

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA - UNIPAMPA/BAGÉ**



**GUILHERME MACHADO AFFONSO**

**AUTOMAÇÃO DE GRUPO GERADOR PARA UTILIZAÇÃO  
EM EMERGÊNCIA E REDUÇÃO DA DEMANDA NO  
HORÁRIO DE PONTA**

**Bagé  
2017**

**GUILHERME MACHADO AFFONSO**

**AUTOMAÇÃO DE GRUPO GERADOR PARA UTILIZAÇÃO  
EM EMERGÊNCIA E REDUÇÃO DA DEMANDA NO  
HORÁRIO DE PONTA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Martín Cruz Rodriguez Paz

**Bagé**

**2017**

**GUILHERME MACHADO AFFONSO**

**AUTOMAÇÃO DE GRUPO GERADOR PARA UTILIZAÇÃO  
EM EMERGÊNCIA E REDUÇÃO DA DEMANDA NO  
HORÁRIO DE PONTA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 14 de dezembro de 2017.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Martín Cruz Rodríguez Paz

Orientador

Universidade Federal do Pampa

---

Prof. Dr. Gustavo Marchesan

Universidade Federal do Pampa

---

Prof. Dr. Jonas Rodrigues Gomes

Universidade da Região da Campanha

*Para meus pais, a quem devo meu caráter  
e minha dignidade, que importam mais do  
que tudo no universo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Denise de Freitas Machado e Claudio Meirelles Affonso pela oportunidade e incentivo ao estudo.

A meu orientador, Prof. Dr. Martín Cruz Rodríguez Paz, pela idéia inicial do projeto, apostando na minha capacidade de elaborar e construir um projeto de automação, pelo acompanhamento, orientação e por estar sempre disposto a tirar duvidas em todo o processo de elaboração do trabalho.

Ao técnico Carlos Enio Jorge de Lima, por estar presente em todo o processo de elaboração deste trabalho, sempre apoiando, acompanhando e disponibilizando materiais para a construção do projeto.

Aos técnicos Rodrigo e Enilton Moreira Goulart, pelo incentivo e pela disponibilidade de utilizar os laboratórios para testes.

Ao Prof. Dr. Gustavo Marchesan por estar sempre disposto a cooperar e ajudar nas melhorias do projeto.

Ao Prof. Dr. Jocemar Biasi Parizzi, pelas contribuições e sugestões no projeto.

Ao Curso de Engenharia de Energia da UNIPAMPA/Bagé, na pessoa de seu coordenador, Prof. Dr. Martín Cruz Rodríguez Paz, por todos estes anos de aprendizagem, tanto profissional quanto pessoal.

*“A inteligência não é formada somente pelo conhecimento, mas também e, sobretudo pela habilidade de aplicar os conhecimentos na prática. Às vezes o esforço e dedicação valem mais que a inteligência” (Aristóteles)*

## **RESUMO**

Este projeto descreve o desenvolvimento de um estudo, dimensionamento e desenvolvimento de um protótipo de uma automação industrial utilizando o CLP, de acionamento automatizado de um grupo gerador para apoio em caso de falta de alimentação de energia elétrica da concessionária de energia e para uso em horário de ponta, a fim de promover segurança e aumentar a eficiência energética de estabelecimentos que utilizam gerador elétrico para emergências e demanda.

**Palavras-Chaves:** Automação industrial, acionamento automatizado, grupo gerador, emergência, demanda.

## **ABSTRACT**

This project describes the development of a study, design and development of a prototype of an industrial automation, automated activation of a generator set to support in the event of a power outage of the utility and for use at peak times, in order to promote safety and increase the energy efficiency of establishments that use an electric generator for emergencies and demand.

**key words:** Industrial automation, automated drive, generator set, emergency, demand.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de varredura de um CLP .....	24
Figura 2 - Diagrama de blocos de um CLP .....	25
Figura 3 - Diagrama de blocos da CPU.....	25
Figura 4 - Diagrama de blocos do CLP.....	26
Figura 5 - Comando de partida direta.....	28
Figura 6 - Partida direta em Ladder.....	28
Figura 7 - Partida direta em Ladder.....	29
Figura 8 - Partida direta em Ladder.....	29
Figura 9 - Partida direta em Ladder.....	30
Figura 10 - Partida direta em Ladder.....	30
Figura 11 - Teclas de função CLP.....	30
Figura 12 - Teclas de função CLP.....	31
Figura 13 - Teclas de função .....	31
Figura 14 - Teclas de função .....	32
Figura 15 - Esquema de ligação .....	32
Figura 16 - Máquinas síncronas: (a) rotor cilíndrico, (b) rotor de pólos salientes. ....	35
Figura 17 - Estrutura de Grupo Gerador.....	38
Figura 18 - Sistema de controle de grupo gerador .....	39
Figura 19 - Grupo Gerador.....	40
Figura 20 - Circuito de Força base .....	41
Figura 21 - Controlador Lógico Programável .....	42
Figura 22 - Circuito de comando base: (a) comando de alimentação da concessionária de energia, (b) comando da alimentação grupo gerador. ....	43
Figura 23 - Circuito de comando em Ladder.....	44
Figura 24 - Bloco de ajuste de tempo do temporizador .....	45
Figura 25 - Comando de entrada I1 .....	46
Figura 26 - Comando de entrada I2.....	46
Figura 27 - Comando de entrada I3 .....	47
Figura 28 - Comando de entrada I4.....	47
Figura 29 - Comando de entrada I5 .....	48
Figura 30 - Saída Q1 .....	49
Figura 31 - Saída Q2 .....	49

Figura 32 - Saída Q3 .....	50
Figura 33 - Saída Q5 .....	50
Figura 34 - Designe do Protótipo .....	51
Figura 35 - Circuito de força (Protótipo).....	52
Figura 36 - Tampa Frontal.....	52
Figura 37 - Circuito de comando (Protótipo) .....	53
Figura 38 - Entradas I1, I2 e I5 ativadas .....	56
Figura 39 - Todas as entradas ativadas quando esta alimentando a carga pela concessionaria	56
Figura 40 - Todas as entradas ativadas quando esta alimentando a carga pelo gerador.....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CLP – Controlador Lógico Programável

CPU - *Central Processing Unit* (Unidade Central de Processamento)

F.E.M. - Força eletromotriz

IEC - *International Electrotechnical Commission*

MODICON - *Modular Digital Controller*

NA – Normalmente Aberto

NBR – Norma Brasileira

NF – Normalmente Fechado

NEMA - *National Electrical Manufacturers Association*

NR – Norma Regulamentadora

PLC - *Power Line Communication*

RPM – Rotação por minuto

VCA – Tensão Corrente Alternada

VCC – Tensão Corrente Contínua

## SUMARIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Considerações Gerais.....	15
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivos Gerais .....	15
1.2.2 Objetivos Específicos .....	15
1.3 Justificativa .....	15
1.4 Metodologia .....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
2.1.1 Objetivo da norma NBR-5410.....	18
2.1.2 Importância do cumprimento da norma.....	18
2.2 Norma regulamentadora de numero 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.....	19
2.3 Automação .....	20
2.3.1 Automação industrial.....	21
2.4.2 Controladores Lógicos Programáveis.....	23
2.4.3 Princípio de Funcionamento .....	24
2.4.4 Classificação do CLPs .....	26
2.4.5 Utilização dos CLPs .....	27
2.4.6 Programação em linguagem <i>Ladder</i> .....	27
2.5 Máquinas síncronas .....	33
2.5.1 Gerador síncrono .....	34
2.5.2 Aspectos Construtivos de Funcionamento.....	34
2.5.3 Construção .....	35
2.5.4 Estator .....	36
2.5.5 Rotor .....	36
2.5.6 Escovas .....	36
2.5.7 Regulador de tensão.....	37
3. GRUPO GERADOR A DIESEL.....	38
3.1 Regulação de velocidade .....	38
3.2 Sensor magnético.....	39
3.3 Atuador .....	39

3.4 Controle .....	39
4. GERADORES DE EMERGÊNCIA E DEMANDA.....	40
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
5.1 Circuito de força .....	41
5.2 Circuito de comando.....	42
5.3 Circuito auxiliar .....	46
5.3.1 Entradas .....	46
5.3.2 Saídas.....	48
5.4 Materiais .....	50
6. TESTES E DISCUSSÕES.....	54
7. CONCLUSÃO .....	58
BIBLIOGRAFIA .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

Conhecer o mercado de trabalho é saber que hoje em dia as indústrias procuram cada vez mais uma agilidade e qualidade para os seus processos. A energia elétrica por sua vez aparece praticamente indispensável nesses processos e usá-la com consciência de eficiência, faz com que grande parte das empresas se destaque cada vez mais das suas concorrentes (DORF, 2001). Desta forma, quando se fala em uso consciente de energia, um assunto que está a mais de dois séculos em pauta, muitas tecnologias tem sido apresentadas para que as pessoas se conscientizem sobre o assunto, seja ela por campanhas de uso racional de energia ou pelo melhoramento de equipamentos (GEORGINI, 2006).

A área de automação industrial, da mesma forma, apresenta uma evolução abundante neste assunto, pois são utilizadas tecnologias modernas e cada vez mais avançadas. Esta área aborda uma tecnologia que procura dar as pessoas, um conjunto de soluções para os seus problemas, relacionados à agilidade de processos e a qualidade da sua produtividade (DORF, 2001). Assim, o CLP, ou Controlador Lógico Programável, está sendo utilizado na área de automação industrial como uma solução confiável, de rápida resposta e se adaptando aos problemas das indústrias e de processos de produção (NATALE, 1998).

Ter ciência de como se liga um circuito, motor, gerador ou algum equipamento elétrico, não incide em simplesmente ligá-lo a rede elétrica, pois também é preciso saber as características internas de cada tipo de equipamento assim como as normas que auxiliam o seu funcionamento e as normas de segurança para cada tipo de serviço. Também se devem saber as normas da concessionária de energia elétrica local, para que este processo de instalação tenha qualidade (SILVA, 2008).

Desta forma, existem circuitos de comando que comandam certos equipamentos elétricos e precisam ser destacados, pois sem os conhecimentos desses circuitos, algum comando errado ou de forma equivocada podem gerar uma série de problemas em efeito cascata que pode resultar em grandes prejuízos (FRANCHI, 2008).

O engenheiro de energia deve saber todos estes detalhes para projetar e executar instalações elétricas, onde FRANCHI (2008) cita que a criatividade na área de automação é fundamental para que ele saiba indicar diferentes tipos de processos para que aplicação seja correta em diferentes casos.

O presente trabalho descreve o projeto de uma automação industrial para acionamento de um grupo gerador para apoio em casos de falta de alimentação de energia elétrica da concessionária de energia e para utilização em horários de ponta.

## **1.1 Considerações Gerais**

Com uma alternativa de propor uma solução para comandar de forma automática grupos geradores de emergência e demanda, este estudo busca programar e construir um comando elétrico para automatizar um grupo gerador para ser utilizada em paralelo a alimentação da energia da concessionária de energia. Para isto, serão utilizadas programações feitas em um software de um Controlador Lógico Programável.

## **1.2 Objetivos**

Os objetivos deste trabalho de conclusão de curso são apresentados a seguir, estes são divididos em Objetivos Gerais e Objetivos Específicos.

### **1.2.1 Objetivos Gerais**

Projetar, simular e construir um comando elétrico de para automação de um Grupo Gerador para utilizar em emergências e em horário de ponta utilizando um Controlador Lógico Programável.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Analisar a viabilidade do uso de Grupo Geradores utilizando para emergências.
- Analisar a viabilidade do uso de Grupo Geradores utilizando para demanda.
- Desenvolver um estudo e construção de um protótipo de comando elétrico para automatizar um grupo gerador sendo utilizado para emergência e demanda.
- Fazer testes com o protótipo.

## **1.3 Justificativa**

A utilização de grupos geradores para emergências e demanda apresenta vantagens tanto do ponto de vista energético e do ponto de vista econômico, contribuindo para a redução da conta de luz de um estabelecimento, quando utilizado para fazer ponta e a diminuição de danos causados por falta de energia, quando utilizado para emergências. Com a utilização de grupo geradora para demanda, pode-se reduzir o consumo de energia elétrica em estabelecimentos que não se pode parar a produção em horários de ponta. Procurou-se construir um equipamento de baixo custo e manutenção simples, pensando-se na utilização em indústrias de pequeno a grande porte.

## **1.4 Metodologia**

A parte experimental deste projeto foi desenvolvida na Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, Campus Bagé, visando os seguintes objetivos:

- Comandar um circuito para utilizar um grupo gerador em emergências.
- Comandar um circuito para utilizar um grupo gerador para ser utilizado em horário de ponta.

Os experimentos consistiram-se na utilização de duas bancadas para simular a alimentação da carga, onde uma bancada simula a energia da concessionária de energia e a outra bancada simula um gerador. Estes experimentos e medições foram realizados em vários dias, onde no início dos experimentos foi testada só a parte do comando separadamente da parte da força e depois testado com a parte de força junto. O presente trabalho apresenta um tema muito explorado, com relação à parte de automação industrial e em relação à utilização de grupos geradores para a utilização em emergências e principalmente em horários de ponta. Esta automação teve o objetivo garantir a segurança da utilização do gerador quando a falta de energia por parte da concessionária e principalmente quando a energia da concessionária volta e o gerador está alimentando a carga. O sistema apresenta uma flexibilidade de uso, garantindo uma facilidade na operação que permitam análises em diferentes situações.



## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica necessária para uma melhor compreensão dos assuntos tratados no trabalho. Está será apresentada em várias seções onde cada uma delas tratará de um assunto em particular. Inicialmente a seção 2.1 e 2.2 abordam as normas necessárias para a execução do projeto. Logo após, na seção 2.3 trata sobre a historia da automação e na seção 2.3.1 trata sobre o inicio da automação industrial, que é o tema principal do projeto. Como na execução do protótipo é feita uma automação industrial, na seção 2.4 trata-se também sobre o Controlador Lógico Programável (CLP), que é o equipamento principal para este processo na seção, com sua perspectiva histórica, seu principio de funcionamento, classificação, utilização e a programação em linguagem Ladder. Então na seção 2.5 é abordado o tema sobre maquinas síncronas, gerador síncrono e seus aspectos construtivos para um maior entendimento do assunto.

### **2.1 NORMA BRASILEIRA 5410 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO**

A Norma Brasileira de numero 5410 tem como titulo instalações elétricas de baixa tensão, também é conhecida como NBR-5410, é uma norma que mostram quais são as condições corretas para o funcionamento normal e principalmente seguro das instalações elétricas de baixa tensão, até 1000 volts em tensão alternada e 1500 volts em tensão continua. A NBR-5010 é aplicada em instalações elétricas em geral, seja ela residencial, publica ou comercial e industrial. A norma funciona como um guia para os profissionais que trabalham com eletricidade, pois nela contem como e quando se deve fazer um determinado serviço em eletricidade (NBR 5410).

A norma mostra quais as condições que a instalação de baixa tensão deve conter para que o serviço funcione corretamente e para garantir a segurança das pessoas e animais que tenha convívio nas áreas com energia elétrica. Aplica-se a instalações novas e a reformas em instalações existentes mostrando quais os condições mínimas que devem conter, assim como a substituições de componentes que implique alteração do circuito (NBR 5410).

A NBR 5410, diz quais os tipos de instalação de baixa tensão que a norma compreende que são elas (NBR 5410):

- Edificações residenciais e comerciais, em geral;
- Estabelecimentos institucionais e de uso publico;
- Estabelecimentos industriais;
- Estabelecimentos agropecuários e hortigranjeiros;

- Edificações pré-fabricadas;
- Canteiros de obras, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

A norma aplica-se, também a:

- Circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1000 v em CA, com freqüências inferiores a 400 Hz, ou a 1500 V em CC;
- Qualquer linha elétrica que não seja especificamente coberta pelas normas dos equipamentos de utilização
  - Linhas elétricas fixas de sinal, com exceção dos circuitos internos dos equipamentos, relacionadas exclusivamente à segurança e a compatibilidade eletromagnética.

Assim, a norma não se aplica a:

- Instalação de distribuição de energia elétrica e de iluminação publica
- Instalação de tração elétrica, de veículos automotores, embarcações e aeronaves
- Instalações em minas
- Instalações de cercas eletrificadas
- Instalação específica para proteção contra descargas atmosféricas diretas

### **2.1.1 Objetivo da norma NBR-5410**

Em termos gerais, a norma NBR-5410 diz quais as condições que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão para garantir e preservar a segurança dos usuários, bem como o funcionamento ideal dos equipamentos. Então a prioridade da norma é que as pessoas e os animais tenham a segurança necessária perto da instalação, bem como o funcionamento adequado e preservação dos bens.

