



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONTROLE
E AUTOMAÇÃO



PABLO HENRIQUE GONÇALVES

CONTROLE DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO COM CADASTRO
BIOMÉTRICO PARA VAGAS DE DEFICIENTES

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO

OURO PRETO 2016

PABLO HENRIQUE GONÇALVES

**CONTROLE DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO COM CADASTRO
BIOMÉTRICO PARA VAGAS DE DEFICIENTES**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientadora: Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri

Ouro Preto

Escola de Minas – UFOP

Março/2016

G635c Gonçalves, Pablo Henrique.
 Controle de vagas de estacionamento com cadastro biométrico para
 vagas de deficientes[manuscrito] / Pablo Henrique Gonçalves. – 2016.
 34f. : il., color., tab.

 Orientador: Prof. Dr. Karla Boaventura Pimenta Palmieri.

 Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro
 Preto. Escola de Minas. Colegiado do Curso de Engenharia de Controle
 e Automação e Técnicas fundamentais.
 Área de concentração: Engenharia de Controle e Automação.

 1. Automação industrial. 2. Controladores programáveis - Vagas
 3. Sistema - Supervisores. 4. Microcontroladores. I. Universidade Federal
 de Ouro Preto. II. Título.

CDU: 681.5

Fonte de catalogação: bibem@sisbin.ufop.br

Monografia defendida e aprovada, em 01 de março de 2016, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof.ª. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri - Orientadora



Prof. Dr. Henor Artur de Souza - Professor Convidado



Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves - Professor Convidado

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por ter permitido mais esse importante passo na minha caminhada, alcançando o objetivo de concluir o curso de engenharia.

Agradeço a toda a minha família, em especial a minha mãe e minha irmã, Conceição e Fernanda que sempre estiveram ao meu lado servindo de alicerce para nunca me deixar cair. Ao meu pai, Olimpio, *“In Memoriam”* que está sempre guiando meus passos.

Aos meus amigos que estiveram comigo nas horas em que mais precisei. Aos de infância, Thaís, Lorraine, Vinícius e César. Aos de pouco tempo. A família das mulheres, Marli, Daniela, Maele e Misaele, por sempre me apoiarem. E as amizades seladas ao longo do curso que sempre estiveram comigo, Érica, Sávio, Arthur, João Paulo, Jéssica, Rafael e Diogo. A família do handebol de Mariana, na pessoa do Yolito, professor, mestre e amigo.

Agradeço aos professores e funcionários de todas as instituições de ensino em que passei, todos contribuíram de uma maneira para a minha formação. Em especial aos professores da UFOP.

Agradeço a minha professora, orientadora e amiga Karla pela oportunidade de trabalhar com ela e ser, sem dúvidas, peça essencial para a minha formação.

A todos, muito obrigado.

RESUMO

Controladores lógicos programáveis e sistemas supervisórios são usados de forma abrangente na indústria. Aqui estas ferramentas são aplicadas para tratar dois problemas comuns observados diariamente: o controle de vagas em estacionamentos e o controle de vagas para deficientes com aplicação da multa definida pela lei vigente. Neste texto são descritos os procedimentos e conceitos utilizados na construção de um sistema de controle utilizando controlador lógico programável e sistema supervisório, aplicados as vagas de um estacionamento, cuja função é monitorar e apresentar as vagas ocupadas e as vagas disponíveis, além de controlar, por meio do cadastro biométrico, as vagas para deficientes. Foi desenvolvido um estudo de caso para o modelo de estacionamento de seis vagas no qual são aplicados os conceitos abordados ao longo do texto.

Palavras chave: Controlador lógico programável, sistemas supervisórios, controle de vagas em estacionamentos, *ladder*.

ABSTRACT

Programmable logic controllers and supervisory systems are very much used in the industry. On this text this tools are apply to solve two common problems observed daily: control spaces in parking lots and control spaces for disabled persons with fine application defined by applicable law. It's describe the behaviors and concepts used to build a control system based in programmable logic controller and supervisory systems applied the spaces in parking lots of a car, whose function is to monitor and present the occupied spaces and spaces available, in addition to control through biometric registration, spaces for the disabled persons. It was developed a case study for the parking lot six spaces model in which they are applied the concepts discussed in the text.

