local, sendo a primeira instância de operação e que recebem o nome de operadores mantenedores, pois realizam as atividades nos sistemas principais e nos equipamentos auxiliares dos sistemas que geram energia elétrica. Além disso, também realizam leituras e interpretação de gráficos, medições de fluxos, leitura, medições e anotações de grandezas de eletricidade, verificam equipamentos e indicadores para detectar evidências de problemas operacionais e, em caso de necessidade, podem efetuar comandos localmente ou remotos sobre os equipamentos.

Já em nível de operação imediata estão os mantenedores que tem uma formação e habilitação técnica o que diferencia do operador, além disso, são capazes de avaliar a disponibilidade de equipamentos para a recomposição do sistema, bem como assegurar a integridade física e bom funcionamento dos equipamentos instalados, seguindo os procedimentos e as instruções de operação que são disponibilizadas pelas ONS, desde as pequenas atuações de abertura de mini disjuntores de painéis, passando por alarmes de falta de tensão em motores, problemas nos serviços auxiliares, falhas de comunicação com equipamentos de campo, entre outras atividades pertinentes ao pleno funcionamento dos equipamentos da usina.

Por outro lado, também, como rotina de trabalho desses mantenedores que são fundamentalmente importantes nos processos da geração de energia elétrica da usina tem-se a obtenção das medições das grandezas elétrica dos equipamentos, que inicialmente, ocorria de forma manual, ou seja, era captada as informações dos painéis de leituras dos equipamentos e era transcrita os valores dessas grandezas para uma planilha impressa, como mostrado na Figura 3.3. Entretanto, vale ressaltar que essa atividade manual era rotineira na usina e que tornou-se foco desse estudo de caso, que trata a viabilidade da implementação de um sistema que pudesse realizar essa atividade de forma automatizada, e que transcrevesse em um ambiente digital e seguro, os dados das medições dessas grandezas elétricas em tempo real, e que além disso, pudessem ser tratados e, posteriormente, a geração de gráficos de cada uma dessas grandezas coletada, possibilitando em tempo hábil, melhores análises e tomadas de decisões.

DEPARTAMENTO DE GERAÇÃO DO INTERIOR - DOG
MAPA DE CONTROLE DOS DISJUNTORES
UTE A GÁS DE ANAMÁ

DATA: 21.02.2018

ALIMENTADOR 01 CCAL2 - 01										ALIMENTADOR 02 - CCAL2 - 02									
DEM	FAT	CORRENTES (A)			TENSÃO			ENERGIA FORNECIDA		DEM	FAT	CORRENTES (A)			TENSÃO			ENERGIA FORNECIDA	
(KW)	POT	I1	I2	I3	R	S	T	KVARH	KWH	(KW)	POT	I1	I2	I3	R	S	T	KVARH	KWH
457	D.55	23	22	21	1357	1353	1356	007405	012049	405	090	32	34	33	1341	1323	1350	010979	023625
438	D.55	23	21	21	1358	1350	1356	007405	012049	402	090	30	34	32	1350	1352	1350	010979	023625
431	D.55	23	21	20	1358	1350	1357	007406	012050	401	089	30	34	32	1350	1351	1350	010980	023625
416	D.51	23	20	20	1358	1350	1357	003406	012050	400	090	31	34	31	1350	1351	1350	010980	023625
409	D.51	23	19	19	1358	1350	1357	003406	012050	407	089	29	34	30	1350	1351	1350	010980	023625
359	D.34	19	18	19	1357	1350	1355	007406	012051	553	088	25	27	26	1350	1350	1355	010981	023630
343	D.34	20	19	19	1355	1350	1353	007404	012051	585	088	27	28	27	1350	1347	1350	010981	023630
359	D.18	20	19	19	1359	1351	1353	007404	012051	605	088	28	30	29	1350	1350	1350	010981	023630
328	D.26	21	20	20	1355	1355	1353	007402	012052	668	091	31	31	31	1345	1357	1375	010981	023631

1. TENSÃO NO BARRAMENTO: _____ 2. TENSÃO NO BARRAMENTO: _____
 3. ENERGIA FORNECIDA: _____ ATIVA: _____ REATIVA: _____ 4. ENERGIA FORNECIDA: _____ ATIVA: _____ REATIVA: _____
 ASSINATURA DOS OPERADPRES DE USINA: _____ OPERADOR CHEFE: _____
 1º TURNO: Romário D. Mafalauze
 2º TURNO: _____
 3º TURNO: Jui B. de S. A.
 4º TURNO: _____

Figura 3.3 - Anotações de grandezas elétricas dos alimentadores coletada pelos operadores.

Contudo, nessa linha de atividades, observa-se na Figura 3.4 a execução de serviços elétricos e mecânicos realizados pelos mantenedores, seguindo os procedimentos e normas regulamentares para a realização desses serviços, tanto relacionado aos processos técnicos como principalmente os de segurança. Pois, diferente de outras usinas termelétricas instaladas nos interiores no Amazonas, essa usina em questão, fica distante do centro urbano do município.



Figura 3.4 - Mantenedores atuando na manutenção dos equipamentos.

Dessa forma, grande parte das atividades em uma usina têm o risco de acidentes, seja: elétrico, mecânico, em altura, queimaduras, entre outros. Entretanto, e não menos importante, temos que levar em consideração as instalações da usina, pois como está em um município do Estado do Amazonas, nesse estudo de caso em Barreirinha, a proximidade com a área florestal é ponto crítico, pois há vários tipos de risco, como por exemplo:

- Picadas de insetos;
- Picadas de animais peçonhentos;
- Ataques de animais carnívoros, e etc.

E como relatados por vários colaboradores, já houveram vários incidentes na usina, relacionados a esses animais.



Figura 3.5 - Acesso a usina via meio fluvial.

Sob outra perspectiva, temos a proximidade dessas usinas com o leito do rio, até por quê, é uma questão de logística da usina a utilização dos rios, tendo em vista que os recebimentos de equipamentos, ferramentas, óleo lubrificante, entre outros, além dos próprios colaboradores (funcionários) usam para acessar a usina em situações onde os rios estão cheios (jusante) mostrado na Figura 3.5. Entretanto, o período que ocorre a subida dos rios traz consigo, também, a proximidade de répteis no ambiente da usina.

3.1.3.3 - Painel de controle

É um armário de controle e proteção de cada módulo para trabalhar em paralelo com a rede. É um painel de controle comum de sincronização e vigilância de rede. Os armários de controle, que rodeado pelo equipamento necessário, permite o desempenho das seguintes manobras e funções:

- Funcionamento automático e manual das instalações;
- Partida automática dos grupos geradores, em função da discriminação horária ou por programação específica da planta;
- Controle e proteção do motor e gerador;
- Sincronização automática do grupo com a rede de distribuição de energia elétrica e com outros grupos geradores;
- Sinalização e alarmes de funcionamento de equipamentos auxiliares (motobombas, caldeiras, radiadores entre outros) além do motor e gerador e principal;
- Visualização e configuração (set) dos principais parâmetros de funcionalidade e segurança do motor e gerador, através de painéis interativos (IHM).

O sistema de regulação atua sobre o motor **“possibilitando”** o funcionamento totalmente automático dos mesmos. Para isso, o sistema de regulação realiza várias ações, dentre elas:

- Durante a partida de um motor para o sistema de distribuição de energia elétrica, o sistema de regulação atua sobre o regime de rotação do motor, para que haja o sincronismo de frequência entre os motores já em funcionamento com o motor preste a entrar no sistema, e após o sincronismo entre ambos, de maneira automatizada, é acionado o fechamento do disjuntor correspondente, específico desse motor. Vale salientar que esses processos são “visualizados” pelo sistema supervisorio;
- Já, quando o grupo de motores estão em pleno funcionamento, e há a necessidade de elevar a potência, em função da demanda da rede de distribuição, o sistema de regulação “ajusta” a necessidade de disponibilizar mais potência para o sistema, até o limite parametrizado de segurança do motor. Vale ressaltar que em algumas situações esse processo de ajuste, pode ser realizado

manualmente, conforme a necessidade do sistema de distribuição de energia elétrica.

A Figura 3.6 mostra um dos painéis de controles instalados na usina com vista externa (fechado) e interna (aberto).



Figura 3.6 - Painel de controle.

3.1.3.4 - Painel concentrador – Módulo CLP (comando)

Os painéis de controle das unidades geradores do fabricante Guascor têm em seu processo, sistemas autônomos de controle, capazes de gerenciar de forma independente cada unidade geradora. Nele, há vários equipamentos instalados, em especial o equipamento responsável pela coleta de informações oriundas dos grupos geradores instalados na planta, denominado DetCon, que é um CLP parametrizado pelo fabricante com todos os parâmetros de funcionalidade das unidades geradora. Esse equipamento, além de captar as informações, também as “lê”, trata e envia essas informações para um computador principal (supervisório) que com utilização de sua interface gráfica programada para tal finalidade, exibindo as leituras das grandezas elétricas, mecânicas, pneumáticas dessas unidades geradoras.