### **2.1.2 Importância do cumprimento da norma**

Para se ter uma instalação elétrica segura, é aconselhada que esta seja baseada na norma Brasileira 5410, que fala sobre instalações elétricas de baixa tensão, assim a instalação terá uma garantia de um funcionamento correto, conservação dos equipamentos e a segurança dos usuários. Esta norma foi criada para estabelecer os critérios mínimos de qualidade e principalmente de segurança das instalações e usuários.

## **2.2 Normas regulamentadora de numero 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**

A Norma Regulamentadora de numero 10, também conhecida como NR-10, tem o titulo de Segurança em instalações e Serviços em Eletricidade, tem seu objetivo principal o em assegurar a segurança em instalações e serviços em eletricidade, serve para regulamentar todos os serviços que envolvam eletricidade assim como riscos presentes quando se trabalha com eletricidade. A norma frisa que, todos os que trabalham direta e indiretamente com eletricidade devem estar garantidos a sua saúde e segurança (NR 10).

De acordo com a norma regulamentadora de numero 10, teve a sua primeira publicação em 1978 com a primeira atualização em 1988, mas só foi finalizada e publicada no ano de 2004. Assim, a norma mostra que teve inúmeras modificações quando se fala em documentação e regulamentação dos serviços relacionados à eletricidade.

A NR-10 fala que todo e qualquer serviço em eletricidade, deve atender os requisitos mínimos e as normas da ABNT para que os serviços estejam corretamente executados, com penalidades para as empresas e profissionais das áreas que não atenderem estes requisitos.

Em 2004, a NR-10 Sofreu uma alteração muito importante, que consistiu da implantação de uma ferramenta que revolucionaria o “direito de recusa”, que serve de ferramenta legal quando o trabalhador identifica que o serviço não tem condições seguras de ser executado, seja pela empresa não ter tomada as medidas necessárias de segurança ou pelo serviço ser de risco muito elevado (NR 10).

A NR-10 fala sobre algumas observações a serem tomadas em relação a serviços que envolvem eletricidade que devem ser frisadas, onde as mais relevantes são:

- Classificar e identificar os equipamentos de proteção dos circuitos para o impedimento da reenergização.
- Deve-se prever em projetos de eletricidade dispositivos de seccionamento para impedir a reenergização do circuito.
- Prover um local ideal para um possível aterramento temporário
- Equipamentos de proteção individual e coletiva devem ficar a disposição das pessoas autorizadas a realizarem serviços em eletricidade.
- Todo o serviço em eletricidade não pode ser executado individualmente.
- O fornecimento de equipamento de proteção individual e coletiva e de responsabilidade da empresa para o fornecimento do material e de responsabilidade do trabalhador o seu uso correto.

- A empresa deve fornecer treinamento aos seus trabalhadores o curso de NR-10

A norma mostra quais as responsabilidades da empresa envolvida no serviço em eletricidade que são:

- A empresa deve informar e manter informado os trabalhadores sobre os riscos que estão sendo expostos

- Quando ocorrer acidentes de trabalho onde envolva eletricidade, devem-se programar medidas preventivas e corretivas contra acidentes.

- A empresa responsável deve promover ações de controle de riscos.

A norma fala sobre as responsabilidades dos trabalhadores em serviços com eletricidade que são elas:

- O trabalhador deve zelar pela sua segurança, das outras pessoas envolvidas e das pessoas que possam ser afetadas, direta ou indiretamente pelo serviço em eletricidade.

- O trabalhador é responsável pelo cumprimento das normas e procedimentos de segurança da empresa

- O trabalhador deve, obrigatoriamente, comunicar o responsável técnico pela execução do serviço, assim como fazer uma análise de controle de riscos do mesmo (NR 10).

### **2.3 Automação**

Para se falar de automação, precisa saber que no início do século XVIII as indústrias necessitavam de processos indústrias automáticos para aumentar a sua produção e garantir a qualidade nos seus produtos. Foi no início desse século que foi inventada a máquina a vapor, que aumentava a produção de antigas fábricas e indústrias, dando o início da primeira revolução industrial. No século seguinte, como as fábricas produziam mais produtos, elas foram aumentando de tamanho e crescendo cada vez mais com consequência da substituição do trabalho braçal pela máquina a vapor. Neste contexto, as pequenas indústrias e as pequenas fabricam foram tomando forma e demandando por comandos automáticos para melhorar ainda mais os seus processos, assim foi criado dispositivos mecânicos, chamados de relés, que durante o século XVIII tomaram as indústrias. Por conta de esses relés automáticos invadirem as fábricas muito rápido, aconteceu a II Revolução Industrial (GEORGINI, 2006).

Já no início do século XX, como a indústria já estava praticamente automatizada, mas ainda tinham processos de automação muito simples e antigos, foi então que os primeiros processos de produção em escala começaram a surgir. Em 1909, Henry Ford tinha um pensamento de produção em escala que mudou a idéia de indústria da época, que se estende

até os dias de hoje. Henry Ford tinha um pensamento que nomeou de Linha de Montagem que foi o estopim para o grande desenvolvimento da indústria com a marca do início da Automação Industrial. Aconteceu na época, uma revolução com essa idéia de Linha de Montagem, onde o principal conceito era o de produção em massa. Nos anos após a morte do fundador da FORD, Henry Ford (1863-1947), a fábrica já tinha máquinas totalmente automatizadas por relés de comando, mas com uma programação muito complexa, com cabines de controle com inúmeros dispositivos mecânicos, que exigia autoconhecimento do operados das cabines de comando (GEORGINI, 2006).

Assim, em 1968, uma empresa dos Estados Unidos da América, desenvolveu um dispositivo eletrônico que tinha a promessa de substituir os relés e essas cabines de controle que eram muito complexas de operar, foi quando surgiu o MODICON (Modular Digital Controller), que viria a ser o primeiro CLP (Controlador Lógico Programável) que substituiria por completo os relés de comando, com a diferença de ser muito mais eficiente (GEORGINI, 2006).

### **2.3.1 Automação industrial**

Este processo iniciou nas linhas de montagem automotiva na década de 30. Desde então, muitos avanços nesta área aumentaram, que permitiu um aumento significativo na qualidade e quantidade nos processos industriais e a diminuição da mão de obra humana. Silveira, P. R. (2010), cita que para ter um avanço na automação, deve-se ter uma relação com a microeletrônica, elétrica industrial e pneumática, pois é para principalmente nessas áreas que os CLPs são mais utilizados e onde acontece a substituição de dispositivos mecânicos e relés por um controlador que é mais fácil de comandar e programar. Silveira P.R. (2010), comenta que o conceito de automação, pode ser uma série de comandos que montam sistemas que são capazes de atuar com uma maior eficácia do que processos mecânicos em alguns procedimentos, onde os dados dos sistemas servem para comandar todo o processo.

Silveira P.R. (2010), mostra que no início dos anos 80, houve um aumento da tecnologia dos CLPs, que viabilizou a construção de CLPs menos do que o usual, surgindo assim os minis e micros controladores.

Silveira P.R (2010), define automação industrial, como um sincronismo de tecnologias designadas a fazer um processo automático para realizar determinadas tarefas, onde substitui o gasto com a mão de obra humana por elementos eletromecânicos previamente programados para uma determinada tarefa. Nota-se que, com este conceito, podem-se imaginar inúmeros

cenários, como uma simples cafeteira até um equipamento automatizado para realizar determinadas funções industriais. Assim, conclui-se, que os benefícios para um processo de automação são os mais procurados pelas grandes empresas de produção, que são eles: Menor custo de produção e consumo de energia, maior e mais eficiente processo de produção, maior segurança para os operadores das máquinas, entre outros.

## **2.4 Controladores Lógicos Programável**

GEORGINI, 2006, discorre que os CLPs oferecem um considerável número de benefícios para aplicações na indústria, que podem trazer como resultados uma economia que ultrapassa o valor do CLP e devem se considerados na seleção de um dispositivo de controle industrial.

### **2.4.1 Perspectiva histórica**

Silva M. E. (2005), comenta que antigamente, existiam muitas dificuldades de montar e manter os painéis elétricos nas indústrias, por falta de flexibilidade, segurança e custo na sua instalação e manutenção. Este fato, fez com que o mercado pedisse uma mudança para algo mais confiável e eficiente de um tipo instalação e essa mudança veio primeiramente pelos circuitos digitais e logo após pelos controladores lógicos programáveis.

Segundo a norma da ABNT, os CLPs são definidos como um equipamento eletrônico-digital, compatível com aplicações industriais. Eles também são conhecidos como PLCs (Programmable Logic Controller).

Silva M.E. (2005), fala que os CLPs surgiram em meados de 1968, na fábrica da FORD, com uma lógica de programação fixa que tornava praticamente impossível uma mudança extra no processo. Essa tecnologia só foi possível quando surgiram os circuitos integrados com a evolução da lógica digital.

Silva M. E. (2005) cita as principais vantagens que os CLPs trouxeram para a indústria, que são elas:

- 1) Fácil diagnóstico durante o projeto
- 2) Economia de espaço devido ao seu tamanho reduzido
- 3) Não produzem faíscas
- 4) Podem ser programados sem interromper o processo produtivo
- 5) Possibilidade de criar um banco de armazenamento de programas
- 6) Baixo consumo de energia

- 7) Necessita de uma reduzida equipe de manutenção
- 8) Tem a flexibilidade para expansão do número de entradas e saídas
- 9) Capacidade de comunicação com diversos outros equipamentos, entre outras

#### **2.4.2 Controladores Lógicos Programáveis**

Pode-se dizer que um CLP é um computador que é projetado para trabalhar no ambiente industrial. Se for comparar com um computador normal de escritório, os CLPs têm programação lógica que se podem manipular somente aplicações de controle digital. Quando os CLPs foram lançados na indústria, eles eram robustos e muitos caros para o seu tipo de aplicação, somente era considerado barato, quando tinha um numero expressivo de relés para a sua substituição, em torno de 200 relés (FRANCHI, C. M., (2008)).

O IEC (*International Electrotechnical Commission*) definiu o CLP como:

*"Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para programar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O controlador programável e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas suas funções previstas (IEC)."*

Já o NEMA (*National Electrical Manufacturers Associatio*), diz que o CLP é:

*"Um equipamento eletrônico que funciona digitalmente e que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, registro e controle de tempos, contadores e operações aritméticas para controlar, através de módulos de entrada/saída digitais (LIGA/DESLIGA) ou analógicos (1-5 Vcc, 4-20 mA etc.), vários tipos de máquinas ou processos (NEMA)."*

FRANCHI, C. M., (2008), conclui que o CLP pode ser mencionado como um equipamento eletrônico de processamento que possuiu uma interface amigável com o usuário que tem como função executar controle de vários tipos e níveis de complexidade.

Por ser um equipamento que substitui os painéis de relés com um controle mais simples, Silva M. E. (2005), comenta que os CLPs são complexos, pois são limitados a operações com condições lógicas simples.

### 2.4.3 Princípio de Funcionamento

O CLP funciona de forma simples e seqüencial, onde faz um ciclo de varredura nas suas etapas. Silva M. E. (2005), observa que é importante notar quando uma etapa do ciclo é executada, pois as outras etapas ficam inativas. A Figura 1 mostra como funciona o ciclo de varredura do CLP.

FRANCHI, C. M., (2008), diz que o CLP pode ser programado para executar instruções previamente inseridas pelo usuário, para basicamente controlar dispositivos ou máquinas, onde precisam de funções específicas assim como uma lógica de controle, seqüenciamento, controle de tempo e transmissão de dados.

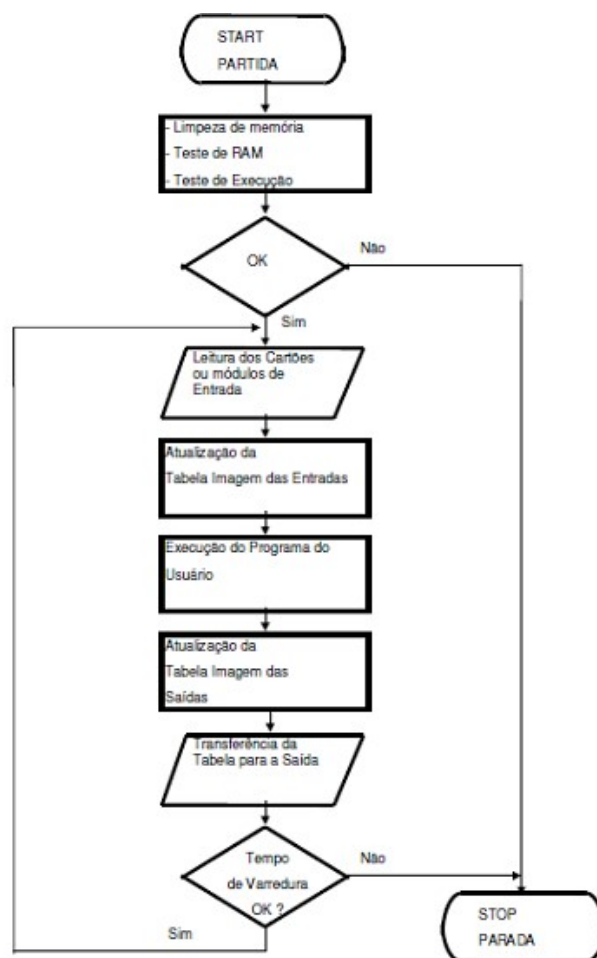


Figura 1 - Ciclo de varredura de um CLP

Fonte: Silva M. E. 2005



Onde, no Início é quando o CLP verifica se está funcionando a sua CPU, memórias, circuitos auxiliares, verifica se tem algum programa inserido pelo usuário e principalmente, desativa todas as suas saídas. Quando chega ao segundo passo, ele verifica o estado das entradas, onde identifica as entradas para um possível acionamento. O terceiro passo é onde o CLP lê o programa do usuário, utilizando as instruções previamente especificadas e decide qual ação tomar de acordo com o sinal das entradas, assim no ultimo passo ele ativa ou não as suas saídas conforme decisão do CPU e recomeça o ciclo.

FRANCHI C. M., (2008), divide o CLP em três etapas conforme a Figura 2, que são elas: Um sistema de entradas, uma unidade central de processamento ou CPU e um sistema de saídas.

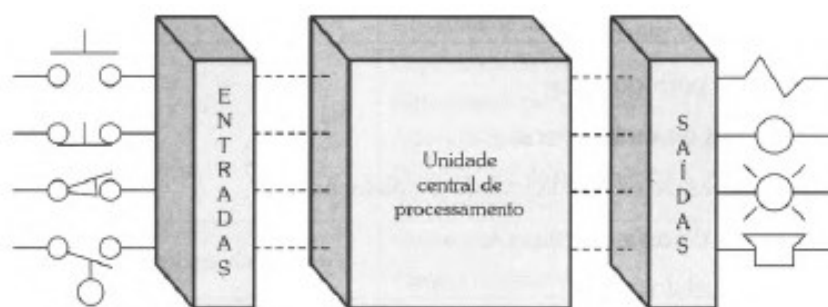


Figura 2 - Diagrama de blocos de um CLP

Fonte: FRANCHI C. M. 2008

A CPU é a unidade encarregada de comandar todos os processos do CLP, desde a sua alimentação e varredura dos dados. A Figura 3 ilustra os três elementos construtivos do CPU.

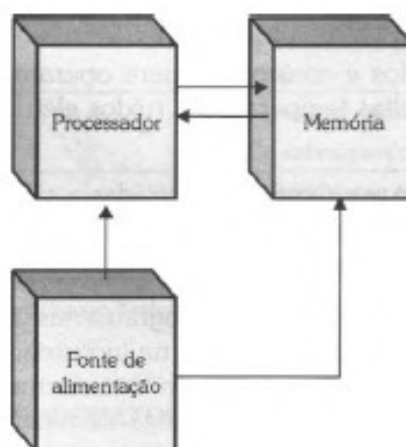


Figura 3 - Diagrama de blocos da CPU

Fonte: FRANCHI C. M. 2008

FRANCHI C. M. 2008, simplifica o funcionamento do CLP em um diagrama de blocos, que separa em uma fonte de alimentação, entradas analógicas e digitais, saídas analógicas e digitais, uma CPU e uma unidade de comunicação, conforme mostra a Figura 4.