Key words: Programmable logic controller, supervisory systems, control spaces in parking lots, *ladder*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Modelo de sinalização de vagas destinadas a portadores de deficiência	14
Figura 2.2	Credencial – frente	14
Figura 2.3	Representação do sistema supervisorio	15
Figura 2.4	Representação do processo de cadastro biométrico	20
Figura 2.5	Representação do processo de identificação biométrica	20
Figura 3.1	CLP da série Duo da Altus	22
Figura 3.2	Modelo do protótipo	24
Figura 4.1	Programação de liga e desliga	26
Figura 4.2	Programação dos <i>led's</i> da vaga 1A	26
Figura 4.3	Programação dos <i>led's</i> da vaga 1B	26
Figura 4.4	Programação dos <i>led's</i> da vaga 2A	27
Figura 4.5	Programação dos <i>led's</i> da vaga 2B	27
Figura 4.6	Programação dos <i>led's</i> da vaga 3A	27
Figura 4.7	Programação dos <i>led's</i> da vaga 3B	27
Figura 4.8	Programação para biometria	28
Figura 4.9	Programação para conferir biometria	28
Figura 4.10	Endereçamento da programação	29
Figura 4.11	Sistema supervisorio do estacionamento	30
Figura 4.12	Janela de configuração dos elementos do sistema supervisorio	31

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 2.1	Artigos do Decreto nº 5.296	13
Quadro 2.2	Comparação qualitativa entre acionamento hidráulico e pneumático	19
Quadro 3.1	Símbolos básicos da programação <i>ladder</i>	23

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CLP	Controlador Lógico Programável
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
IHM	Interface Homem Máquina
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
LGERAL	Liga Geral
SP1A	Sensor de presença 1A
SP2A	Sensor de presença 2A
SP3A	Sensor de presença 3A
SP1B	Sensor de presença 1B
SP2B	Sensor de presença 2B
SP3B	Sensor de presença 3B
LVM1A	<i>Led Vermelho da vaga 1A</i>
LVM2A	<i>Led Vermelho da vaga 2A</i>

LVM3A	<i>Led Vermelho da vaga 3A</i>
LVM1B	<i>Led Vermelho da vaga 1B</i>
LVM2B	<i>Led Vermelho da vaga 2B</i>
LVM3B	<i>Led Vermelho da vaga 3B</i>
LVD1A	<i>Led Verde da vaga 1A</i>
LVD2A	<i>Led Verde da vaga 2A</i>
LVD3A	<i>Led Verde da vaga 3A</i>
LVD1B	<i>Led Verde da vaga 1B</i>
LVD2B	<i>Led Verde da vaga 2B</i>
LVD3B	<i>Led Verde da vaga 3B</i>
BIOK	Biometria <i>OK</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Motivação	11
1.2. Justificativa	11
1.3. Objetivos	11
1.4. Estrutura do trabalho	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. A lei	13
2.2. Sistemas supervisórios	15
2.3. Controlador Lógico Programável (CLP)	16
2.3.1. Linguagem de programação	17
2.4. Sensores de presença	17
2.5. Estudo comparativo entre atuadores hidráulicos e atuadores pneumáticos	18
2.6.Reconhecimento biométrico	19
2.6.1. Processo de cadastro	20
2.6.2. Processo de identificação	20
3. METODOLOGIA	21
3.1. Embasamento teórico	21
3.2. Desenvolvimento prático	21
3.3. Simulação de um estudo de caso	23
4. ANÁLISE E RESULTADOS	25
4.1. Hardware	25
4.2. Software	25
4.3. Sistema supervisorio	30
4.4. Análise	32
5. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação

Com o crescente número de venda de veículos, trânsito intenso nas cidades, a correria do dia a dia e outros fatores, se torna necessária uma maneira de evitar um pequeno congestionamento e perda de tempo em estacionamentos, por exemplo, em *shoppings* e outros comércios. É fato que, muitas vezes, os estacionamentos estão lotados e o cliente fica andando em círculos dentro de tais locais para encontrar uma vaga disponível que, além de consumir uma grande quantidade de combustível, é uma perda de tempo. Sem mencionar, as vagas para deficientes que são ocupadas por veículos em que os motoristas não atendem a tal especificação.

