CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE

CÉSAR ADRIANO ALIEVI

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM UTILIZAÇÃO DE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Novo Hamburgo, dezembro de 2008.

CÉSAR ADRIANO ALIEVI

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM UTILIZAÇÃO DE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Centro Universitário Feevale
Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas
Curso de Ciência da Computação
Trabalho de Conclusão de Curso

Professor Orientador: Roberto Affonso Schilling

Novo Hamburgo, dezembro de 2008.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a minha esposa, Marina S. Alievi e filho William S. Alievi, por todo apoio e compreensão dispensados durante todo o período do curso, sem os quais jamais teria chegado até aqui.

A Deus por não ter permitido que eu fraquejasse durante toda esta jornada.

Ao meu professor orientador, Roberto Affonso Schilling, que sempre esteve presente me apoiando e dando dicas.

Aos meus amigos Fernando Rafael Stahnke e Verônica Karling que sempre estiveram comigo qualquer que fosse a hora.

RESUMO

É situação muito comum, encontrada em várias residências brasileiras, o uso de diversos sistemas independentes de automação, totalmente controlados por seus proprietários, que além de gerar confusões e esquecimentos quanto a seus acionamentos, podem com isto acarretar possíveis desperdícios de energia elétrica e de água potável. Em muitos destes lares o conforto, bem como a segurança da residência e de seus moradores também é deixado em segundo plano, muitas vezes expondo assim seus moradores a riscos desnecessários. A proposta deste projeto é oferecer uma solução a alguns destes problemas aqui apresentados, com um método bastante difundido e consolidado nas indústrias, a automação com a utilização de um Controlador Lógico Programável (CLP), programado em linguagem *ladder*; operando sistemas de iluminação, alarmes tanto de segurança patrimonial quanto de incêndio, controles de eletro-eletrônicos, climatização de ambientes, acionamento de movimentador de portão, irrigação de jardins, abertura de persianas, aeração de aquário, entre outros automatismos que durante a elaboração desde trabalho de conclusão venham a ter a sua viabilidade possibilitada. Pretende-se propor com a adoção do CLP e de sensores discretos, que os controles destes sistemas venham a ter um custo mais acessível que os atuais sistemas de automação residencial, sem que haja a necessidade de interfaces gráficas mais elaboradas e um computador dedicado ao sistema em tempo integral.

Palavras-chave: CLP, automação residencial, *ladder*.

ABSTRACT

It is very common situation, found in several Brazilian residences, the use of several independent systems of automation, totally controlled by their proprietors, that besides generating confusions and forgetfulness as for their actuation, they can with this to cart possible electric power wastes and of drinking water. In many of these homes the comfort, as well as the safety of the residence and of their residents it is also left in second plan, a lot of times exposing like this their residents to unnecessary risks. The proposal of this project is to offer a solution here to some of these problems presented, with a quite spread method and consolidated in the industries, the automation with the use of a Programmable (PLC) Logical Controller, programmed in language ladder; operating illumination systems, alarms as much of patrimonial safety as of fire, controls of electro-electronic, acclimatization of atmospheres, actuation of gate movements, irrigation of gardens, opening of curtains, aquarium aeration, among other automatisms that during the elaboration of this conclusion work may have its viability possible. It intends to propose, with the adoption of PLC and of discrete sensors, that the controls of these systems may have a more accessible cost than the current systems of residential automation, without there is the need of more elaborated graphical interfaces and a computer dedicated to the system in integral time.

Key words: CLP, residential automation, ladder.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1– Arquitetura Centralizada 17
Figura 1.2 – Arquitetura Descentralizada 18
Figura 2.1 – Ciclo de processamento do CLP 22
Figura 2.2 – Comparação entre quadros de relés a esquerda e o quadro de CLP a direita. 24
Figura 2.3 – CLP Bosch Rexroth L40 26
Figura 2.4 – CLP SIMATIC S7-400 27
Figura 2.5 – CLP Modicom Premium 27
Figura 2.6 – CLP WEG Linha TPW-03 28
Figura 2.7 – CLP SIMATIC S7-200 28
Figura 2.8 – CLP Twido - TWD 28
Figura 2.9 – CLP WEG Clic-02 30
Figura 2.10 – CLP LOGO 30
Figura 2.11 – CLP Zelio Logic – SR2 / SR3 30
Figura 2.12 – Exemplo de programa em *ladder* 31
Figura 2.13 – Exemplo de Lista de Instruções 32
Figura 2.14 – Exemplo de linha de programação em Texto Estruturado 32
Figura 2.15 – Exemplo de Diagrama de Bloco de Funções 33
Figura 3.1 – Contato normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF) 36
Figura 3.2 – Contato (NA) e (NF), com retenção 36
Figura 3.3 – Chave de impulso (2 NA + 2 NF), chave de trava (2 NA +1 NF) 37
Figura 3.4 – Chave fim de curso e suas principais partes 38
Figura 3.5 – Configurações de contatos de fim de curso 38
Figura 3.6 – Exemplos de sinal digital e analógico 39
Figura 3.7 – Sensores de proximidade indutivos 40
Figura 3.8 – Diagrama de blocos de um sensor indutivo 40

Figura 3.9 – Descrição do funcionamento de sensores indutivos 41
Figura 3.10 – Relação entre o sinal no oscilador e sua saída 41
Figura 3.11 – Sensores de proximidade capacitivos 43
Figura 3.12 – Sensor de proximidade capacitivo 43
Figura 3.13 – Sensor de proximidade capacitivo 44
Figura 3.14 – Descrição do funcionamento de sensores capacitivos 44
Figura 3.15 – Relação entre o sinal no oscilador e sua saída 45
Figura 3.16 – Comparativo entre eficiências dos LEDs infravermelho e visível. 47
Figura 3.17 – Uso das lentes no LED e no fotodetector. 47
Figura 3.18 – Sensores ópticos do tipo barreira. 48
Figura 3.19 – Sensor de presença com minuteria Exatron 49
Figura 3.20 – Sensores LDR 49
Figura 3.21 – Sensor de foto-diodo 50
Figura 3.22 – Foto-transistor 50
Figura 3.23 – Sensor ultra-sônico. 51
Figura 3.24 – Diagrama de blocos de um sensor ultra-sônico 51
Figura 3.25 – Resistores de temperatura 52
Figura 3.26 – Curva de resistência dos sensores NTC 52
Figura 3.27 – Diodo de silício 53
Figura 3.28 – Reta de representação do diodo 53
Figura 3.29 – Imagem de um termopar 53
Figura 3.30 – Tacogerador 54
Figura 3.31 – Sensor de lâminas 54
Figura 3.32 – Acionamento por imã do sensor de lâminas 54
Figura 3.33 – Relés de estado sólido 56
Figura 3.34 – Simbologia multifilar de contator 56
Figura 3.35 – Partes constituintes básicas de um contator 56
Figura 3.36 – Exemplo de um contator 57
Figura 3.37 – Exemplo de uma válvula proporcional 57
Figura 5.1 – Tela de edição do LOGO SOFTCONFORT 62
Figura 5.2 – Tela de simulação do LOGO SOFTCONFORT 65
Figura 5.3 – Sistema de automação de portão de contrapeso 67
Figura 5.4 – Sistema de alarme de segurança patrimonial 69
Figura 5.5 – Sistema de iluminação externa 71

Figura 5.6 – Sistema de iluminação interna _____ 73
Figura 5.7 – Sistema de stand-by da sala de estar e sistema de irrigação de jardim _____ 76
Figura 5.8 – Sistema de segurança residencial contra incêndio _____ 78

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 Comparativo entre modos de representação de lógica binária. _____ 25
Tabela 2-2 GRAFCET tecnológico e SFC do Zelio Logic 2 _____ 34
Tabela 5-1 Código das entradas do CLP e designações _____ 63
Tabela 5-2 Código das saídas do CLP e designações _____ 64
Tabela 5-3 Preços médios de mercado _____ 79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	*Associação Brasileira de Normas Técnicas*
A/D	*Analógico/Digital*
CA	*Corrente Alternada*
CC	*Corrente Continua*
CLP	*Controlador Lógico Programável*
CPU	*Central Processing Unit*
D/A	*Digital/Analógico*
DIN	*Deutsches Institut für Normung*
DVD	*Digital Vídeo Disc*
EEPROM	*Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*
EPROM	*Electrically Programmable Read Only Memory*
FBD	*Function Block Diagram*
FEM	*Força Eletromotriz*
GM	*General Motors*
GRAFCET	*Graphe Fonctionnel de Commande, Etapes Transitions*
IEC	*International Electrotechnical Commission*
IHM	*Interface Homem/Máquina*
LD	*Ladder Diagram*
LED	*Light Emitting Diode*
LDR	*Light Dependent Resistor*
NA	*Normalmente Aberto*
NC	*Normally Close*
NEMA	*National Electrical Manufactures Association*
NF	*Normalmente Fechado*

Ni - Ca	*Nickel – Cadmium*
NO	*Normally Open*
NTC	*Negative Temperature Coeficient*
PLC	*Programmable Logic Control*
PTC	*Positive Temperature Coeficient*
PROM	*Programmable Read-Only Memory*
RAM	*Random Access Memory*
SCR	*Silicon Controled Rectifier*
SFC	*System Function Chart*
TRIAC	*Triode for Alternating Current*
VCA	*Volt Corrente Alternada*
VCC	*Volt Corrente Contínua*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 14

1 DOMÓTICA 16

1.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DOMÓTICOS 16
1.1.1 Arquitetura Centralizada 17
1.1.1.1 Vantagens das Arquiteturas Centralizadas 17
1.1.1.2 Desvantagens das Arquiteturas Centralizadas 17
1.1.2 Arquitetura Descentralizada 17
1.1.2.1 Vantagens das Arquiteturas Descentralizadas 18
1.1.2.2 Desvantagens das Arquiteturas Descentralizadas 18

2 DESCRIÇÕES ACERCA DE CLP 19

2.1 HISTÓRIA DO CLP 19
2.2 GERAÇÕES DE CLP 20
2.3 MÓDULOS DE ENTRADAS E SAÍDAS 21
2.4 ESTRUTURA BÁSICA DE UM CLP 22
2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE CLPS 23
2.6 LÓGICA E SIMBOLOGIA BINÁRIA 25
2.7 TIPOS E FABRICANTES DE CLPS 25
2.7.1 CLPs de grande porte 26
2.7.2 CLPs de médio porte 27
2.7.3 CLPs de pequeno porte 29
2.8 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO DE CLPS 30
2.8.1 Linguagem *Ladder* 31
2.8.2 Lista de Instruções 32
2.8.3 Texto Estruturado 32
2.8.4 Diagrama de Blocos de Funções 33
2.8.5 Seqüenciamento Gráfico de Funções 33

3 SENSORES E ATUADORES PARA CLP 35

3.1 SENSORES 35
3.1.1 Chaves 35
3.1.1.1 Chave tipo botoeira 36
3.1.1.2 Chave fim de curso 37
3.1.2 Sensores de proximidade 39
3.1.2.1 Sensores de proximidade indutivos 39
3.1.2.2 Sensores de proximidade capacitivos 42
3.1.3 Sensores Ópticos 46

3.1.3.1 Sensores Ópticos do tipo barreira (feixe direto) 47
3.1.3.2 Sensores de presença 48
3.1.3.3 Sensores de luz LDR 49
3.1.3.4 Sensores de luz foto-diodo 49
3.1.4 Sensores ultra-sônicos 50
3.1.5 Sensores de temperatura 51
3.1.5.1 Sensores de temperatura NTC e PTC 52
3.1.5.2 Sensores de temperatura baseados em diodo 52
3.1.5.3 Sensores de temperatura tipo termopar 53
3.1.6 Sensores de movimento 54
3.1.6.1 Sensor de movimento tipo taco-gerador 54
3.1.6.2 Sensor de movimento baseado em *reed-switch* 54
3.2 ATUADORES PARA CLP 55
3.2.1 Saídas digitais 55
3.2.1.1 Relés de estado sólido 55
3.2.1.2 Contatores 56
3.3 SAÍDAS ANALÓGICAS 57
3.3.1 Válvulas proporcionais 57
4 SOLUÇÕES EM AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL 58
4.1 PROJETO *SMART HOUSE* 58
4.2 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO INSTABUS 60
5 DESCRIÇÃO DE FUNCIONAMENTO DAS AUTOMATIZAÇÕES PROPOSTAS 62
5.1 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE PORTÃO DE CONTRAPESO 66
5.2 SISTEMA DE ALARME DE SEGURANÇA PATRIMONIAL 68
5.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EXTERNA 70
5.4 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO INTERNA 72
5.5 SISTEMA DE *STAND-BY* DA SALA DE ESTAR 75
5.6 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE JARDIM 75
5.7 SISTEMA DE SEGURANÇA RESIDENCIAL CONTRA INCÊNDIO 77
5.8 TABELA DE PREÇOS DOS PRINCIPAIS COMPONENTES PARA A AUTOMAÇÃO 79
CONSIDERAÇÕES FINAIS 80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 82

INTRODUÇÃO

Com proposta de melhorar a qualidade de vida, aumentar a segurança, bem estar, redução nos afazeres domésticos, bem como diminuição de custos, surgiu a domótica, termo que, é uma fusão da palavra latina *domus* (casa) e do moderno, robótica. A domótica, que também pode ser referenciada por expressões como *smart building*, *intelligent building*, edifícios inteligentes, é um novo domínio de aplicação tecnológica, tendo como objetivo básico melhorar a qualidade de vida, reduzindo o trabalho doméstico, aumentando o bem estar e a segurança de seus habitantes. Visa também uma utilização racional e planejada dos diversos meios de consumo. A domótica procura uma melhor integração através da automatização nas áreas de segurança, de comunicação e de controle, e gestão de fluidos (Vecchi, Ogata, 1999).

A domótica tem interessado aos clientes pessoas físicas, assim deixando de ser uma área exclusivamente das empresas do ramo da construção, cada vez mais oferecendo soluções, proporcionando maior conforto, segurança e também a redução nos gastos de energia elétrica e água potável.

A proposta deste trabalho, no entanto é fugir dos sistemas domóticos clássicos com alto valor de projeto e instalação, projetando um sistema de automação residencial de baixo custo. Seu projeto baseado em conceitos difundidos nas indústrias, com a utilização de um CLP, sensores e atuadores discretos, de fácil aquisição junto ao mercado, que atuarão na supervisão, controle e monitoramento de equipamentos, como ares-condicionados, sistemas de iluminação, sistemas de irrigação de jardins, entre outros automatismos possíveis.

Capítulo 1 será apresentado uma breve descrição do que vem a ser domótica e a classificação dos sistemas domóticos, quanto ao seu tipo de arquitetura, vantagens e inconvenientes destas arquiteturas.

Capítulo 2 será apresentado a evolução do CLP, características, vantagens e desvantagens em soluções com uso do CLP, lógica e simbologia binária básica, bem como alguns fabricantes de CLP, alguns de seus modelos e exemplos de linguagens de programação de CLPs.

Capítulo 3 será descrito alguns tipos de sensores e atuadores comumente utilizados em projetos de automação com uso de CLPs.

Capítulo 4 será descrito algumas soluções de automatismos residenciais já existentes, com diferentes sistemas.

Capítulo 5 será comentado sobre o *software* que será utilizado no desenvolvido do projeto de automação proposto neste trabalho de conclusão, bem como a descrição do funcionamento do sistema de automatização, aqui proposto.

1 DOMÓTICA

A domótica é uma tecnologia que permite a gestão de todos os recursos prediais. O termo domótica resulta da junção da palavra *domus* (casa) com robótica (controle automatizado de algo). É este último elemento que rentabiliza o sistema, simplificando a vida diária das pessoas, satisfazendo as suas necessidades de comunicação, de conforto e segurança. Quando a domótica surgiu, com os primeiros edifícios, nos anos 80, pretendia-se controlar a iluminação, condições climáticas, a segurança e a interligação entre os três elementos (WIKIPEDIA, 2008a). Nos nossos dias, a idéia base é a mesma. A diferença é o contexto para o qual o sistema está pensado, não um contexto militar ou industrial, mas doméstico. Apesar de ainda ser pouco conhecida e divulgada, mas pelo conforto e comodidade que pode proporcionar, a domótica promete vir a ter muitos adeptos (WIKIPEDIA, 2008a).

Desta forma permite o uso de dispositivos para automatizar as rotinas e tarefas de uma casa. Normalmente são feitos controles de temperatura ambiente, iluminação e som, distinguindo dos controles normais por ter uma central que comanda tudo, que pode ser acoplada a um computador e/ou internet (WIKIPEDIA, 2008a). Este novo ramo da tecnologia tem o objetivo básico de melhorar a qualidade de vida, reduzir o trabalho doméstico e aumentar o bem estar e segurança. Estando esta tecnologia cada vez mais presente na construção de edifícios, residenciais e também em rede de serviços externos.

1.1 Classificação dos sistemas domóticos

A arquitetura de um sistema domótico, como qualquer sistema de controle, especifica a forma como os diferentes elementos do sistema de controle vão se localizar. Existem duas arquiteturas básicas, arquitetura centralizada e distribuída.

1.1.1 Arquitetura Centralizada

Em um sistema de domótica com arquitetura centralizada, um controlador centralizado, envia as informações para os atuadores e interfaces segundo o programa, a configuração e as informações que recebe dos sensores, sistemas interconectados e as ações dos usuários (CASADOMO, 2008). Na Figura 1.1 é possível de ser observada esta arquitetura.

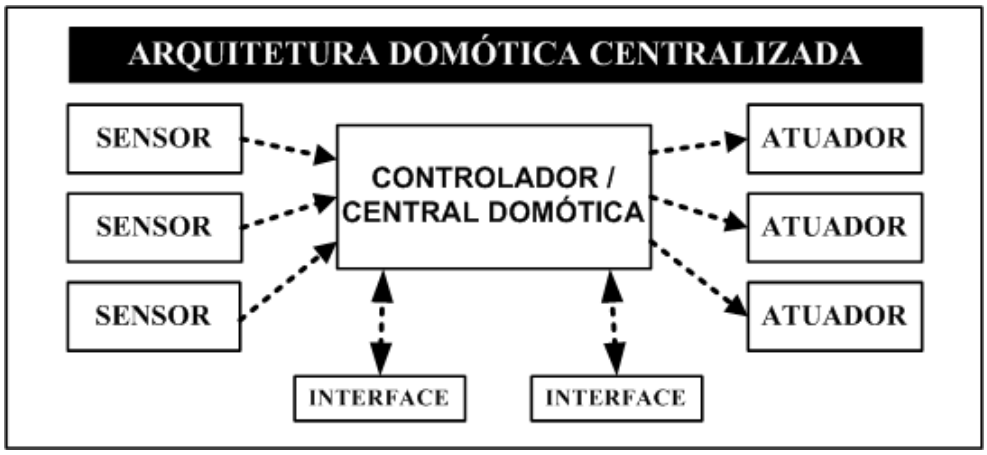


Figura 1.1– Arquitetura Centralizada
Fonte: CASADOMO (2008)

1.1.1.1 Vantagens das Arquiteturas Centralizadas

Montagens mais baratas. Este aspecto pode ser incerto, pois a princípio a montagem deve ser complementada com o custo de uma instalação mais complicada. E um fator muito importante, caso não seja bem escolhido o CLP, são os custos de instalação de grandes quadros equipados por relés de potência, uma vez que existem controladores que são incapazes de comutar cargas elétricas potentes (DÍAZ, PARDO, PULIDO, 2001).

1.1.1.2 Desvantagens das Arquiteturas Centralizadas

Grande quantidade de cabeamento, centralização das funções, complicado interfaceamento homem-máquina, não corresponde com a filosofia dos sistemas domóticos, muitos sistemas são executados com CLPs, outros sistemas não possuem *bus* de comunicação, inexistência de comunicação entre equipamentos (DÍAZ, PARDO, PULIDO, 2001).

1.1.2 Arquitetura Descentralizada

Em um sistema domótico com arquitetura descentralizada, existem vários controladores, interconectados por um *bus*, que envia informação entre eles e aos atuadores e

as *interfaces* conectadas aos controladores, segundo o programa, a configuração e a informação que recebe dos sensores, sistemas interconectados e as ações dos usuários (CASADOMO, 2008). É possível observar como é esta arquitetura na Figura 1.2.