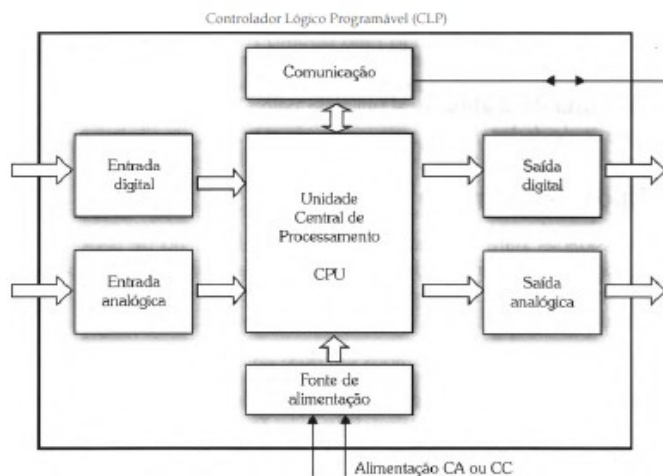


Figura 4 - Diagrama de blocos do CLP

Fonte: FRANCHI C. M. 2008

Onde a fonte de alimentação, alimenta o CPU para o seu funcionamento correto assim como, verificar as entradas e saídas, fornecendo a tensão necessária para as operações internas do CLP. Alguns modelos são projetados para funcionarem com uma tensão de 220 V e outros com uma alimentação de 24 V, dependendo do fabricante. A fonte de alimentação converte essa tensão de alimentação em +5VCC, +12VCC ou +24VCC para alimentar os circuitos eletrônicos, as entradas e saídas (Silva M.E. (2005)).

Já o CPU, é constituído por micros controladores ou microprocessadores, que manipula os dados e faz todo o comando do processo (Silva M.E. (2005)).

#### 2.4.4 Classificação do CLPs

Segundo Silva M.E. (2005), os CLPs têm 3 classificações e são classificados de acordo com a sua capacidade de entradas e saídas e pela sua capacidade de memória. São elas:

- 1 – Nano e micro CLP: Tem até 16 entradas e saídas com capacidade máxima de memória com até 512 passos.
- 2 – De médio porte: Com até 256 entradas e saídas com capacidade máxima de memória com até 2048 passos.
- 3 – De grande porte – Pode ter até 4096 entradas e saídas com a memória podendo ser do tamanho que o usuário necessite. Tem estrutura modular que permite esse número de entradas e saídas.

#### 2.4.5 Utilização dos CLPs

Toda indústria precisa de algum controlador que garanta a eficiência e a segurança de seus equipamentos. Pode ser um simples controlador on-off para controlar um motor elétrico ou até um controlador com um nível de complexidade elevado para a geração de energia elétrica, por exemplo, (FRANCHI, C. M., (2008)).

FRANCHI, C. M., (2008), divide em três os sistemas de controle, que podem ser: Os sensores, controladores e os atuadores.

Os sensores podem ser um dispositivo que irá converter uma atividade física em um sinal elétrico que será utilizado pelo CLP como um sinal de entrada, por exemplo, chave fim de curso, que ao ser acionada, envia um sinal elétrico à entrada do CLP. Já os atuadores têm como principal função em converter um sinal elétrico em uma atividade física, geralmente ligando ou desligando algum equipamento. E os controladores são os equipamentos que de acordo com os estados de suas entradas, utilizam um programa específico para ajustar as suas saídas (FRANCHI, C. M., (2008)).

De acordo com FRANCHI, C. M., (2008), o controlador pode monitorar todo o processo em tempo real pelos seus sensores que estão atuando de acordo com as atividades físicas do processo em si. As funções de um sistema de controle que existe em uma indústria são distribuídas entre os sensores para o seu controlador programável, assim podem ser instalados próximos aos equipamentos a serem controlados.

Devido às suas características, o CLP pode ser utilizado em inúmeros processos. É utilizado, principalmente em indústria que necessitam um processo de manobra, controle e supervisão constantes, assim, FRANCHI, C. M., (2008), cita que pode ser utilizado desde em grandes indústrias com um processo de fabricação complexo até simples processos de ligar e desligar uma lâmpada em determinada hora do dia. Com a sua característica física compacta, sua facilidade de instalação e com a possibilidade de armazenar os programas é que o torna o CLP ideal para todo e qualquer tipo de aplicação em processos industriais.

#### 2.4.6 Programação em linguagem *Ladder*

O CLP deve ser programado previamente pelo seu operador para executar suas funções específicas assim a particularidade dos CLPs é a programação do equipamento que se dá através de um *software* específico. Silva M.E. (2005), cita que esta linguagem tem uma semelhança com uma escada, onde se deve fazer passo a passo a sua programação. A linguagem *Ladder* tem uma particularidade que é específica do *software* que é muito parecida

com os circuitos elétricos de partida de motores, por exemplo, na Figura 5, temos um circuito de partida direta de um motor elétrico feito com disjuntor unipolar, botoeiras de liga e desliga um contato NA da conctatora K1 e a bobina da conctatora K1.

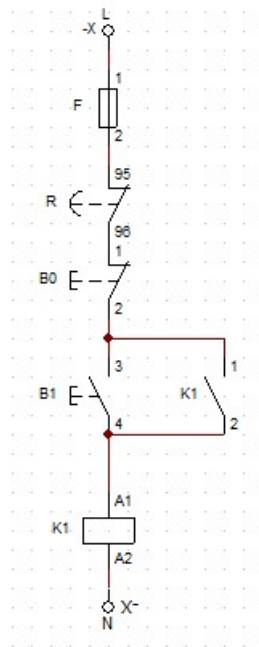


Figura 5 - Comando de partida direta

Fonte: elaborado pelo autor

Onde A e B é a alimentação do circuito, F é um o fusível ou o disjuntor unipolar, R um contato NF do relé térmico de sobrecarga, B0 a botoeira de desliga, B1 a botoeira que liga o circuito, K1 a bonina da conctatora e K1 13/14 um contato NA da contactora K1.

Assim como o circuito visto a cima, podemos programar este comando no software específico do CPL. Que neste caso será mostrado no *software* CLIC da WEG conforme mostra a Figura 6 (Manual de operação CLIC).

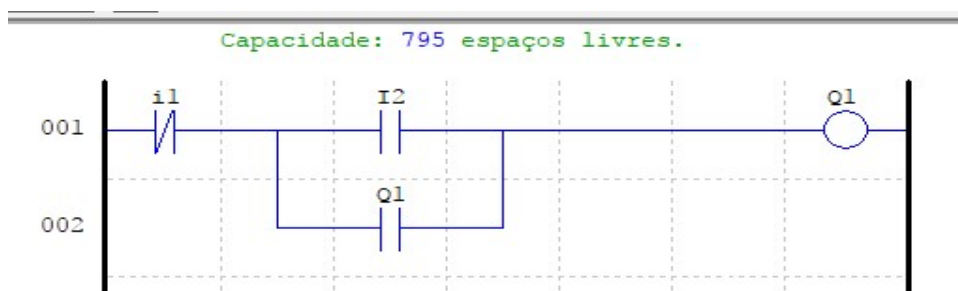


Figura 6 - Partida direta em Ladder

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 6 apresenta um trecho de um código de programação que realiza as mesmas funções que o esquema elétrico da Figura 5. Assim, a entrada I1 é o um contato NF que simula um botão que desliga o circuito elétrico, da mesma forma, a entrada I2 é a botoeira que liga o circuito, a saída Q1 a saída para ligar a contactora e o Q1 abeto a retenção no circuito.

Se fizer a simulação desse circuito mostrado na Figura 6, conseguimos ver em cor verde como é o comportamento o circuito. Quando começa simulação, consegue-se ver até onde o “circuito lógico” do diagrama está energizado, como mostra a Figura 7.

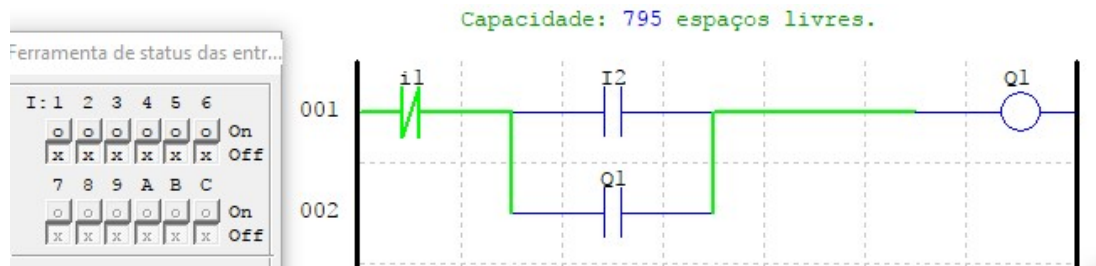


Figura 7 - Partida direta em Ladder

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que quando não a sinal de entrada em I2, não tem saída em Q1. Mas quando I2 recebe um sinal de alguma botoeira, por exemplo, a corrente passa e com consequência a saída Q1 é acionada conforme se observa na Figura 8.

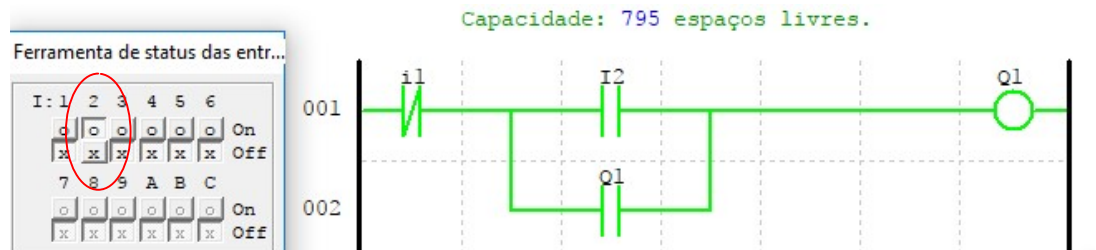


Figura 8 - Partida direta em Ladder

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 8, simulou-se o acionamento da botoeira, assim o CPU do CLP lê como um sinal de entrada em I2 e deixa à corrente passar até a saída Q1. Neste caso, se tem uma entrada em I2 e uma saída em Q1. Assim o contanto Q1 NA se fecha é mantém a retenção e a saída de tensão na porta analógica do CLP conforme a Figura 9.

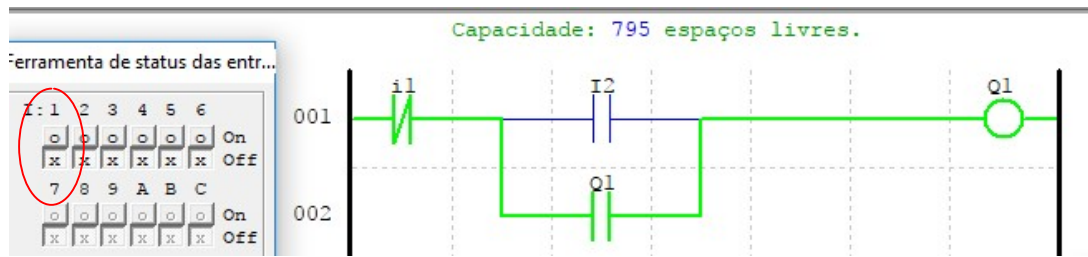


Figura 9 - Partida direta em Ladder

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, se tem a retenção da saída Q1 apenas com um sinal de entrada em I2.

Para desligar este circuito, basta apenas enviar outro sinal de entrada, mas agora em I1 que irá abrir este contato e impedir a passagem de corrente pelo circuito. A fig. 10 mostra o desligamento do sistema.

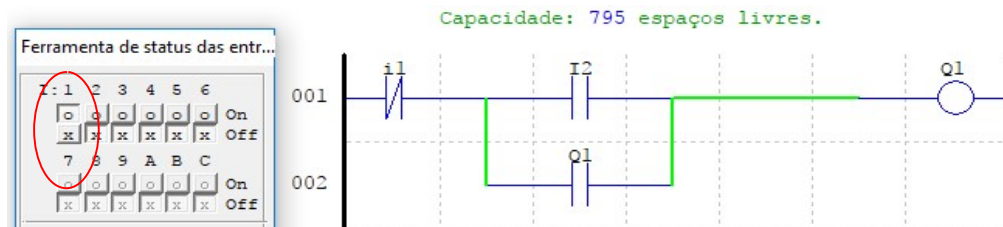


Figura 10 - Partida direta em Ladder

Fonte: Elaborado pelo autor

O software CLIC da WEG permite também, ver a simulação em outro formato que não seja na linguagem Ladder, ele permite que se visualize a simulação em um modelo de CLP previamente selecionado. A Figura 11 a seguir, mostra a simulação no mesmo circuito citado anteriormente, mas na opção “teclas de função”.

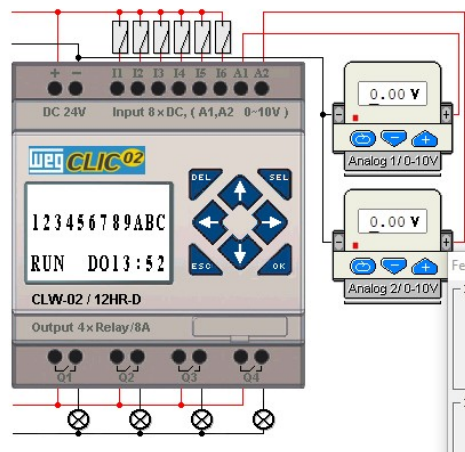


Figura 11 - Teclas de função CLP

Fonte: Elaborado pelo autor

Na fig. 12, visualiza o CLP - 02/12HR-D na WEG começando a simulação. Nota-se que ainda não se tem nenhuma sinal de entrada, conseqüentemente nenhuma saída está acionada. Na Figura 12, simulou-se da mesma forma que nas simulação em Ladder e conseguimos vizualisar de umaforma mais didatica o seu funcionamento.

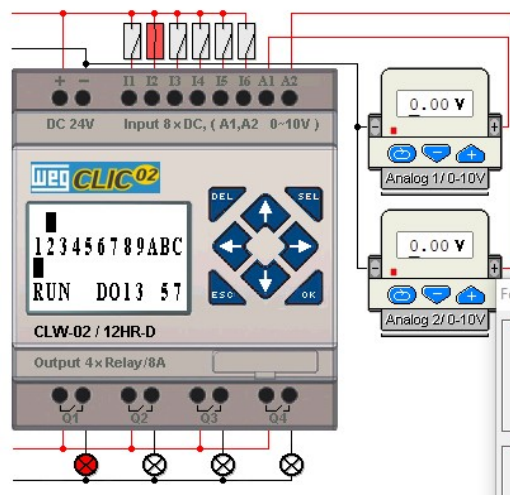


Figura 12 - Teclas de função CLP

Fonte: Elaborado pelo autor

Quando o CLP recebe um sinal em I2, a saída Q1 é acionada da mesma forma que na linguagem Ladder. Para ver o funcionamento da retenção, basta tirar o sinal de I2 e notar que Q1 segue acionado conforme a Figura abaixo.

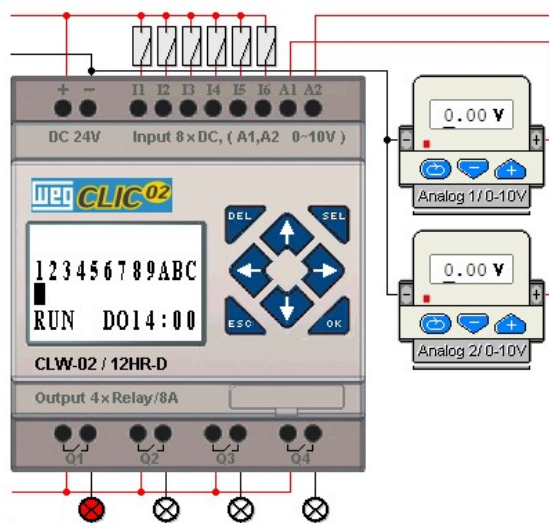


Figura 13 - Teclas de função

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, para desligar o circuito, basta receber um sinal em I1 e o sistema será desligado. A Figura 14 ilustra o desligamento.

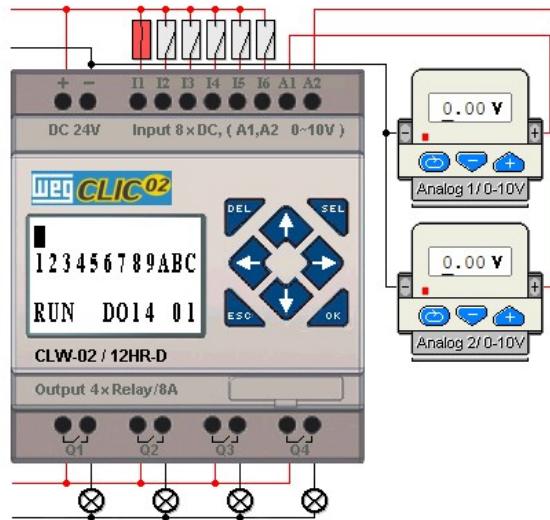


Figura 14 - Teclas de função

Fonte: Elaborado pelo autor

Silva M.. E. (2005), lembra que para cada entrada e saída do controlador, deve-se estar ligada fisicamente aos elementos de sinais ou comandos. Lembra também que as botoeiras devem ser ligadas nas entradas I1 e I2 e a saída Q1 na bobina da contactora conforme mostra a Figura 15 a seguir.