A proposta aqui é gerar uma alternativa para amenizar tais problemas e fazer com que o fluxo de carros no interior de estacionamentos seja reduzido.

1.2. Justificativa

A intenção do trabalho é propor uma alternativa fácil e barata para a solução do problema, uma simulação de um estacionamento com controle das suas vagas comuns e vagas para deficientes. Tal trabalho pode ser utilizado posteriormente em algumas empresas para ser aplicada a proposta em seus respectivos estacionamentos e possuir um diferencial.

Outra abordagem para o trabalho é garantir que as vagas para deficientes sejam realmente ocupadas por deficientes, visto que existe uma lei vigente no país para isso e ela deve ser cumprida.

Este projeto visa agrupar áreas distintas da Engenharia de Controle e Automação, como a área da eletrônica (sensores e atuadores), supervisão e controle (CLP (Controlador Lógico Programável) e sistemas supervisórios) além de utilizar biometria.

1.3. Objetivos

Estudar, compreender, fazer o projeto, desenvolver e registrar todas as atividades referentes à criação de um sistema supervisório para controle de estacionamentos com garantia de vagas para deficientes.

1.4. Estrutura do trabalho

O presente texto é composto por cinco capítulos.

No primeiro capítulo faz-se a introdução do trabalho proposto, ressaltando sua importância, contendo motivação, justificativa, objetivo e por fim, a estrutura do trabalho. No capítulo 2 é abordada a revisão bibliográfica do tema, iniciando sobre a lei que garante a vaga de estacionamento para deficientes, como também detalhes sobre *hardware* e *software* utilizados no projeto. O capítulo 3 possui a metodologia empregada, o modelo e as características do protótipo desenvolvido, características tanto de *hardware* quanto de *software*. No capítulo 4 são analisados os resultados do projeto. No capítulo 5 é abordada a conclusão do trabalho através dos resultados obtidos com tal experimento, além de sugestões para trabalhos futuros sobre a mesma abordagem.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O propósito deste tópico é apresentar uma breve revisão sobre os principais conceitos que se fazem necessários para auxiliar na compreensão deste trabalho.

São aqui apresentadas informações importantes sobre Lei que assegura as vagas de estacionamento para deficientes, sistemas supervisórios, programação em ladder, sensores de presença e um estudo comparativo entre atuadores hidráulicos e pneumáticos, para decidir qual deles é o mais indicado para o sistema.

2.1. A lei

O Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, por meio da resolução 304 de 18 de dezembro de 2008, que dispõe sobre as vagas de estacionamento destinadas exclusivamente a veículos que transportem pessoas portadoras de deficiência e com dificuldades de locomoção, estabelece, considerando a Lei Federal nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000, em seu art. 7º, a obrigatoriedade de reservar 2% (dois por cento) das vagas em estacionamento regulamentado para uso público para serem utilizados por veículos que transportem pessoas com deficiência ou dificuldades de locomoção. (BRASIL, 2000).

Considerando o disposto no Decreto nº 5.296, de 02 de dezembro de 2004, que regulamenta a Lei nº 10.098/00, tem-se os artigos apresentados no quadro 2.1:

Quadro 2.1 – Artigos do Decreto nº 5.296.