Como os equipamentos estão instalados em um sistema integrado de comunicação, esse CLP, também, “responde” aos comandos realizados pelo computador supervisor. Dessa forma os operadores/mantenedores realizam ajustes, quando necessário, para atender de forma controlada e segura, a necessidade de carga que o sistema de distribuição de energia elétrica desse município solicita.

Ainda no painel concentrador tem-se instalado os equipamentos de comunicação via Ethernet (Modem GSM), que possibilita o tráfego de todas informações nesse sistema que são visualizados e/ou “setados” na interface do supervisor ou nos módulos IHM, localizados dentro da sala de máquinas.



Figura 3.7 - Painel concentrador - CLP.

De forma geral, o painel concentrador é composto pelos seguintes elementos:

- CLP com as mesmas características dos incluídos nos painéis de controle dos grupos;
- Possui porta de comunicação Ethernet para comunicação com o SCADA e outra porta Ethernet para a gestão de informações de variáveis de cada grupo gerador (PLC) mediante varredura de I/O;

- Tela sensível ao toque (IHM) colorido para interação de forma remota com os painéis de controle dos grupos. (Inserção remota de valores de potência, partida remota dos grupos em função da demanda de carga, etc...);
 - Modem GSM;
 - Carregador de Baterias de 20 A;
 - 2 baterias de 12 VDC e 38 Ah para garantir a alimentação do painel.
- A Figura 3.8 mostra a tela IHM que fica na parte externa do painel de controle.



Figura 3.8 - Tela sensível ao toque (IHM).

3.1.3.5 - Sistema de supervisão de aquisição de dados - SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

A interface gerada do sistema SCADA utiliza a comunicação para coletar, monitorar e controlar os dados das unidades geradoras através da comunicação via MODBUS e possibilita a respectiva interação desses processos de forma intuitiva para os operadores/mantenedores disponibilizada em um computador (supervisório). (ELIPSE SOFTWARE LTDA, 2008).

Verifica-se na Figura 3.9 destacados em vermelho, que as temperaturas estão divergindo, estando ocorrendo avaria no sensor do lado direito ou problemas na unidade geradora. Como exemplo:

- Lado direito: 191,4°C;
- Lado esquerdo: 358,4°C.

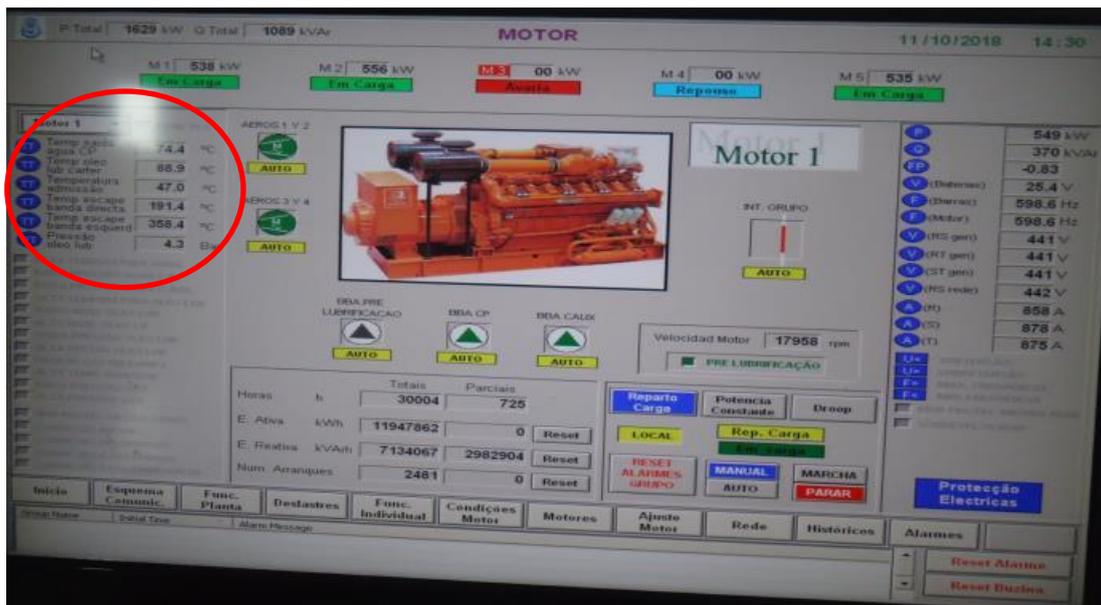


Figura 3.9 - Painel de comando operacional.

Por outro lado, nas unidades geradoras e em seus sistemas auxiliares estão instalados vários equipamentos analógicos, em destaque os manômetros por exemplo, que durante as manutenções preventivas, deparamos em alguns momentos com divergências, levando a condição de dúvidas nas leituras, quando faz-se o comparativo com as medições do sistema supervisorio, Figura 3.10. O que torna para os operadores e mantenedores uma situação duvidosa, pois a atividade de acompanhamento das leituras desse equipamentos são de grande importância para o bom funcionamento dos equipamentos e, além disso, influenciando nas tomadas de decisões e principalmente na possibilidade de ocorrer um sinistro agravante na planta.

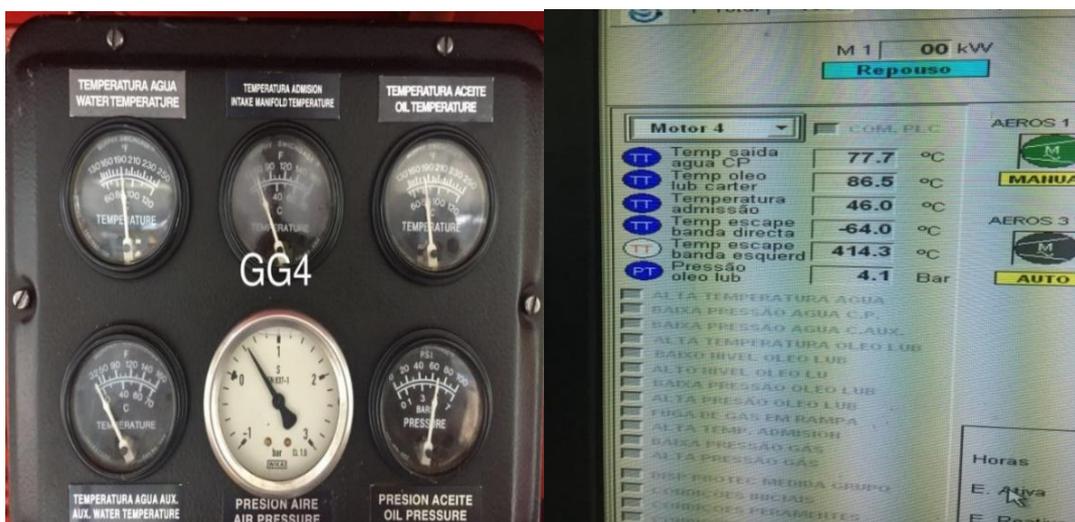


Figura 3.10 - Verificação das medições digital e analógica.

3.2 - IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO

Durante as visitas técnicas no município de Barreirinha para a realização das manutenções das unidades geradoras, foram analisadas e realizadas os levantamentos de informações levando-se em consideração as características e especificidades das unidades geradoras daquele município, tendo em vista, da necessidade de se obter informações que impactassem, diretamente, nos índices e resultados de geração de energia elétrica (grandezas elétricas) dessa usina em relação com as atividades recorrentes da manutenção desses equipamentos. Dessa forma, esses dados “captados”, “modelados”, “tabelados” e “graficados” seriam exibidos em um supervisório, que além dessa finalidade, podem ser transmitidos e armazenados, possibilitando análises posteriores de performance, adversas ou não, das grandezas elétrica em questão.

Por outro lado, para a viabilização dessa atividade de supervisão, as tabelas e gráficos, tornavam-se fundamentais para esses tipos de análises. E para isso necessitou-se da intervenção do Departamento de Informática, que com conhecimentos técnicos do assunto e metodologias de programação, desenvolveram atividades nesse ambiente que suportasse esses dados, possibilitando o funcionamento dessa implementação. A interface do sistema deveria exibir as informações do sistema de forma que o usuário final pudesse ter familiaridade com o sistema, sendo definida em conjuntos com os operadores a interface do sistema e as telas criadas para navegação, apresentando os dados de forma clara e organizada.

3.2.1 - Interface inicial do supervisório

O módulo de acesso ao sistema supervisório possibilita visualizar os dados do brando de dados captados pelo Controlador Lógico Programável (CLP) os quais são disponíveis para a importação, possibilitando dessa forma, a flexibilidade da utilização desses dados pelo usuário.

E como modo padrão de segurança da empresa, o acesso ao sistema inicia-se com uma interface de login, como mostra a Figura 3.11, onde o usuário, nesse caso os operadores e os mantenedores, tem permissão restrita para acessar essa plataforma. Levando-se em consideração, que esses dados são de uma empresa, ou seja, são reservados, o uso desses não podendo ser expostos para qualquer outro tipo de usuário, o que poderia tornar esse processo vulnerável.