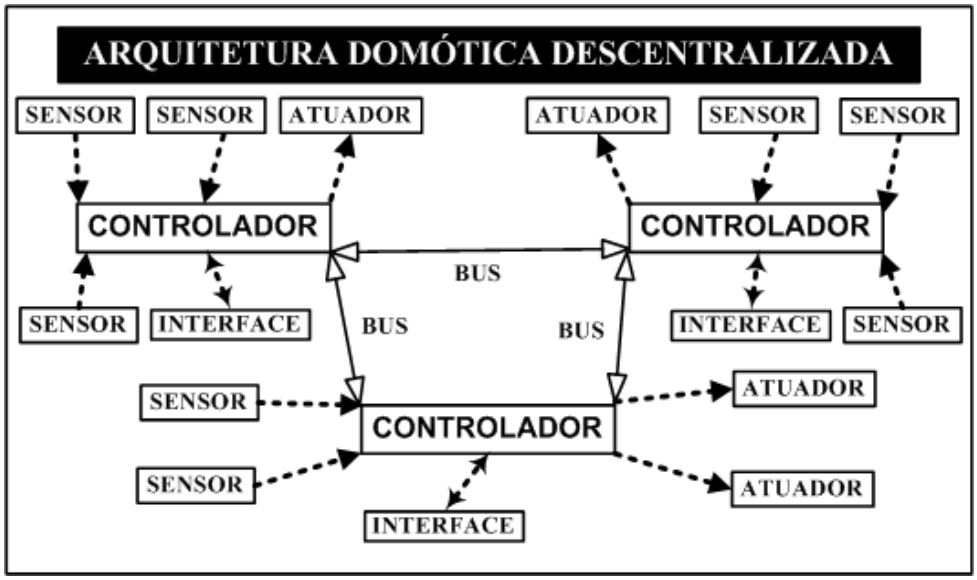


Figura 1.2 – Arquitetura Descentralizada
Fonte: CASADOMO (2008)

1.1.2.1 Vantagens das Arquiteturas Descentralizadas

Sistemas robustos a falhas, fácil desenho das instalações, grande facilidade de uso, cumpre com todos os requisitos que um sistema domótico deve ter (DÍAZ, PARDO, PULIDO, 2001).

1.1.2.2 Desvantagens das Arquiteturas Descentralizadas

Dependendo do sistema empregado pode haver uma má relação do ponto controlado em relação ao seu preço.

Custo de integração mais elevado em função das tecnologias empregadas.

2 DESCRIÇÕES ACERCA DE CLP

Segundo a ABNT, o Controlador Lógico Programável é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais e residenciais.

Conforme Wikipedia (2008b), a norma NEMA interpreta o CLP, como sendo um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e implementar funções específicas, tais como lógica, seqüenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

2.1 História do CLP

Até o final da década de 60, painéis de relés e contatores, dominavam as linhas de manufatura controlando suas operações. Eram painéis grandes e com custos elevados, onde qualquer alteração de suas funcionalidades ou objetivos principais, por eles desempenhado era um desafio, além de demandarem muito tempo e dinheiro.

Diante desse cenário, objetivando eliminar essas desvantagens, em 1968, sob a liderança do engenheiro Richard Morley a GM definiu, várias especificações para o desenvolvimento do primeiro controlador programável. Eram elas: facilidade de programação e reprogramação; facilidade de manutenção e reparos, preferencialmente com módulos *plug-ins*; capacidade de operação em ambientes industriais; com dimensões menores que o equivalente em relé; possuísse capacidade de comunicação com um sistema central de dados e que tivessem um custo competitivo frente os painéis de relé e contatores (PETROVCIC, 2007).

No ano de 1968, após o desenvolvimento do primeiro CLP para a GM, baseado em componentes discretos, em 1971 começaram as primeiras aplicações fora da indústria automobilística. Em 1975 houve a introdução do controlador analógico nos CLPs, em 1977

houve a implementação do CLP com microprocessadores em lugar de componentes discretos, e de 1978 em diante, CLPs ganham larga aceitação na indústria (NATALE, 2003).

Com o atendimento aos requisitos prescritos por Richard Morley o CLP começou a substituir rapidamente os painéis de relé, dominando a área de controle de processos na indústria.

2.2 Gerações de CLP

Conforme Wikipédia (2008b), pode-se didaticamente dividir os CLPs historicamente de acordo com o sistema de programação por ele utilizado:

1ª. Geração: Os CLPs de primeira geração caracterizavam-se pela programação intimamente ligada ao *hardware* do equipamento. A linguagem utilizada era o *Assembly* que variava de acordo com o processador utilizado no projeto do CLP, ou seja, para poder programar era necessário conhecer a eletrônica do projeto do CLP. Assim, a tarefa de programação era desenvolvida por uma equipe técnica altamente qualificada, gravando-se o programa em memória EPROM, sendo realizada normalmente no laboratório junto com a construção do CLP.

2ª. Geração: Aparecem as primeiras Linguagens de Programação não tão dependentes do *hardware* do equipamento, possíveis pela inclusão de um Programa Monitor no CLP, o qual compilava as instruções do programa, verificava o estado das entradas, compara com as instruções do programa do usuário e altera o estado das saídas. Os Terminais de Programação (ou maletas, como eram conhecidas) eram na verdade Programadores de Memória EPROM. As memórias depois de programadas eram colocadas no CLP para que o programa do usuário fosse executado.

3ª. Geração: Os CLPs passaram a ter uma Entrada de Programação, onde um Teclado ou Programador Portátil era conectado, podendo alterar, apagar, gravar o programa do usuário, além de realizar testes de *hardware* e *software*. A estrutura física também sofrera alterações sendo a tendência para os Sistemas Modulares com Bastidores ou *Racks*.

4ª. Geração: Com a popularização e a redução dos preços dos microcomputadores, os CLPs passaram a incluir uma entrada para a comunicação serial. Com o auxílio dos microcomputadores a tarefa de programação passou a ser realizada nestes. As vantagens eram: a utilização de várias representações das linguagens, possibilidade de simulações e

testes, treinamento e ajuda por parte do *software* de programação, possibilidade de armazenamento de vários programas no microcomputador, etc.

5ª. Geração: Atualmente existe preocupação em padronizar protocolos de comunicação para CLPs, proporcionando assim ao equipamento de um fabricante conversar com o de outro, não só CLPs, como Controladores de Processos, Sistemas Supervisórios, Redes Internas de Comunicação. Proporcionando uma maior integração entre os sistemas, facilitando com isto o gerenciamento e desenvolvimento de plantas industriais flexíveis e normalizadas, fruto da chamada globalização. Existem organizações mundiais para o estabelecimento de normas e protocolos de comunicação.

Com o avanço da tecnologia e consolidação da aplicação dos CLPs no controle de sistemas automatizados, é freqüente o desenvolvimento de novos recursos dos mesmos.

2.3 Módulos de Entradas e Saídas

Os Controladores Lógicos Programáveis são classificados pelo seu porte em função do número de pontos de entrada e saída. Os Controladores Lógicos Programáveis de pequeno porte possuem até 128 pontos de entrada e saída. Os CLPs de médio porte possuem entre 128 e 512 pontos de entrada e saída, e os CLPs de grande porte possuem mais de 512 pontos de entrada e saída (BRUNE, 2005).

Um ponto de entrada é considerado o ponto onde um sinal é recebido a partir de um dispositivo, ou componente externo (SILVEIRA e SANTOS, 2002). O ponto de entrada pode ser digital ou analógico.

O ponto de entrada digital possui apenas dois estados: ligado ou desligado, enquanto que o ponto de entrada analógica pode interpretar mais de um sinal dependendo do número de bits usados pelo conversor A/D. Por exemplo, um conversor A/D de 10 bits possui 1024 estados. Um ponto de saída é um sinal controlado pelo CLP, o que significa que o CLP abre ou fecha os contatos de um relé (ou similar), permitindo acionar dispositivos ou componentes do sistema de controle (atuadores) (SILVEIRA e SANTOS, 1998). Um ponto de saída pode ser analógico ou digital. As saídas digitais possuem apenas dois estados, enquanto as saídas analógicas possuem mais de dois estados. O número de estados depende do número de bits usado pelo conversor D/A. Por exemplo, um conversor D/A de 8 bits permite 256 estados (níveis de tensão) na saída. Os pontos de saída digitais podem ser implementados por relés, transistores, ou ainda por SCR e TRIAC. Esses dispositivos são usados para acionar

lâmpadas, motores, solenóides, válvulas, etc. Os pontos analógicos de saída podem fornecer vários níveis de corrente como, por exemplo, 4 a 20mA, bem como de tensões citando como exemplo o valor de 0 a 10V (MORRISS, 1995).

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

O programa do CLP constitui a lógica que avalia a condição dos pontos de entrada e dos estados anteriores do CLP, executando as funções lógicas desejadas e acionando as saídas. O CLP lê ciclicamente os sinais dos sensores que são aplicados às suas entradas, transferindo-os para uma unidade de memória denominada memória de imagem. Estes sinais são associados entre si e aos sinais internos. Ao término do ciclo de varredura, os resultados são transferidos à memória imagem de saída e então aplicados aos terminais de saída. Este ciclo esta representado na Figura 2.1.

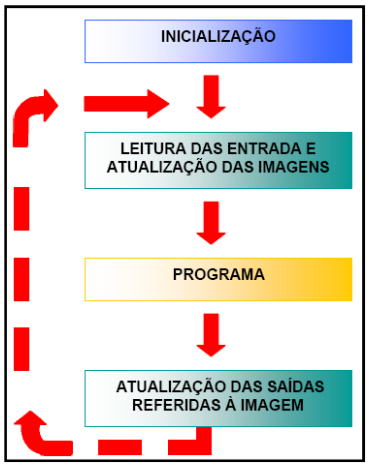


Figura 2.1 – Ciclo de processamento do CLP
Fonte: SILVA FILHO (2008).

2.4 Estrutura Básica de um CLP

Conforme (SILVA, 2008), a estrutura básica de um CLP é a seguinte:

- Fonte de alimentação: Converte a tensão da rede de 110 ou 220 VCA em +5VCC, +12VCC ou +24 VCC para alimentar os circuitos eletrônicos, as entradas e as saídas.
- Unidade de processamento: Também conhecida por CPU, é composta por microcontroladores ou microprocessadores (Intel 80xx, Motorola 68xx, PIC

16xx). Endereçamento de memória de até 1MB, velocidades de *clock* de 4 a 30 MHz, manipulação de dados decimais, octais e hexadecimais.

- Bateria: Utilizada para manter o circuito do relógio em tempo real. Normalmente são utilizadas baterias recarregáveis do tipo Ni - Ca.
- Memória do programa supervisor: O programa supervisor é responsável pelo gerenciamento de todas as atividades do CLP. Não pode ser modificado pelo usuário e fica normalmente em memórias do tipo PROM, EPROM, EEPROM.
- Memória do usuário: Espaço reservado ao programa do usuário. Constituída por memórias do tipo RAM ou EEPROM. Também é possível a utilização de cartuchos de memória, para proporcionar agilidade e flexibilidade.
- Memória de dados: Armazena valores do programa do usuário, tais como valores de temporizadores, contadores, códigos de erros, senhas, etc. Nesta região se encontram também as memórias de imagem de entrada e a saída. Esta funciona como uma tabela virtual onde a CPU busca informações para o processo decisório.

Os circuitos auxiliares atuam em caso de falha do CLP, são:

- *POWER ON RESET*: desliga todas as saídas assim que o equipamento é ligado, isso evita que possíveis danos venham a acontecer.
- *POWER DOWN*: monitora a tensão de alimentação salvando o conteúdo das memórias antes que alguma queda de energia possa acontecer.
- *WATCH DOG TIMER*[1]: deve ser acionado em intervalos periódicos, isso evita que o programa entre em *loop* ou trave.

2.5 Vantagens e desvantagens do uso de CLPs

As vantagens associadas ao uso de CLPs são as seguintes quando comparado com os painéis eletromecânicos:

- Ocupam menor espaço;
- Requerem menor potência elétrica;

[1] *Watch dog timer* Para verificação de erros, é estipulado um tempo de processamento, ficando a cargo de um circuito chamado *watch dog timer* (WDT) supervisioná-lo. Se esse tempo máximo for ultrapassado, a execução do programa será interrompida, sendo assumido um estado de falha (*fault*). (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

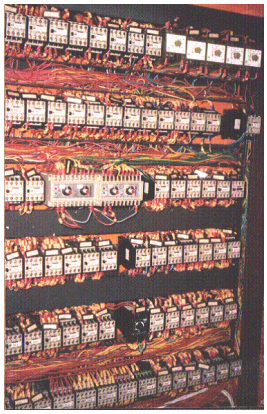
- Podem ser reutilizados;
- São programáveis, permitindo alterar os parâmetros de controle;
- Apresentam maior confiabilidade;
- Manutenção mais fácil e rápida;
- Oferecem maior flexibilidade;
- Permitem maior rapidez na elaboração do projeto do sistema.

As desvantagens no uso de CLPs são as mesmas associadas aos sistemas domóticos centralizados de controle:

- Grande quantidade de cabeamento;
- Centralização das funções;
- Complicado interfaceamento homem - máquina.

Embora o sistema eletromecânico, em pequenas e até médias aplicações, possa apresentar um custo inicial menor, esta vantagem poderá ser perdida considerando-se a relação custo/benefício que o CLP proporciona (SOUZA, 2001).

Na Figura 2.2 é ilustrado um comparativo entre um quadro de relés a esquerda e um quadro com CLP a direita. Observa-se que a implementação da lógica através de relés e contatores dificulta a manutenção e torna o sistema menos flexível às mudanças. A lógica é realizada por fios e qualquer modificação na lógica exige uma conexão adequada dos fios, envolvendo operações com os contatos NA e NF dos contatores ou relés (SOUZA, 2001).



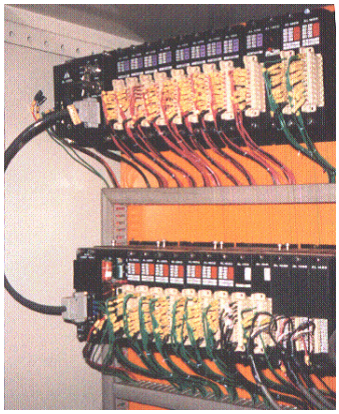


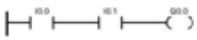
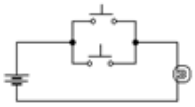
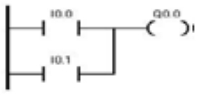
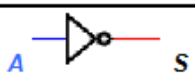
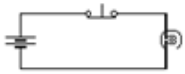
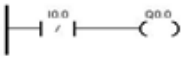
Figura 2.2 – Comparação entre quadros de relés a esquerda e o quadro de CLP a direita.
Fonte: SOUZA (2001).

2.6 Lógica e simbologia binária

A lógica binária possui apenas dois valores que são representados por 0 e 1, e a partir desses dois valores constroem-se então uma base numérica binária. A partir desses conceitos foram criadas as portas lógicas, que são circuitos utilizados para combinar níveis lógicos digitais de formas específicas.

Na Tabela 2-1 são apresentadas as três funções lógicas básicas mais utilizadas, suas simbologias, equações booleanas, tabelas verdade bem como os circuitos elétricos e *ladder*[1], possibilitando assim que seja efetuado um comparativo entre eles, propiciando assim um melhor entendimento destas funções.

Tabela 2-1 Comparativo entre modos de representação de lógica binária.

FUNÇÃO LÓGICA BÁSICA	SÍMBOLO GRÁFICO DA PORTA LÓGICA	EQUAÇÃO BOOLEANA	TABELA VERDADE	CIRCUITO ELÉTRICO EQUIVALENTE	CIRCUITO LADDER EQUIVALENTE
AND		S = A x B	A B S 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1		
OR		S = A + B	A B S 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1		
NOT		$S = \overline{A}$	A S 0 1 1 0		

Fonte: Silva Filho (2005)

2.7 Tipos e Fabricantes de CLPs

Existe hoje no mercado uma grande quantidade de fabricantes e modelos de CLPs, cada qual destinado a abranger uma camada específica de aplicação em função de seu custo e funções integradas específicas. Este trabalho não tem a finalidade de apresentar todos os fabricantes e modelos existentes, portanto serão apresentadas apenas três categorias de emprego de CLPs, e dentro destas, três exemplos de modelos de marcas renomadas que possam satisfazê-las.

---

[1] ladder Compõe-se de vários circuitos dispostos horizontalmente, com a bobina na extremidade direita, alimentados por duas barras verticais laterais. Por esse formato é que recebe o nome de ***ladder*** que significa escada, em inglês. (VIANA, 2000).

2.7.1 CLPs de grande porte

Plataformas ideais para as mais sofisticadas soluções em automação, tais como controle de processos com grande volume de dados ou gerenciamento de sistemas de manufatura que exijam um alto nível de performance, velocidade e capacidade de memória, aliando processadores de alta performance, permitindo as mais variadas e complexas soluções em automação (WEG, 2008).

Possuem grande capacidade de armazenamento de programa e interfaces de comunicação integradas. Alguns destes CLPs podem operar em regime de Multiprocessamento, trabalhando juntos para garantir uma maior performance. Em alguns destes equipamentos seus módulos podem ser substituídos, com o sistema em operação, garantido assim uma grande disponibilidade do sistema (SIEMENS, 2008a).

Todo o projeto de *software* pode ser armazenado na própria CPU do CLP, o que facilita futuras modificações ou mesmo manutenções.

Por serem equipamentos de alta performance, são especialmente populares nas indústrias automotivas e de geração e distribuição de energia, bem como também empregado em indústrias químicas, farmacêuticas e petroquímicas.

Muitos deles possuem módulos de comunicação industrial *Ethernet*[1] sendo com isto possível receber e enviar *e-mail*, carregar páginas *Web* e implementar supervisão, controle, monitoração e diagnósticos em qualquer lugar do mundo (TELEMECANIQUE, 2008).

Na Figura 2.3 é mostrado um CLP da empresa WEG que se enquadram na categoria de grande porte.

Figura 2.3 – CLP Bosch Rexroth L40
Fonte: WEG (2008).

[1] Industrial Ethernet é uma rede de comunicação de células e área aberta, multimarcas de alta performance de acordo com os padrões internacionais IEEE 802.3 (Ethernet) e adequada para uso em ambiente industrial. Ela permite a interconexão de sistemas de automação e destes com outros sistemas, tais como PCs e Workstations (SIEMENS, 2008c).

É mostrado na Figura 2.4 um CLP de grande porte do fabricante SIEMENS.

Figura 2.4 – CLP SIMATIC S7-400
Fonte: SIEMENS (2008).

Um exemplo de CLP de grande porte do fabricante TELEMECANIQUE pode ser visto na Figura 2.5.

Figura 2.5 – CLP Modicom Premium
Fonte: TELEMECANIQUE (2008).

2.7.2 CLPs de médio porte

Os CLPs desta categoria caracterizam-se em geral por suas dimensões menores que os da categoria anterior e excelente relação custo-benefício. Sendo, sobretudo, equipamentos idealizados para aplicações de pequeno e médio porte em tarefas de intertravamento, temporização, contagem e operação matemáticas, substituem com vantagens contatores auxiliares, temporizadores e contadores eletromecânicos, reduzindo o espaço necessário e facilitando significativamente as atividades de manutenção. Em muitos destes equipamentos é possível a comunicação via modem permitindo que seja feita de forma rápida e fácil, a assistência técnica remota (SIEMENS, 2008a).

São CLPs rápidos, oferecem um excelente comportamento em tempo real, garantem maior qualidade, eficiência e confiabilidade ao processo, tem uma concepção modular, permitindo que soluções possam ser desenvolvidas sob medida e ampliadas conforme a demanda. Possuem diferentes níveis de memória e diferentes números de entradas e saídas integradas, estão disponíveis uma vasta gama de módulos de expansão para diversas funções, como por exemplo:

PROFIBUS-DP, AS-Interface, Ethernet, contadores rápidos, saídas de pulso rápido, memória retentiva, entradas de interrupção, relógio de tempo real, cartão de memória removível, módulo de posicionamento, entradas analógicas PT100 e Termopar, Função PID e ponto flutuante (SIEMENS, 2008a).