Art. 1º	As vagas reservadas serão sinalizadas sobre a via. Conforme é mostrado na figura 2.1.
Art. 2º	Deverá ser adotado o modelo da credencial previsto. Conforme é mostrado na figura 2.2.
Art. 3º	Os veículos estacionados nas vagas reservadas deverão exibir a credencial sobre o painel do veículo ou em local visível para efeito de fiscalização.
Art. 4º	O uso de vagas destinadas às pessoas portadoras de deficiência e com dificuldade de locomoção em desacordo à Resolução caracteriza infração prevista no Art. 181, inciso XVII do Código de Trânsito Brasileiro (CTB).
Art. 5º	Os órgãos ou entidades com circunscrição sobre a via tem o prazo de até 360 dias, a partir da publicação da Resolução para adequar as áreas de estacionamentos específicos.

Fonte: BRASIL, 2004.

Em relação à infração citada no Art. 4º, estacionar o veículo em desacordo com as condições regulamentadas especificamente pela sinalização (placa – Estacionamento Regulamentado): (BRASIL, 1997).

- Infração: leve;
- Penalidade: multa;
- Medida administrativa: remoção do veículo.

Nas figuras 2.1 e 2.2 representam-se a sinalização e credencial para vagas de pessoas portadoras de deficiência e com dificuldades de locomoção.



Figura 2.1 – Modelo de sinalização de vagas destinadas a portadores de deficiência.
Fonte: BRASIL, 2004.



Figura 2.2 – Credencial - frente.
Fonte: BRASIL, 2004.

2.2. Sistemas supervisórios

“Um sistema *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) é formado por terminais remotos que coletam dados de campo e transmitem esses dados a uma estação principal por meio de um sistema de comunicação. A estação principal exibe os dados adquiridos e também permite que o operador execute tarefas de controle remoto” (BAILEY, 2003, p 12).

Tais sistemas permitem o monitoramento e rastreamento de informações do processo ou instalação física. Para permitir isso, os sistemas SCADA identificam *tags*, que são as variáveis envolvidas no processo, podendo executar funções computacionais ou representar pontos de entrada/saída de dados do processo controlado. (SILVA; SALVADOR, 2005).

Os sistemas supervisórios podem também verificar condições de alarme, armazenar dados em histórico e outras funções pertinentes para o processo em questão. Na figura 2.3 está representado um sistema supervisório.



Figura 2.3 – Representação do sistema supervisório.

2.3. Controlador Lógico Programável (CLP)

O controlador Lógico Programável (CLP), do inglês *Programmable Logic Controller* (PLC) é definido pelo IEC (*International Electrotechnical Commission*) como: “Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O controlador programável e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas suas funções previstas.” (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

O CLP funciona com base nas informações de entrada, processamento das mesmas e saída com os resultados obtidos no processamento, para isso, é necessário que possua uma estrutura que contenha portas de entrada/saída (I/O), CPU (*Central Processing Unit*, em português, Unidade Central de Processamento) e memória.

Cada componente da estrutura de um CLP tem sua respectiva função: a CPU é responsável por comandar todas as atividades, é responsável pela execução do programa principal e gerenciamento do processo; as portas I/O são responsáveis pela comunicação do CPU com o mundo exterior e vice-versa. Recebem informações vindas de sensores, botões e etc. e enviam informações para atuadores, válvulas e etc. Podem ser analógicas ou digitais; a fonte de alimentação é responsável pelo fornecimento de energia ao CLP; e as memórias são responsáveis por armazenar o programa principal e os dados do programa.

Segundo Camargo e Franchi (2013), existem dois tipos de CLP, o *Compacto* e o *Modular*, o CLP compacto tem como característica possuir todos os módulos necessários (CPU, fonte de alimentação e módulos de entrada/saída) em uma única unidade, necessitando apenas da programação e a alimentação, mas têm como limitação as portas de entrada e saída, que já são determinadas pelo fabricante. Já o modular, possui uma base (*rack*) e nela podem-se inserir os módulos (entradas/saídas, CPU, fonte de alimentação e memórias), o modular tem como vantagem, uma maior disponibilidade de portas de entrada e saída, já que se pode inserir, de acordo com a base, mais unidades.