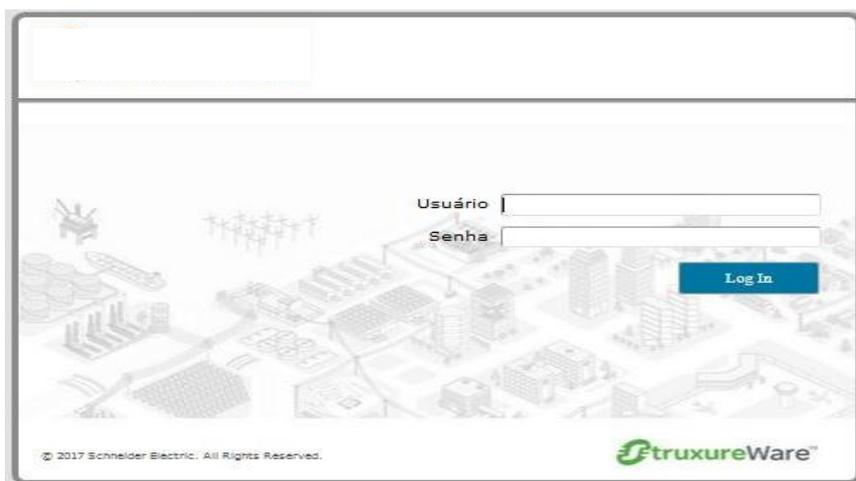


Figura 3.11 - Interface inicial do sistema.

3.2.2 - Interface de navegação

A interface de navegação exibida na Figura 3.12, exibe o mapa geográfico do Estado do Amazonas como tela inicial do sistema supervisor, e através desse mapa utilizou-se as calhas dos rios como divisões para o ambiente de banco de dados, com nomenclaturas distinta para cada região. Dessa forma, cada calha está relacionada com os seus respectivos municípios, que registrado no banco de dados, tem definida a sua própria estrutura organizacional de geração e distribuição de energia elétrica.

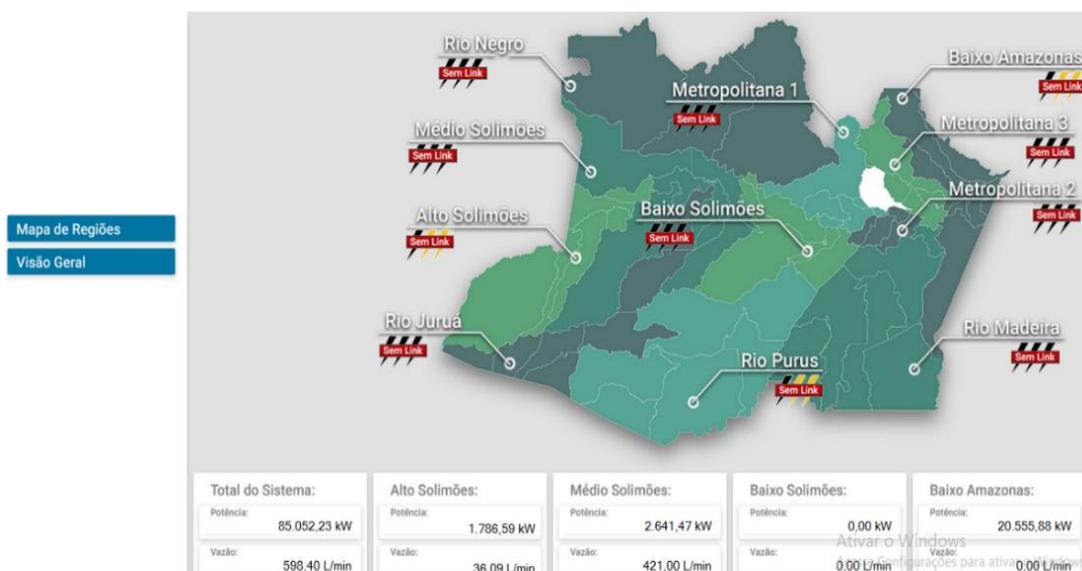


Figura 3.12 - Interface de navegação.

Por questões de acessibilidade, o sistema implementado possibilita a comunicação em vários equipamentos de várias plataformas, necessitando apenas de

conexão com a internet. Como demonstração, tem-se a Figura 3.13, a navegação pelo sistema Android.

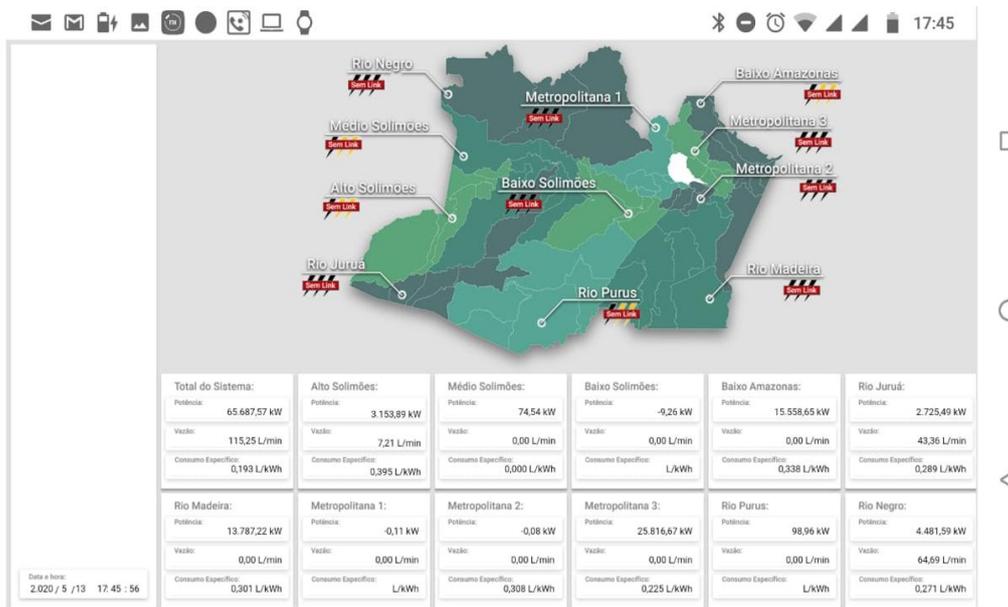


Figura 3.13 - Interface de navegação vista por um sistema Android.

3.2.3 - Interface da calha fluvial do baixo Amazonas

O acesso no link da Calha Fluvial do Baixo Amazonas, na Figura 3.14, exhibe os seus respectivos municípios relacionados e organizados nessa interface, muito embora, previamente já são exibidas algumas medições, entre elas destaca-se as medições da Potência Ativa Total (KW) captadas por cada município, o Total Regional (KW) que representa o somatório das Potência Ativas de cada município listado e, em alguns municípios, a medição do consumo específico (L/kWh), em tempo real.

-  Todos Alimentadores Energizados;
-  Todos Alimentadores Dezenergizados;
-  Alimentadores Parcialmente Energizados;

 Sem Comunicação com PLC;

 Sem Conexão com Internet.

De forma didática e intuitiva, adotou-se uma simbologia para representar, de forma interativa, a comunicação via Internet ou a ausência da mesma e comunicação dos equipamentos que realizam a captação e medição das grandezas elétricas via PLC. Ao lado de cada símbolo, há a descrição correspondente da legenda para a compreensão do funcionamento desse processo.

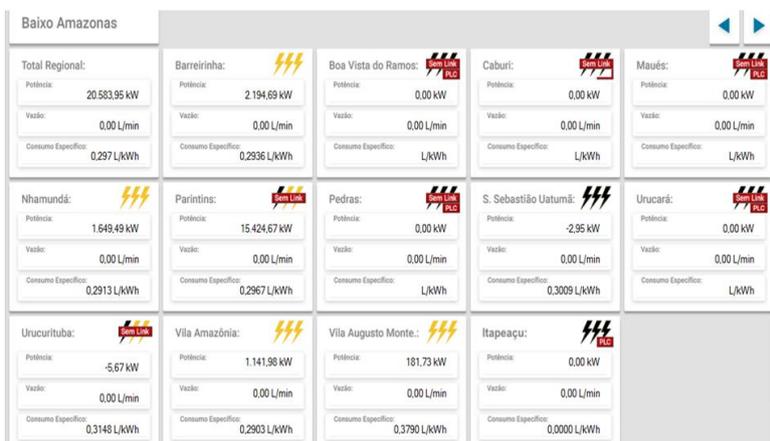


Figura 3.14 - Medições energéticas dos municípios da calha do baixo Amazonas.

Dos municípios relacionados na calha fluvial do Baixo Amazonas, utilizaremos como demonstração, a funcionalidade do supervisor com a leitura das medições das grandezas elétricas captadas no site de geração de energia elétrica do município de Barreirinha. Vale ressaltar, que para os demais municípios dessa e das outras calhas, seguem a mesma estrutura de interface, conforme mostrada na Figura 3.14.