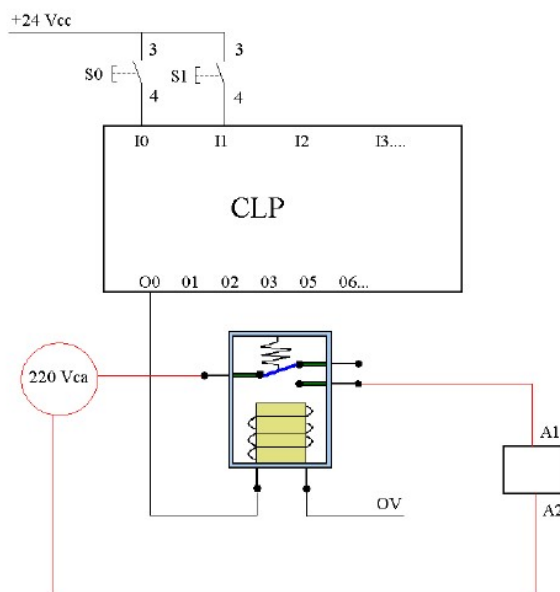


Figura 15 - Esquema de ligação

Fonte: Silva M. E. (2006)



Silva M.. E. (2005), mostra como o menu principal do CLP é composto e contem as seguintes opções:

- **Projeto:** Carrega um projeto ou cria um novo
- **Programa:** edito um programa em Ladder
- **Controlador:** gera um código executável
- **Depurador:** visualiza um programa funcionando
- **Supervisão:** supervisiona os blocos de controle

Assim como os principais operadores utilizados na programação em Ladder:

- **I:** Representa as entradas digitais.
- **Q:** Representa as saídas digitais
- **R:** Representa os contatos auxiliares
- **M:** representa a memória destinada a guardar os valores inteiros
- **D:** Representa a memória destinada a guardar valores reais
- **K:** representa memória destinada a armazenar uma constante inteira.
- **T:** Representa os elementos de sinalização.

## 2.4 Máquinas síncronas

As máquinas síncronas são consideradas máquinas rotatórias cuja velocidade, condicionada a um regime permanente, é proporcional à frequência da corrente na armadura. São importantes conversores eletromecânicos de energia e geralmente são constituídas de um rotor e de um estator. No primeiro, localizam-se os enrolamentos indutores, percorrido por uma corrente contínua que cria um f.e.m. No segundo, localiza-se o estator que, por sua vez, converte a energia. (CHAPMAN, 2013)

O campo magnético criado pela corrente na armadura gira na mesma velocidade do campo magnético criado pela corrente de campo do rotor, o qual gira à velocidade síncrona. Fitzgerald (2006) diz que neste tipo de máquina, em operação em regime permanente, sua velocidade e sua frequência serão constantes. Pode-se afirmar que as máquinas de hoje em dia possuem armadura estacionária e campos de excitação girantes. Dependendo do tipo de construção do rotor, este pode ser designado como do tipo rotor cilíndrico (pólos lisos) e ou de pólos salientes.

Segundo Fitzgerald (2006), seu emprego como gerador é o mais comum, tendo seu funcionamento muito semelhante a um gerador CC, especialmente para sistemas de grande potência. Como exemplo, tem-se os geradores eólicos e os geradores hidrelétricos. Quando

uma máquina síncrona opera como motor, devido à velocidade do rotor ser proporcional à frequência de excitação, seu emprego se dará em situações onde velocidades constantes são exigidas.

A potência reativa gerada por uma máquina síncrona pode ser ajustada controlando-se a magnitude da corrente de campo do rotor. Tal afirmação permite que as máquinas, quando em operação sem carga, sejam empregadas em sistemas de potência somente visando à correção do fator de potência bem como o controle do fluxo de reativos injetados neste. Isto pode trazer economia quando comparado ao uso de capacitores para compensação. (FITZGERALD, 2006)

### **2.5.1 Gerador síncrono**

Segundo Fitzgerald (2006), um gerador síncrono simples, quando fornece potência a uma impedância de carga, atua como fonte de tensão, cuja frequência é determinada pela velocidade de seu acionador mecânico primário. O induzido da máquina síncrona é formado por um enrolamento distribuído, geralmente trifásico e com mais de um par de pólos. Quanto ao indutor, este é constituído por um enrolamento monofásico alimentado por corrente contínua, entretanto, em pequenas unidades sejam substituídos por ímãs permanentes. Ainda são elementos constitutivos de uma máquina síncrona a excitatriz, sendo um gerador CC para alimentação do enrolamento de campo, e as escovas, as quais fazem a ligação entre a fonte externa e o enrolamento de campo.

### **2.5.2 Aspectos Construtivos de Funcionamento**

A composição geral de uma máquina síncrona, segundo Klampner (2004) se dá por um estator que aloja o enrolamento onde uma tensão é induzida pelo movimento do rotor. O rotor, por sua vez, contém um enrolamento alimentado por corrente CC que determina a criação do campo magnético principal da máquina.

Para Klampner (2004), existe possibilidade de dois tipos de produção de campos magnéticos dentre as máquinas síncronas e podem ser resumidas como: Com campo estacionário, alimentados por corrente alternada, e ou com campo girante, alimentada por corrente contínua. Pela Figura 16 que segue, demonstram-se os dois tipos de estruturas rotóricas.

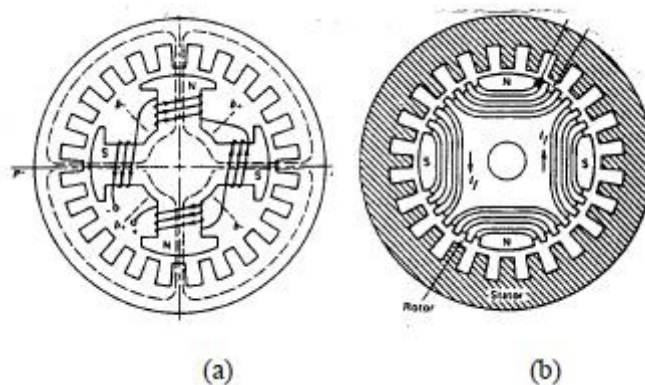


Figura 16 - Máquinas síncronas: (a) rotor cilíndrico, (b) rotor de pólos salientes.

Fonte: Klempner, 2004.

Klempner (2004) discorre que máquinas síncronas com campo estacionário possuem pólos salientes localizados no estator. Estes pólos são magnetizados ou por ímãs permanentes ou por uma corrente CC e se deslocam em relação ao próprio enrolamento que os originam.

Segundo o autor, em se tratando de máquinas síncronas com campo girante, estes possuem ranhuras no rotor referente ao enrolamento de campo. Já no estator, as ranhuras referem-se aos enrolamentos da armadura. Neste tipo de máquina, uma corrente CC cria um campo magnético que gira à velocidade síncrona e energiza os enrolamentos de campo girante. Este, por sua vez, pode ser alimentado através de anéis deslizantes e escovas (excitação externa) ou através de uma ponte retificadora (excitação interna).

O núcleo do estator é normalmente composto de lâminas de metal. A espessura destas lâminas e o tipo de metal a ser utilizado são determinados para minimizar as correntes de fuga e as perdas por histerese. O núcleo possui ranhuras onde se localizam as bobinas, compreendendo, assim, o enrolamento do estator. (Klempner, 2004)

### 2.5.3 Construção

Para Kosow (1982), as máquinas síncronas para a geração de energia elétrica mais utilizada são as que possuem armadura estacionária e campo girante. Os enrolamentos utilizados em armaduras estacionárias são normalmente enrolamentos imbricados devido às menores conexões terminais, ou cabeça de bobinas, requeridas entre estas.

Kosow (1982) cita que a frequência de um gerador síncrono é diretamente relacionada à sua construção, uma vez que varia conforme o número de pólos seja saliente ou não.

O autor cita vantagens desta construção, em função como o chaveamento automático de CA a CC por comutação e então a geração de CA. A resistência aumentada nos dentes da

armadura, visto que os mesmos, em armaduras girantes, podem estar sujeitos a forças centrífugas elevadas. Sua reatância da armadura é reduzida, o que se dá pela seção transversal do ferro aumentada, reduzindo o fluxo disperso produzido pela armadura. Outras vantagens deste tipo de máquinas estão relacionadas ao peso e inércia do rotor reduzido, melhoria do isolamento, dentre outros.

#### **2.5.4 Estator**

Fitzgerald (2006) define o estator como sendo o invólucro do rotor. É composto por chapas de aço laminadas com acréscimo de ranhuras axiais onde se localiza seu enrolamento. Geralmente, um estator requer três enrolamentos autônomos, colocados a cerca de um núcleo ferromagnético laminado. Cada um destes deverá ter uma quantidade de bobinas de forma múltipla da quantidade de pares de pólos do rotor. Esse controle do número de enrolamentos do estator, de certa forma assegura, em certo momento, uma F.E. M gerada em todas as bobinas. Os grupos de enrolamentos devem ser colocados alternadamente, em sobreposição, sendo esses os responsáveis pela origem da defasagem esperada.

#### **2.5.5 Rotor**

O rotor é formado por um par de núcleos polares, uma bobina de campo e anéis coletores. A bobina de campo encontra-se disposta em direção igual ao giro do rotor, onde cada ponta da mesma é anexada a um anel. O par de núcleos fica alojado em cada extremidade da mesma, de forma a envolvê-la. O fluxo magnético que é gerado pela corrente que atravessa a bobina, contanto que com a rotação, os pólos sejam alternadamente Norte e Sul. Os tipos de rotor, citados anteriormente, não alteram o princípio de funcionamento da máquina, porém, nota-se uma diferença entre eles. Nos rotores de pólos cilíndricos, a quantidade de pólos é baixa enquanto que em rotores de pólos salientes, a quantidade de pólos é elevada. (CHAPMAN, 2013)

#### **2.5.6 Escovas**

Como cita Del Toro (1999), a bobina de campo obtém corrente através de um par de escovas, que são responsáveis por realizarem a conexão com a bateria, por meio dos anéis. Logo, as escovas são forçadas contra os anéis os quais são amparados por molas. Em função da corrente pequena que conduzem, têm longo tempo de vida útil.

### **2.5.7 Regulador de tensão**

Caetano (2013) interpõe que, para o funcionamento ideal de máquinas elétricas CA, a tensão nominal deve centrar-se dentro de uma pequena margem. Se a f.e.m. gerada varia de acordo com a velocidade de rotação e com a corrente de excitação, essa deve obedecer a uma quantidade média de RPM para que o aproveitamento seja máximo. No circuito automotivo, como exemplo, a velocidade de rotação do motor varia muito, sendo que, em certos momentos, a tensão produzida excedesse os limites de segurança da máquina, geraria sérios problemas. Em resposta a esses, o autor cita o regulador de tensão; equipamento capaz de estabilizar a corrente de excitação da bobina de campo, em função da velocidade de rotação. A tensão de saída do regulador varia apenas entre limites de projeto. O funcionamento básico do regulador depende do valor da f.e.m gerada, o qual é responsável por interromper a alimentação se a f.e.m for maior que valores pretendidos.

Em relação ao fator de potência, em atraso ou em avanço, Kosow (1984) cita que quando este está em avanço, ocorrerá um acréscimo da tensão de vazio a plena carga. Alternativamente, quanto mais em atraso este tiver, maior a diminuição deste mesmo nível. Kosow (1984) afirma que não se obterá uma regulação de tensão nula, ocorrendo quedas quando uma carga puramente resistiva for aplicada aos seus terminais.

### 3. GRUPO GERADOR A DIESEL

Conforme WEG (2013), um Grupo Gerador Diesel é uma máquina térmica, que transforma energia térmica em energia mecânica, com o princípio de funcionamento igual ao de motores a combustão de veículos automotores. Estas máquinas podem ser chamadas de motores a combustão interna, onde todo o trabalho efetuado é devido à liberação de energia química quando ocorre a queima do combustível. Na Figura abaixo 17, mostra como o motor a diesel fica fixado na máquina síncrona geradora de energia.

1. Máquina Térmica, Motor diesel
2. Máquina elétrica geradores
3. Árvore, através da qual o motor a diesel fornece a potência para o gerador
4. Saída dos produtos da combustão
5. Entrada ou saída do fluido refrigerante

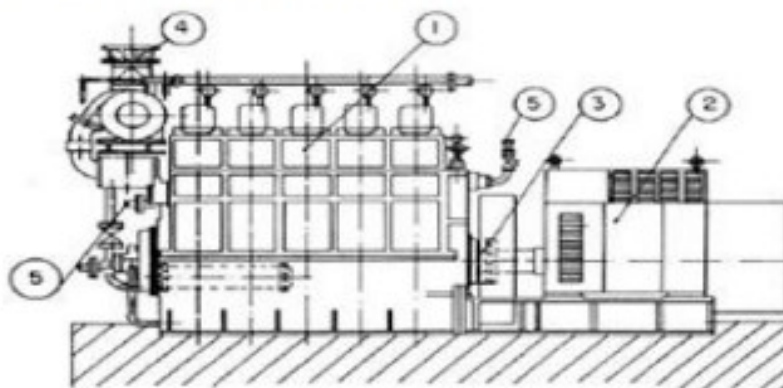


Figura 17 - Estrutura de Grupo Gerador

Fonte: WEG, 2013

Segundo WEG, 2013, o funcionamento do motor a diesel é dividido em 4 tempos. No primeiro o ar é admitido, no segundo o ar é comprimido e o combustível injetado, no terceiro o combustível é comprimido até inflar, e no quarto tempo, a válvula de escape se abre e expelle os produtos da combustão.

#### 3.1 Regulação de velocidade

A regulação da velocidade do Grupo Gerador Diesel, se dá pela injeção de combustível e pela carga ligada, sendo fundamental o controle da frequência gerada para que o motor gerador consiga chegar à eficiência de transição cargas e tem que ser estável em 60 Hz ou dependendo da aplicação em até 50 Hz. Já para o controle de velocidade do motor, pode ocorrer de duas formas: Com um regulador mecânico, que não tem precisão ou com reguladores eletrônicos de velocidade (WEG, 2013).

### 3.2 Sensor magnético

WEG, 2013, define que é um dispositivo que tem como objetivo controlar a velocidade do gerador conforme ocorre à passagem dos dentes da cremalheira que passa pela sua zona de monitoramento. Quando cada dente da cremalheira passa pelo sensor, uma corrente alternada é induzida numa frequência de 1 Hz.

### 3.3 Atuador

WEG (2013) descreve como um equipamento eletromagnético que tem como função controlar o fluxo do combustível da bomba injetora. O ângulo do seu eixo é controlado por um sinal PWM. Este controle é feito quando o seu êmbolo se desloca quando há variação do sinal PWM do regulador eletrônico de rotação.

### 3.4 Controle

Para cumprimento do controle, todos os componentes como o regulador de velocidade, sensor magnético e o atuador, devem ser controlados por uma matriz de controle. No sistema de controle, é o local onde será feita a leitura das variáveis de forma contínua para que o controle dos parâmetros do grupo gerador para que o seu funcionamento seja de forma adequada (Pereira, 2008). Na Figura 18 abaixo, ilustra de forma abstrata de como é esse funcionamento.

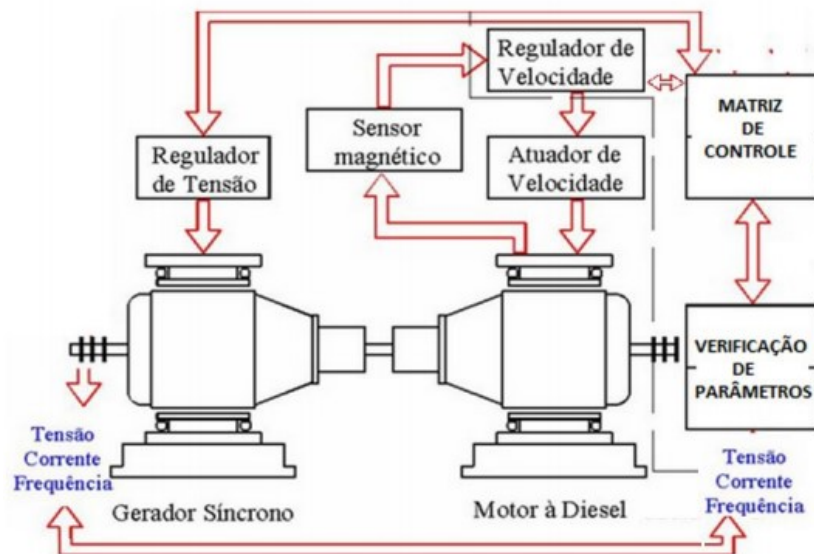


Figura 18 - Sistema de controle de grupo gerador

Fonte: Pereira, 2008

#### 4. GERADORES DE EMERGENCIA E HORÁRIO DE PONTA

Com o crescimento das grandes cidades, há conseqüentemente um aumento de demanda de energia elétrica e os sistemas de fornecimento de energia elétrica das concessionárias vêm demonstrando certa fragilidade, podendo chegar a ponto de interrupção do fornecimento de energia. Para evitar este problema de interrupção de fornecimento de energia elétrica, o consumidor procura fontes alternativas de energia para gerar a sua própria energia para consumo, e uma solução simples de barata é a utilização de grupos geradores, seja ela para utilização como fonte principal de energia, para emergência ou apenas para utilização em horários de ponta (Pereira, 2008).