Existem diversas possibilidades de painéis de comando e visualização, IHM otimizadas, LCD e gráficas *touch screen*, interfaces integradas padrão RS485, em alguns a possibilidade de se controlar inversores de freqüência, sem que seja necessário qualquer *hardware* adicional (SIEMENS, 2008a).

São utilizados em máquinas industriais em geral, prensas, máquinas de usinagem de madeira, aparafusadeiras, manipuladores, máquinas de solda, estações de tratamento de efluentes, estações de bombeamento de fluidos, elevadores, transportadores de cargas, máquinas de lavar veículos, sistemas de empacotamento, automação predial, sistema de alarme com monitoramento remoto, entre outras aplicações (TELEMECANIQUE, 2008).

Na Figura 2.6 é mostrado um CLP de médio porte do fabricante WEG.

Figura 2.6 – CLP WEG Linha TPW-03
Fonte: WEG (2008).

A SIEMENS tem no SIMATIC S7-200 um exemplo de CLP de médio porte que pode ser observado na Figura 2.7.

Figura 2.7 – CLP SIMATIC S7-200
Fonte: SIEMENS (2008).

A Figura 2.8 mostra um CLP do fabricante TELEMECANIQUE que se encontra na categoria de CLP de médio porte.

Figura 2.8 – CLP Twido - TWD
Fonte: TELEMECANIQUE (2008).

2.7.3 CLPs de pequeno porte

Os CLPs desta categoria caracterizam-se pelo seu tamanho compacto, com isto economizando espaço nos painéis elétricos, requerem menos acessórios e espaço de armazenamento, e podem ser expandidos sempre que necessário. Sendo, sobretudo, equipamentos idealizados para aplicações de pequeno e médio porte em tarefas de intertravamento, temporização, contagem e operações matemáticas, substituem com vantagens, contatores auxiliares, temporizadores e contadores eletromecânicos, reduzindo o espaço necessário e facilitando significativamente as atividades de manutenção (TELEMECANIQUE, 2008).

Possuem em sua grande maioria unidade integrada de operação e visualização, possibilitando assim a programação diretamente no equipamento, são resistentes a vibrações, possuindo um elevado grau de compatibilidade eletromagnética, estando assim em conformidade com normas industriais e podendo suportar as condições climáticas mais agressivas (SIEMENS, 2008a).

Encaixam diretamente em trilho DIN, possuindo em sua grande maioria fonte de alimentação integrada, sendo programados através de *software* simples, amigável e intuitivo de utilizar, em alguns destes equipamentos os programas podem ser pré-testados com o simulador integrado do *software* e transferidos sem erros para a CPU do CLP (SIEMENS, 2008a).

São exemplos de aplicações que podem ser desenvolvidas por estes CLPs, automação descentralizada de equipamentos auxiliares em máquinas de médio e grande porte. Instalações de transporte, sistemas de esteiras transportadoras, elevadores, controle de silos, gestão de casas e edifícios, iluminação (interior e exterior), automação de portas e portões, de persianas e toldos, sistemas de *sprinklers* e fornecimento de água. Uso em navios, em condições severas, painéis publicitários, sinalização de trânsito, irrigação, aquecimento, condicionamento de ar, gerenciamento de energia, caldeiras, máquinas, comando de bombas e válvulas, compressores de ar, sistemas de exaustão e filtragem, estações de tratamento de água, monitoramento e controle de acesso, em estacionamentos, entre tantos outros (TELEMECANIQUE, 2008) (SIEMENS, 2008a).

Na Figura 2.9 é mostrado o CLP Clic-02 do fabricante WEG que se enquadra na categoria de pequeno porte.

Figura 2.9 – CLP WEG Clic-02
Fonte: WEG (2008).

O fabricante Siemens possui também um CLP de pequeno porte o LOGO o qual será utilizado neste trabalho, é possível ver sua aparência na Figura 2.10.

Figura 2.10 – CLP LOGO
Fonte: SIEMENS (2008).

A Figura 2.11 mostra a versão de CLP de pequeno porte do fabricante TELEMECANIQUE.

Figura 2.11 – CLP Zelio Logic – SR2 / SR3
Fonte: TELEMECANIQUE (2008).

2.8 Linguagem de programação de CLPs

Linguagem de programação é um conjunto padronizado de instruções que um sistema computacional é capaz de reconhecer (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

No início da década de 1990, o IEC publicou várias partes da norma IEC 1131 que cobre o ciclo de vida completo dos CLPs. Essa norma é considerada, por alguns autores, um marco histórico para os CLPs.

Alguns anos depois essa norma foi revisada e recebeu o número IEC 61131 cuja terceira parte - IEC 61131-3 - trata das linguagens de programação. Com o objetivo de simplificar a sua análise (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Visando atender aos diversos segmentos da indústria, incluindo seus usuários, e uniformizar as várias metodologias de programação dos controladores industriais, a norma IEC 61131-3 definiu sintática e semanticamente cinco linguagens de programação:

- Linguagem *Ladder*;
- Lista de Instruções;
- Texto Estruturado;
- Diagrama de Blocos de Funções;
- Seqüenciamento Gráfico de Funções.

2.8.1 Linguagem *Ladder*

A Linguagem *Ladder* é uma linguagem gráfica baseada na lógica de relés e contatos elétricos para a realização de circuitos de comandos de acionamentos elétricos. Sendo a primeira linguagem utilizada pelos fabricantes, é a mais difundida e encontrada em quase todos os CLPs da atual geração (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Bobinas e contatos são símbolos utilizados nessa linguagem, os símbolos de contatos programados em uma linha representam as condições que serão avaliadas de acordo com a lógica que foi programada. Como resultado determina o controle de uma saída, que normalmente é representado pelo símbolo de uma bobina (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Recebeu vários nomes desde sua criação, entre eles diagrama do tipo escada, diagrama de contatos e linguagem de contatos.

Na Figura 2.12 é apresentada a representação de um programa desenvolvido em *ladder,* com as especificações de sua composição básica.

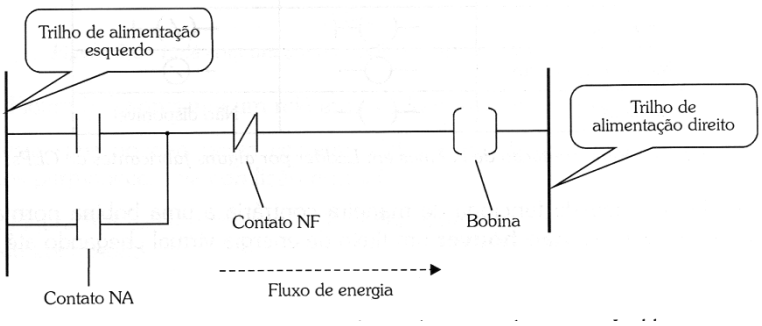


Figura 2.12 – Exemplo de programa em *ladder*
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

2.8.2 Lista de Instruções

Linguagem textual inspirada na linguagem *assembly* e de característica puramente seqüencial, é caracterizada por instruções que possuem um operador e, dependendo do tipo de operação, podem incluir um ou mais operandos, separados por vírgulas. É indicada para pequenos CLPs ou para controle de processos simples (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Na Figura 2.13 é apresentado um exemplo de programação em Lista de Instruções com a descrição das instruções que estão sendo executadas pelo programa.

```
RETex:   LD seletor        (* seletor = 0 ou 1 ou 2 *)
         ANY_TO_BOOL       (* conversão para binário *)
         JMPC teste1       (*se seletor > 0 pula para TESTE1*)
         LD TRUE           (* se seletor = 0 então *)
         ST motor1         (* liga motor1 *)
         LD 0              (* carrega 0 para o acumulador*)
         RET               (* retorna 0 para rotina principal *)
Teste1:  LD seletor
         SUB 1             (* diminui a variável seletor *)
         ANY_TO_BOOL       (* conversão para binário *)
         JMPC teste2       (*se resultado > 0 pula para TESTE2*)
         LD true           (* se resultado = 0 então *)
         ST motor2         (* liga motor2 *)
         LD 1              (* carrega 1 para o acumulador*)
         RET               (* retorna 1 para rotina principal *)

Teste2:  LD true
         ST motor3         (* liga motor3 *)
         LD 2              (* carrega 2 para o acumulador*)
         RET               (*retorna 2 para rotina principal *)
```

Figura 2.13 – Exemplo de Lista de Instruções
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

2.8.3 Texto Estruturado

Linguagem textual de alto nível, muito poderosa, inspirada na linguagem Pascal, portanto mais recomendada para aplicações complexas envolvendo descrição de comportamento seqüencial contém todos os elementos essenciais de uma linguagem de programação moderna, incluindo as instruções condicionais (IF-THEN-ELSE e CASE OF) e instruções de iterações (FOR, WHILE e REPEAT). Como o seu nome sugere, encoraja o desenvolvimento de programação estruturada, sendo excelente para a definição de blocos funcionais complexos, os quais podem ser utilizados em qualquer outra linguagem IEC (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Na Figura 2.14 é apresentado um exemplo simples do uso de Texto Estruturado para a programação de CLP.

```
C:= A   AND   NOT B
```

Figura 2.14 – Exemplo de linha de programação em Texto Estruturado
Fonte: FONSECA (2008).

2.8.4 Diagrama de Blocos de Funções

Linguagem gráfica de programação, popular na Europa, cujos elementos são expressos por blocos interligados, semelhantes aos utilizados em eletrônica digital. Essa linguagem permite um desenvolvimento hierárquico e modular do *software*, uma vez que podem ser construídos blocos de funções mais complexos a partir de outros menores e mais simples. Normalmente os blocos são construídos utilizando a linguagem de texto estruturado (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Sendo poderosa e versátil, tem recebido atenção especial por parte dos fabricantes, seu uso é indicado para processos químicos em geral e em processamento descentralizado ou distribuído. Devido à sua importância, foi criada uma norma para atender especificamente a esses elementos (IEC 61499), visando incluir instruções mais poderosas e tornar mais clara sua programação (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Na Figura 2.15 é apresentado um exemplo de programação em Diagrama de Blocos de Função utilizado no CLP Zelio Software 2.

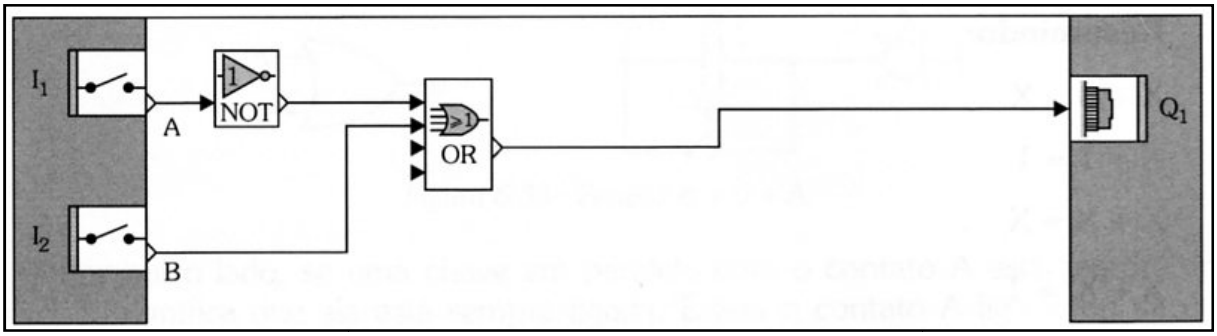


Figura 2.15 – Exemplo de Diagrama de Bloco de Funções
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

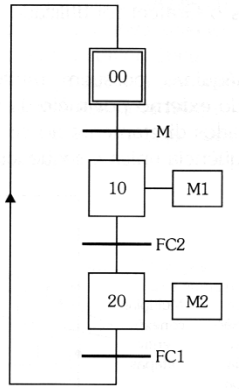
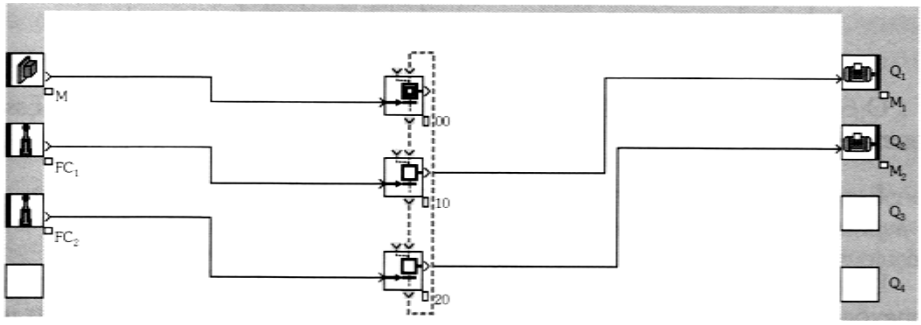
2.8.5 Seqüenciamento Gráfico de Funções

Linguagem gráfica que permite a descrição de ações seqüenciais, paralelas e alternativas existentes numa aplicação de controle. Como é descendente direto do Grafcet, o SFC fornece os meios para estruturar uma unidade de organização de um programa num conjunto de etapas separadas por transições. A cada etapa está associado um conjunto de ações. A cada transição está associada uma receptividade que terá de ser satisfeita para que a transposição da transição ocorra, e assim o sistema evolua para a etapa seguinte (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Atualmente o SFC vem recebendo várias implementações nos CLPs de grande porte, afirmando-se como linguagem ideal para processos seqüenciais.

Na Tabela 2-2 são apresentados um exemplo de GRAFCET tecnológico e a implementação deste mesmo problema em SFC utilizando o *software* Zelio Logic 2.

Tabela 2-2 GRAFCET tecnológico e SFC do Zelio Logic 2

GRAFCET tecnológico	SFC do Zelio Logic 2
	

Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008)

3 SENSORES E ATUADORES PARA CLP

Conforme Natale (2003), sensores "são dispositivos que mudam seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, podendo fornecer diretamente ou indiretamente um sinal que representa uma proporção da variação desta grandeza".

O sistema de funcionamento de um sensor é realizado sob a atuação de uma grandeza física que altera as propriedades do dispositivo, como a resistência, a capacitância ou a indutância de forma mais ou menos proporcional. Este gerará informações de acordo com essas alterações que serão levadas a algum outro dispositivo que irá tratá-las (NATALE, 2003).

Os atuadores têm por função converter os sinais elétricos provenientes das saídas do CLP em uma condição física, normalmente ligando ou desligando algum elemento. Um exemplo básico pode ser o controle do acionamento de uma bobina de contatora a qual comandará o acionamento de um motor, através de uma saída do CLP (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

3.1 Sensores

Geralmente são utilizados sensores para a contagem, verificação de posição e seleção entre dimensões diferentes. Sendo assim, é fundamental a escolha correta de um sensor para que a automação de um processo possa funcionar corretamente. Os sensores comumente utilizados para automação de sistemas são: chaves, chaves fim de curso, indutivos, capacitivos, ópticos e ultra-sônicos, os quais serão descritos a seguir (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

3.1.1 Chaves

São componentes eletromecânicos utilizados para ligar, desligar ou direcionar a corrente elétrica, por meio de um acionamento mecânico, manual ou automático, tendo como

características ideais uma alta velocidade de comutação, alta confiabilidade, baixa perda na comutação e um baixo custo. No mercado existem vários fabricantes e modelos de chaves utilizadas em sistemas automatizados devido a esta grande diversidade serão comentados somente alguns tipos de chaves.

3.1.1.1 Chave tipo botoeira

É o modelo mais comumente utilizado, existindo dois tipos a de impulso também conhecida por *push-button* e a botoeira de trava.

- O de impulso é ativado quando o botão é pressionado e desativado quando se solta o botão, sendo que a desativação ocorre por ação de uma mola interna. Pode possuir contatos do tipo NA, também conhecido como NO, ou contatos NF conhecido também como NC, sendo que sua simbologia é apresentada na Figura 3.1.

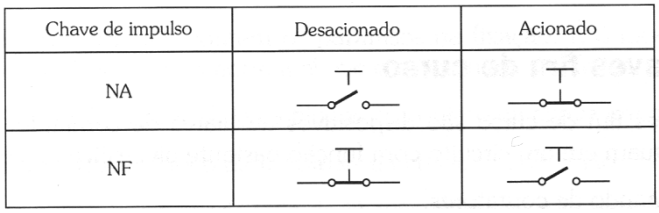


Figura 3.1 – Contato normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF)
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

- E o botão com retenção (de trava) que é ativado quando o mesmo é pressionado, permanecendo assim mesmo após cessar a pressão de acionamento inicial, até ser novamente pressionado quando então retornará ao estado inicial de repouso. Pode possuir contatos do tipo NA, também conhecido como NO, ou contatos NF conhecido também como NC, na Figura 3.2 é possível observar a simbologia utilizada em diagramas elétricos.

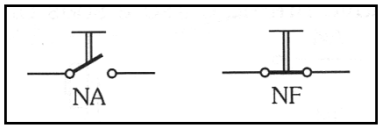


Figura 3.2 – Contato (NA) e (NF), com retenção
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

- Chaves de contatos múltiplos com ou sem retenção estes tipos de chaves possuem contatos NA e/ou NF em um mesmo equipamento, contatos estes que são acionados simultaneamente, a Figura 3.3 apresenta a simbologia empregada em diagramas elétricos, bem como alguns exemplos de chaves deste tipo.

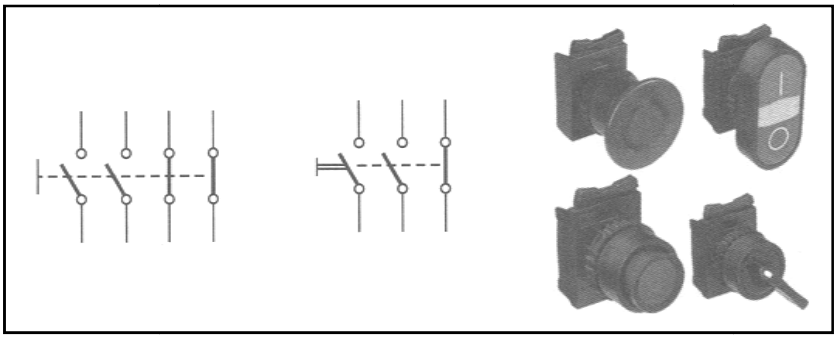


Figura 3.3 – Chave de impulso (2 NA + 2 NF), chave de trava (2 NA +1 NF) exemplos de botões de acionamentos elétricos
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

3.1.1.2 Chave fim de curso

São dispositivos auxiliares de comando e de acionamento, basicamente são constituídas de uma alavanca ou haste, com ou sem roldanas em sua extremidade, que transmite o movimento aos contatos que se abrem ou fecham. Estas chaves podem ser de:

- Controle, quando então sinalizam o início ou fim de um determinado movimento.
- Segurança, quando desliga equipamentos se houver abertura de porta ou equipamento de alarme.

Estas chaves são constituídas basicamente de:

- Atuador: que é o elemento da chave que deverá entrar em contato com os objetos que serão detectados.
- Cabeçote: parte da chave que vai alojar os mecanismos que convertem os movimentos do atuador em movimentos nos contatos.
- Bloco de contatos: parte da chave que alojará os contatos da chave.

Na Figura 3.4 são apresentadas as partes principais que constituem uma chave fim de curso.

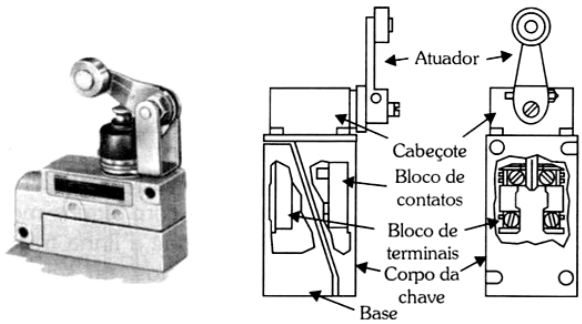


Figura 3.4 – Chave fim de curso e suas principais partes
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

As chaves de fim de curso podem ter diferentes arranjos de contatos disponíveis tais como:

- SPST (*Single Pole Single Throw*), nesta configuração existe um único contato, que pode ser NA ou NF
- SPDT (*Single Pole Double Throw*), conjunto de contatos NA e NF, sendo que nesta configuração, quando um contato é aberto o outro se fecha.
- DPDT (*Double-Pole Double-Throw*), formato de chave com dois conjuntos de contatos NA e NF operando simultaneamente por uma simples ação.