3.2.3.1 - Calha fluvial do baixo Amazonas - Município Barreirinha

Nessa interface da Figura 3.15, tem-se a visualização das medições das grandezas elétricas como potência ativa e reativa, corrente e tensão, baseados nas unidades geradoras instaladas, bem como as leituras das medições dos níveis de óleo combustível e consumo específico no sistema supervisor.

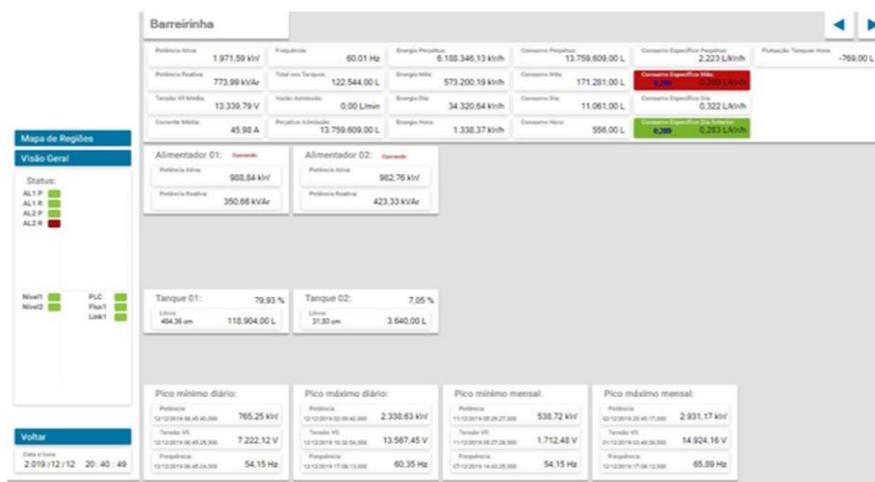


Figura 3.15 - Medições das grandezas elétricas do município de Barreirinha.

3.2.3.2 - Interface do alimentador 01

A Figura 3.16 ilustra as leituras das medições das grandezas elétricas específicas do circuito denominado alimentador 01, as quais foram captadas e exibidas na interface 04BAM_01_Barra_ALP01 do supervisório.

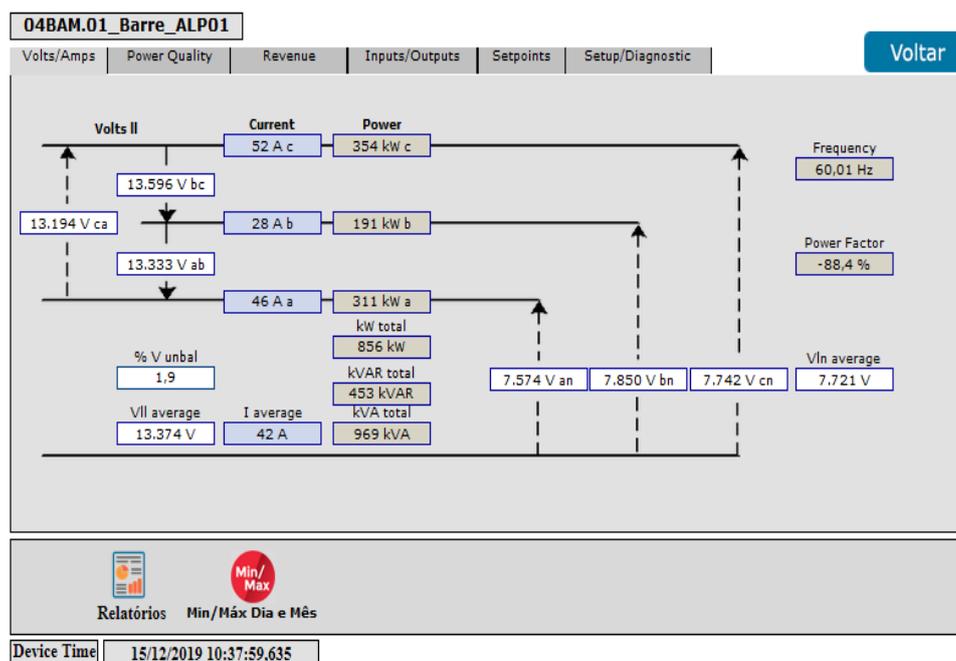


Figura 3.16 - Medições das grandezas elétricas do alimentador 01.

Nessa mesma interface, também são disponibilizados dois botões para acessos distintos, são eles:



Esse ícone habilita a interface Registro Histórico de Dados, das grandezas elétricas (Voltagem, Corrente, Potência/Energia e Frequência/Fator de Potência), captadas do CLP e disponibilizada para a navegação. Todavia, na seção 3.2.3.3, serão abordados com detalhe a funcionalidade dessa interface;



Nesse ícone habilitará a interface do supervisório de Registro de Picos Máximo e Mínimos das medições das grandezas elétrica, em destaque:

- Potência Ativa (kW);
- Potência Reativa (kVAR);
- Média das Tensões - VII avg (V);
- Frequência (Hz).

Exibindo, dessa forma, os últimos registros capturados dessas grandezas elétricas, organizados e dispostos em duas categorias: Picos (Máximos e Mínimo) e em intervalos (dia e mês). Figura 3.17. Possibilitando, identificar de forma simplificada, esses picos nos dias e horários correspondentes, já que tais informações são de relevância para os relatórios de acompanhamentos diários e mensais realizados pela equipe de operação da planta.

04BAM.01_Barre_ALP01					
Mínimo Dia		Máximo Dia			
Value	Captured on	Value	Captured on		
kW	811,25 kW	15/12/2019 08:41:01,000	kW	1.308,52 kW	15/12/2019 00:23:44,000
kVAr	313,49 kVAr	15/12/2019 05:31:40,000	kVAr	467,80 kVAr	15/12/2019 10:29:55,000
Vll avg	13.127,84 V	15/12/2019 06:05:21,000	Vll avg	13.484,76 V	15/12/2019 05:29:53,000
Freq	59,76 Hz	15/12/2019 08:14:43,000	Freq	60,20 Hz	15/12/2019 08:12:54,000
Mínimo Mês		Máximo Mês			
Value	Captured on	Value	Captured on		
kW	30,86 kW	11/12/2019 18:51:52,000	kW	1.643,36 kW	08/12/2019 18:47:31,000
kVAr	7,36 kVAr	14/12/2019 06:41:18,000	kVAr	632,21 kVAr	07/12/2019 11:19:10,000
Vll avg	2.056,56 V	11/12/2019 18:51:52,000	Vll avg	13.786,93 V	01/12/2019 09:30:52,000
Freq	54,57 Hz	07/12/2019 14:22:50,000	Freq	65,89 Hz	06/12/2019 17:35:17,000
Device Time 15/12/2019 10:39:25,402					
Device Type 8600B					

Figura 3.17 - Medições das grandezas elétricas de picos máximos e mínimos.

3.2.3.3 - Interface de registros histórico de dados do alimentador 01

Como disposto na Figura 3.18 da interface 04BAM_01_Barra_ALP01, há 5 opções de pesquisa para análise das medições das grandezas elétricas captadas do alimentador 01, ambas medições apresentam resultados em tabelas e com disposição de gráficos que são gerados conforme a seleção das opções de períodos de datas, quando acessadas. Entretanto, em virtude de limitações de acesso do sistema, serão analisadas 4 opções dessa interface, sendo elas respectivamente:

Voltagem;

Corrente;

Potência/Energia;

Fator de Potência/Frequência.

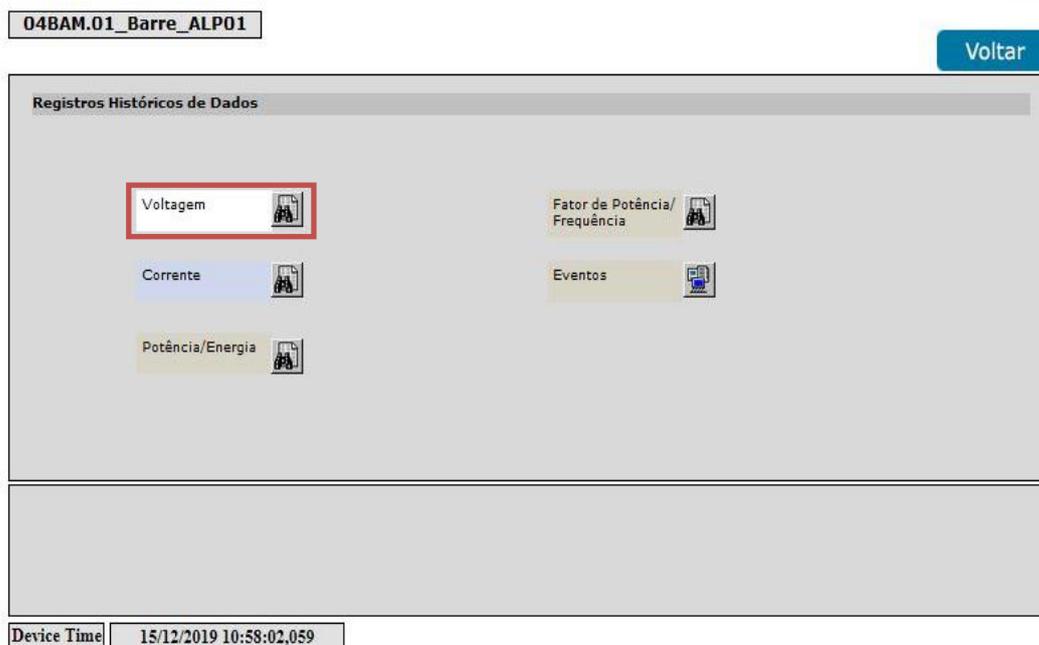


Figura 3.18 - Registros histórico de dados.