WEG (2013) comenta que pela simplicidade de instalação e manutenção, os geradores são utilizados com frequência como pequenos centro de geração de energia, em locais aonde não chega à rede de distribuição de energia elétrica. Devido a este fato de simples instalação, eles também são utilizados para emergência, em locais onde é necessário um fornecimento de energia elétrica sem interrupção como hospitais, centros de computação, aeroportos e entre outros estabelecimentos. Na indústria é muito utilizado como geração de emergência ou como co-geração em horário de ponta. A Figura 19 mostra um exemplo de um Grupo gerador a diesel.



Figura 19 - Grupo Gerador

Fonte: START

De acordo com Pereira (2008), os grupos geradores são destinados a consumidores que necessitam de suprir alguma falha na rede elétrica local, utilizados como geradores de emergência, ou para economia, onde ira substituir a rede elétrica local em horários sazonais. Essa necessidade pode durar apenas algumas horas ou, dependendo da necessidade pode durar até semanas ou até que o fornecimento de energia elétrica seja estabilizado.



## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto descreve o desenvolvimento de um estudo e uma proposta de uma automação eletrônica para um Grupo gerador a diesel, com circuito de comando através de um Controlador Lógico Programável. A proposta tem como objetivo em automatizar um grupo gerador para utilização em caso de emergência na falta de alimentação da energia elétrica e também para o seu funcionamento para horário de ponta, a fim de minimizar o consumo de energia elétrica pela concessionária de energia.

### 5.1 Circuito de força

Em um primeiro momento, foi estudado e projetado um circuito de força para o grupo gerador em paralelo com a alimentação da concessionária de energia, conforme mostra a Figura 20.

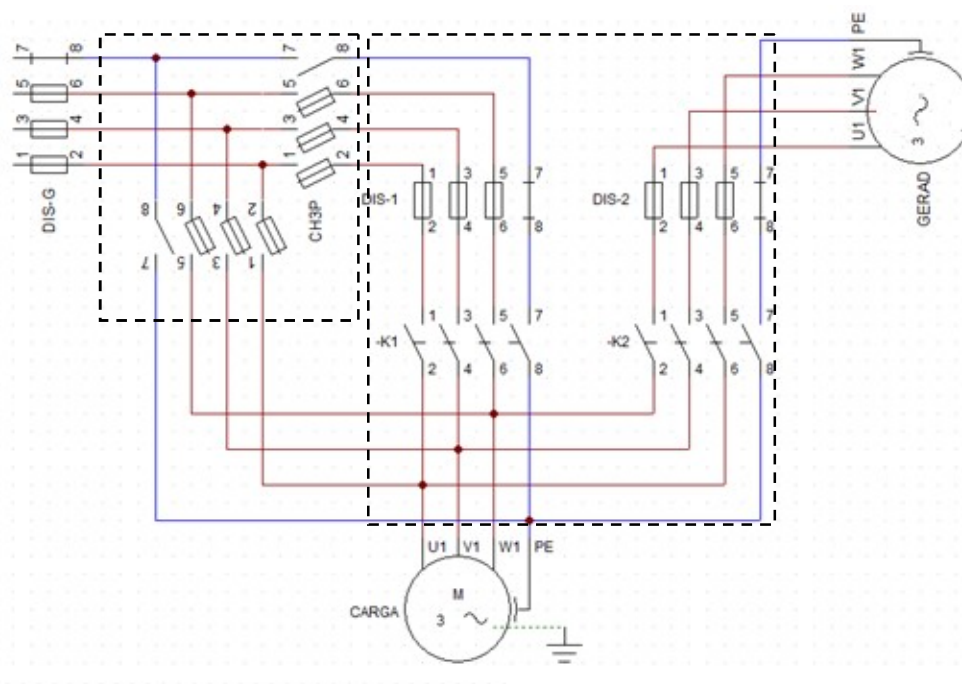


Figura 20 - Circuito de Força base

Fonte: Elaborado pelo autor

O circuito é composto por um disjuntor geral DIS-G, uma chave de 3 posições CHA3P, que está no lado direito do circuito da Figura 20. No centro do circuito têm-se os dois disjuntores utilizados, que são o DISJ-1 que é referente à proteção da alimentação da concessionária de energia e o DISJ-2 que é referente à proteção da alimentação do grupo gerador. Ainda no centro do circuito, observam-se duas contactoras utilizadas, K1 para o

seccionamento da alimentação da carga quando está sendo utilizada a energia da concessionária e a K2 para o seccionamento da alimentação da carga quando está sendo utilizada a energia do gerador. Mais abaixo do circuito da Figura 18 tem a carga, que está sendo representada por um motor. No lado direito tem-se a representação do grupo gerador.

## 5.2 Circuito de comando

Nesta etapa, solicitou-se o Controlador Lógico Programável para a realização do comando, assim, escolheu-se o modelo CLW – 02/HR-D da WEG, com 5 entradas digitais, 4 saídas digitais e 2 entradas analógicas. A Figura 21 a seguir ilustra o modelo.



Figura 21 - Controlador Lógico Programável

Fonte: *Software Clic02*

Após a escolha do modelo de CLP, procedeu-se ao estudo do possível circuito de comando e posterior desde.

Em um primeiro momento, foi estudado e criado um circuito de força para o grupo gerador em paralelo com a alimentação de energia da concessionária de energia, atendendo os requisitos mínimos de segurança, conforme mostra a Figura 18.

O circuito de comando, que se tomou como base para a programação no CLP, é composto por dois ramais, onde no lado esquerdo da Figura 22 é a parte do comando da K1, que representa a alimentação da carga pela energia fornecida pela concessionária de energia e o seu lado direito é o ramal que comanda a K2, que representa a alimentação da carga pelo gerador de emergência.

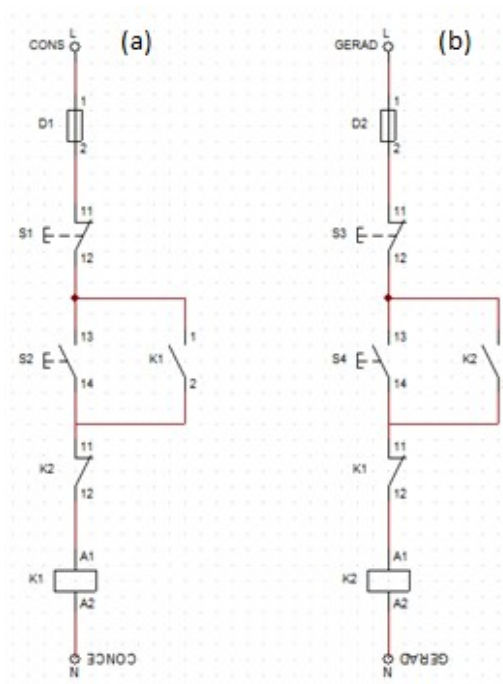


Figura 22 - Circuito de comando base: (a) comando de alimentação da concessionária de energia, (b) comando da alimentação grupo gerador.

Fonte: Elaborado pelo autor

O circuito é composto por basicamente dois disjuntores D1 e D2, duas botoeiras para desligar cada parte do circuito, S1 e S3, duas botoeiras para ligar o seu ramo específico, S2 e S4. No circuito “b”, da Figura 22, tem-se um contato NA da bobina da K1 que serve como retenção da bobina quando a botoeira S2 for pressionada. Os contatos 11 e 12 da K2 servem para um intertravamento que impede o funcionamento desse comando quando a K2 estiver acionada, impedindo assim quando acionamento equivocado da outra bobina, mostrado na Figura 18.

O circuito “b” da Figura 22 funciona de forma semelhante ao circuito “a” da Figura 22, com uma única diferença que seria a alimentação do circuito que seria diferente para os dois casos.

Após o dimensionamento do circuito da Figura 22, tem-se então que adaptá-lo para a programação em Ladder no programa CLIC (WEG). Levando em consideração que o presente trabalho prevê o funcionamento do Gerado de emergência, tanto em situações de emergências, quando para supri a carga durante o horário de ponta, o CLP CLIC apresenta-se como uma escolha adequada devido à variedade de temporizadores disponíveis.

Outra particularidade do programa, é que na troca da alimentação de energia da

concessionária de energia para o gerador, não poderá ser instantânea, pois poderá ocorrer falha no sistema.

Sabendo isso, fez-se uma programação no programa CLIC da WEG, para comandar o circuito de comando da Figura 22, conforme mostra a Figura 23.

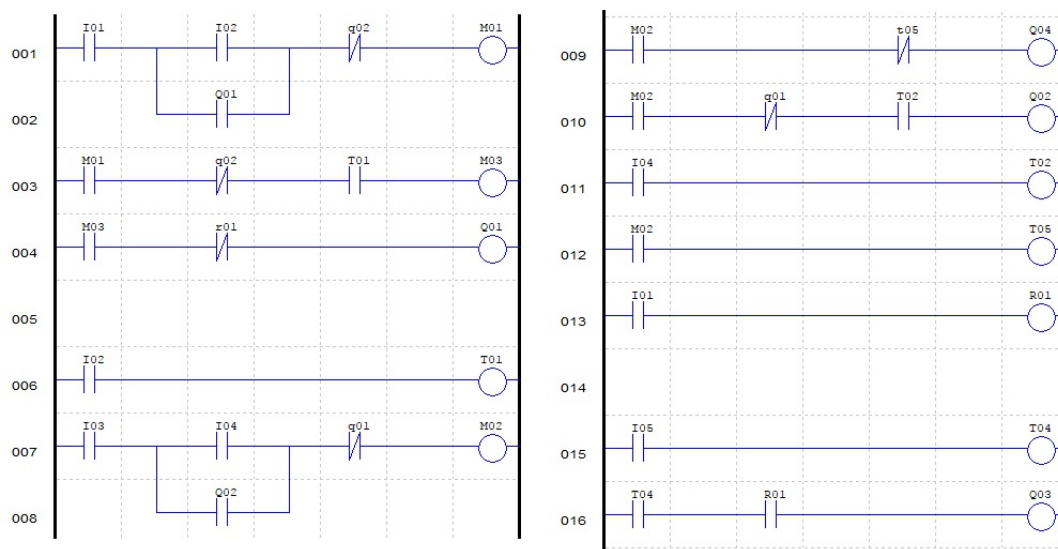


Figura 23 - Circuito de comando em Ladder

Fonte: elaborado pelo autor

Neste primeiro momento, utilizaram-se cinco linhas de comando na linguagem Ladder. I1 e I2, conforme vista nas referências são as entradas que o controlador irá receber do circuito de comando em 24VCC+ como um sinal de entrada. Só após o controlador receber um sinal em qualquer das entradas é que ele prossegue o comando, ou seja, ele passa a ser um bloco NA para NF.

Quando I1 e I2 recebem algum sinal, eles permitem a passagem de corrente para o restante do circuito.

Na linha 004, tem-se a saída Q1, que só será acionada quando toda a condição de programação antes dela estiver com os blocos fechados, ou seja, na linha 001, terá que fechar o bloco I1 e I2, na linha 003 o bloco M1 e T1 e na linha 004, o bloco M3. Os blocos M1 e M3 são utilizados como “memória”, ou seja, quando eles forem acionados, todos os blocos com a mesma nomenclatura se tornam de NA para NF ou de NF para NA.

Na linha 004, tem-se um bloco T1, que é um temporizador, que quando acionado ele começara a contar um tempo pré-determinado, e logo após este período, todos os blocos com a mesma nomenclatura mudarão os seus estados de NA para NF ou de NF para NA.

Assim, com esta lógica de programação, comandara a contactora que alimentara a

carga com a energia da concessionária de energia elétrica.

Em um segundo momento utilizou-se 4 linhas de comando, conforme mostra a Figura 23 a seguir, para comandar a contactora que será utilizada para alimentar a carga com a energia gerada pelo grupo gerador.

A Figura 23 mostra I3 e I4, são sinais que o controlador recebera como entrada, Quando I3 e I4 recebem algum sinal, eles deixam a passagem de corrente para o restante do circuito. Mas este tem uma pequena diferença que é a saída Q4, trata-se de uma saída exclusiva para o acionamento do gerador que dura 3 segundos e depois ela é desligada.

Para controlar o sistema em horário de ponta, foi utilizado um bloco R1, que nada mais é que um timer, que controlará os seus blocos NA e NF quando acionado.

O bloco de comando R1 ou timer será acionado, sempre que tiver um sinal de entrada em I1, ou seja, sempre que a carga esteja sendo alimentada pela energia da concessionária de energia. Como ele é um timer, ele fechará os seus blocos NA e abrirá os blocos NF, quando a carga estiver sendo alimentada pela concessionária e no seu período de funcionamento pré estabelecido pelo usuário, que neste caso ele estará em modo ON das 18h00min até as 21h00min, conforme mostra a Figura 24.

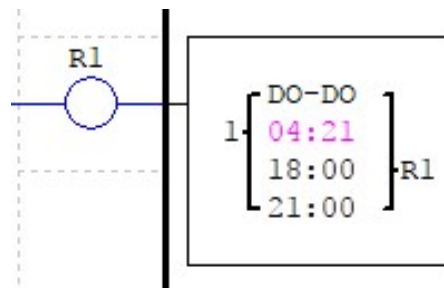


Figura 24 - Bloco de ajuste de tempo do temporizador

Fonte: elaborado pelo autor

Assim, no período das 18h00min até as 21h00min, o seu bloco NF que está na linha 004, interrompera a passagem decorrente para a saída Q1, desta forma, interromperá a alimentação da carga pela energia da concessionária de energia. Dentro deste período, ele também, fechará o seu bloco NA que está na linha 013, permitindo assim uma saída em Q3. Está saída Q3, acionara uma contactora auxiliar, que mandará um sinal de entrada em I3 e I4 e consequentemente, alimentarem a carga com energia do gerador.

## 5.3 Circuito auxiliar

### 5.3.1 Entradas

Todo o sistema de comando, contará com duas contactoras auxiliares que iram fazer todo o sistema de sinais 24VCC+ para as entradas no CLP. As contactoras auxiliares serão chamadas de K1AUX e K2AUX.

Para a entrada I1, utilizou-se um contato NA de uma das contactoras auxiliares, conforme mostra a Figura 25.

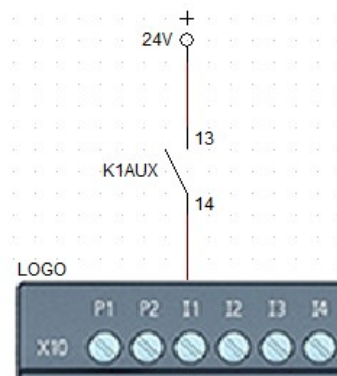


Figura 25 - Comando de entrada I1

Fonte: elaborado pelo autor

Assim, quando a K1AUX estiver energizada, o contato 13 e 14 fechará, e o CLP receberá um sinal de entrada em I1.

Para a entrada I2, utilizou-se um contato NA de K1AUX e um contato NF de Q2, onde Q2 representa a contactora responsável pela alimentação da carga pelo gerador. Este contato de Q2 serve como um intertravamento mecânico para o sistema não completar a ligação, fechando um curto circuito. A Figura 26 ilustra como o CLP recebe o sinal de entrada em I2.

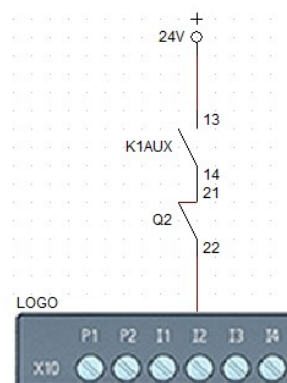


Figura 26 - Comando de entrada I2

Fonte: elaborado pelo autor

Para I3, uma das entradas responsáveis pelo acionamento da contactora que alimentará a carga pelo gerador projetou-se o seguinte circuito, conforme mostra a Figura 27.

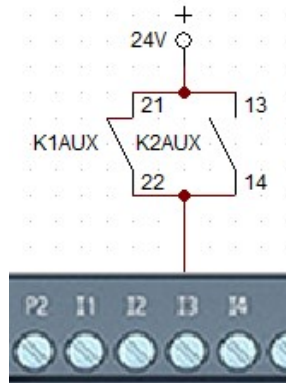


Figura 27 - Comando de entrada I3

Fonte: elaborado pelo autor

Onde, só receberá o sinal de entrada quando K1AUX estiver desenergizada ou quando K2AUX estiver energizada. A K2AUX, só será energizada quando estiver em horário de ponta, ou seja, entre as 18h00m e 21h00mi, esta contactora é responsável exclusivamente para esta funcionalidade.