Na Figura 3.5 são apresentadas as possíveis configurações de contatos de chaves tipo fim de curso.

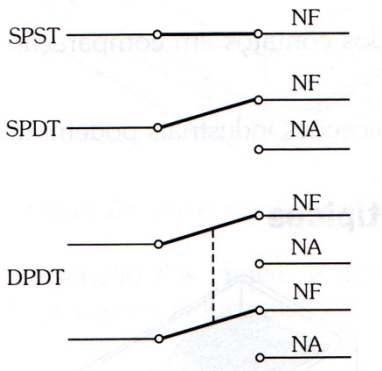


Figura 3.5 – Configurações de contatos de fim de curso
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

3.1.2 Sensores de proximidade

São equipamentos que podem ser digitais ou analógicos e sinalizam a presença de objetos que se aproximem de sua face sensora. Basicamente existem quatro tipos principais de sensores de proximidade, que podem ser os indutivos, capacitivos, ultra-sônicos, e os sensores óticos. Os sensores de proximidade são classificados com relação as suas saídas em dois grandes grupos, os discretos ou digitais e os analógicos também conhecidos como proporcionais (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Os sensores com saídas digitais fornecem um simples sinal lógico que pode ser um ou zero, sendo que não fornecem informações sobre o valor corrente que está sendo medido, e sim somente mudando de estado se o valor medido estiver acima ou abaixo de seu valor de *setpoint* inicialmente ajustado.

Os sensores analógicos fornecem um sinal de saída que pode ser de tensão, resistência ou corrente. Medem qualquer valor da grandeza medida, linearmente dentro dos seus limites operacionais (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Na Figura 3.6a é apresentada um exemplo de chave com sinal digital, bem como a forma de onda deste tipo de sinal que apresenta somente dois estados lógicos, alto ou baixo. E na Figura 3.6b é possível observar-se um sensor com sinal analógico, sinal este que varia em função do tempo, apresentando com isto um sinal contínuo podendo assumir qualquer valor entre o mínimo e o máximo valor de referência utilizado em seu sistema.

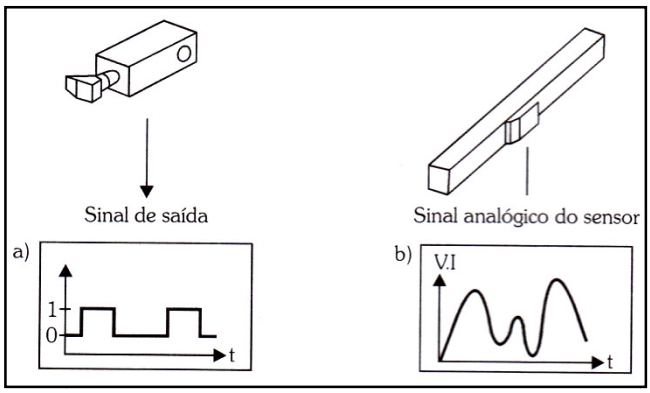


Figura 3.6 – Exemplos de sinal digital e analógico
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

3.1.2.1 Sensores de proximidade indutivos

Os sensores de proximidade indutivos estão disponíveis em vários tamanhos, formatos e fabricantes como é possível ser observado na Figura 3.7. Os sensores indutivos

têm seu funcionamento baseado no princípio da variação da indutância de uma bobina, quando um elemento metálico ou condutivo passa próximo de sua face sensora e é devido a esse princípio de operação, que os mesmos são usados somente em objetos metálicos (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Figura 3.7 – Sensores de proximidade indutivos
Fonte: ATOS (2008).

É possível entender como funcionam os sensores indutivos de proximidade, observando-se o diagrama de blocos da Figura 3.8. Dentro do sensor, na sua face, que na figura é o lado esquerdo, está uma bobina que faz parte de um circuito sintonizado de um oscilador. Quando este oscilador está em operação, é produzido um campo magnético alternado, denominado campo do sensor, o qual é produzido pela bobina. Este campo magnético então é irradiado através da face do sensor que não é metálica. O circuito do oscilador está ajustado de tal modo que quando elementos que não sejam metálicos como o ar, água entre outros, estiverem nas proximidades, o circuito continuará a oscilar ficando assim a saída do dispositivo em nível baixo (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

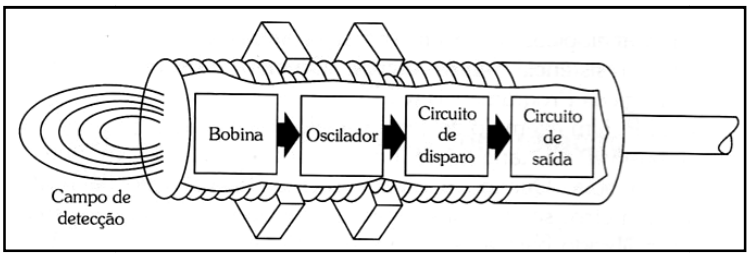


Figura 3.8 – Diagrama de blocos de um sensor indutivo
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

Os sensores indutivos são constituídos de:

- Bobina: a bobina e a montagem em núcleo de ferrite geram um campo eletromagnético a partir da energia do oscilador.
- Oscilador: fornece a energia necessária para a geração do campo magnético na bobina.

- Circuito de disparo: detecta mudanças na amplitude de oscilação. As mudanças ocorrem quando um alvo de metal se aproxima do campo magnético irradiado pelo sensor.
- Circuito de saída: quando uma mudança suficiente no campo magnético é detectada, a saída em estado sólido fornece um sinal a uma interface para um CLP ou máquina. O sinal indica a presença ou ausência de um alvo de metal na distância do sensor.

É possível observar o funcionamento do sensor de proximidade indutivo, quanto à aproximação de um objeto metálico (alvo) de sua face sensora conforme a descrição na Figura 3.9. Quando o circuito de disparo detecta a perda da oscilação de saída, causa um chaveamento de sua saída, fazendo com que a mesma mude de estado de baixo para alto, como pode ser verificado na Figura 3.10.

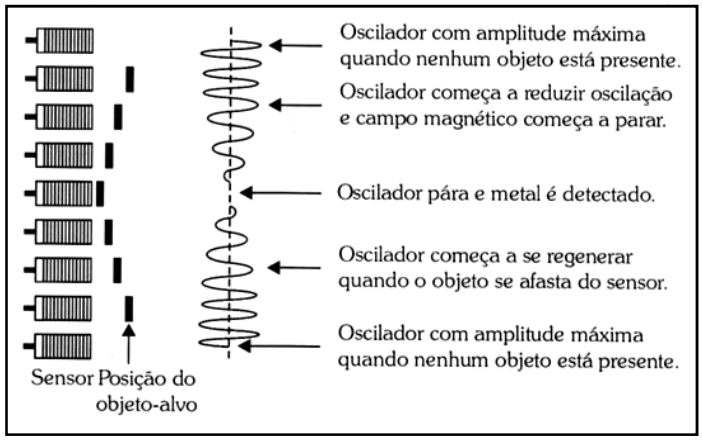


Figura 3.9 – Descrição do funcionamento de sensores indutivos
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

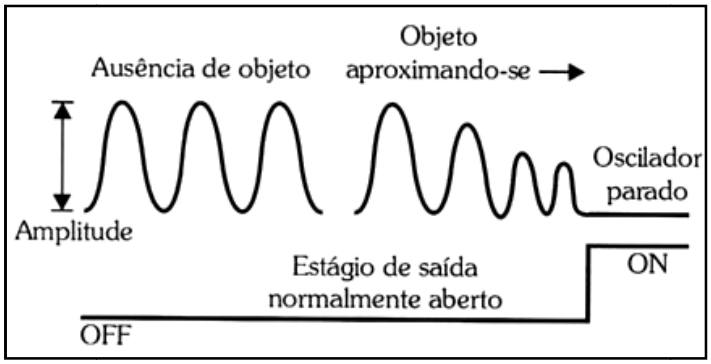


Figura 3.10 – Relação entre o sinal no oscilador e sua saída
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

Estes tipos de sensores estão disponíveis tanto em CC como em CA. Na maioria dos sensores são utilizados três condutores para a sua conexão: sendo terra, alimentação e saída. Existe porem outras variações que podem requerer dois ou até quatro condutores. Em sua grande maioria estes sensores possuem um LED integrado ao corpo do sensor para que haja a indicação quanto ao seu estado de funcionamento se está acionada ou não a sua saída. Para determinar a melhor escolha quanto ao modelo e tipo de sensor indutivo para a aplicação, deve-se primeiramente consultar os catálogos técnicos dos fabricantes dos mesmos, quanto às suas características (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

As máquinas são geralmente construídas em algum tipo de metal, existindo assim uma grande possibilidade de aplicação para sensores indutivos. Estes equipamentos são relativamente baratos, extremamente confiáveis, e existem em uma grande variedade de tensões, podendo ser conectados diretamente ao CLP sem haver a necessidade de utilização de componentes externos adicionais. Em uma grande variedade de situações, os sensores de proximidade indutivos podem ser excelentes substitutos para chaves mecânicas tipo, chaves fim de curso.

Existem algumas vantagens com a utilização de sensores indutivos tais como, por exemplo:

- Não são afetados por poeiras ou ambientes que contenham sujeiras, não é prejudicado pela umidade;
- Não possuem partes móveis, e nem contatos mecânicos;
- Não é dependente da cor do objeto-alvo.

Os sensores indutivos apresentam também as seguintes desvantagens:

- Somente conseguem detectar objetos metálicos;
- Suas distâncias sensoras são menores que em outras tecnologias de sensores de proximidade;
- Campos eletromagnéticos muito intensos podem afetar sua sensibilidade e desempenho.

3.1.2.2 Sensores de proximidade capacitivos

Assim como os sensores de proximidade indutivos, os sensores de proximidade capacitivos estão disponíveis em vários tamanhos, formatos e fabricantes, similares aos

indutivos, como é possível observar na Figura 3.11. Devido ao princípio de funcionamento desses sensores, as aplicações a que este sensor se destina são um pouco diferentes, dos indutivos (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Figura 3.11 – Sensores de proximidade capacitivos
Fonte: SENSE (2008).

Seu princípio de funcionamento consiste de um oscilador interno que não oscila até que um material seja aproximado de sua face sensora. A aproximação do alvo faz então com que haja a variação da capacitância de um capacitor que se encontra na face do sensor, que é parte integrante do circuito de um oscilador.

Existem dois tipos de sensores capacitivos, havendo uma diferença na maneira como o capacitor do sensor é formado. No primeiro tipo, como é possível observar na Figura 3.12, existem duas placas do capacitor dispostas lado a lado na face do sensor; para esse tipo de sensor, o alvo externo age com o dielétrico (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

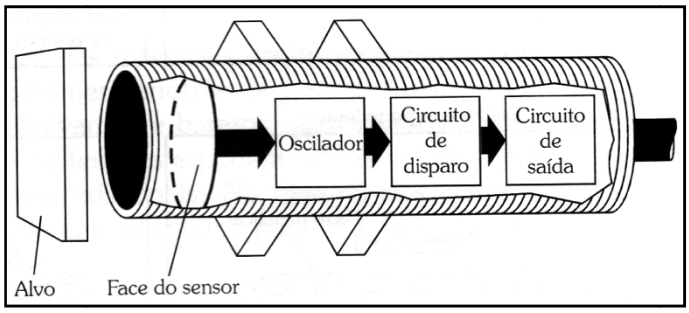


Figura 3.12 – Sensor de proximidade capacitivo
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

No segundo tipo de sensor capacitivo a superfície sensível do mesmo é constituída basicamente por dois eletrodos de metal concêntricos. Quando um objeto se aproxima da

superfície da face sensora, começa a atingir o campo eletrostático dos eletrodos, fazendo então com que a capacitância do circuito oscilador aumente e obtém-se a oscilação. Na Figura 3.13 é possível observar um diagrama de blocos deste tipo de sensor capacitivo (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

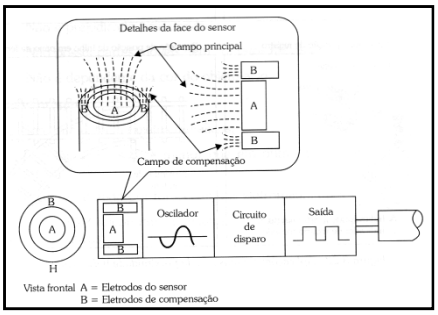


Figura 3.13 – Sensor de proximidade capacitivo
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

É possível observar o funcionamento dos sensores de proximidade capacitivos, quanto à aproximação de um objeto (alvo) de sua face sensora conforme a descrição na Figura 3.14. À medida que o alvo aproxima-se do sensor, ocorrerá uma mudança no dielétrico, fazendo com que haja o aumento da capacitância interna do capacitor do oscilador, causando com isto o aumento da sua amplitude, o que faz então com que a saída do sensor comute de estado de “0” para “l” conforme é possível se observar na Figura 3.15.

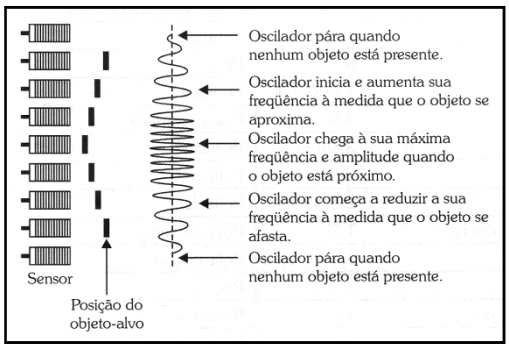


Figura 3.14 – Descrição do funcionamento de sensores capacitivos
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

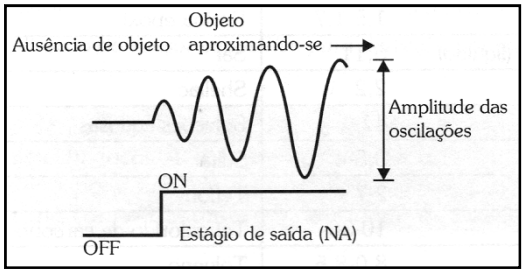


Figura 3.15 – Relação entre o sinal no oscilador e sua saída
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

Assim como acontece com os sensores de proximidade indutivos, os capacitivos são fornecidos com um LED embutido para indicar o estado do sensor. Visto que estes tipos de sensores são utilizados para materiais tanto metálicos quanto não metálicos que apresentam com isto grande variação de densidade, os fabricantes geralmente fornecem um parafuso de ajuste de sensibilidade na parte traseira do sensor. Assim, quando se efetuar a instalação, a sensibilidade deve ser ajustada para que haja o melhor desempenho em uma dada aplicação (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Existem algumas vantagens com a utilização de sensores capacitivos tais como, por exemplo:

- Estes tipos de sensores conseguem detectar tanto metais como não-metais, líquidos, sólidos e grãos entre outros materiais;
- Conseguem também detectar "através" de certos materiais com densidades inferiores a do objeto que será detectado;
- Dispositivos de estado sólido que têm longa vida útil, não possuindo partes móveis, e nem contatos mecânicos;
- Não são dependentes da cor do objeto-alvo.

Os sensores capacitivos apresentam também as seguintes desvantagens:

- Pequena distância sensora (uma polegada ou menos) que varia de acordo com o material a ser detectado;
- Muito sensíveis a fatores ambientais (umidade); pode afetar a distância sensora, bem como poeiras ou ambientes que contenham sujeiras.

3.1.3 Sensores Ópticos

Os sensores ópticos são muito utilizados na detecção de objetos em longas distâncias, no vácuo podendo detectar quaisquer tipos de materiais, sejam eles metálicos ou não, condutivos ou porosos.

Seu princípio de funcionamento baseia-se em dois circuitos eletrônicos: um emissor do feixe de luz e outro receptor deste. O emissor irá produzir um feixe de luz que será enviado de forma pulsada através de um LED de modo que assim evite que o receptor o confunda com a luz do ambiente. No receptor por sua vez existe um fototransistor ou um fotodiodo sensível à luz com um circuito que somente reconhecerá a luz vinda do emissor (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Em sensores ópticos, os LEDs mais utilizados são infravermelhos, por gerarem mais luz e menos calor que outros tipos de LEDs. Em algumas aplicações, torna-se desejável a utilização de um feixe de luz visível de modo que assim torna-se mais fácil a instalação ou confirmação do funcionamento do detector, sendo para este caso a luz vermelha visível a mais eficiente. Os LEDs são largamente utilizados em sensores ópticos, pois são componentes eletrônicos muito resistentes, altamente confiáveis, podendo operar em uma ampla faixa de temperaturas, resistem bem a vibrações e choques mecânicos (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Na detecção do feixe de luz, o fototransistor ou o fotodiodo, são os componentes eletrônicos mais comumente utilizados, pois são robustos e em estado sólido. Os detectores são mais sensíveis a certos comprimentos de onda de luz. A resposta espectral de um detector determina sua sensibilidade para diferentes comprimentos de onda. Com a finalidade de aumentar a eficiência dos sensores, LED, fototransistor ou fotodiodo são geralmente casados espectralmente, garantindo assim uma melhor eficiência, no gráfico da Figura 3.16 é apresentado o espectro do LED infravermelho e seu casamento com um receptor, possuindo assim muito mais eficiência do que um LED visível (vermelho) (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

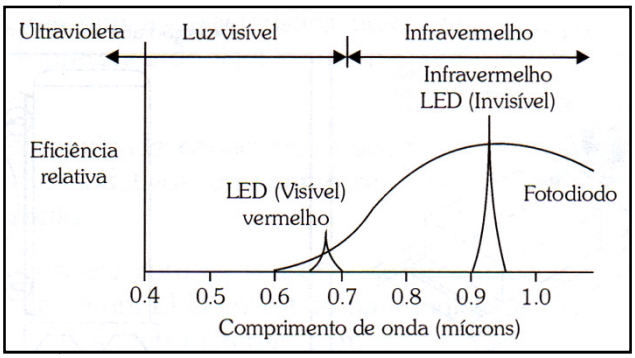


Figura 3.16 – Comparativo entre eficiências dos LEDs infravermelho e visível.
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

Os LEDs geralmente emitem luz em uma grande área, e os fotodetectores são sensíveis à luz em uma grande área. Para estreitar e dar forma a essa área útil, são utilizadas lentes, e na medida em que a área é estreitada, também haverá um incremento no alcance dos mesmos, resultando assim no aumento da distância sensora dos sensores fotoelétricos conforme pode ser observado na Figura 3.17 (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

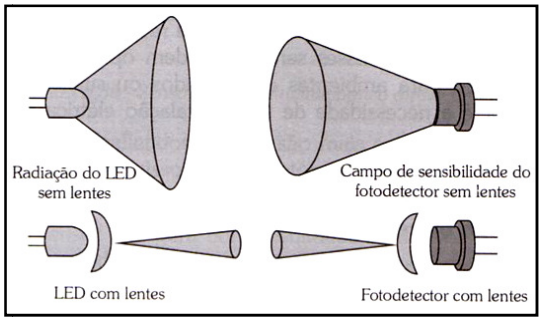


Figura 3.17 – Uso das lentes no LED e no fotodetector.
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

3.1.3.1 Sensores Ópticos do tipo barreira (feixe direto)

Sensores ópticos tipo barreira constituem-se de emissor e receptor em corpos distintos, dispostos frente a frente. Um dos corpos contém o emissor, enquanto que o receptor fica no outro. A saída do sensor é acionada, quando um objeto interrompe o feixe de luz entre o emissor e o receptor (TECNODRIVE, 2008).

Os formatos podem ser cilíndricos e cúbicos, em tamanhos reduzidos economizando espaço e nos tamanhos usuais, além dos especiais, para aplicações onde o mais elevado grau de desenvolvimento é necessário. A alimentação pode ser de 10 a 36 VCC, ou 20 a 320 VCC / VCA.

Na Figura 3.18 são apresentados exemplos de sensores ópticos do tipo barreira.

Figura 3.18 – Sensores ópticos do tipo barreira.
Fonte: TECNODRIVE (2008).