Após clicar na opção Voltagem em vermelho, tem-se o acesso aos dados das medições captadas de um dos alimentadores dessa usina, representados em vários cenários, tendo como proposta, a melhor visualização desses eventos.

3.2.3.4 - Interface de relatório por período do alimentador 01: Voltagem, corrente, potência e fator de frequência

Neste item as interfaces das opções de: Voltagem, Corrente, Potência e Fator de Frequência terão a mesma estrutura na interface **Relatório por Período** exibida na Figura 3.19, obtendo resultados de grande relevância para a manutenção e para a equipe de operação desse sistema, já que nessa interface há a viabilidade de acessar o histórico de dados captados para realizar as análises dessas variações ocorridas nesse alimentador no decorrer dos períodos selecionados, ou ainda, personalizar o período a ser analisado.

Essa temática traz uma proposta, ainda que de forma primária e limitada, uma perspectiva no entendimento das variações de comportamentos dessas grandezas elétricas citadas anteriormente, para possíveis causas de problemas que ocorrem na própria unidade geradora, refletindo em pequenas melhorias que possa aperfeiçoar os procedimentos nas intervenções das manutenções das unidades geradoras e minimizar o tempo na normalização do sistema de geração.

04BAM.01_Barre_ALP01

Home Data Voltar

Por favor, selecione um período

Hoje
 Semana passada
 Ontem
 Este mês
 Esta semana
 Mês passado

Ou

De: 30/11/2019 00:00 até 30/11/2019 23:59

Tabela

Figura 3.19 - Interface relatório por período.

Abaixo, informações relativas aos períodos dispostos no ComboBox:

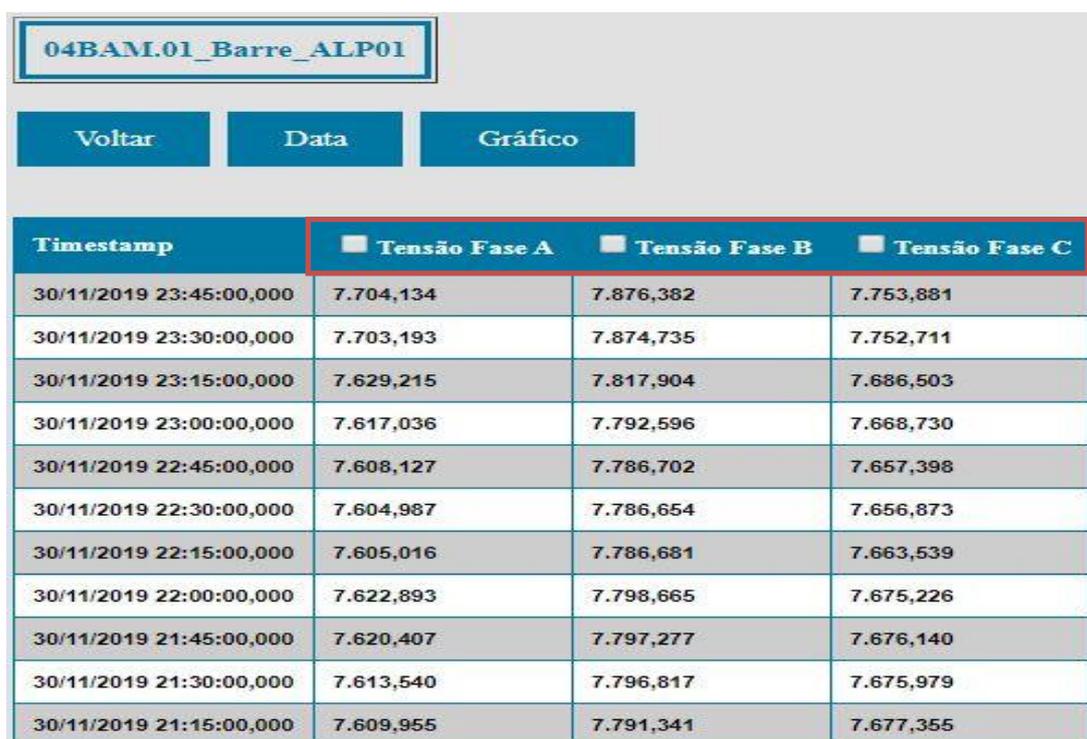
- **Hoje:** gera os dados das medições desse alimentador exibidos em uma tabela no período da pesquisa, resultando em dados no período de 00h00m até o horário da pesquisa desse mesmo dia. Levar em consideração que o período máximo para essa opção de pesquisa é de 00h00m até 23h59m;
- **Ontem:** gera os dados das medições das grandezas elétricas desse alimentador mostrados em uma tabela do dia anterior ao dia pesquisado;
- **Esta semana:** gera os dados das medições exibido em uma tabela da semana em que será realizada a pesquisa. Levar em consideração, que esse período inicia às 00h00m do domingo de cada semana e término às 23h59m do sábado, ou ainda, até o horário de pesquisa desse dia da semana;
- **Semana passada:** gera os dados das medições exibido em uma tabela da semana anterior ao da semana que será realizada a pesquisa. Levar em consideração que esse período inicia as 00h00m do domingo da semana anterior e com o término do sábado, dessa mesma semana, às 23h59m;
- **Este mês:** gera os dados das medições exibido em uma tabela do mês vigente ao da pesquisa. Observando que esse período inicia às 00h00m do primeiro dia do mês vigente e finaliza com o horário do dia desse mês pesquisado;
- **Mês passado:** gera os dados das medições exibido em uma tabela do mês anterior ao do mês que será realizada a pesquisa. Levando em consideração que

esse período inicia as 00h00m do primeiro dia do mês passado e finaliza às 23h59m do último dia desse mês.

- **De: (data) até (data):** é a possibilidade de gerar dados em um período inicial e final do calendário, especificado pelo usuário. Entretanto, assim, como descrito no item anterior, o período pesquisado iniciará às 00h00m da data inicial e terá como hora término às 23h59m da data final dessa pesquisa. Por outro lado, existe a possibilidade de que as datas das pesquisas sejam anteriores as datas de captação dos dados do sistema, e sendo assim, não será disposto nenhum dado.

E para não gerar dúvidas nas opções de pesquisa nessa interface, deve-se adotar apenas uma opção por vez, pois, conforme a lógica de programação elaborada, não há a possibilidade de selecionar duas ou todas as opções disponíveis.

Para efeito didático da funcionalidade do sistema, selecionou-se como exemplo a última opção listada anteriormente **de: (data) até (data)** tendo como base o período de **30/11/2019 00h:00m à 01/12/2019 23h:59m** conforme item selecionado em verde na imagem 3.18 e a tabela gerada após clicar nessa opção, conforme ilustra a Figura 3.19.



Timestamp	Tensão Fase A	Tensão Fase B	Tensão Fase C
30/11/2019 23:45:00,000	7.704,134	7.876,382	7.753,881
30/11/2019 23:30:00,000	7.703,193	7.874,735	7.752,711
30/11/2019 23:15:00,000	7.629,215	7.817,904	7.686,503
30/11/2019 23:00:00,000	7.617,036	7.792,596	7.668,730
30/11/2019 22:45:00,000	7.608,127	7.786,702	7.657,398
30/11/2019 22:30:00,000	7.604,987	7.786,654	7.656,873
30/11/2019 22:15:00,000	7.605,016	7.786,681	7.663,539
30/11/2019 22:00:00,000	7.622,893	7.798,665	7.675,226
30/11/2019 21:45:00,000	7.620,407	7.797,277	7.676,140
30/11/2019 21:30:00,000	7.613,540	7.796,817	7.675,979
30/11/2019 21:15:00,000	7.609,955	7.791,341	7.677,355

Figura 3.20 - Interface tabela de medições.

Na tabela gerada por essa opção de pesquisa são exibidos os dados captados nesse horário e período da tensão de cada fase do alimentador 01, que conforme

disposição na interface, possibilita também, a visualização gráfica da composição dos dados dessa grandeza elétrica.

A Figura 3.21 exibe um gráfico em destaque as opções de Voltagem, oriundo dos dados da tabela da Figura 3.20, e na interface desse gráfico, pode-se também, exibir vários cenários nesse plano. Como exemplo, a supressão de uma das fases, bastando clicar em uma das caixas das fases que estão disponibilizadas (conforme box destacado em vermelho da Figura 3.21), proporcionando ao usuário realizar as análises de cada fase nesse período. Há de ressaltar, que pode ser preterida pelo usuário qualquer outra fase que deseje suprimir ou visualizar nesse cenário.