Para I4, que é a segunda entrada que é responsável pela alimentação da carga pelo gerador, foi feito o seguinte circuito, conforme ilustra a Figura 28.

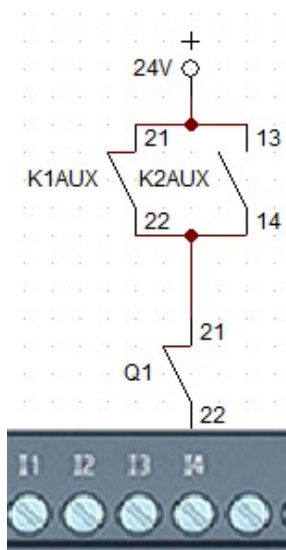


Figura 28 - Comando de entrada I4

Fonte: elaborado pelo autor

Com o mesmo sistema de funcionamento de I3, a I4 tem um intertravamento em Q1, que é a contactora responsável pela alimentação da carga pela energia da concessionária de energia. Este intertravamento serve como proteção do sistema para evitar a energização do sistema de emergência com a rede, provocando curto-circuito.

Para a entrada I5, a entrada responsável pelo controle do sistema em horário de ponta, será da seguinte forma, conforme ilustra a Figura 29.

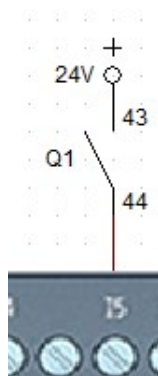


Figura 29 - Comando de entrada I5

Fonte: elaborado pelo autor

Como I5 controlará quando o gerador deve entrar no sistema para alimentar a carga em horário de ponta, utilizou-se para isto, um contato NA de Q1, onde Q1 é a contactora responsável pela alimentação da carga pela concessionária, ele só estará ativado quando Q1 estiver energizado.

### 5.3.2 Saídas

As saídas são mais simples que as entradas. As saídas funcionam como um interruptor, que quando acionadas pelo programa, fecham o seu contato NA, deixando passar corrente elétrica (WEG, manual CLP).

Sabendo este conceito de saídas, dimensionaram-se as saídas da seguinte forma:

- Saída Q1 - aciona a bobina da contactora K1, responsável pela alimentação da carga pela concessionária de energia
- Saída Q2 – aciona a bobina da contactora K2, responsável pela alimentação da carga pelo gerador
- Saída Q3 – aciona a bobina de a contactora auxiliar K2AUX responsável pelo comando em horário de ponta.
- Saída Q4 – aciona o grupo gerador.



Como se tem quatro contactoras no protótipo, uma contactora auxiliar será acionada sempre que tiver energia da concessionária de energia disponível. A Figura 30, mostra como foi feita a ligação na saída Q1.

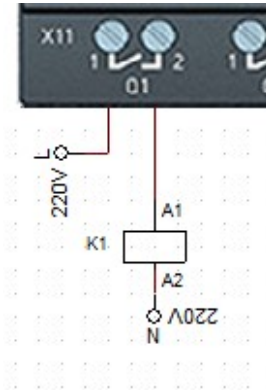


Figura 3024 - Saída Q1

Fonte: Elaborado pelo autor

Onde L e N, representam a alimentação da energia da concessionária de energia, K1 a bobina da contactora responsável pela alimentação da carga pela concessionária de energia e Q1 a saída do CLP.

A saída Q2, foi dimensionada pelo mesmo princípio de Q1. A Figura 31 mostra o circuito de Q2.

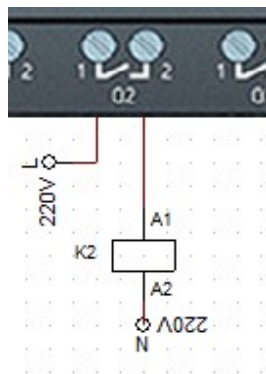


Figura 251 - Saída Q2

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste caso, a alimentação L e N, serão do grupo gerador e K2 representa a bobina da contactora responsável pela alimentação da carga pelo grupo gerador.

Já a saída Q3, aciona a bobina da contactora responsável pelo circuito de comando para o sistema trabalhar em horário de ponta. Ver Figura 32.

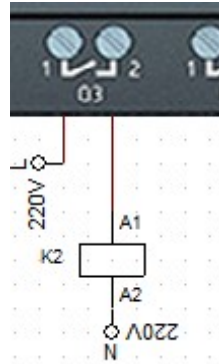


Figura 262 - Saída Q3

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste caso, a alimentação L e N, serão da energia da concessionária de energia, pois o sistema alimentara esta bobina se a carga tiver sendo alimentada pela concessionária de energia, caso contrario está saída não acionará.

A saída Q4, é responsável pelo acionamento no grupo gerador. Esta saída ficará acionada por 3 segundos (ou até o gerador ligar e entrar em regime) e depois se desativa. A Figura 33 mostra o esquema de ligação desta saída.

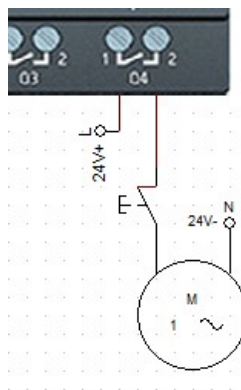


Figura 273 - Saída Q5

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 5.4 Materiais

Para a construção do protótipo foram utilizados os seguintes materiais:

- Disjuntores DIN de 32ª
- 2 contactoras 220 v
- 2 contactoras auxiliares 220 v
- 15 metros de fio 0,75 mm<sup>2</sup>

- 10 metros de cabo PP 4 vias 2,5 mm<sup>2</sup>
- 3 metros de cabo PP 2 vias 1,5 mm<sup>2</sup>
- 1 barra de caneleta ventilada de 2 cm
- 1 caixa plástica multiuso de 350 x 260 x 170 mm
- 3 prensa cabo de ¾’’
- 1 prensa cabo de ½’’
- 1 metro de barra de trilho para disjuntor DIN;
- Parafusos com porca e arruela
- 1 CLP modelo CLW – 02/HR-D da WEG (24 V)
- Fita isolante
- 3 conectores bornes 4 mm<sup>2</sup>
- 1 conectores borne para neutro 4 mm<sup>2</sup>
- 1 conector borne para terra 4 mm<sup>2</sup>
- 1 porta fusível com fusível de 2 A
- 2 Lâmpadas de sinalização verde 220 v
- 1 lâmpada de sinalização vermelha 24 V

Em um primeiro momento, mediu-se, cortou-se e fixou os trilhos na caixa multiuso e logo após fixando os disjuntores e as contactoras na caixa. Assim, foi feito dois furos na parte de cima da caixa e um no centro da parte de baixo, para a fixação dos prensa cabos. Conforme mostra Figura 34.

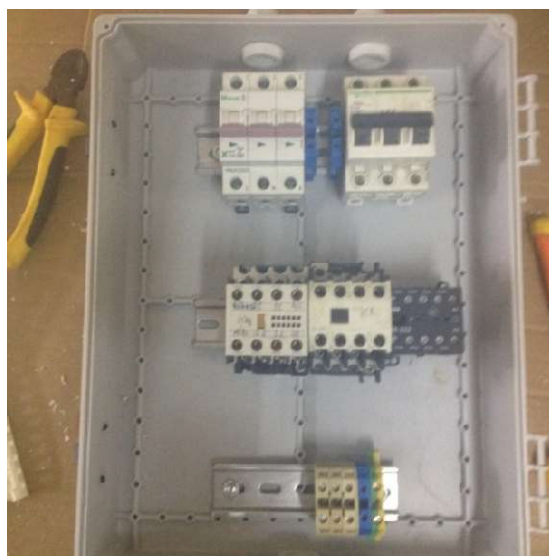


Figura 284 - Designe do Protótipo

Fonte: elaborado pelo autor

Em um segundo momento, foi medido, cortado e fixado a canaleta ventilada entre os espaços da caixa, para a passagem dos cabos de força e comando. Com as canaletas fixadas e os presa-cabos nos seus devidos lugares, foi feito o circuito de força, conforme mostra a Figura 35 abaixo.

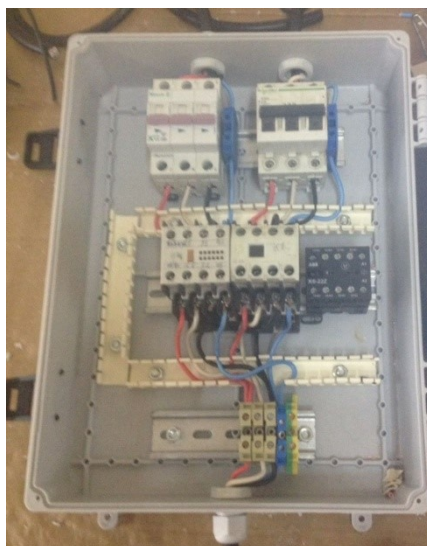


Figura 29 - Circuito de força (Protótipo)

Fonte: elaborado pelo autor

Com o circuito de força pronto, fixou-se as lâmpadas de sinalização na porta da caixa e fez-se o furo para a fixação do CLP. Conforme mostra Figura 36.

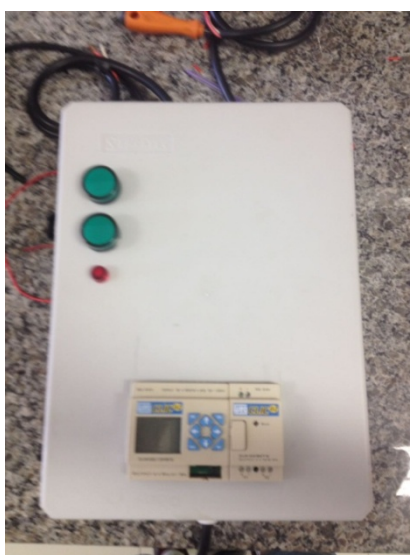


Figura 30 - Tampa Frontal

Fonte: elaborado pelo autor

Assim, colocou-se o fusível na lateral na caixa para a fixação do fusível que servirá como proteção para o CLP. Então com todos os componentes fixados a caixa, fez-se o circuito de comando com fio vermelho de 0,75 mm<sup>2</sup>, conforme mostra a Figura 37.

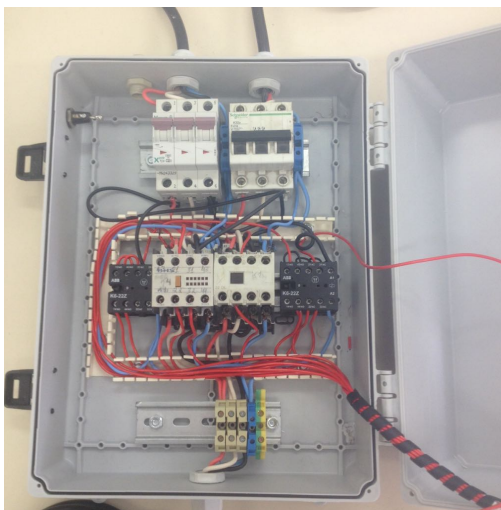


Figura 31 - Circuito de comando (Protótipo)

Fonte: elaborado pelo autor

Onde, no centro da caixa, estão as contactoras de força em branco e as auxiliares em preto, na parte superior os disjuntores e na parte inferior os bornes para a conexão da carga que será alimentada.

## 6. TESTES E DISCUSSÕES

Neste capítulo, foram realizados testes para testar a eficiência, qualidade e segurança do projeto, assim como o seu comportamento em determinadas situações e eventualidades que podem ocorrer durante o seu funcionamento.

Em um primeiro momento, testou-se caso falte uma das fases da alimentação da concessionária de energia, analisando o comportamento do CLP e das contactoras de força e auxiliares.

Em um segundo teste, analisou-se o comportamento do projeto, caso o gerador, por alguma razão específica pare de funcionar quando estiver sendo utilizado em horário de ponta.

E por fim, em um terceiro teste, observou-se o comportamento do sistema quando, por alguma falha no sistema, todas as entradas forem acionadas ao mesmo tempo.

### **Caso 1: Interrupção de uma das fases da concessionária de energia**

Neste caso, foi analisando o comportamento do projeto caso falte à alimentação de uma das fases da concessionária de energia, por qualquer que seja o motivo, enquanto a carga estiver sendo alimentada pela mesma. Assim, foi interrompida uma fase por vez da concessionária de energia e observou-se o seu comportamento.

Quando se interrompe a fase A da concessionária de energia, por razão de construção do projeto, se desliga a contactora auxiliar que envia sinal de entrada para o CLP, assim interrompem-se as entradas I1 e I2 e aciona as entradas I3 e I4 do CLP, fazendo o sistema entender que faltou energia da concessionária e o gerador de emergência entra em operação para alimentar a carga. Neste processo, não houve curto circuito entre as fases, pois o CLP interrompeu a alimentação da carga pela concessionária e alimentou a carga pelo gerador.

Já quando se interrompe a fase B ou a fase C, a contactora auxiliar não se desliga, deixando assim a alimentação da carga pela concessionária, porém sem uma das fases podendo causar defeitos nos equipamentos que estão sendo alimentados. Para solucionar este problema e fazer o gerador de emergência entrar em operação e alimentar a carga, seria colocar um relé de falta de fase, que ele iria identificar o problema e enviar um sinal de entrada para o CLP fazendo assim, interromper a alimentação da carga pela concessionária e alimentar a carga pelo gerador.

## **Caso 2: Falha no gerador quando utilizado em horário de ponta**

Neste teste, foi desligada a alimentação do gerador, para simular uma interrupção da alimentação da carga pelo gerador em horário de ponta. Esta falha pode ocorrer por falta de combustível no gerador e ele se desliga por este motivo, interrompendo a alimentação da carga, ou por um possível aquecimento no gerador que por um sistema de segurança interna do mesmo ele acabe se desligando para sua proteção.

Neste caso, foi observado que quando o gerador se desliga, por qualquer que seja o motivo e esteja sendo utilizado para emergência, o CLP reconhece a sua falha e desliga o circuito de força que alimenta a carga. Como ele está sendo utilizado para emergência e ocorre essa falha, a carga fica sem alimentação. Assim, para solucionar este problema, deve-se fazer um sistema de segurança no gerador, para monitorar seu combustível e sua temperatura, caso se desligue por super aquecimento, com lâmpadas ou alarmes de sinalização.

Em um segundo momento, testou-se esta falha no gerador quando ele está sendo utilizado para fazer horário de ponta. Assim, quando o gerador está sendo utilizado em horário de ponta, e por qualquer que seja o motivo, se desligue, o CLP reconhece a falha, mas não aciona a alimentação da carga pela energia da concessionária, pois tem um intertravamento interno no CPL, na linha 004 da Figura 23 na seção 5.2 “Circuito de comando”, que impede que a saída Q1, responsável por ativar a alimentação da carga pela energia da concessionária. Assim, para solucionar este problema, deve-se fazer com que a entrada I5 se desative, colocando uma contactora auxiliar independente, só para esta função.

## **Caso 3: Todas as entradas do CLP acionadas ao mesmo tempo**

Este teste foi realizado em duas etapas, onde em um primeiro momento foi testado com a carga sendo alimentada pela energia da concessionária de energia e ativado as entradas que estavam desativadas que são a I3 e I4 e em um segundo momento quando a carga estava sendo alimentada pelo gerador em caso de emergência e ativando as entradas que estava desativada que são I1 e I2.

Utilizou-se o programa CLIC da WEG para fazer a simulação deste processo, assim, ativaram-se as entradas I1 e I2, que são responsáveis pelo comando de alimentação da carga pela energia da concessionária de energia e I5 que é a entrada responsável somente pelo comando em horário de ponta, ou seja, esta entrada está sempre ativada conforme visto no item 5.3.1. “entradas”, conforme mostra Figura 38.

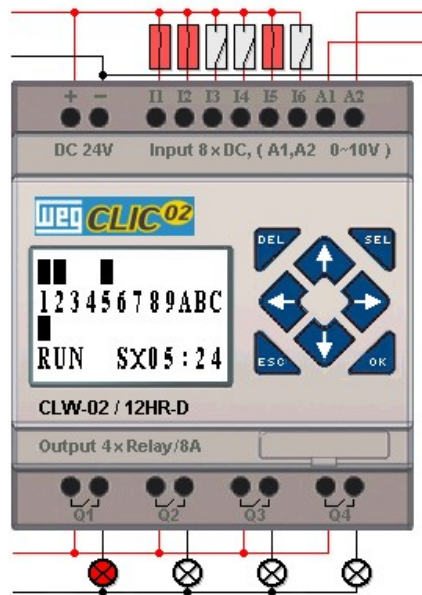


Figura 38 - Entradas I1, I2 e I5 ativadas

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 40 mostra, em vermelho que I1, I2 e I5 estão ativadas, assim aciona-se a saída Q1, responsável pela alimentação da carga pela energia da concessionária de energia conforme visto no item 5.3.2. “Saídas”. Assim, com a carga alimentada pela energia da concessionária, ativou as entradas I3 e I4 e observou o seu comportamento conforme a Figura 39.