Algumas das vantagens apresentadas pelos sensores ópticos tipo barreira são:

- Poder detectar pequenos objetos a longas distâncias;
- Os objetos podem ser opacos ou pouco translúcidos;
- Habilidade de detectar através de ambientes sujos, com pó, óleo, entre outros;
- Esses sensores fornecem grande confiabilidade e necessitam de pouca manutenção.

Algumas das desvantagens apresentadas pelos sensores ópticos tipo barreira são:

- São mais caros, devido à exigência de emissor e receptor em separado;
- O alinhamento do feixe de luz entre emissor e receptor é crítico;
- Objetos completamente transparentes não são detectados.
- Uma das desvantagens desses sensores é a necessidade de alimentação tanto no emissor quanto no receptor.

3.1.3.2 Sensores de presença

O sensor de presença com minuteria é um comando inteligente que se destina ao acionamento de cargas temporizadas. Detecta a movimentação de fontes de calor como pessoas e carros, através de um sensor infravermelho, acionando a carga e desligando-a após a ausência, de acordo com o tempo programado.

São recomendados para o controle de iluminação de corredores, escadas, garagens, entradas de acesso, quartos, banheiros, cozinhas, recepção e demais ambientes internos de residências, escritórios, hotéis e condomínios.

O sensor infravermelho passivo apresentado na Figura 3.19 funciona comparando a temperatura quando é transposto o foco de sua lente, lente esta que abrange um ângulo de cobertura de 90º.

Figura 3.19 – Sensor de presença com minuteria Exatron
Fonte: EXATRON INDÚSTRIA ELETRÔNICA LTDA (2008).

3.1.3.3 Sensores de luz LDR

Sensores de luz possuem a capacidade de gerar uma tensão de acordo com a luminosidade que incide sobre ele. Além da utilização em fotometria, também é utilizado em redes de iluminação pública com os sensores fotoelétricos (NATALE, 2003).

O (LDR), Resistor Dependente da Luz é construído com metais semicondutores como sulfeto de cádmio ou seleneto de cádmio, sendo que sua resistência diminui quando é exposto à luz. A diminuição da resistência acontece devido à energia luminosa desloca os elétrons da liga de metal da camada de valência para a camada de condução que é a mais longe do núcleo, e isso faz com que aumente o número de elétrons. Tem seu tempo de resposta lento e é empregado em relés fotoelétricos e alarmes (NATALE, 2003).

Na Figura 3.20 é possível observar dois exemplos de sensores tipo LDR comumente utilizados.

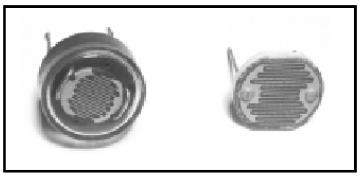


Figura 3.20 – Sensores LDR
Fonte: NATALE (2003).

3.1.3.4 Sensores de luz foto-diodo

O foto-diodo é produzido com um diodo semicondutor sendo que sua junção fica exposta à luz. Semelhante ao LDR a energia da luz desloca elétrons da camada de valência para a camada de condução. Isso faz com que aumente o número de elétrons. A resposta deste sensor é rápida e dependendo do material são utilizados em várias faixas de comprimento de onda sendo do infravermelho ao ultravioleta.

Podem ser aplicados em receptores de controle remoto, sistemas utilizando fibra ótica, leitores de código de barras, scanners, leitores de Disco Compacto e DVD.

Na Figura 3.21 é apresentado um foto-diodo de uso comercial.

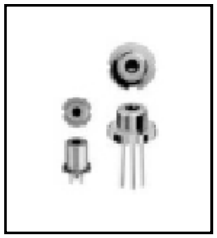


Figura 3.21 – Sensor de foto-diodo
Fonte: NATALE (2003).

Foto-transistor: esse sensor como mostrado na Figura 3.22 é um transistor que atua como o foto-diodo e possui um coletor-base que fica exposto à luz. Tem seu tempo de resposta mais lento que o foto-diodo, mas suportando a maioria das aplicações deste, exceto o uso em sistemas de fibra óptica.

Figura 3.22 – Foto-transistor
Fonte: WIKIMEDIA (2008a).

3.1.4 Sensores ultra-sônicos

Esses sensores se caracterizam por operar em um tipo de radiação não sujeita a interferência eletromagnética e totalmente limpa, o que pode ser muito importante para determinados tipos de aplicações. Podendo operar de modo eficiente detectando objetos em distâncias que variam entre milímetros até vários metros, eles podem ser empregados para detectar os mais variados tipos de objetos e substâncias.

O princípio de operação desses sensores é exatamente o mesmo do sonar, usado pelo morcego para detectar objetos e presas em seu vôo cego. Um sinal de ultra-som é enviado da face do sensor, se algo for colocado em frente ao sensor e estando dentro de sua faixa de operação, o sinal será refletido pelo objeto retornando de volta ao sensor colocado em posição apropriado (BRAGA, 2006).

A freqüência dos sensores ultra-sônicos está geralmente entre 25 kHz e 500 kHz, os sensores ultra-sônicos utilizados para aplicações médicas operam a 5 MHz ou mais. A

distância sensora é inversamente proporcional a freqüência do sensor, ou seja, enquanto um sensor que tenha uma freqüência de operação de 50 kHz pode trabalhar com uma distância de dez metros ou mais, outro com freqüência de operação de 200 kHz estão limitados a uma distância de aproximadamente um metro (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Na Figura 3.23 são ilustrados vários modelos de sensores ultra-sônicos.

Figura 3.23 – Sensor ultra-sônico.
Fonte: TECNODRIVE (2008).

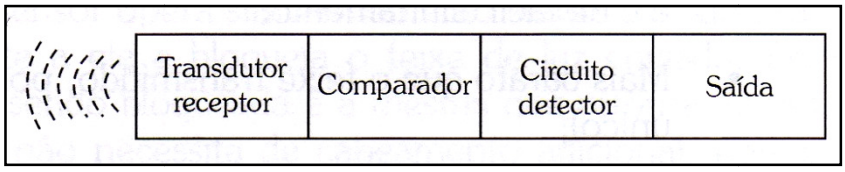


Figura 3.24 – Diagrama de blocos de um sensor ultra-sônico
Fonte: FRANCHI E CAMARGO (2008).

Conforme apresentado no diagrama de blocos da Figura 3.24 seguem-se agora as descrições das partes constituintes deste tipo de sensor.

- Transdutor/receptor: o transdutor envia pulsos de ondas sonoras a partir da face do sensor. O receptor recebe as ondas que retornam em forma de eco do objeto a ser detectado.
- Circuito detector e comparador: quando o sensor recebe o eco refletido, é feita uma comparação e, de acordo com a diferença de tempo, envia um sinal para a saída.
- Saída em estado sólido: gera um sinal elétrico para ser interpretado por uma interface digital, como, por exemplo, um CLP. O sinal de um sensor digital indica a presença ou ausência de um objeto.

3.1.5 Sensores de temperatura

Tipos de sensores responsáveis pela medição da temperatura próxima a ele. Geralmente utilizados em processos comerciais e industriais, como refrigeração de alimentos

e compostos químicos, refrigeradores domésticos, aquecedores, fornos elétricos e de microondas, como os dos exemplos a seguir (NATALE, 2003).

3.1.5.1 Sensores de temperatura NTC e PTC

O NTC é um resistor cujo seu valor de resistência se comporta de forma inversamente proporcional à temperatura medida. É construído com metais semicondutores, como óxido de ferro, magnésio e cromo. Como são sensores não lineares as curvas características são exponenciais. Devido ao comportamento não linear, os NTCs são geralmente utilizados, com uma rede de linearização e em temperaturas até 150°C.

Os PTCs, ao contrário dos NTCs têm o seu valor de resistência proporcionais à temperatura medida. Atuando em uma faixa de temperatura mais restrita em sistemas de proteção como aquecimento de motores.

NTC e PTC: São resistores dependentes de temperatura, a aparência dos mesmos pode ser observada na Figura 3.25, e na Figura 3.26 é apresentado um gráfico com a curva característica de resistência de um NTC em função da temperatura.

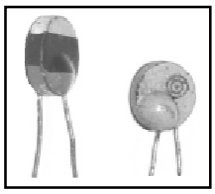


Figura 3.25 – Resistores de temperatura
Fonte: NATALE (2003).

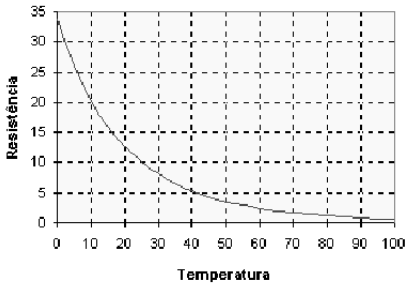


Figura 3.26 – Curva de resistência dos sensores NTC
Fonte: NATALE (2003).

3.1.5.2 Sensores de temperatura baseados em diodo

Na Figura 3.27 é possível observar um exemplo de diodo de silício, que quando polarizados com corrente de 1mA apresentam uma queda de tensão de 2mV para cada ºC que a temperatura aumenta. Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 3.28, o diodo

apresenta uma característica linear. O limite de medição é de até 125ºC sendo que este é o limite para o silício. Podem ser encontrados em termômetros de baixo custo com precisão razoável até 100°C.

Figura 3.27 – Diodo de silício
Fonte: NATALE (2003).

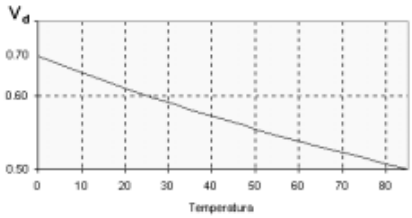


Figura 3.28 – Reta de representação do diodo
Fonte: NATALE (2003).

3.1.5.3 Sensores de temperatura tipo termopar

Um termopar consiste de dois condutores metálicos, de natureza distinta, na forma de metais puros ou de ligas homogêneas. Os fios são soldados em um extremo ao qual se dá o nome de junta quente ou junta de medição. A outra extremidade dos fios é levada ao instrumento de medição de FEM., fechando um circuito elétrico por onde flui a corrente. O ponto onde os fios que formam o termopar se conectam ao instrumento de medição é chamado de junta fria ou de referência (TERMOPARES, 2008). Na Figura 3.29 é possível observar a configuração de um termopar como descrita acima.

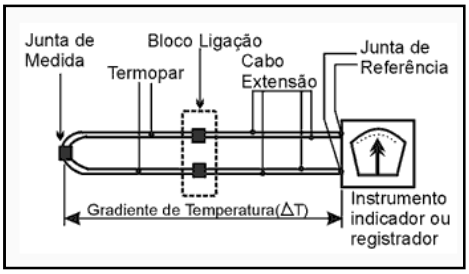


Figura 3.29 – Imagem de um termopar
Fonte: TERMOPARES (2008).

3.1.6 Sensores de movimento

Sensores utilizados para a detecção de movimentos são utilizados em controles de medidores de velocidade de motores, alguns eletrodomésticos como aparelhos de CD e DVD, teclados, *Hard Disc* (HD) de computadores, entre outras utilidades (NATALE, 2003).

3.1.6.1 Sensor de movimento tipo taco-gerador

É um gerador elétrico de pequeno porte com um campo magnético de imãs permanentes envolvendo uma bobina com fios enrolados no meio. De acordo com a Lei de Faraday, que diz que um campo magnético pode gerar uma onda elétrica (UFRGS, 2007), é obtida uma tensão proporcionalmente linear à rotação desenvolvida no eixo da bobina.

Na Figura 3.30 é possível observar-se o exemplo de um tacogerador.

Figura 3.30 – Tacogerador
Fonte: NATALE (2003).

3.1.6.2 Sensor de movimento baseado em *reed-switch*

A Figura 3.31 apresenta um interruptor de lâminas, também conhecido como *reed-switch,* que é composto por duas lâminas de material condutor, como o ferro, próximas uma da outra, em um invólucro de vidro. Quando se aproxima um imã ou solenóide energizado o campo magnético faz com que às lâminas de ferro se encostem, assim fechando o contato como mostra a Figura 3.32. O *reed-switch*, é utilizado em alguns tipos de teclados, como sensor de abertura em alarmes, também pode ser empregado como sensor de fim de curso entre outras aplicações possíveis.

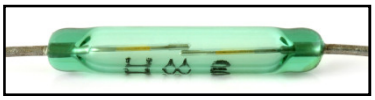


Figura 3.31 – Sensor de lâminas
Fonte: WIKIMEDIA (2008b).

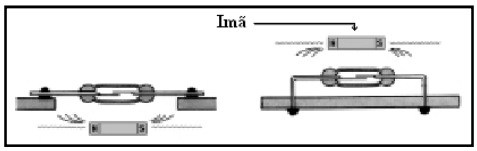


Figura 3.32 – Acionamento por imã do sensor de lâminas
Fonte: NATALE (2003).

3.2 Atuadores para CLP

Os módulos ou interfaces de saída servem para adequar eletricamente os sinais provenientes dos CLPs para que possam atuar nos circuitos controlados. Existem dois tipos básicos de interfaces de saída, as digitais e as analógicas (ANTONELLI, 1998).

3.2.1 Saídas digitais

As saídas digitais admitem dois estados, ligado e desligado. É possível com elas controlar dispositivos do tipo, relés, contatores, relés de estado sólido, solenóides, inversores de freqüência entre tantos outros dispositivos (ANTONELLI, 1998).

3.2.1.1 Relés de estado sólido

Os relés de estado sólido são indicados para instalações em superfícies dissipadoras de calor. Dependendo das condições de instalação e das características dos dissipadores, os relés podem operar cargas de elevada capacidade de corrente (SIEMENS, 2008b).

Com o aumento da freqüência de manobra, dispositivos eletromecânicos convencionais sofrem sobrecargas que normalmente ultrapassam seus limites. Alta freqüência de manobra ocasiona aumento no número de defeitos e diminui a vida útil dos componentes eletromecânicos, contatores. Isto pode ser evitado utilizando-se relés e contatores de estado sólido. Estes relés e contatores possuem uma vida útil extremamente elevada, nas mais diversas aplicações, mesmo sob as condições mais severas de operação (SIEMENS, 2008b).

Ocupam menos espaço em painéis devido as suas dimensões reduzidas. Seus Tiristores são de grande eficiência, assegurando com isto baixas perdas e um excelente contato térmico com as superfícies dissipadoras adequadas (dissipadores) (SIEMENS, 2008b). Apresentam como principais vantagens:

- Economia de espaço nas montagens, graças às suas dimensões reduzidas;
- Três diferentes técnicas de conexão na potência;
- Conexão de comando simples e rápida através de seu terminal *plug-in*;
- Troca rápida de dispositivos, sem alterar fiação de comando;
- Devido a seu *design*, pode ser montado como uma chave de partida convencional.

Na Figura 3.33 é possível observar a esquerda, um exemplo de um relé de estado sólido monofásico, e a direita um trifásico.

Figura 3.33 – Relés de estado sólido
Fonte: SIEMENS (2008b).

3.2.1.2 Contatores

São equipamentos para o acionamento de circuitos com potências elevadas por meio de um circuito de baixa potência. Exemplo típico dessa aplicação é o acionamento de motores elétricos. Os contatores são normalmente equipados com três, quatro ou cinco contatos, podendo ser de força, auxiliares ou mistos, além disso, em muitos modelos de contatores ainda é possível acrescentar blocos de contatos auxiliares aumentando o número de contatos auxiliares disponíveis (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

Na Figura 3.34 é possível observar a simbologia de um contator utilizada em diagramas elétricos multifilares.

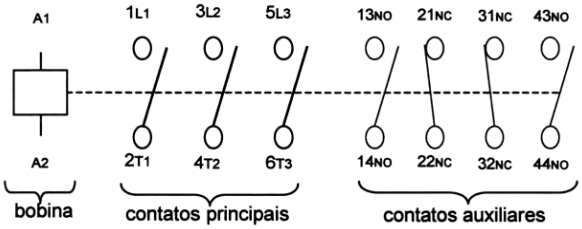


Figura 3.34 – Simbologia multifilar de contator
Fonte: SENAI (2002).

A Figura 3.35 apresenta as partes constituintes básicas de um contator de forma esquemática.

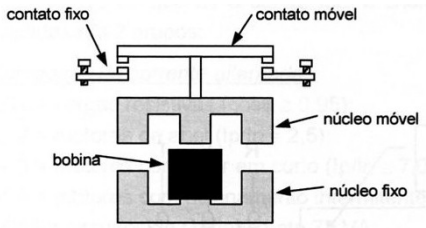


Figura 3.35 – Partes constituintes básicas de um contator
Fonte: SENAI (2002).

Na Figura 3.36 é observado um exemplo de contator do fabricante Telemecanique.

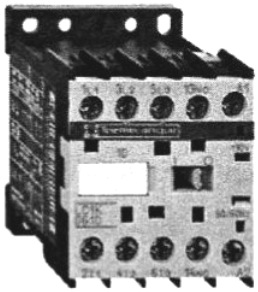


Figura 3.36 – Exemplo de um contator
Fonte: SENAI (2002).

3.3 Saídas analógicas

As saídas analógicas convertem valores numéricos, em sinais de saída de tensão ou corrente. No caso de tensão normalmente 0 a 10 VCC ou 0 a 5 VCC, e no caso de corrente de 0 a 20 mA ou 4 a 20 mA. Estes sinais poderão ser utilizados para controlar dispositivos atuadores do tipo, válvulas proporcionais, motores C.C., inversores de freqüência, e etc. (ANTONELLI, 1998).

3.3.1 Válvulas proporcionais

A válvula proporcional de pressão disponibiliza em sua saída uma pressão proporcional ao sinal elétrico de entrada analógica, ou seja, mediante um sinal de entrada elétrico analógico em Tensão 0...10Vcc ou Corrente 4....20mA, obtém-se o ajuste da vazão. A Figura 3.37 apresenta um exemplo deste tipo de válvula hidráulica. Nestas válvulas uma malha fechada garante uma resposta rápida e um controle preciso (FESTO, 2008).

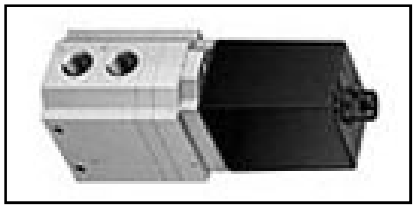


Figura 3.37 – Exemplo de uma válvula proporcional
Fonte: FESTO (2008).

4 SOLUÇÕES EM AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Nos anos oitenta começaram as primeiras experiências com componentes automatizados integrados a residências. De lá para cá as construções domóticas tem crescido em um ritmo acelerado. A seguir serão descritos alguns projetos pioneiros nesta área que tiveram influência para as construções seguintes, devido às suas idéias inovadoras (ANGEL, FRAIGI, 1993).

4.1 Projeto *SMART HOUSE*

O Sistema *SMART HOUSE* foi criado nos Estados Unidos (Washington D.C.), na segunda metade dos anos oitenta, pela *SMART HOUSE* L. P. (*Limited Partnership*), para *National Association of Home Builders* (NAHB) (FERNANDES, 2008).

Visto que a microeletrônica teve seu desenvolvimento nas áreas de distribuição de energia, o objetivo deste projeto era de oferecer novas tecnologias e funcionalidades pensando na distribuição de energia e nos meios de comunicação e controle em construções residenciais.

A instalação do edifício é toda unificada, e com uma inteligência distribuída que toma conta da distribuição de energia, do controle das comunicações, do sistema de telefonia tanto interna como externa e torna versátil a circulação dos dados na rede. Todos os cabos necessários da fiação foram substituídos por um único cabo com diversos condutores como o da rede elétrica de 220 volts, linha telefônica, cabo da televisão, sistema de segurança e os sensores de temperatura e termostatos (ANGEL, FRAIGI, 1993).

A segurança do sistema de eletricidade funciona quando o aparelho é acionado. Ao ser acionado, o aparelho envia um sinal para o computador central para reconhecimento, se for reconhecido normalmente, o sistema irá liberar a energia necessária para o funcionamento do mesmo. O mesmo método é adotado por aparelhos que necessitam de gás, diminuindo consideravelmente os riscos de choques elétricos ou escapamentos de gás. Os controles

estarão ativos enquanto os aparelhos estiverem em funcionamento. Se de algum modo o computador central parar de receber os sinais de reconhecimento, como no caso de alguma falha de funcionamento ou avarias nos cabos o sistema corta a alimentação de energia (ANGEL, FRAIGI, 1993).