Figura 3.21 - Gráfico de medições de tensão.

Por consequência, o resultado mostrado para o usuário do comportamento dos dados captados da tensão elétrica, traz uma melhor visualização dessa variação, auxiliando o operador, nesse caso, em relacionar possíveis eventos e/ou falhas no sistema da geração de energia elétrica, com o comportamento plotado na interface. Vale ressaltar, que todos esses processos visualizados eram, anteriormente, realizados de forma manual pelos operadores, e anotados em uma tabela diariamente, e de hora em hora, conforme mostrado na Figura 3.3. Porém, não apenas essa medida elétrica destacada, como também outras grandezas elétricas, as quais são de extrema importância para as análises e a elaboração de relatórios técnicos.

Outro cenário que pode ser visualizado na Figura 3.22 é a possibilidade de ampliar qualquer área dentro do gráfico gerado, que como destacado em vermelho, na

área inferior esquerda da Figura 3.22, onde está descrito: **clique com o botão esquerdo e arraste para ampliar. Clique duas vezes para restaurar.**



Figura 3.22 - Gráfico de medições de tensão da barra do alimentador 01.



Figura 3.23 - Gráfico redimensionado de medições de tensão.

Como resultado dessa interface gráfica há um ponto positivo tecnicamente, já que há a perspectiva de analisar com precisão, os eventos ocorridos no período selecionado, e além disso, utilizar aos dados captados, levando-se em consideração, a utilização das imagens das interfaces do sistema supervisor, na composição da

elaboração de relatórios técnicos dos eventos ocorridos para uso dos operadores e mantenedores desse sistema, quando necessário. Vale salientar, que as causas da variação de tensão são diversas. Dentre as mais comuns estão o chaveamento de cargas de potência elevada, que quando são ligadas necessitam uma quantidade de energia grande da rede, o que acarreta em uma queda de tensão, e quando são desligadas devolvem essa energia para a rede de uma vez só, acarretando em uma elevação da tensão por um determinado tempo. Outro motivo é o acionamento de banco de capacitores, que ao serem acionados exigem uma corrente maior da rede para serem completamente energizados, o que ocasiona uma redução de tensão significativa.

Diante ao exposto, também há a viabilidade de realização das análises das outras grandezas como a opção Corrente, por exemplo, na qual o usuário terá acesso através da interface Relatório por Período do Alimentador 01. E para efeito de demonstração da funcionalidade do sistema, também adotou-se o mesmo intervalo utilizado anteriormente, ou seja, o período de **30/11/2019 00h:00m à 01/12/2019 00h:00m**, para a geração do gráfico com os comportamentos dos dados da corrente elétrica de cada fase, conforme exibido na Figura 3.24.

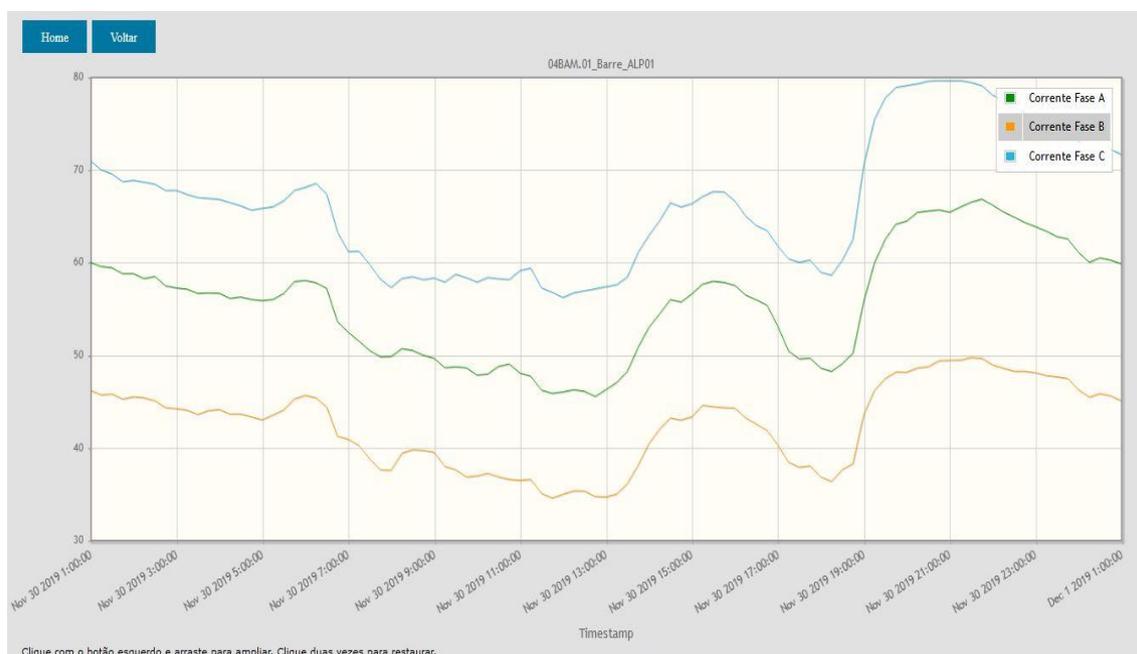


Figura 3.24 - Gráfico de medições da corrente.

O gráfico gerado evidencia de forma clara e de fácil interpretação para os usuários, a visualização do comportamento das variações das correntes elétricas no decorrer do período estabelecido, nas três fases do alimentador 01, proporcionando uma

visão dinâmica do processo. E com incrementos nos processos de visualização, pode-se realizar as implementações de ampliação dos gráficos, para uma análise mais detalhada e supressão de uma ou duas fases da corrente elétrica do alimentador.

Dando continuidade nas opções da interface da Figura 3.18 de Registros de Histórico de Dados e seguindo os passos anteriores de parametrização dos períodos aplicados, tem-se acesso a geração de gráficos de Energias (Ativa e Reativa) além das Potências (Ativa e Reativa), Figura 3.25. Que, assim como os demais gráficos exibidos, podem ser ampliados, conforme a necessidade do usuário.



Figura 3.25 - Gráfico de medições de potência/energia.

E seguindo esses tópicos, tem-se por último e tão importante quanto as outras grandezas elétricas citadas anteriormente, a Frequência e o Fator de Potência Indutivo.

Valer ressaltar que a frequência elétrica, por padronização pelo órgão regulamentador no Brasil a ANEEL, estabelece conforme os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 8 – Qualidade de Energia, que a variação deve ser na faixa de 59,5 Hz a 60,5 Hz. E levando em consideração a exibição do gráfico da Figura 3.26, percebe-se que a frequência medida está dentro da faixa estabelecida, ou seja, está adequado aos procedimentos legais estabelecidos.



Figura 3.26 - Gráfico de medições de fator de potência/frequência.

Já o Fator de Potência indutivo, assim também, está baseado em regulamentos para a conformidade estabelecido pelo Decreto nº 62.724 de 17 de maio de 1968 e com a nova redação dada pelo Decreto nº 75.887 de 20 de junho de 1975, e atualizações dada pela Nota Técnica nº 0083/2012-SRD/ANEEL, onde as concessionárias de energia elétrica adotaram, desde então, o fator de potência de 0,85 como referência para limitar o fornecimento de energia reativa. Dessa forma, observando o gráfico da Figura 3.26, percebe-se que as medições realizadas estão adequadas para essas métricas.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de estudos realizados e com a proposta de demonstrar a aplicabilidade e funcionalidade da implementação de um sistema de supervisão de dados, foram adotados parâmetros de grandezas elétricas, como indicadores de medições, provenientes dos geradores de energia elétrica, os quais eram coletadas manualmente durante as rotinas realizadas pelos operadores dessa usina termelétrica.

Esse processo de coleta e preenchimento de dados manuais encerrava ao final de cada mês, a exemplo de preenchimento desses dados, temos o modelo de planilha, conforme a Figura 3.3, na seção de operação e manutenção, citada no item 3.1.3.2. Todavia, o ciclo dessa rotina continuava no início do mês seguinte em cada mês sucessivamente. Sendo que ao final de cada mês, esses documentos eram enviados via malotes pela companhia de correios para a sede da empresa, para serem digitalizados, analisados e, posteriormente, encaminhado para os órgãos fiscalizadores.

Durante o período de manutenções realizado por técnicos da empresa nas unidades geradoras dessas usinas, verificou-se que a leitura de dados (elétricos, mecânicos e pneumáticos) era e continua sendo realizada por um sistema supervisorio próprio, o que é um processo normal para essas atividades, conforme exibido na Figura 4.1.