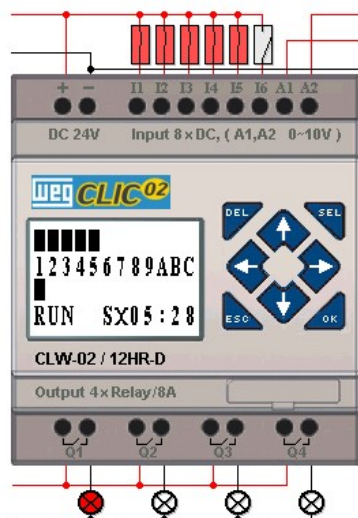


Figura 3932 - Todas as entradas ativadas quando esta alimentando a carga pela concessionária

Fonte: elaborado pelo autor



Observando a Figura 39, nota-se que a saída responsável pela alimentação da carga pelo gerador não foi acionada, devido ao fato de ter um intertravamento interno no CLP na linha 010 da Figura 24 do item 5.2. “Circuito de comando”, representado por um bloco q1 fechado, assim a saída Q2 não é acionada, evitando assim um curto circuito entre gerador e concessionária.

O mesmo acontece quando a carga esta sendo alimentada pelo grupo gerador em caso de emergência, que foi o segundo teste realizado. Assim, ativaram-se as entradas I3 e I4, esperou a saída Q2 ser ativada, que é a saída responsável pela alimentação da carga quando o sistema estiver utilizando o gerador em emergência e logo após, ativou as entradas I1 e I2, conforme mostra a Figura 40.



Figura 4033 - Todas as entradas ativadas quando esta alimentando a carga pelo gerador

Fonte: elaborado pelo autor

Da mesma forma que o teste feito anteriormente, não aciona a saída responsável pela alimentação da carga pela concessionária quando gerador estiver alimentando a carga, devido a um intertravamento interno do CLP na linha 001 da Figura 23 do item 5.2. “Circuito de comando”, representado por um bloco q1 fechado, assim a saída Q2 não é acionada, evitando assim um curto circuito entre gerador e concessionária.

## 7. CONCLUSÃO

Observou-se que o projeto tem ampla aplicação em locais onde não se pode haver a interrupção da alimentação de energia elétrica. O sistema também pode ser utilizado em locais onde há um alto consumo de energia elétrica em horários de ponta e devido à alta tarifação nestes horários pode-se resultar em uma economia em energia elétrica.

Deve-se destacar como uma limitação deste trabalho, que será tratada como um trabalho futuro é a situação em que o sistema passa de alimentar a carga do gerador para a energia da concessionária, neste processo de troca de alimentação, a carga fica sem energia por alguns segundos até o sistema fazer a troca, assim, sempre que passa de gerador para concessionária há uma “pausa” na alimentação na carga, podendo ocorrer danos nos equipamentos elétricos que estão sendo utilizados. O mesmo acontece em horário de ponta. Assim, com a implementação deste relé, basta regular os temporizadores, já existentes no programa, para fazer com que, o gerador e a rede entrem em paralelo quando a houver a sincronia entre as fases dos mesmos. Este problema foi detectado ao longo da construção do protótipo e por falta de orçamentos no projeto, não foi possível a implementação deste relé de sincronia de fase no sistema.

Em geral, o sistema comportou-se seguro, onde se tem intertravamentos internos na programação do CLP e intertravamentos mecânicos entre as contactoras, assim, evita-se um possível curto-circuito entre as fases do sistema. Como o sistema não precisa de um operador, para fazer a mudança de alimentação da carga, o sistema se torna seguro em relação aos usuários, onde a manutenção seria só a cada 12 meses para apertar seus terminais, neste caso, seria necessário a utilização de uma chave de 3 posições, conforme visto na Figura 20 do item 5.1. “Circuito de força”, que isolaria o sistema para uma eventual manutenção, permitindo que a carga seja alimentada pela rede, sem precisar passa pelo sistema.

## **8. TRABALHOS FUTUROS**

- 1 – Fazer o sincronismo entre fases do gerador e da concessionária, através de um relé de sincronismo de fase e frequência de gerador e rede.
- 2 - Fazer um sistema para recarregar as baterias de alimentação do CLP quando o sistema estiver sendo alimentado pela energia da concessionária.
- 3 – Implementar no sistema um relé de sequência de fase para evitar falhas quando ocorrer falta de fase da concessionária de energia.

## BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Portaria GM nº 598, de 07 de dezembro de 2004. **Norma regulamentadora nº 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. Brasília, 2004.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações elétricas**. 5. ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2009. 496 p

GOEKING, Weruska. **Da máquina a vapor aos softwares de automação**. 2010.

DORF, Richard C.; Bishop, Robert. **Sistemas de Controle Moderno**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

CAETANO, R. C. **Análise de uma máquina síncrona de ímã permanente com tensão não senoidal**. Rio de Janeiro: UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA, 2013.

CHAPMAN, S.J. **“Electric machinery fundamentals”**, New York: McGraw-Hill, 1998.

DEL TORO, V. **“Fundamentos de máquinas elétricas”**, Rio de Janeiro: LTC, 1999.

FITZGERALD, A.E. **“Máquinas elétricas”**, 6º Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

KLEMPNER, G. **Operation and Maintenance of Large Turbo Generators**. John Wiley & Sons, 2004

KOSOW, I. **Máquinas elétricas e transformadoras**, São Paulo: Globo, 1995.

SILVEIRA, Paulo R. da SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto**. São Paulo: Editora Érica, 2010.

SILVA, Marcelo Eurípedes. **Apostila de Automação Industrial**. Piracicaba, 2005

NETALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. 3º Ed. São Paulo: Editora Érica, 1998.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos Elétricos**. São Paulo: Editora Érica, 2008.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. São Paulo: Érica, 2008.

WEG. **Características e Especificações de geradores**. 2013

PEREIRA, Cláudio José. **Motores e geradores – Princípios de Funcionamento, Instalação e Manutenção de Grupos Diesel Geradores**. 2008

PEREIRA, R. M.; SPRITZER, I. M. P. **Automação e Digitalização em energia elétrica: um estudo de caso**. Paraná, 2008.

**GEORGINI, M. Automação Aplicada Descrição e Implementação de Sistemas Seqüenciais com CLPs. 6. Ed. São Paulo: Editora Erica 2006.**

# AUTOMAÇÃO DE GRUPO GERADOR: UTILIZAÇÃO EM EMERGÊNCIA E DEMANDA

AFFONSO, G. M.<sup>[1]</sup>; RODRIGUEZ PAZ, M. C.<sup>[2]</sup>

[1] Curso de Eng. de Energia/Universidade Federal do Pampa, Brasil, guiaff@gmail.com

[2] Curso de Eng. de Energia/Universidade Federal do Pampa, Brasil, prof.martinpaz@gmail.com

*Resumo - Este artigo descreve o desenvolvimento de um estudo, dimensionamento e desenvolvimento de um protótipo de uma automação industrial, de acionamento automatizado de um grupo gerador para apoio em caso de falta de alimentação de energia elétrica da concessionária de energia e para uso em horário de ponta, a fim de promover segurança e aumentar a eficiência energética de estabelecimentos que utilizam gerador elétrico para emergências e demanda.*

*Palavras-Chaves: Automação industrial, acionamento automatizado, grupo gerador, emergência, demanda.*

## I. INTRODUÇÃO

Conhecer o mercado de trabalho é saber que hoje em dia as indústrias procuram cada vez mais uma agilidade e qualidade para os seus processos. A energia elétrica por sua vez aparece praticamente indispensável nesses processos e usá-la com consciência de eficiência, faz com que grande parte das empresas se destaque cada vez mais das suas concorrentes<sup>[2]</sup>. Desta forma, quando se fala em uso consciente de energia, um assunto que está a mais de dois séculos em pauta, muitas tecnologias tem sido apresentadas para que as pessoas se conscientizem sobre o assunto, seja ela por campanhas de uso racional de energia ou pelo melhoramento de equipamentos<sup>[5]</sup>.

A área de automação industrial, da mesma forma, apresenta uma evolução abundante neste assunto, pois são utilizadas tecnologias modernas e cada vez mais avançadas. Esta área aborda uma tecnologia que procura dar as pessoas, um conjunto de soluções para os seus problemas, relacionados à agilidade de processos e a qualidade da sua produtividade<sup>[1][2]</sup>. Assim, o CLP, ou Controlador Lógico Programável, está sendo utilizado na área de automação industrial como uma solução confiável, de rápida resposta e se adaptando aos problemas das indústrias e de processos de produção<sup>[7]</sup>.

Ter ciência de como se liga um circuito, motor, gerador ou algum equipamento elétrico, não incide em simplesmente ligá-lo a rede elétrica, pois também é preciso saber as características internas de cada tipo de equipamento assim como as normas que auxiliam o seu funcionamento e as normas de segurança para cada tipo de serviço. Também se devem saber as normas da concessionária de energia elétrica local, para que este processo de instalação tenha qualidade<sup>[6]</sup>.

Desta forma, existem circuitos de comando que comandam certos equipamentos elétricos e precisam ser destacados, pois sem os conhecimentos desses circuitos, algum comando errado ou de forma equivocada podem gerar uma série de problemas em efeito cascata que pode resultar em grandes prejuízos<sup>[10]</sup>.

O engenheiro deve saber todos estes detalhes para projetar e executar instalações elétricas, onde a criatividade na área de automação é fundamental para que ele saiba indicar diferentes tipos de processos para que aplicação seja correta em diferentes casos<sup>[10]</sup>.

O presente artigo descreve o projeto de uma automação industrial para acionamento de um grupo gerador para apoio em casos de falta de alimentação de energia elétrica da concessionária de energia e para utilização em horários de ponta.

## II. OBJETIVOS

Projetar, simular e construir um comando elétrico para automatizar um Grupo Gerador para utilizar em emergências

e em horário de ponta utilizando um Controlador Lógico Programável.

### III. JUSTIFICATIVA

A utilização de grupos geradores para emergências e demanda apresenta vantagens tanto do ponto de vista energético e do ponto de vista econômico, contribuindo para a redução da conta de luz de um estabelecimento, quando utilizado para fazer ponta e a diminuição de danos causados por falta de energia, quando utilizado para emergências. Com a utilização de grupo gerador para demanda, pode-se reduzir o consumo de energia elétrica em estabelecimentos que não se pode parar a produção em horários de ponta. Procurou-se construir um equipamento de baixo custo e manutenção simples, pensando-se na utilização em indústrias de pequeno a grande porte.

### III. METODOLOGIA

Este artigo descreve o desenvolvimento de um estudo e uma proposta de uma automação eletrônica para um Grupo gerador a diesel, com circuito de comando através de um Controlador Lógico Programável. A proposta tem como objetivo em automatizar um grupo gerador para utilização em caso de emergência na falta de alimentação da energia elétrica e também para o seu funcionamento para horário de ponta, a fim de minimizar o consumo de energia elétrica pela concessionária de energia.

#### a) Circuito de força

Em um primeiro momento, foi estudado e projetado um circuito de força para o grupo gerador em paralelo com a alimentação da concessionária de energia, conforme mostra a figura 1.

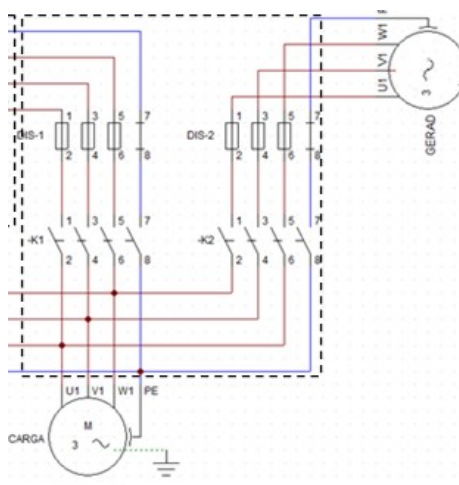


Figura 34 - Circuito de força

Fonte: Elaborado pelo autor

O circuito é composto por dois disjuntores, que são o DISJ-1 que é referente à proteção da alimentação da concessionária de energia e o DISJ-2 que é referente à proteção da alimentação do grupo gerador. No centro do circuito, observam-se duas contactoras utilizadas, K1 para o seccionamento da alimentação da carga quando está sendo utilizada a energia da concessionária e a K2 para o seccionamento da alimentação da carga quando está sendo utilizada a energia do gerador. Mais abaixo do circuito da figura 1 tem a carga, que está sendo representada por um motor. No lado direito tem-se a representação do grupo gerador.

#### b) Circuito de comando

Utilizou-se o Controlador Lógico Programável de modelo CLW – 02/HR-D da WEG, com 5 entradas digitais, 4

saídas digitais e 2 entradas analógicas.

Fez-se uma programação no programa CLIC da WEG, para comandar o circuito de comando conforme mostra as figuras 2,3 e 4.

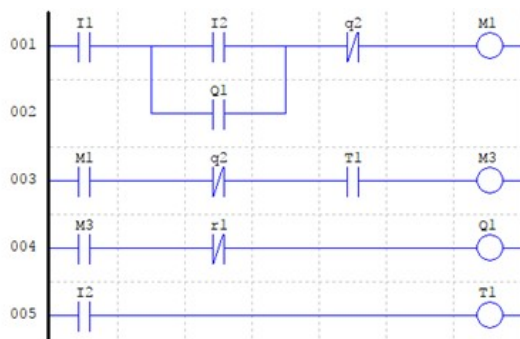


Figura 35 - Circuito comando rede

Fonte: Elaborado pelo autor

Utilizaram-se cinco linhas de comando na linguagem Ladder para comandar a alimentação da carga pela concessionária de energia. I1 e I2 são as entradas que o controlador irá receber do circuito de comando em 24VCC+ como um sinal de entrada. Só após o controlador receber um sinal em qualquer das entradas é que ele prossegue o comando, ou seja, ele passa a ser um bloco NA para NF.

Quando I1 e I2 recebem algum sinal, eles permitem a passagem de corrente para o restante do circuito.

Na linha 004, tem-se a saída Q1, que só será acionada quando toda a condição de programação antes dela estiver com os blocos fechados, ou seja, na linha 001, terá que fechar o bloco I1 e I2, na linha 003 o bloco M1 e T1 e na linha 004, o bloco M3. Os blocos M1 e M3 são utilizados como “memória”, ou seja, quando eles forem acionados, todos os blocos com a mesma nomenclatura se tornam de NA para NF ou de NF para NA.

Na linha 004, tem-se um bloco T1, que é um temporizador, que quando acionado ele começara a contar um tempo pré-determinado, e logo após este período, todos os blocos com a mesma nomenclatura mudarão os seus estados de NA para NF ou de NF para NA.

Assim, com esta lógica de programação, comandara a contactora que alimentara a carga com a energia da concessionária de energia elétrica.

Para emergência, utilizaram-se 4 linhas de comando, conforme mostra a figura 3 a seguir, para comandar a contactora que será utilizada para alimentar a carga com a energia gerada pelo grupo gerador

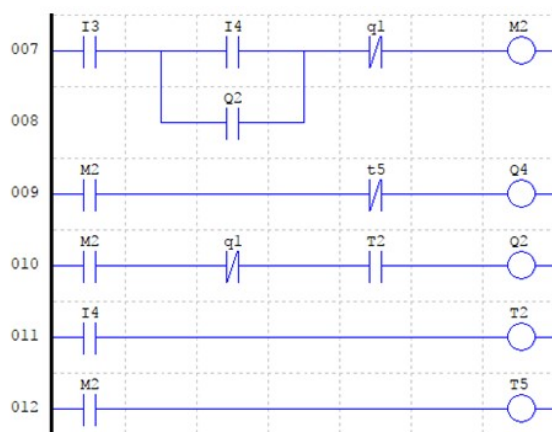


Figura 36 - Circuito comando do gerador

Fonte: Elaborado pelo autor



A figura 3 mostra I3 e I4, são sinais que o controlador receberá como entrada, com o mesmo princípio de funcionamento que a figura 2 mostra. Quando I3 e I4 recebem algum sinal, eles deixam a passagem de corrente para o restante do circuito. Mas este tem uma pequena diferença que é a saída Q4, trata-se de uma saída exclusiva para o acionamento do gerador que dura 3 segundos e depois ela é desligada.

Para controlar o sistema em horário de ponta, foi utilizado um bloco R1, que nada mais é que um timer, que controlará os seus blocos NA e NF quando acionado. A figura 4 mostra a utilização do bloco R1.