2.3.1. Linguagem de programação

“Linguagem de programação é um conjunto padronizado de instruções que o sistema computacional é capaz de reconhecer.” (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

A linguagem de programação que o CLP utiliza segue uma norma. Existem vários tipos de linguagens para CLP, porém a mais utilizada é a programação em *Ladder*, que é considerada mais simples e de aprendizagem rápida devido a sua lógica ser semelhante à de diagramas elétricos.

2.4. Sensores de presença

Sensores são dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente, tal dispositivo nem sempre possui as características necessárias para um sistema de controle e por isso, seu sinal de saída deve ser manipulado. Eles podem ser dos tipos analógicos ou digitais. Os analógicos podem assumir qualquer valor, da sua faixa de operação, no seu sinal de saída ao longo do tempo, já os digitais só podem assumir dois valores no seu sinal de saída. Os digitais são utilizados geralmente na detecção de passagem de objetos, determinação de distância ou velocidade, etc. (WENDLING, 2010).

Outra classificação é em relação ao funcionamento dos sensores que podem ser: mecânicos, que são aqueles que sensoriam movimentos, posições ou presença utilizando recursos mecânicos; fotoelétricos, que trabalham com luz e são mais rápidos que os mecânicos, além de não possuir peças móveis que quebram ou desgastam; térmicos, que atuam em função da variação da temperatura do meio em que se encontram; capacitivos, que dependem da distância da face ativa para operar gerando um campo eletrostático; indutivo, detectam, sem contato direto, elementos metálicos que atravessam seu campo magnético; e os ultrassônicos, que detecta os objetos a partir do comprimento de uma onda ultrassônica. (WENDLING, 2010).

Os sensores de presença indutivos estão disponíveis de vários tamanhos e formatos, assim como os outros sensores. São baseados no princípio da variação da indutância de uma bobina quando um elemento metálico ou condutivo passa nas suas proximidades. (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

As vantagens de se utilizar os sensores indutivos são que eles não são afetados por poeira ou ambientes que contenham sujeira; não são prejudicados pela umidade; não possuem partes

móveis nem contatos mecânicos e não são dependentes da cor do objeto do alvo; por outro lado, somente detectam objetos metálicos; podem ser afetados por fortes campos eletromagnéticos e a distância sensora é menor que em outras tecnologias de sensores de proximidade. (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

2.5. Estudo comparativo entre atuadores hidráulicos e atuadores pneumáticos

Atuadores podem ser acionados e utilizados com diversos meios de transmissão de energia, sendo eles:

- Mecânica;
- Elétrica;
- Eletrônica;
- Pneumática;
- Hidráulica.

A hidráulica vem se destacando e ganhando espaço, está presente em todos os setores industriais. Hidráulica se remete a todas as leis e comportamentos relativos a água ou outro fluido, estudo das características e uso dos fluidos sob pressão. (PARKER, 1999).

A pneumática se refere ao estudo das características e uso dos gases sob pressão. A pneumática possui algumas vantagens como, por exemplo: (PARKER, 2000).

- Investimentos pequenos para incremento da produção;
- Robustez dos componentes;
- Facilidade de implantação;
- Resistência a ambientes hostis;
- Segurança;
- Simplicidade de manipulação.

E algumas limitações como, por exemplo:

- Necessidade de boa preparação do ar comprimido;
- Utiliza forças pequenas;
- Dificuldade em conseguir velocidades muito baixas.

Uma comparação qualitativa é mostrada no quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Comparação qualitativa entre acionamento hidráulico e pneumático.

	HIDRÁULICA	PNEUMÁTICA
FORÇA	Ótima	Limitada
VELOCIDADE	Baixa	Boa
PRECISÃO	Boa	Limitada

Fonte: FESTO, 2016.

2.6. Reconhecimento biométrico

Um sistema biométrico é, essencialmente, um sistema de reconhecimento de padrões que busca extrair o padrão mais distintivo de uma pessoa, armazená-lo para depois comparar como novas amostras e determinar a identidade de cada amostra dentro de uma população. (CANEDO, 2010).