O sistema de distribuição de gás conta com um medidor, que em caso de detecção de consumo acima do normal, a distribuição pode ser cortada devido a uma válvula automática de fechamento (ANGEL, FRAIGI, 1993).

A comunicação dos dispositivos realiza-se devido a uma inteligência distribuída, dividida entre os aparelhos com o sistema central. Exemplificando-se pode citar:

- Quando uma máquina de lavar roupas terminar seu serviço, ela enviará uma mensagem nos monitores que terminou e que as roupas podem ser passadas à máquina de secar;
- Se o telefone tocar enquanto o aspirador de pó estiver funcionando, ou outro aparelho emissor de alto ruído, um sinal será enviado ao aparelho para que pare momentaneamente, possibilitando uma melhor conversa ao telefone;
- Caso seja detectada presença de alguém em algum lugar não autorizado, é imediatamente enviado um sinal de acordo com a programação do sistema.

Todos os aparelhos a serem utilizados, conectados à casa necessitam estar de acordo com o protocolo de comunicação programado no sistema central, o que pode ser considerado um problema. Mesmo assim, ainda torna-se possível a conexão de aparelhos que não sejam compatíveis com o sistema previsto, mas com a utilização de adaptadores de entrada e saída tanto para eletricidade como para gás. Neste caso a energia necessária será liberada pelo sistema central, mas os mesmos não estarão assegurados pela casa.

Interruptores conectados à rede possibilitam ao usuário diversas funções como o comando da calefação e da ventilação.

Novos produtos que cheguem ao mercado e que sejam compatíveis, recebem a certificação de qualidade Smart House. O sistema da casa classifica os distintos aparelhos a serem utilizados em seis grupos:

- Aparelhos importantes, como lava-pratos, lava-roupas, secador de roupas e geladeiras;
- Aparelhos de distração, que são aparelhos de som, televisão, DVD e outros;

- Aparelhos de telecomunicação como telefones;
- Aparelhos de conforto térmico, calefação, ventilação, condicionadores de ar;
- Aparelhos a gás, calefação, fogão e outros;
- Sensores tais como temperatura, luminosidade ambiente e detecção de fuga de gás.

Construíram-se duas casas nos Estados Unidos em 1987, para testes de integração do sistema. A princípio as construções não haviam sido construídas com objetivo comercial. Entre 1989 e 1990, foram construídos mais quinze protótipos em diferentes regiões do país. E em 1991 a Smart House começou a ser comercializada tanto nos Estados Unidos como no Canadá (ANGEL, FRAIGI, 1993).

4.2 Sistema de automação INSTABUS

O conceito de automação predial e/ou residencial ainda é um pouco incerto, pois em uma automatização é preciso dar condições para que todos os pequenos sistemas do ambiente, iluminação, segurança, ar condicionado, controle de energia, entre outros, trabalhem conjuntamente otimizados na instalação, nem sempre ocorre nos sistemas que assim se intitulam atualmente (AURESIDE, 2008).

A automação gera uma série de economias ao longo do tempo, o que compensa o investimento inicial do projeto, tanto que hoje, os edifícios são ao menos preparados para receber novas tecnologias, o que lhes confere maior vida útil (AURESIDE, 2008).

Os preços variam de acordo com a aplicação entre muitos outros fatores. Hoje existem diferentes tecnologias que podem atender prédios e residências de acordo com a necessidade de cada projeto. A Siemens trabalha com três possibilidades:

- O LOGO, que é um micro CLP com interface amigável inclusive em *software*;
- O SISTEMA APOGEE, que é utilizado em grandes projetos que envolvam muitos sistemas;
- Técnica Instabus para instalações elétricas inteligentes, que é um conjunto de dispositivos projetados de acordo com cada necessidade, podendo ser utilizado em residências como em edifícios de médio porte.

A Técnica Instabus é uma tecnologia para gerenciamento de instalações elétricas que trabalha com telegramas binários, onde as comunicações entre os dispositivos acontecem rápida e seletivamente de modo descentralizado através de cabos semelhantes aos de telefone.

Este sistema permite a integração fácil com outros sistemas, ágeis modificações físicas ou de programação e, ainda, a possibilidade de gerenciar somente um andar de um prédio (AURESIDE, 2008).

5 DESCRIÇÃO DE FUNCIONAMENTO DAS AUTOMATIZAÇÕES PROPOSTAS

O *software* será desenvolvido utilizando o programa da Siemens, LOGO!Soft Comfort o qual hoje se encontra em sua versão 6.0. Neste *software* é possível o desenvolvimento de todo o programa, podendo imprimir o programa de comutação, armazená-lo em arquivo específico, estando sempre ao alcance do desenvolvedor para possíveis modificações. Na Figura 5.1 é apresentada uma imagem da tela de edição de programa, em *ladder,* do software de programação do CLP. Sendo que durante a edição do programa todas as linhas de conexão e dos blocos de contato estarão na cor preta.

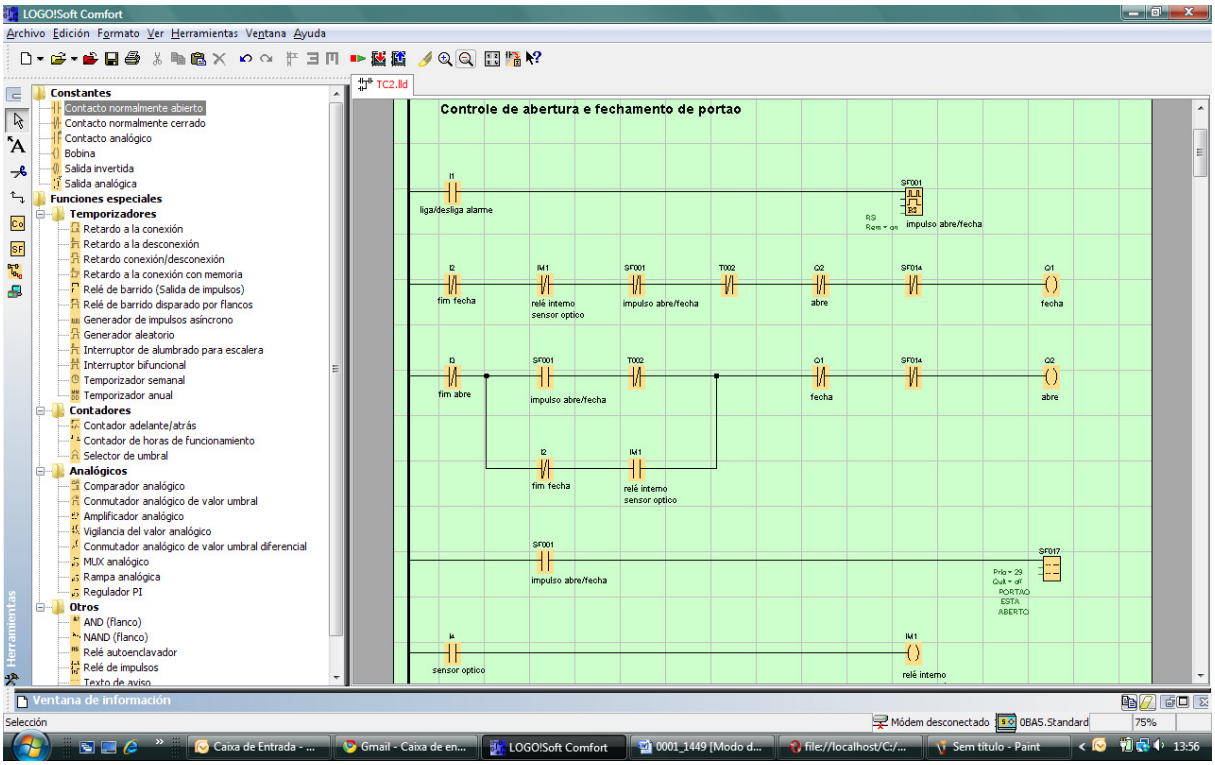


Figura 5.1 – Tela de edição do LOGO SOFTCONFORT
Fonte: Do autor.

Serão realizadas simulações durante o processo de desenvolvimento, diminuindo assim os possíveis erros. Para isto será usada uma ferramenta de simulação do próprio programa, podendo ser simulado assim como programado tanto em *ladder* como em bloco de funções antes do próprio desenvolvimento das instalações e da aquisição do CLP. Visando facilitar as simulações foi desenvolvida a Tabela 5-1 onde estão relacionados os códigos das entradas do CLP e suas designações no programa e a Tabela 5-2 que apresenta os códigos das saídas do CLP e a designação das mesmas dentro do programa.

Tabela 5-1 Código das entradas do CLP e designações

Código das entradas	**Designação no programa**
I1	abre/fecha portão
I2	fim fecha
I3	fim abre
I4	sensor óptico
I5	liga/desliga alarme
I6	sensores sem fio
I7	relé foto-elétrico
I8	bloqueio relé foto-elétrico
I9	sensor de movimento sala
I10	sensor movimento dormitório 1
I11	bloqueio movimento dormitório 1
I12	sensor movimento banho
I13	sensor movimento dormitório 2
I14	bloqueio movimento dormitório 2
I15	sensor movimento cozinha
I16	sensor vazamento de gás
I17	sensor fumaça
I18	reset sistema de segurança
I19	sensor de chuva
I20	disponível para funções futuras
I21	disponível para funções futuras
I22	disponível para funções futuras
I23	disponível para funções futuras

Fonte: Do autor.

Tabela 5-2 Código das saídas do CLP e designações

Código das saídas	**Designação no programa**
Q1	relé fecha portão
Q2	relé abre portão
Q3	sirene
Q4	discador
Q5	relé iluminação externa
Q6	luminária sala
Q7	luminária dormitório 1
Q8	luminária banho
Q9	luminária dormitório 2
Q10	luminária cozinha
Q11	relé alimentação eletrônicos
Q12	eletroválvula do gás
Q13	relé eletroválvula água
Q14	disponível para funções futuras
Q15	disponível para funções futuras
Q16	disponível para funções futuras

Fonte: Do autor.

A Figura 5.2 apresenta uma imagem de tela de simulação do software onde as partes do programa que estão em nível alto apresentam a cor vermelha e as que estão em nível baixo cor azul, garantindo assim uma rápida diferenciação da tela de edição para a de simulação, pois na de edição a cor dos componentes é somente preta.

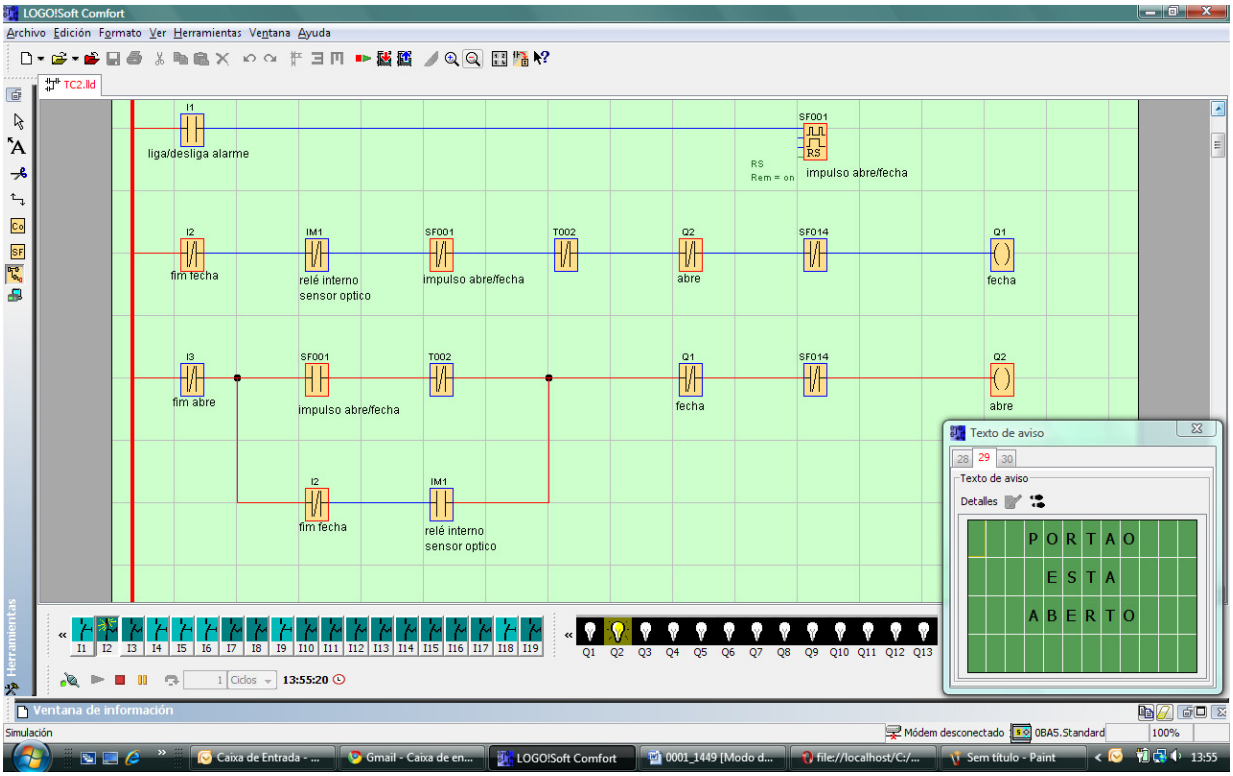


Figura 5.2 – Tela de simulação do LOGO SOFTCONFORT
Fonte: Do autor.

Este *software* também permite a execução de teste *online* podendo observar, como é executado o programa de comutação e como ele reage a diferentes estados das entradas. As condições prévias para o teste *online* são as seguintes: o computador com o programa de circuitos a ser testado tem de existir como FBD, o programa de comutação no CLP tem de ser idêntico ao programa de comutação no *software*.

No teste *online* o programa de comutação é executado a partir de um CLP. O modelo de CLP sugerido para este trabalho será o SIEMENS LOGO 12/24RC - 6ED1 052-1MD00-0BA6. Este modelo de CLP pode trabalhar com sinais de entrada de 12 Volts corrente contínua, e os sinais de saída são acionamentos de relés. Com isto pode-se manobrar qualquer nível de tensão utilizada normalmente em residências, com capacidade de corrente de até 10 Amperes.

Este *software* está disponível para rodar em vários sistemas operacionais entre eles, Windows 95/98, Windows NT 4.0, Windows Me, Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, Linux e Mac OS X.

A seguir serão apresentados alguns dos blocos de funções disponíveis neste CLP:

- Constantes/Bornes: Entrada, tecla de cursor, bit do registro de deslocamento, entrada analógica, saída, saída analógica, borne aberto, marcador, marcador analógico, estado 1 (alto), estado 0 (baixo).
- Funções lógicas básicas: AND, AND (flanco), NAND, NAND (flanco), OR, NOR, XOR, NOT.
- Funções especiais: Retardo ligação, retardo desligamento, retardo de ligamento/desligamento, retardo ligação a memorizar, relé auto-retenção, relé de passagem (emissão de impulsos), temporizador semanal e anual, gerador de impulsos assíncrono, gerador de sinal aleatório, interruptor valor limiar, interruptor e luz da escada, interruptor conforto, texto de aviso.

Os recursos máximos disponíveis para programação por CLP são os seguintes: 200 blocos de função, 250 blocos de função com remanência, 24 entradas digitais, 16 saídas digitais, 27 marcadores, 8 entradas analógicas, 50 caixas de texto, 50 conteúdos do texto, 2 saídas analógicas, 3800 memórias de linhas do programa, 100 nomes do bloco, 6 marcadores analógicos, 4 teclas de cursor, 1 registrador de deslocamento e 16 bornes abertos.

5.1 Sistema de automação de portão de contrapeso

O primeiro sistema a ser automatizado será o de controle de abertura e fechamento de um portão residencial de contrapeso, na Figura 5.3 pode ser observado o programa em linguagem *ladder* relativo à esta etapa da automação.

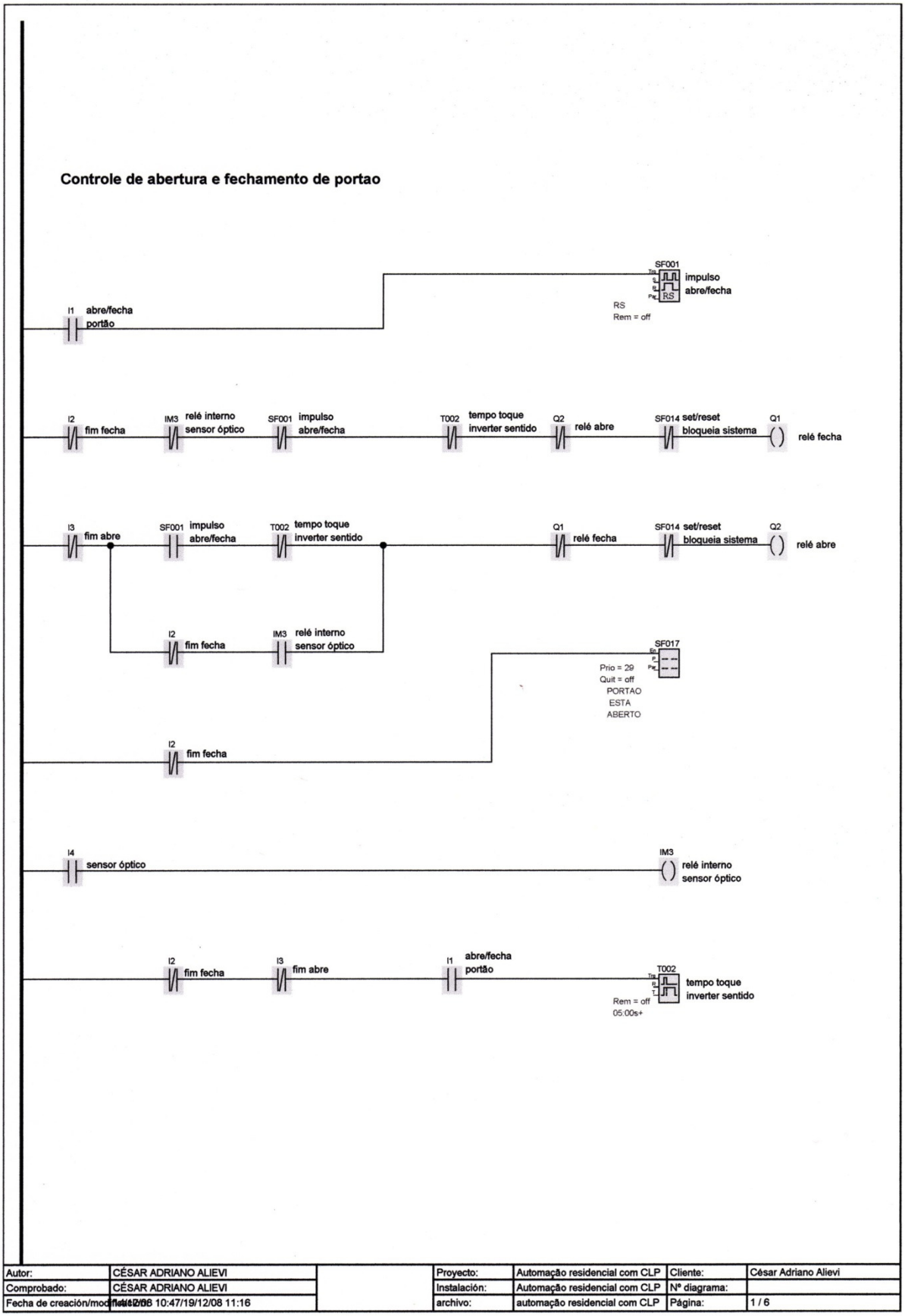


Figura 5.3 – Sistema de automação de portão de contrapeso
Fonte: Do autor.

Uma das sugestões propostas por este trabalho é a de adoção de motor de corrente contínua em 12 volts. Esta sugestão se dá em face de que na falta de energia elétrica o sistema deixa de ser funcional quando alimentado diretamente pela rede elétrica, proporcionando certo desconforto em seu uso. Com a adoção da corrente contínua torna-se possível o acionamento do sistema com a alimentação a partir de uma bateria a qual pode continuar funcionando mesmo com a falta de energia elétrica. Para manter a bateria carregada usa-se então um carregador de baterias o qual manterá alimentado o sistema enquanto não falte energia, na falta de energia da concessionária local quem manterá o sistema será a carga armazenada na bateria, garantindo assim o perfeito funcionamento do sistema. As principais características desta etapa da automação são as seguintes:

1) Em um controle remoto, um botão do mesmo, acionará um relé de um receptor com dois canais sendo que um destes canais atuará sobre a entrada I1 do CLP e esta entrada controlará os movimentos de abertura e fechamento portão, através das saídas Q1 a qual o abre e Q2 que o fecha.