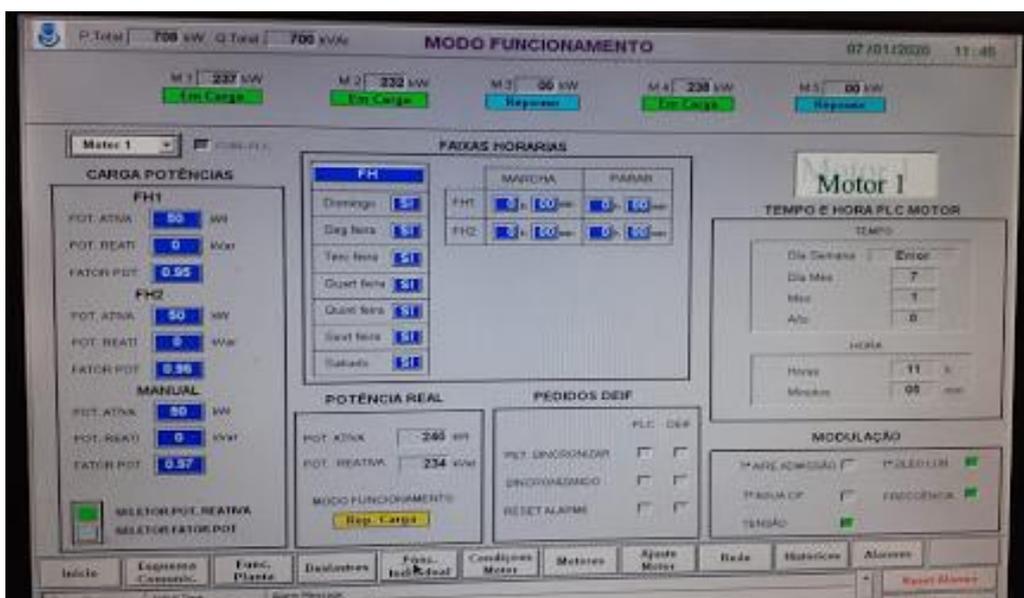


Figura 4.1 - Interface modo funcionamento do supervisorio local.

Dessa forma, a implementação desse sistema supervisorio, viabilizou no ponto de vista técnico, melhorias na análise e interpretação das variações das grandezas elétricas captadas no supervisorio implementado no sistema de geração de energia do município de Barreirinha. Para tanto, ressalta-se alguns exemplos de atividades diretamente relacionada ao sistema de distribuição de energia elétrica, oriundas da aplicação dessa melhoria no sistema em decorrência da implementação do sistema supervisorio:

– **Situação 1:**

Realizou-se um estudo de uma situação em que se verificava, via sistema supervisorio, a defasagem considerável entre as correntes das fases do alimentador 01 (fase B), tendo como pontos de análises, as variações das distorções e o período. E conforme a utilização da ferramenta de geração de gráficos do supervisorio, foram feitas análises das possíveis causas atribuídas para as origens desse desequilíbrio.

Com isso, as análises técnicas dos gráficos condicionaram a realização de várias atividades em campo para mitigar a resolução dessa defasagem. Onde técnicos da manutenção realizaram as adequações, também conhecido como “balanceamento de cargas” de vários transformadores de distribuição instalados nessa rede. Nessas atividades, foram realizados o balanceamento de 8 transformadores, sendo: 3 de 150kVA e 5 de 112,5kVA, em um período 5 semanas, aproximadamente.

A Figura 4.2, reflete o comportamento das variações das três correntes do alimentador 01, anterior as atividades realizadas pelos técnicos para a adequação das cargas desse circuito.



Figura 4.2 - Gráfico das variações da corrente elétrica do alimentador 01.

Como resultado dessas atividades, de acordo com a Figura 4.3, tem-se o equilíbrio das correntes do alimentador 01, impactando, diretamente, na vida útil do transformador, na minimização de quedas de tensões desse equipamento (reclamações constantes dos consumidores alimentados por dessa rede), devido a adequação das cargas e no equilíbrio das cargas refletida nos geradores da usina. Dessa forma, a utilização de ferramentas do supervisor para geração de gráficos, propiciaram análises e mitigações na atuação dos agentes causadores desse distúrbio no sistema.



Figura 4.3 - Gráfico de correção da corrente elétrica do alimentador 01.

– **Situação 2:**

Trata-se de um evento ocorrido no Município de Barreirinha, onde haviam distúrbios em determinados períodos do dia, causando perturbações no fator de potência do alimentador 02, Figura 4.4. E diante desses dados, foram realizados estudos pesquisas de campo, para avaliar e esclarecer quais as causas que estavam ocasionando esse comportamento nocivo ao alimentador 2.

E através das várias análises, o primeiro ponto analisado estava relacionado a carga muito elevada do alimentador 2, comparado com o alimentador 1 desse sistema elétrico. Verificou-se também, via sistema supervisor, que durante o período noturno, ou seja, fora do horário comercial, o fator de potência desse alimentador voltava ao estado de normalidade. E paralelo a essas análises, verificou-se, com os estudos de campo, que haviam duas olarias instaladas no circuito desse alimentador.

Diante a esses estudos e análises, identificou-se que as duas olarias instaladas no circuito do alimentador 02 estavam causando um surto indutivo nesse sistema, devido

ao funcionamento dos vários motores elétricos instalados nas plantas das olarias, confirmados durante as visitas técnicas realizadas.



Figura 4.4 - Gráfico das variações do fator de potência no alimentador 02.

Como resultado desses eventos, foram solicitados a aquisição e instalação de bancos de capacitores nos ramais de entrada dessas olarias. E após a instalação desses equipamentos, verificou-se via supervisorio, que houve a correção do fator de potência, no horário comercial durante a geração de energia elétrica no alimentador 02, Figura 4.5.

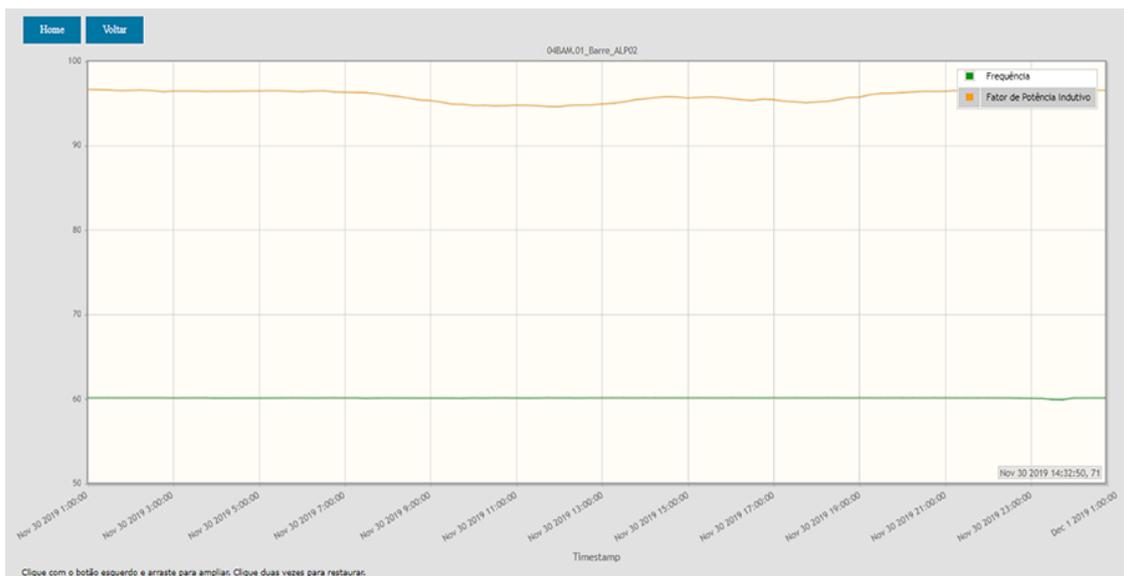


Figura 4.5 - Gráfico da correção do fator de potência do alimentador 02.

É claro e evidente que todos os processos e resultados demonstrados, necessitam de constantes melhorias e aperfeiçoamento e esse sistema supervisorio implementado não foge à regra. Entretanto, o fato de haver a possibilidade de armazenamento, estruturação e acompanhamento, em tempo real, desses dados captados de forma automática, como o caso da usina do município de Barreirinha. E com resultado dessa captação, a possibilidade de realização de análise desses dados acerca desse processo, possibilitando, por exemplo, encontrar padrões e tendências resultados das variações desse sistema, possíveis falhas, como defasagem entre fases, variações do fator de potência e até mesmo possíveis interrupções de energia, já concede essa implementação do sistema supervisorio um grande aliado no desenvolvimento de melhorias nos processos para esse sistema.

Ressaltando e levando em consideração que, anteriormente, todos os dados extraídos eram realizados de forma manual pelos operadores da usina, e sem desmerecer de forma alguma, a realização dessas atividades na coleta das informações de forma organizada. Entretanto, apenas com essas planilhas de dados das medições anotadas não havia condições, nessa circunstância, uma clara percepção e sensibilidade nos comportamentos dessas grandezas elétricas entre o sistema de geração de energia elétrica e as cargas do sistema de distribuição.