Um sistema biométrico tem cinco componentes principais: componente de apresentação e captura de dados biométricos, é onde o traço biométrico precisa ser apresentado a um sensor; componente de processamento do dado biométrico e extração do *template*, componente que transforma a representação digital do traço biométrico em um *template*, forma compacta e segura de se armazenar a representação matemática do traço biométrico, geralmente tem menos 1k *byte* e não existe possibilidade de reverter o *template* e transformá-lo novamente em traço biométrico; componente de armazenamento do *template*, componente para garantir a segurança de armazenamento dos dados, pode ser armazenados de três formas: no sensor ou PC (*Personal Computer*) local, repositório central ou cartão; componente de comparação dos *templates* e decisão, utilizado para etapas de verificação e identificação; e o canal de transmissão, serve para definir a arquitetura dos sistemas, a política de segurança e privacidade, podem ocorrer através de USB (*Universal Serial Bus*), rede local, internet, etc. Além de dois processos importantes: processo de cadastro; e o processo de identificação. (CANEDO, 2010).

2.6.1. Processo de cadastro

Processo para armazenar o *template* obtido através do traço biométrico do indivíduo em um banco de dados. A qualidade deve ser grande para não afetar o processo de comparação para identificação. A figura 2.4 representa o processo descrito. (CANEDO, 2010).

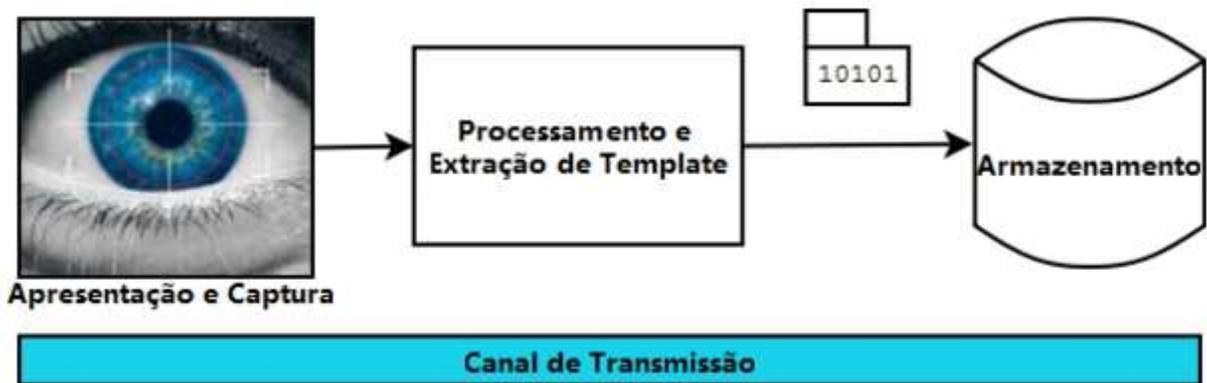


Figura 2.4 – Representação do processo de cadastro biométrico.

Fonte: CANEDO, 2010

2.6.2. Processo de identificação

Processo que captura o traço biométrico e o *template* gerado é comparado com os *templates* que estão armazenados no banco de dados e o sistema retornará sim ou não. A figura 2.5 representa-se o processo descrito. (CANEDO, 2010).