2) O limite superior é controlado por um *reed switch* o qual enviará um sinal para a entrada I3 do CLP e no limite inferior um segundo *reed switch* enviará um sinal para a entrada I2 do CLP.

3) Por questão de segurança caso haja algo ou alguém parado sob o portão quando este estiver em fechamento, existe um sensor óptico tipo barreira atuando na entrada I4. Este sensor fará com que o movimento de fechamento do portão seja imediatamente interrompido e o de abertura acionado. Enquanto o objeto permanecer interrompendo o fluxo luminoso do emissor para o receptor o movimento de abertura ficará atuado até que se atinja o limite superior.

4) A partir do instante que se aciona o controle remoto para abrir o portão, o *display* que é incorporado ao CLP mostrará uma mensagem, “PORTAO ESTA ABERTO”. Com isto, caso o mesmo fique por esquecimento aberto será possível identificar esta situação.

5.2 Sistema de alarme de segurança patrimonial

O segundo sistema a ser automatizado será o de alarme de segurança patrimonial e na Figura 5.4 é apresentada esta parte do programa de automação.

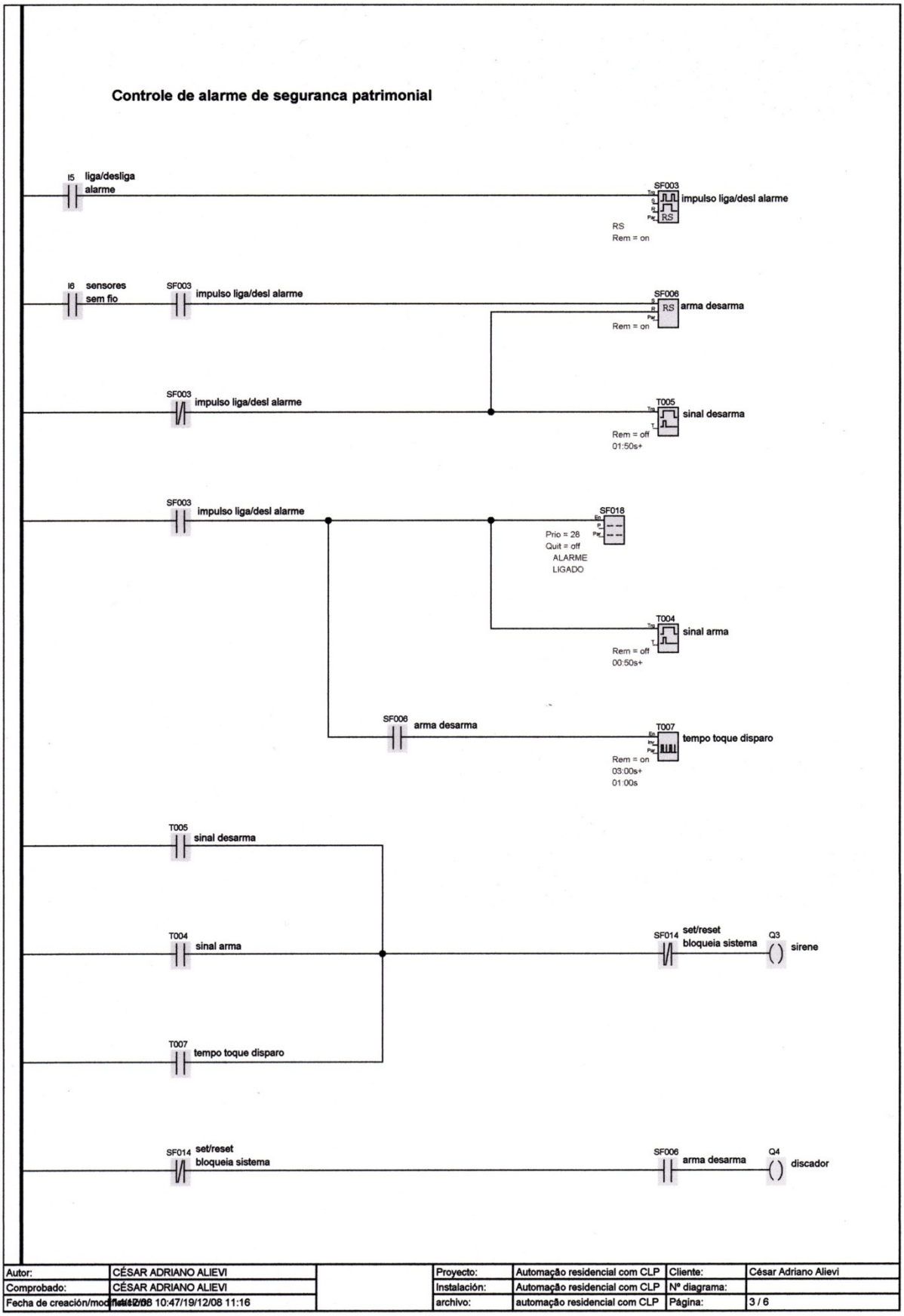


Figura 5.4 – Sistema de alarme de segurança patrimonial

Fonte: Do autor.

As características principais de funcionamento desta etapa do sistema serão descritas a seguir:

1) No controle remoto referido anteriormente o segundo botão acionará o segundo relé do receptor de dois canais. Este segundo canal atuará na entrada I5 do CLP fazendo com que o alarme seja ativado ou desativado.

2) Serão utilizados sensores sem fio, em cada porta e janela da residência, codificados de tal forma a acionarem um segundo receptor, este atuando um de seus relés, enviando um sinal na entrada I6, com que o alarme será disparado em caso de violação de qualquer das portas ou janelas da residência.

3) Haverá ligada na saída Q3 do CLP uma sirene, que dará indicações sonoras a cada habilitação ou desabilitação do alarme, esta sirene também será o meio de indicação de disparo do alarme em caso de violação.

4) Na saída Q4 do CLP será ligado um discador telefônico o qual poderá discar para até 7 números de telefones diferentes, através de sua programação específica, sempre que houver um disparo do alarme.

5) No momento em que se liga o alarme, via controle remoto, o display que é incorporado ao CLP mostrará uma mensagem, “ALARME ESTA LIGADO”. Com isto será possível identificar a situação de alarme ligado.

5.3 Sistema de iluminação externa

O terceiro sistema a ser automatizado será o de iluminação externa da residência a Figura 5.5 apresenta a parte do programa em *ladder* relativa a esta automação.

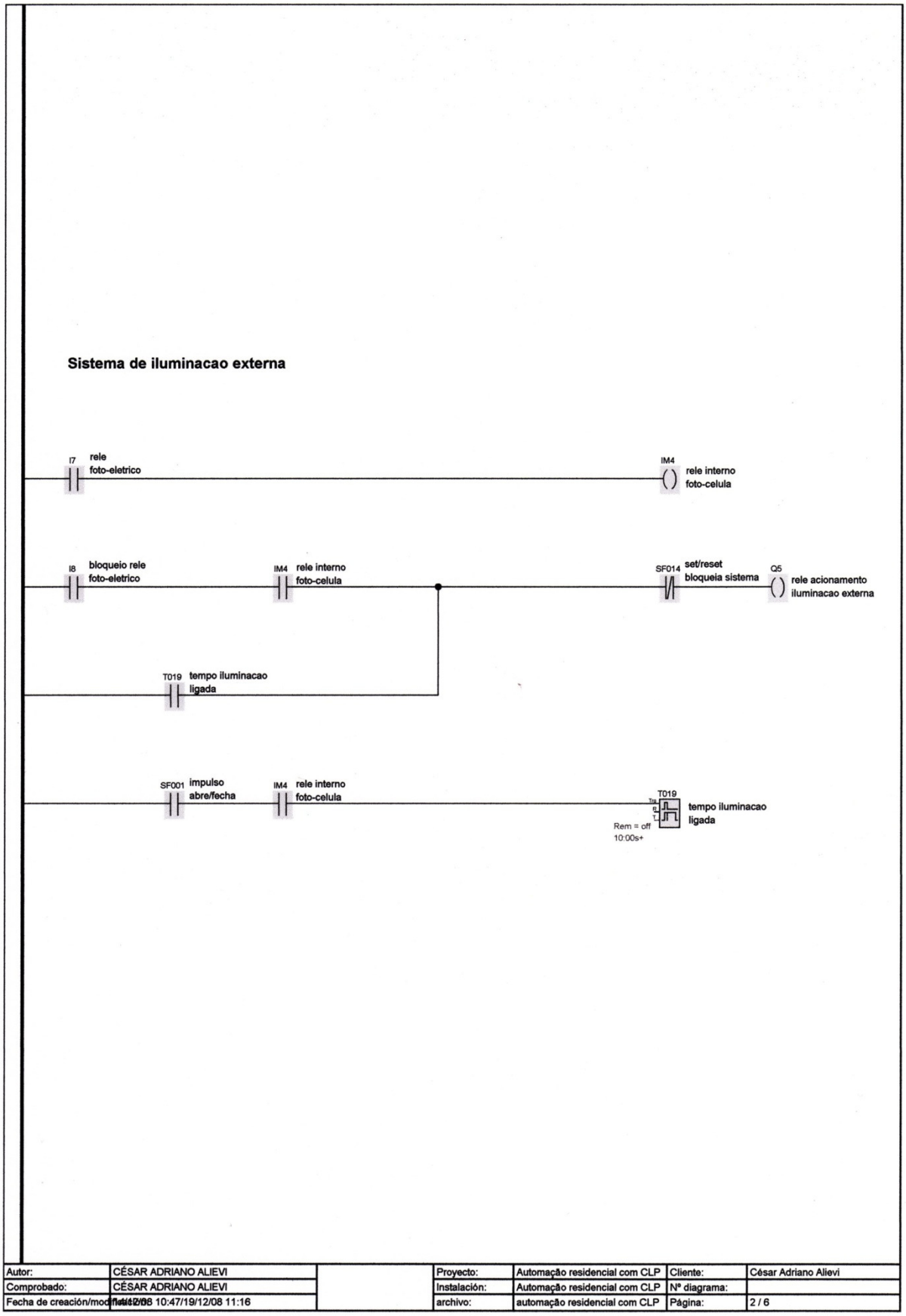


Figura 5.5 – Sistema de iluminação externa

Fonte: Do autor.

Caso venha a se adotar reatores para lâmpadas com alimentação de 12Vcc não haverá a necessidade de instalação de luminárias de emergência pois as mesmas poderão ser alimentadas pelas baterias que alimentam o CLP, e as características de funcionamento desta etapa da automaç serão descritas a seguir:

1) A entrada I7 do CLP receberá sinal de um relé fotoelétrico, indicando com isto se é dia ou noite, para que assim sejam ou não acionadas as luminárias que ficam localizadas no lado externo da residência, por meio da saída Q5 do CLP.

2) Por meio de um interruptor ligado à entrada I8 do CLP, será possível bloquear-se o acionamento e desacionamento das luminárias.

3) Caso I8 esteja acionado, bloqueando o acionamento das luminárias externas, e seja acionada a abertura do portão serão ligadas as lâmpadas da iluminação externa, permanecendo ligadas por um intervalo de tempo ajustado no temporizador T019.

5.4 Sistema de iluminação interna

O quarto sistema a ser automatizado será o de iluminação interna da residência sendo que, caso, se utilize reatores para lâmpadas com alimentação de 12Vcc não haverá a necessidade de instalação de luminárias de emergência pois as mesmas poderão ser alimentadas pelas baterias que alimentam o CLP. Na Figura 5.6 é possível ser observado a parte do programa relativo a esta automação.

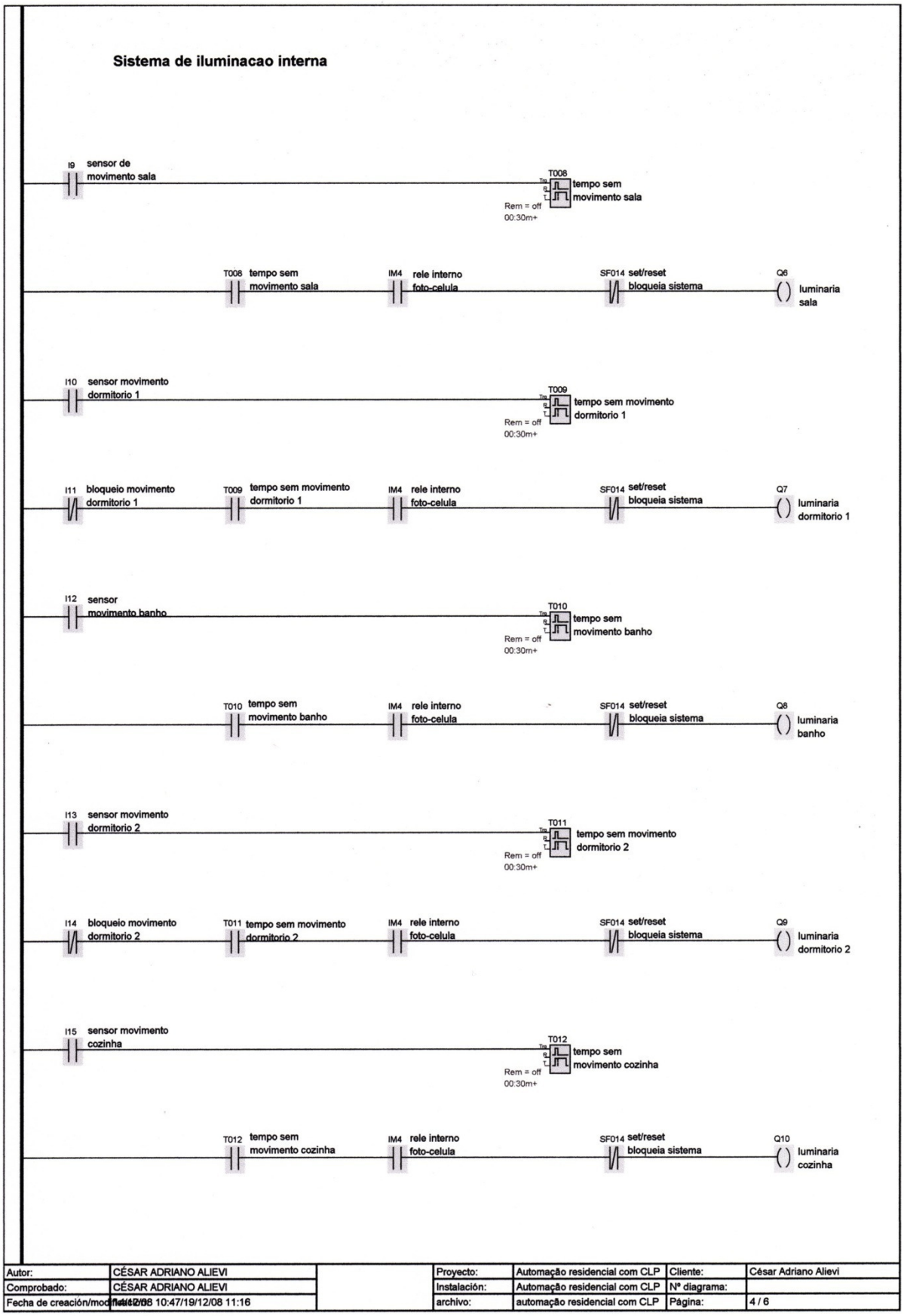


Figura 5.6 – Sistema de iluminação interna

Fonte: Do autor.

As características de funcionamento deste sistema serão descritas a seguir:

1) A entrada I9 do CLP receberá o sinal de um sensor de movimento que estará instalado na sala de estar, de modo que caso não haja movimento de alguém na mesma, a saída Q6 do CLP desligará a iluminação da peça após 10 minutos transcorridos após o último movimento.

2) A entrada I10 do CLP receberá o sinal de um sensor de movimento que estará instalado no dormitório 1 e, caso não haja movimento de alguém no mesmo, a saída Q7 do CLP desligará a iluminação do dormitório após 10 minutos transcorridos do último movimento. Visando não haver o acionamento das luminárias caso as pessoas se movimentem dormindo, junto à cama será instalado um interruptor, que enviará um sinal à entrada I11 do CLP, tendo por função bloquear o acendimento das mesmas.

3) A entrada I12 do CLP receberá o sinal de um sensor de movimento que estará instalado no banheiro, visando que, caso não haja movimento de alguém no mesmo, a saída Q8 do CLP desligará a iluminação da peça após 10 minutos transcorridos após o último movimento.

4) A entrada I13 do CLP receberá o sinal de um sensor de movimento estando este instalado no dormitório 2 e, caso não haja movimento de alguém no mesmo, a saída Q9 do CLP desligará a iluminação do dormitório após 10 minutos transcorridos após o último movimento. Visando não haver o acionamento das luminárias caso as pessoas se movimentem dormindo, junto à cama será instalado um interruptor, que enviará um sinal à entrada I14 do CLP, tendo por função bloquear o acendimento das mesmas.

5) A entrada I15 do CLP receberá o sinal de um sensor de movimento que estará instalado na cozinha. Caso não haja movimento de alguém na mesma a saída Q10 do CLP desligará a iluminação da peça, após 10 minutos transcorridos do último movimento.

6) Como meio de controle de consumo de energia elétrica a lógica de programação desenvolvida utilizará o sinal do relé fotoelétrico ligado à entrada I7 do CLP para efetuar o controle de todas as saídas ligadas às luminárias da residência. As

luminárias somente ligarão caso a luminosidade no ambiente externo seja insuficiente para iluminar o ambiente interno.

5.5 Sistema de *stand-by* da sala de estar

O quinto sistema a ser desenvolvido será o de controle de consumo de energia dos equipamentos eletrônicos de áudio e vídeo instalados na sala de estar. Normalmente, após o uso e posterior desligamento, ficam em modo *stand-by*, consumindo uma pequena quantidade de energia que poderia ser economizada desligando-se a chave geral de cada um dos equipamentos em questão.

Esta parte da automação apresenta as seguintes características principais:

1) O mesmo sensor de movimento que controla as luminárias da sala de estar e que está enviando sinal para a entrada I9 do CLP, controla a lógica de funcionamento de controle do sistema de *stand-by*.

2) A lógica desenvolvida faz com que, caso não haja movimento algum na sala de estar, desative todas as tomadas que alimenta os equipamentos eletrônicos ligados a elas, depois de transcorrido um intervalo de 15 minutos, garantindo assim uma economia de energia elétrica.

5.6 Sistema de irrigação de jardim

O sétimo sistema a ser desenvolvido será responsável por manter os jardins irrigados, garantindo assim a conservação das plantas, a parte do programa relativa a esta automação bem como o sistema de *stand-by* da sala de estar podem ser melhor compreendidos observando a Figura 5.7.

Descrição do funcionamento das principais características do sistema de irrigação de jardim:

1) Na entrada I19 do CLP será instalado um sensor de chuva o qual será responsável por desabilitar esta entrada caso já tenha chovido.

2) Na lógica desenvolvida para este sistema, caso I19 esteja habilitado, um timer com dias e horários pré-determinados para atuação da saída Q13 do CLP responsável por ativar os irrigadores, será acionada.