Nessa linha de tendência, o acompanhamento do comportamento desses dados compilados via internet e em tempo real, possibilita, além do fácil entendimento visual dessas grandezas elétricas captadas, uma melhoria na performance dessa análise dos dados, além do mais, todos esses dados podem ser visualizados dentro da característica de cada interface do supervisorio, a qualquer momento e em qualquer lugar, tendo apenas o acesso a esse sistema supervisorio, via internet.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 - CONCLUSÕES

A partir dos estudos realizados e do entendimento do processo de geração de energia elétrica foi observada a necessidade de um sistema de supervisão. Considerando a enorme quantidade de registros que são gerados pelo sistema é de suma importância ter uma ferramenta que colete as leituras das grandezas elétricas, deixando-as disponíveis para monitoramento e que auxilie na tomada de decisão, para minimizar os impactos que possam ser causados pela falta de acompanhamento do funcionamento dos equipamentos dispostos nas usinas.

Ao entender o problema, foi realizado um levantamento bibliográfico que nos permitiu compreender o processo de geração de energia, entender as etapas de disponibilização no sistema SCADA e na utilização de forma qualitativa para a análise de dados. Assim, através da implementação foi possível melhorar visualmente a informação disponível para o operador, fator que influencia diretamente na qualidade da operação do sistema elétrico, contribuindo para manutenções realizadas de maneira ativa e eficiente, sem deixar de manter a familiaridade com o software original do fabricante do equipamento.

Com uma interface de trabalho intuitiva, simples e direta, o manuseio do sistema de supervisão, se mostrou descomplicado, colaborando com um rápido aprendizado por parte do usuário. Também atendeu a proposta de ser acessado por qualquer dispositivo com acesso à internet, a geração dos gráficos do sistema é feita para controle estatístico, possibilitando a análise do desempenho do equipamento a partir do resultado gerado, permitindo que o usuário escolha a grandeza a ser avaliada e solucionando o problema da falta de informações concisas sobre o processo de geração e distribuição de energia elétrica, mas que em nenhum supri a necessidade de ter um operador atuante no local para a realização das tomadas de decisões.

A implementação desse sistema supervisório nos proporcionou uma experiência de trabalho em equipe, com engenheiros e técnicos de grande experiência, bem como os operadores e mantenedores que não tinha muito conhecimento, mas que se mantiveram em constante aprendizado. Este fato transformou o trabalho em um grande aprendizado

sobre sistemas de geração de energia. As responsabilidades incumbidas também contribuirão para um grande crescimento profissional. Além disso, a convivência diária em uma seção com envolvimento em diversas áreas de atuação com sistemas supervisão contribuiu para um aumento da percepção de novas soluções de projetos.

Assim como qualquer sistema e/ou processos são suscetíveis a melhorias contínuas, torna-se necessário estudos para tais necessidades, até porquê, devido a limitação de tempo, viabilização financeira e de estudos de vários equipamentos auxiliares e do próprio motor, não forma possíveis realizar implementações.

5.2 - SUGESTÕES

E como sugestão para possíveis melhorias nesse processo algumas propostas, como segue abaixo:

- Disponibilizar dados de grandezas térmicas captadas por sensores internos ou externos, para monitoramentos e identificação das variações de temperatura dos motores e de determinados equipamentos auxiliares desse sistema, como por exemplo: temperatura de óleo no cárter, temperatura da água de refrigeração, além de outros equipamentos onde as variações precisam ser captadas, registradas, visualizadas e analisados, remotamente, durante o funcionamento dessas máquinas, quando em operação;
- Incluir um módulo GSM, com chip Machine to Machine (M2M), que pode ser cadastrado com maior cobertura de sinal, evitando assim, ficar sem comunicação com o supervisão ou novas tecnologias que viabilize adequações de um sistema de comunicação estável;
- Viabilizar e implementar para esse sistema o acionamento remoto de equipamentos, já que o Modbus implementado na unidade controladora suporta apenas a função de leitura dos registradores, sendo atualmente, ainda impraticável acionamento à distância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas da energia elétrica do Brasil. 3º edição. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <http://www.anel.gov.br/arquivos/pdf/livros_atlas.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2019.

ALIEVI, C. A. **Automação Residencial com Utilização de Controlador Lógico Programável**. Monografia de Graduação em Ciência da Computação, Centro Universitário Feevale, 2008.

ATHAYDE, M. R. *et al.* **Avaliação da Sustentabilidade de Sistemas de Energia em Comunidade Isoladas**. IV ECOECO- BELÉM- PARA 2001. RESUMO.

BATTAGLIN, P. D.; BARRETO, G. Revisitando a história da engenharia elétrica. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 30, n 2 p. 49-58, 2011.

CEI/IEC - COMISSÃO ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL. **Programmable Controllers: Part 3: Programming Languages**. First Edition. International Standard IEC 1131-3, 1993.

CHAPMAN, S. J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. 5ª. ed. Por Alegre: MCGRAW HILL - ARTMED, 2013. 608

CUMMINS. **Soluções de Energia. Grupos Geradores e Sistemas de Energia que se integram às suas necessidades**. 2015. Disponível em: <<http://power.cummins.com.br/sites/powerbr/files/catalogos/CatalogoInstitucionalCompleto-01.pdf>>. Acesso em: 28 de março de 2019.

ELIPSE SOFTWARE LTDA, **Elipse SCADA – Manual do usuário**. 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balço Energético Nacional 2014**. Brasília: MME: EPE, 2014. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/relatorio_final_ben_2014.pdf Acesso em 10 de maio de 2019.

FIGUEIRA, N. C. **Geração de Energia Elétrica**. Foz do Iguaçu, 2011.

FILIFE FLOP. **Sensores**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/>>. Acesso em 19 de junho de 2018.

FOGLIATTO, F. S. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Editora: Elsevier Ltda. ABEPRO, 2011. ISBN 978-85-352-5188-3.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, Meio Ambiente E Desenvolvimento**. 3º ed. Revisada e Ampliada. ed. São Paulo: Editora da universidade de São Paulo, 2012. 400 p. ISBN 978-85314-1113-7.

GÓMEZ, M. F.; SILVEIRA, S. Rural electrification of the Brazilian Amazon – Achievements and lessons. **Energy Policy**, v. 38, p. 6251-6260, 2010.

GOMEZ-EXPOSITO, A.; CONEJO, A. J.; CANIZARES, C. **Electric energy systems: analysis and operation**. CRC Press, 2018.

IBGE. **Estados @**. Rio de Janeiro, p. 270, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=am#>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

JUNIOR, J. P. da S. **Controladores Lógico Programáveis**. [S.l.]: SENAI CETAFR, 2011.

LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8. ed. - São Paulo: Atlas, 2017. ISBN 978-85-970-1076-3.

LEME, A. A. **O impacto da privatização da Cesp sobre o processo de implantação de uma nova obra da concessionária: uma abordagem sociológica acerca do caso de Santa Maria da Serra/SP**. 2006. São Carlos. Monografia (Graduação em Ciências Sociais). Universidade Federal de São Carlos.

LIMA, F. C.; BORGES, J. T. **Gestão energética no Amazonas: a alternativa solar**. 2014.

LOPES, M. A. M. **A importância dos sistemas supervisórios no controle de processos industriais**. Ouro Preto, 2009.

MELO, É.; NEVES, E. M. A.; PAZZINI, L. H. A. Brazilian electricity sector restructuring: From privatization to the new governance structure. In: **2011 8th International Conference on the European Energy Market (EEM)**. IEEE, 2011. p. 905-910.

MICHEL, J. C.; STRINGARI, S. **Protótipo de Rede Industrial Utilizando o Padrão Serial RS485 e Protocolo Modbus**. I Congresso Brasileiro de Computação – CB-Comp 2001, Blumenau, SC, 2001.

MODBUS-IDA. **MODBUS Messaging on TCP/IP Implementation Guide**. [S.l.], 2006. Disponível em: <<http://www.modbus.org>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. de L. **Engenharia de automação industrial**. 2 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NOGUEIRA, T. A. **Redes de Comunicação para sistemas de automação industrial**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal de Ouro Preto, 2009. Citado 4 vezes nas páginas 16, 22, 23 e 24.

NORMAN S. N. **Engenharia de Sistema de Controle**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

ONS – **OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO** – Mapa do Sistema Interligado Nacional. Sistema de Transmissão Horizontal 2012. Disponível em: <www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

PAISH, O. **Pequenas Centrais Hidrelétricas: Tecnologia e Status Atual**. Revisões de energia renovável e sustentável, v. 6, n. 6, p. 537-556, 2002.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Ernani Cesar de Freitas. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROSÁRIO, J. M. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2005.

SAES, A. M.; LOUREIRO, F. P. **O que as políticas energéticas passadas dos países em desenvolvimento podem nos dizer sobre questões energéticas hoje em dia? Lições da expropriação dos estrangeiros e do poder americano no Brasil (1959-1965)**. Política de Utilitários, v. 29, p. 36-43, 2014.

SALVADOR, M.; SILVA, A. P. G. **O que são sistemas supervisórios?** Rio Grande do Sul, 2005.

STOUFFER, K.; FALCO, J. **Guide to supervisory control and data acquisition (SCADA) and industrial control systems security.** 2006.