Figura 37 - Circuito comando do gerador para horário de ponta

Fonte: Elaborado pelo autor

O bloco de comando R1 ou timer será acionado, sempre que tiver um sinal de entrada em I1, ou seja, sempre que a carga esteja sendo alimentada pela energia da concessionária de energia. Como ele é um timer, ele fechará os seus blocos NA e abrirá os blocos NF, quando a carga estiver sendo alimentada pela concessionária e no seu período de funcionamento pré estabelecido pelo usuário, que neste caso ele estará em modo ON das 18h00min até as 21h00min, conforme mostra a figura 5.

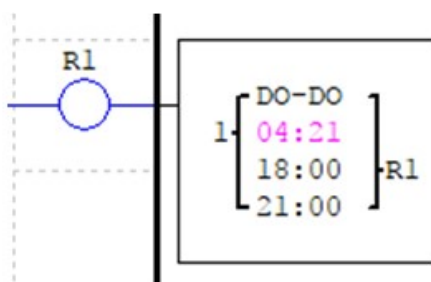


Figura 38 - Temporizador para horário de ponta

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, no período das 18h00min até as 21h00min, o seu bloco NF que está na linha 004, interromperá a passagem decorrente para a saída Q1, desta forma, interromperá a alimentação da carga pela energia da concessionária de energia. Dentro deste período, ele também, fechará o seu bloco NA que está na linha 013, permitindo assim uma saída em Q3. Esta saída Q3, acionará uma contactora auxiliar, que mandará um sinal de entrada em I3 e I4 e consequentemente, alimentarem a carga com energia do gerador.

#### c) Entradas

Todo o sistema de comando, contará com duas contactoras auxiliares que iram fazer todo o sistema de sinais 24VCC+ para as entradas no CLP. As contactoras auxiliares serão chamadas de K1AUX e K2AUX.

Para a entrada I1, utilizou-se um contato NA de uma das contactoras auxiliares, conforme mostra a figura 6.

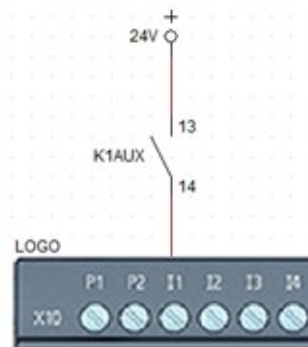


Figura 39 - Entrada I1

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, quando a K1AUX estiver energizada, o contato 13 e 14 fechará, e o CLP receberá um sinal de entrada em I1.

Para a entrada I2, utilizou-se um contato NA de K1AUX e um contato NF de Q2, onde Q2 representa a contactora responsável pela alimentação da carga pelo gerador. Este contato de Q2 serve como um intertravamento mecânico para o sistema não completar a ligação, fechando um curto circuito. A figura 7 ilustra como o CLP recebe o sinal de entrada em I2.

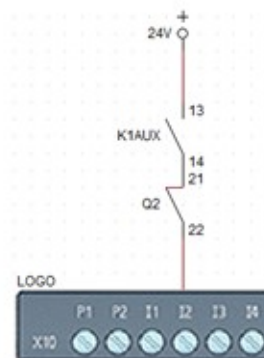


Figura 40 - Entrada I2

Fonte: Elaborado pelo autor

Para I3, uma das entradas responsáveis pelo acionamento da contactora que alimentará a carga pelo gerador projetou-se o seguinte circuito, conforme mostra a figura 8.

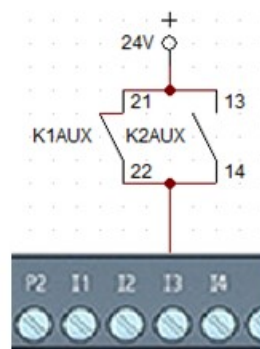


Figura 41 - Entrada I3

Fonte: Elaborado pelo autor

Onde, só receberá o sinal de entrada quando K1AUX estiver desenergizada ou quando K2AUX estiver energizada. A K2AUX, só será energizada quando estiver em horário de ponta, ou seja, entre as 18h00m e 21h00mi, esta contactora é responsável exclusivamente para esta funcionalidade.

Para I4, que é a segunda entrada que é responsável pela alimentação da carga pelo gerador, foi feito o seguinte circuito, conforme ilustra a figura 9.

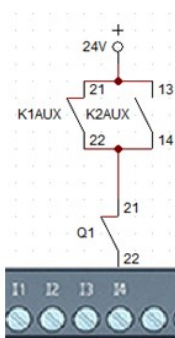


Figura 42 - Entrada I4

Fonte: Elaborado pelo autor

Com o mesmo sistema de funcionamento de I3, a I4 tem um intertravamento em Q1, que é a contactora responsável pela alimentação da carga pela energia da concessionária de energia. Este intertravamento serve como proteção do sistema para evitar a energização do sistema de emergência com a rede, provocando um curto circuito.

Para a entrada I5, a entrada responsável pelo controle do sistema em horário de ponta, será da seguinte forma, conforme ilustra a figura 10.

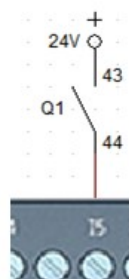


Figura 43 - Entrada I5

Fonte: Elaborado pelo autor

Como I5 controlará quando o gerador deve entrar no sistema para alimentar a carga em horário de ponta, utilizou-se para isto, um contato NA de Q1, onde Q1 é a contactora responsável pela alimentação da carga pela concessionária, ele só estará ativado quando Q1 estiver energizado.

#### d) Saídas

As saídas são mais simples que as entradas. As saídas funcionam como um interruptor, que quando acionadas pelo programa, fecham o seu contato NA, deixando passar corrente elétrica [6].

Sabendo este conceito de saídas, dimensionaram-se as saídas da seguinte forma:

- Saída Q1 - aciona a bobina da contactora K1, responsável pela alimentação da carga pela concessionária de energia
- Saída Q2 – aciona a bobina da contactora K2, responsável pela alimentação da carga pelo gerador
- Saída Q3 – aciona a bobina de a contactora auxiliar K2AUX responsável pelo comando em horário de ponta.

- Saída Q4 – aciona o grupo gerador.

Como se tem quatro contactoras no protótipo, uma contactora auxiliar será acionada sempre que tiver energia da concessionária de energia disponível. A figura 11, mostra como foi feita a ligação na saída Q1.

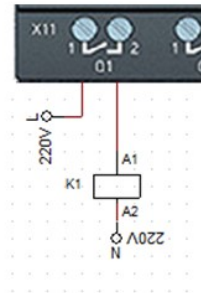


Figura 44 - Saída Q1

Fonte: Elaborado pelo autor

Onde L e N, representam a alimentação da energia da concessionária de energia, K1 a bobina da contactora responsável pela alimentação da carga pela concessionária de energia e Q1 a saída do CLP.

A saída Q2, foi dimensionada pelo mesmo princípio de Q1. A figura 12 mostra o circuito de Q2.

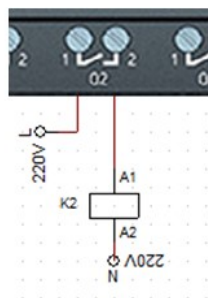


Figura 45 - Saída Q2

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste caso, a alimentação L e N, serão do grupo gerador e K2 representa a bobina da contactora responsável pela alimentação da carga pelo grupo gerador.

Já a saída Q3, aciona a bobina da contactora responsável pelo circuito de comando para o sistema trabalhar em horário de ponta. Ver figura 13.

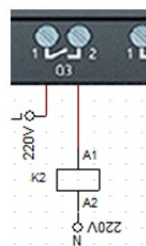


Figura 46 - Saída Q3

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste caso, a alimentação L e N, serão da energia da concessionária de energia, pois o sistema alimentara esta

bobina se a carga tiver sendo alimentada pela concessionária de energia, caso contrário esta saída não acionará.

A saída Q4, é responsável pelo acionamento no grupo gerador. Esta saída ficará acionada por 3 segundos (ou até o gerador ligar e entrar em regime) e depois se desativa. A figura 14 mostra o esquema de ligação desta saída.

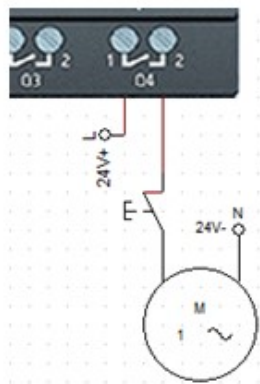


Figura 47 - Saída Q4

Fonte: Elaborado pelo autor

#### IV. MATERIAIS E CONSTRUÇÃO

Para a construção do protótipo foram utilizados os seguintes materiais:

- 2 disjuntores DIN de 32ª
- 2 contactoras 220V
- 2 contactoras auxiliares 220V
- 15 metros de fio 0,75 mm<sup>2</sup>
- 10 metros de cabo PP 4 vias 2,5 mm<sup>2</sup>
- 3 metros de cabo PP 2 vias 1,5 mm<sup>2</sup>
- 1 barra de caneleira ventilada de 2 cm
- 1 caixa plástica multiuso de 350 x 260 x 170 mm
- 3 prensa cabo de 3/4"
- 1 prensa cabo de 1/2"
- 1 metro de barra de trilho para disjuntor DIN;
- Parafusos com porca e arruela
- 1 CLP modelo CLW – 02/HR-D da WEG (24 V)
- Fita isolante
- 3 conectores bornes 4 mm<sup>2</sup>
- 1 conector borne para neutro 4 mm<sup>2</sup>
- 1 conector borne para terra 4 mm<sup>2</sup>
- 1 porta fusível com fusível de 2 A
- 2 Lâmpadas de sinalização verde 220V
- 1 lâmpada de sinalização vermelha 24 V

Em um primeiro momento, mediu-se, cortou-se e fixou os trilhos na caixa multiuso e logo após fixando os disjuntores e as contactoras na caixa. Assim, foi feito dois furos na parte de cima da caixa e um no centro da parte de baixo, para a fixação dos prensa cabos. Conforme mostra figura 15.

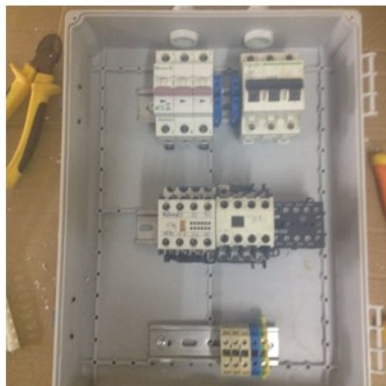


Figura 48 - Designe do protótipo

Fonte: Elaborado pelo autor

Em um segundo momento, foi medido, cortado e fixado a canaleta ventilada entre os espaços da caixa, para a passagem dos cabos de força e comando. Com as canaletas fixadas e os presa-cabos nos seus devidos lugares, foi feito o circuito de força, conforme mostra a figura 16 abaixo.

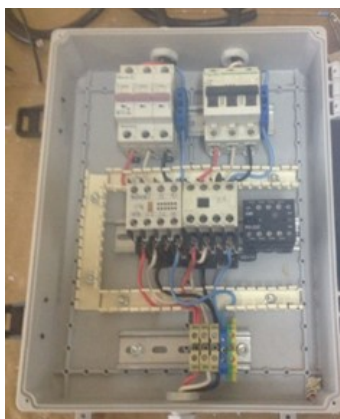


Figura 49 - Circuito de força

Fonte: Elaborado pelo autor

Com o circuito de força pronto, fixou-se as lâmpadas de sinalização na porta da caixa e fez-se o furo para a fixação do CLP. Conforme mostra figura 17.

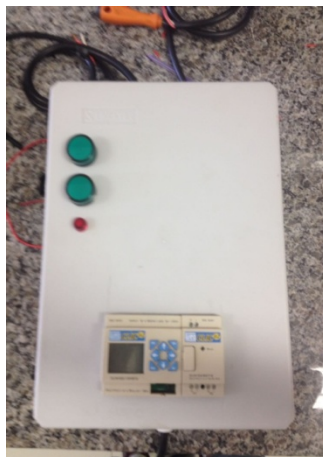


Figura 50 - Tampa Frontal

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, colocou-se o fusível na lateral na caixa para a fixação do fusível que servirá como proteção para o CLP. Então com todos os componentes fixados a caixa, fez-se o circuito de comando com fio vermelho de 0,75 mm<sup>2</sup>, conforme mostra a figura 18.

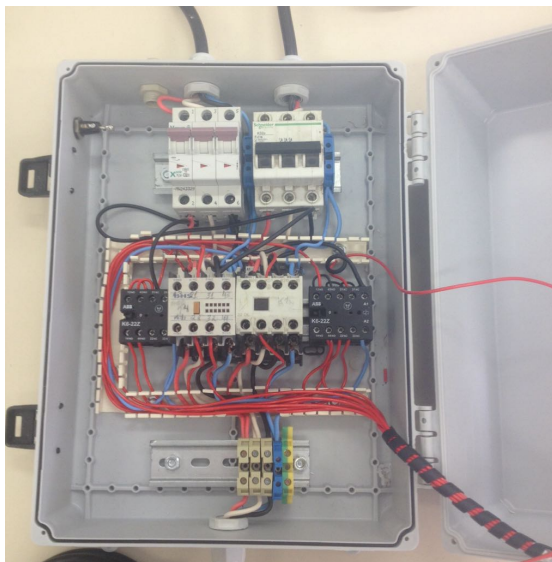


Figura 51 - Circuito de comando

Fonte: Elaborado pelo autor

Onde, no centro da caixa, estão as contactoras de força em branco e as auxiliares em preto, na parte superior os disjuntores e na parte inferior os bornes para a conexão da carga que será alimentada.

## V. CONCLUSÕES

Viu-se que o sistema elétrico tem ampla aplicação em locais onde a energia elétrica é fundamental para o seu funcionamento, em hospitais e frigoríficos, por exemplo, a energia elétrica é fundamental para determinados setores e sua utilização é de extrema importância. Assim, este sistema previne a falta de alimentação de energia da concessionária, colocando um gerador em sua substituição em casos de emergências de falta de energia. O sistema também pode ser utilizado em locais, onde é indispensável o uso de energia elétrica em horários de ponta, devido à alta tarifação nestes horários, pode ser que para determinados usos, a substituição da energia da concessionária por um gerador em horários de ponta, pode-se resultar em uma alta economia em sua conta de luz.

Deve-se destacar como uma limitação deste trabalho, que é a situação em que o sistema está utilizando o gerador para alimentar a carga, seja em caso de emergência ou em caso de horário de ponta, e o sistema passa de alimentar a carga do gerador para a energia da concessionária, neste processo de troca de alimentação, a carga fica sem energia por alguns segundos até o sistema fazer a troca, assim, sempre que passa de gerador para concessionária há uma “pausa” na alimentação na carga, podendo ocorrer danos nos equipamentos elétricos que estão sendo utilizados. Para resolver este problema, basta colocar um relé de sincronia de fase e frequência, para colocar em sincronia a energia da concessionária com o gerador, assim o sistema ficaria em paralelo com a rede e não seria necessária esta “pausa” na troca de alimentação do gerador para a rede. O mesmo acontece em horário de ponta. Assim, com a implementação deste relé, basta regular os temporizadores, já existentes no programa, para fazer com que, o gerador e a rede entrem em paralelo quando a houver a sincronia entre as fases dos mesmos.

Em geral, o sistema comportou-se seguro, onde se tem intertravamentos internos na programação do CLP e intertravamentos mecânicos entre as contactoras, assim, evita-se um possível curto-circuito entre as fases do sistema. Como o sistema não precisa de um operador, para fazer a mudança de alimentação da carga, o sistema se torna seguro em relação aos

usuários, onde a manutenção seria só a cada 12 meses para apertar seus terminais.

#### REFERENCIAS

- [1] GOEKING, Weruska. **Da máquina a vapor aos softwares de automação**. 2010.
- [2] DORF, Richard C. Bishop, Robert. **Sistemas de Controle Moderno**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- [3] SILVEIRA, Paulo R. da SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto**. São Paulo: Editora Érica, 2010.
- [4] PEREIRA, R. M.; SPRITZER, I. M. P. **Automação e Digitalização em energia elétrica: um estudo de caso**. Paraná, 2008.
- [5] GEORGINI, M. **Automação Aplicada Descrição e Implementação de Sistemas Seqüenciais com CLPs**. 6. ed. São Paulo: Editora Erica 2006.
- [6] SILVA, Marcelo Eurípedes. **Apostila de Automação Industrial**. Piracicaba, 2005
- [7] NETALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. 3º Ed. São Paulo: Editora Érica, 1998.
- [8] FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos Elétricos**. São Paulo: Editora Érica, 2008.
- [9] FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. São Paulo: Érica, 2008.
- [10] SILVEIRA, Paulo R. da SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto**. São Paulo: Editora Érica, 2010.