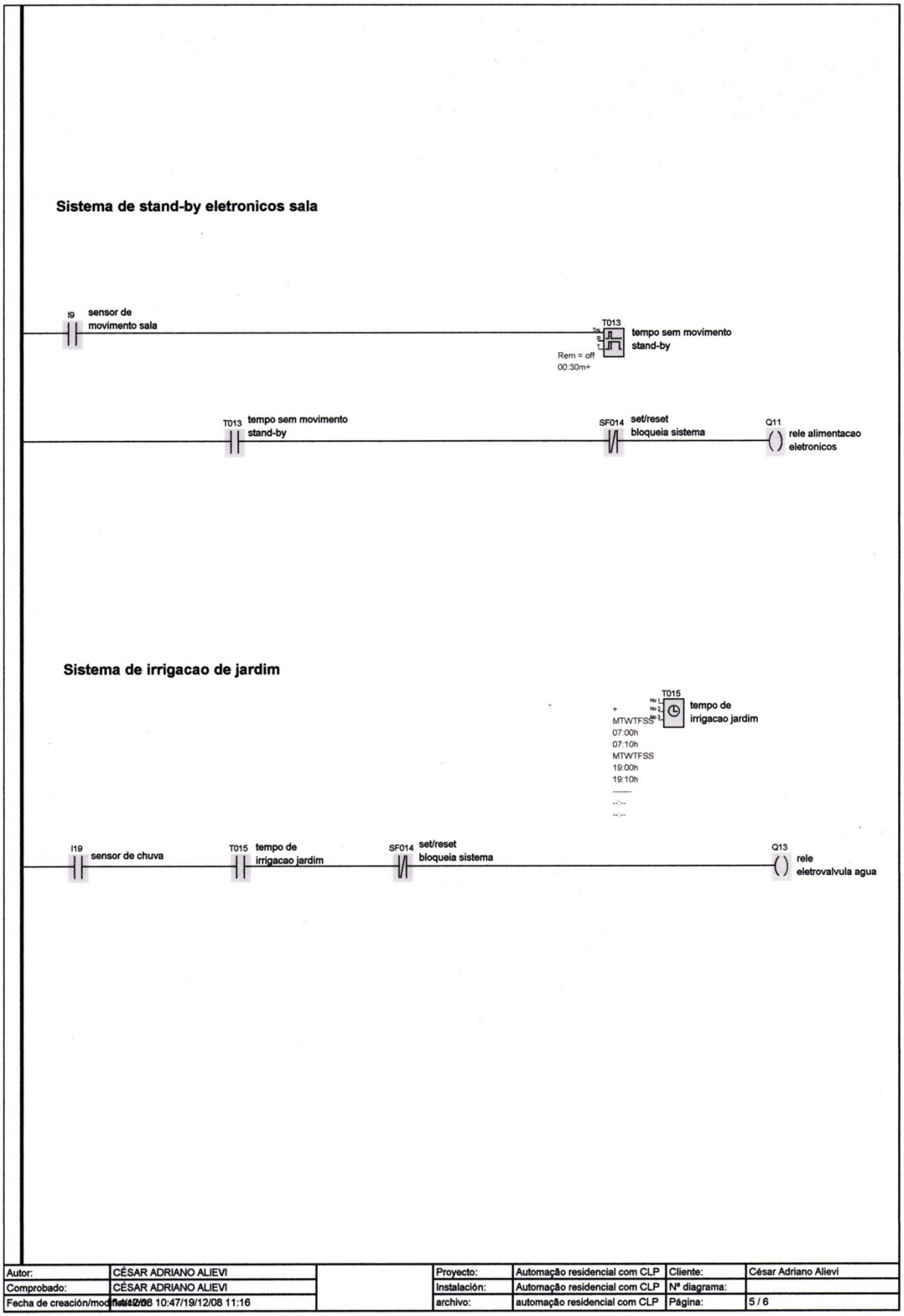


Figura 5.7 – Sistema de stand-by da sala de estar e sistema de irrigação de jardim
Fonte: Do autor.

5.7 Sistema de segurança residencial contra incêndio

A Figura 5.8 traz o programa do sexto sistema a ser desenvolvido o de segurança contra incêndio, onde serão utilizados um sensor de vazamento de gás e outro sensor de fumaça. Utilizando sensores com alimentação de 12Vcc haverá funcionamento mesmo com falta de energia, podendo os mesmos serem alimentados pelas baterias que alimentam o CLP.

As características de funcionamento deste sistema serão descritas a seguir:

1) Na entrada I16 do CLP será recebido o sinal do sensor de vazamento de gás e na I17 o sinal do sensor de fumaça. Ambos estarão localizados na cozinha, ponto da residência mais sujeito a princípios de incêndio.

2) Caso algum dos sensores atue será automaticamente bloqueada a válvula de alimentação de gás, através da saída Q12 do CLP.

3) A lógica desenvolvida para este sistema, também bloqueará todas as demais saídas do CLP, garantindo assim que em caso de vazamento de gás ou incêndio a eletricidade dos demais sistemas da residência estejam desligados.

4) No momento em que houver algum vazamento de gás ou caso haja fumaça no ambiente, no *display* incorporado ao CLP será mostrada uma mensagem, “VAZAMENTO DE GAS, FUMACA. SISTEMA BLOQUEADO”, com isto será possível identificar a situação de alarme ligado.

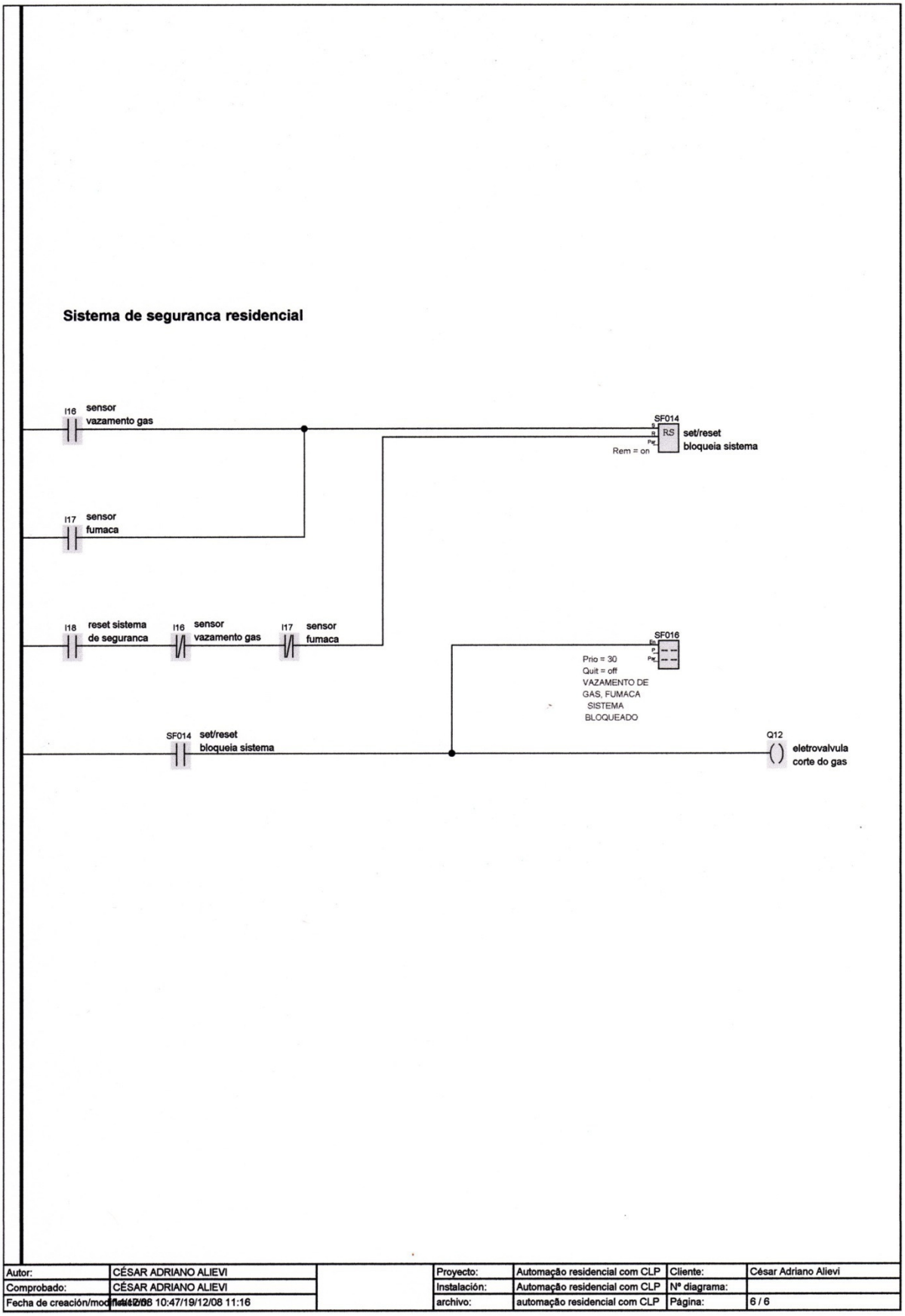


Figura 5.8 – Sistema de segurança residencial contra incêndio

Fonte: Do autor.

5.8 Tabela de preços dos principais componentes para a automação

Os preços da Tabela 5-3, aqui apresentados foram colhidos em lojas de materiais elétricos e eletrônicos da região, além de Internet, para que os preços médios fossem os mais próximos da realidade. O orçamento aqui apresentado não está considerando cabos, tubulações e mão de obra.

Tabela 5-3 Preços médios de mercado

EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
CLP	SIEMENS LOGO 12/24RC - 6ED1 052-1MD00-0BA5	1	R$ 486,00	R$ 486,00
Expansão	LOGO! DM 8 12/24R - 6ED1055-1MB00-0BA1	4	R$ 336,98	R$ 1.347,92
Receptor	RECEPTOR MULTIFUNÇÕES RX433MF	2	R$ 53,00	R$ 106,00
Sensor portas/janelas	RADIO SENSOR RS 2000	5	R$ 15,60	R$ 78,00
Discador	DISCADOR TELEFONICO DT 7000	1	R$ 40,60	R$ 40,60
Sirene	SIRENE MINI PKR	2	R$ 10,00	R$ 20,00
Sensor óptico	SENSOR ÓPTICO TIPO BARREIRA	1	R$ 68,00	R$ 68,00
Fotocélula	FCR2TF - Fotocélula Tri-Fácil	1	R$ 50,00	R$ 50,00
Sensor de fumaça	DETECTOR DE FUMAÇA E TEMPERATURA V1T	1	R$ 70,00	R$ 70,00
Sensor de chuva	Sensor de chuva RSD-BEx	1	R$ 132,46	R$ 132,46
Carregador de bateria	Expert charger P6 6amperes	1	R$ 99,00	R$ 99,00
Bateria automotiva	Bateria automotiva moura 60 Ah	1	R$ 190,00	R$ 190,00
				R$ 2.687,98

Fonte: Do autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível observar, conforme o que foi apresentado, que a domótica cada vez mais proporciona um maior conforto, comodidade e, principalmente, maior interação com seus usuários. Hoje indo muito além da segurança e comodidade para os mesmos, permitindo também um melhor aproveitamento de água, gerenciamento e redução do consumo de energia elétrica, recursos estes que cada vez mais caros e escassos em nosso planeta.

Uma das maiores barreiras encontradas ainda para que os sistemas domóticos possam ser mais utilizados, tem sido os valores elevados dos equipamentos envolvidos nos sistemas domotizados. Conforme pode ser observado no artigo, "Casa "inteligente" precisa ter um cérebro", (AURESIDE, 2005), a central de automação é como o processador central de um computador (CPU). O sistema pode crescer aos poucos, agregando novas funções que inicialmente não foram previstas. Uma central custa de R$ 35 mil a R$ 40 mil.

Os sistemas domóticos atualmente apresentam um grau de complexidade bastante elevado, conforme é possível observar-se nos exemplos apresentados neste trabalho: o sistema *Smart House* e também o sistema de Automação Instabus. Estes sistemas necessitam normalmente um computador central para executar o gerenciamento dos sistemas que estão distribuídos na residência e um CLP que efetivamente atuará nas cargas de potência.

O sistema proposto neste trabalho dispensa o uso de um computador permanentemente ligado ao CLP, o uso de interfaces homem/máquina muito elaboradas, controles remotos complexos ou centrais de automação que venham a encarecer esta alternativa de automação. Está sendo proposto um sistema menos complexo e mais acessível, visto que os componentes a serem instalados seriam de fácil acesso no mercado. Os sensores seriam todos de uso corriqueiro em qualquer instalação residencial, como por exemplo, relés fotoelétricos os quais são utilizados para iluminação pública, sensores de movimento para alarmes residenciais, entre outros. O gerenciamento do sistema ficaria a cargo de um micro CLP, bastante conhecido, o LOGO da empresa SIEMENS o qual possui um *software* de

desenvolvimento que permite programá-lo em linguagem *ladder* ou bloco de funções. Bastante amigável, o *software* de programação deste CLP, permite a execução de simulações após o desenvolvimento do programa, mesmo que não se disponha do CLP em mãos.

Devido às dificuldades em estabelecer as condições ideais para implementação do projeto prático, tais como custos envolvidos em desenvolvimento, dimensionamento dos cômodos da residência, este trabalho de conclusão ficou restrito à parte teórica de projeto proposto e ao desenvolvimento do programa em *ladder* para o CLP. Efetuaram-se também as simulações no *software* do LOGO, dos sistemas que foram desenvolvidos, as quais apresentaram resultados satisfatórios.

Foi realizado também um levantamento dos preços de alguns dos principais componentes para o desenvolvimento deste projeto onde se observa que seria possível o desenvolvimento de um sistema com custos bem acessíveis com a automação residencial utilizando CLP.

Como propostas para continuação do trabalho enquadram-se:

- O desenvolvimento de mais sistemas automatizados que poderiam fazer uso de alguns dos vários sensores que foram citados neste trabalho e que nesta etapa do projeto não foram utilizados.
- Um manual para o usuário final do sistema.
- E a execução prática dos sistemas propostos, confirmando na prática sua funcionalidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Controladores Lógicos Programáveis**. Disponível em - http://www.abntdigital.com.br, acesso em 02 de junho de 2008

ANGEL, Patrícia Marta – FRAIGI, Liliana Beatriz. **INTRODUCCION A LA DOMOTICA**. 1993.

ANTONELLI, Pedro Luis. **Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)**. Disponível em: www.ejm.com.br/download/Introducao%20CLP.pdf. Acesso em 18 de junho de 2008

ATOS, 2008. **Órgão de divulgação da ATOS Automação Industrial - Maio/2000 - nº18.** Disponível em: http://www.atos.com.br/jornal/fatos18/fatos18.html. Acesso em: 22 de julho de 2008

AURESIDE, 2008 (Associação Brasileira de Automação Residencial). **Protocolo. SISTEMA DE AUTOMAÇÃO - INSTABUS**. Disponível em: http://www.aureside.org.br/temastec/default.asp?file=protocolos02.asp. Acessado em: 10 de junho de 2008.

AURESIDE, 2005 (Associação Brasileira de Automação Residencial). **Temas técnicos. CASA "INTELIGENTE" PRECISA TER UM CÉREBRO.** Disponível em: http://www.aureside.org.br/artigos/default.asp?file=01.asp&id=59. Acesso em: 22 de outubro de 2008.

BRAGA, Newton C. **Sensores ultra-sônicos.** Saber Eletrônica - Ano 42 - Nº 400 - Maio/2006

BRUNE, Osmar. **CLPs de pequeno porte**. Mecatrônica atual - Ano 4 - n° 21– abril/maio – 2005

CASADOMO. **Domótica - Introducción**. Disponível em: http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14&m=21&idm=21&pat=20&n2=20. Acesso em 18 de abril de 2008.

DÍAZ, Oscar Moreno; PARDO, Jose Luís Aller ; PULIDO, Ivan Mariano. **Domótica (Instalación y simulación)**. Disponivel em: http://bibliotecnica.upc.es/bustia/arxius/40441.pdf. Acesso em: 03 de junho de 2008

EXATRON INDÚSTRIA ELETRÔNICA LTDA. Porto Alegre, 2003. Disponível em http://www.exatron.com.br. Acesso em 20 de setembro de 2008.

FERNANDES, Pedro Miguel de Miranda. **Aplicações Domóticas para Cidadãos com Paralisia Cerebral**. Disponivel em: http://portal.ua.pt/bibliotecad/default1.asp?OP2=0&Serie=0&Obra=28&H1=2&H2=7.acesso em: 20 de junho de 2008

FESTO. **Válvulas Proporcionais**. Disponível em: http://www.festo.com/INetDomino/br/pt/826e6f9157984317c1256f2d006b6ec0.htm. Acesso em: 20 de junho de 2008.

FONSECA, Marcos. **Apresentação sobre a IEC 61131**. Disponível em: http://www.iec61131.com.br/v1/start_download.asp?Arquivo=pres_portuguese.exe. Acesso em: 12 de junho de 2008.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis - Sistemas Discretos**. 1ª edição. São Paulo, SP, Editora Érica. 2008.

MORRISS, S. Brian. **Automated manufacturing systems: Actuators, controls, sensors, and robotics**. New York: Glencoe/McGraw-Hill. 1995.

NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. São Paulo, SP, Editora Érica. 2003.

PETROVCIC, Sergio Augusto Bitencourt. **O PAC vai substituir o CLP?**.Mecatrônica Atual - Ano 6 - n° 35 - Ago/Set – 2007

SENAI, 2002. **Eletricidade Instalações Industriais.** Sapucaia do Sul, RS. Julho de 2002

SENSE, 2008. **Sensores de proximidade capacitivos.** Disponível em: http://www.riocontrol.com.br/sensecapacitivos.htm. Acesso em 23 de julho de 2008

SIEMENS, 2008a. **Controle baseado em CLP.** Disponível em: http://www.siemens.com.br/templates/homeune.aspx?channel=3619&channel_ter_nivel=3417. Acesso em: 05 de junho de 2008

SIEMENS, 2008b. **Reles de Estado Sólido.** Disponível em: http://www.siemens.com.br/templates/produto.aspx?channel=250&produto=14816. Acesso em 20 de junho de 2008.

SIEMENS, 2008c. **Soluções em Network para Industrial Ethernet (IEEE 802.3/802.3u).** Disponível em: http://www.siemens.com.br/templates/produto.aspx?channel=250&produto=4500. Acesso em: 20 de agosto de 2008.

SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Apostila de CLPs – Ladder**. Disponível em: http://pinga.eep.br/~mesilva/. Acesso em: 06 de junho de 2008.

SILVA FILHO, Bernardo Severo da. **Curso de Controladores Lógicos Programáveis**. Disponível em: www.lee.eng.uerj.br/downloads/cursos/clp/clp_1.pdf. Acesso em 10 de abril de 2008.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson E. dos. **Automação e controle discreto.** 4. ed. São Paulo, SP: Érica, 2002.

SOUZA ,Luiz Edival de. **Controladores Lógicos Programáveis.** Disponível em: www.leopoldina.cefetmg.br/moodle/file.php/40/clp3.pdf. Acesso em: 06 de junho de 2008.

TECNODRIVE. **SENSORES Dispositivos para detecção, medição e identificação em aplicações industriais.** Disponível em: http://www.tecnodrive.com.br/Automação%20e%20Controle.htm. Acesso em: 18 de outubro de 2008.

TELEMECANIQUE. **Automação, Relés.** Disponível em: http://www.schneider-electric.com.br/telemecanique/_data_sheets/fiche.htm?id=aut_zeliologic. Acesso em: 06 de junho de 2008

TERMOPARES. **Introdução sobre termopares.** Disponível em: http://www.termopares.com.br/termopares/index.asp. Acesso em 18 de junho de 2008.

UFRGS. **Eletricidade e Magnetismo**. **A LEI DE FARADAY**. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/mod10/m_s01.html. Acesso em: 18 de junho de 2008.

VECCHI, Hermes F.; OGATA, Reinaldo Jiunji. **Edifícios Inteligentes**. Disponível em: http://www.din.uem.br/ia/intelige/domotica/int.htm#introducao. Acesso em 10 de abril de 2008.

WEG. **Sistemas de Automação e Controle de Processos.** Disponível em: http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Automacao/Sistemas-de-Automacao-e-Controle-de-Processos. Acesso em: 05 de junho de 2008.

WIKIMEDIA, 2008a. **image:fototransistor.jpg**. Disponível em: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Fototransistor.JPG. Acesso em: 19 de junho de 2008

WIKIMEDIA, 2008b. **image:ReedSwitch.jpg.** Disponível em: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:ReedSwitch.jpg. Acesso em: 19 de junho de 2008

WIKIPEDIA, 2008a. **enciclopédia livre: Domótica.** Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Domótica. Acesso em: 18 de abril de 2008.

WIKIPEDIA, 2008b. **enciclopédia livre**: **Controlador Lógico Programável.** Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Controlador_lógico_programável, Acesso em: 02 de maio de 2008.