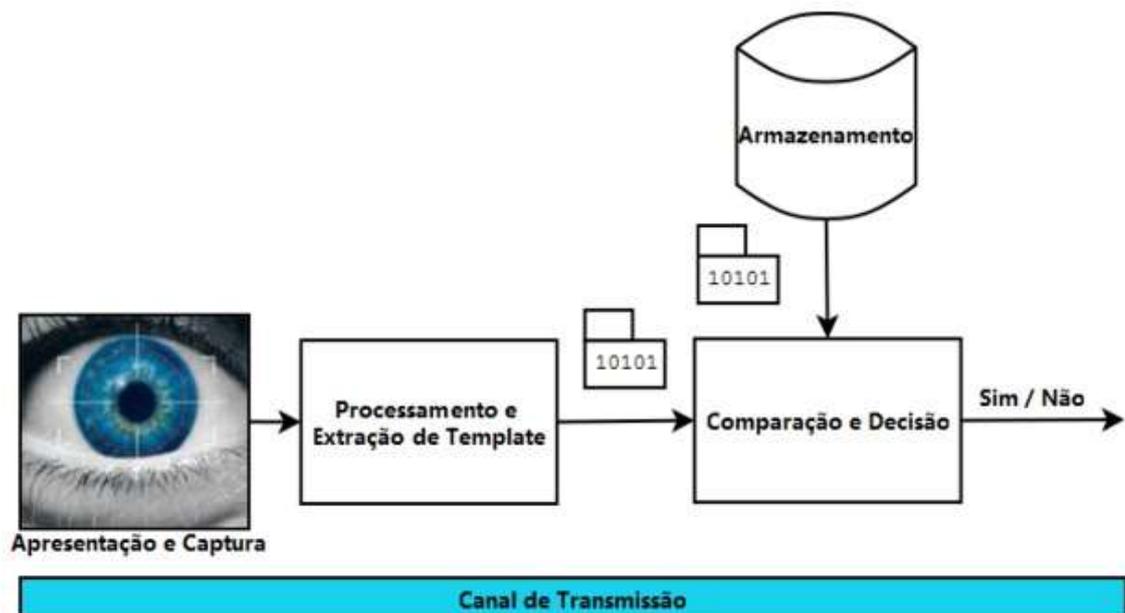


Figura 2.5 – Representação do processo de identificação biométrica.

Fonte: CANEDO, 2010

3. METODOLOGIA

3.1. Embasamento teórico

Para iniciar este trabalho, foi feita uma pesquisa na literatura com a intenção de reunir informações e conceitos necessários para dar suporte ao embasamento teórico do trabalho.

Foram consultados livros, artigos publicados em revistas especializadas, dissertações e teses e sites da internet. Este trabalho de pesquisa e revisão bibliográfica foi de extrema importância, visto que os resultados obtidos se baseiam nas informações reunidas nesta etapa do trabalho.

3.2. Desenvolvimento prático

Em um segundo momento para desenvolvimento prático do trabalho, o *software* supervisor e a programação do CLP, são buscadas informações junto a seus respectivos fabricantes. Sendo estas informações disponíveis em manuais, tutoriais, apostilas de cursos das ferramentas e no serviço de atendimento pelo fabricante.

O sistema foi desenvolvido para ser rodado no CLP da Altus, utilizando assim o *software* da empresa para desenvolver a programação em *ladder* e o sistema supervisor. O *software* utilizado é o MasterTool IEC, ambiente de desenvolvimento completo e gratuito para os CLP da série Duo, da Altus. (ALTUS, 2016a).

Possui seis linguagens de programação disponíveis, sendo cinco delas descritas pela norma IEC 61131 e uma adicional. É possível programar em mais de uma linguagem ao mesmo tempo e realizar conversão entre elas. Permite a programação e configuração dos módulos, simulação e monitoramento de variáveis. Além disso, é possível realizar comentários e possui uma (Interface Homem-Máquina) IHM incorporada ao controlador sem a necessidade de outra ferramenta. (ALTUS, 2016a).

O CLP da série Duo é ideal para sistemas que necessitem de controle e supervisão em um único produto e ambiente, ideal para a aplicação desenvolvida, pois além de controlar o processo já tem a supervisão em tempo real das vagas disponíveis no estacionamento. (ALTUS, 2016b).



Figura 3.1 – CLP da série Duo da Altus.
Fonte: ALTUS, 2016b

As principais características dos controladores da série Duo são: (ALTUS, 2016b)

- Poderosa CPU com *software* de processamento digital e analógico;
- 42 pontos de I/O com interface;
- 2 portas de comunicação (1 x RS232 e 1 x RS485) com *ModBus* mestre e escravo;
- Arquitetura baseada em processadores de 32 *bits* e alto desempenho;
- Possui *display* gráfico que possibilita monitoração e controle do processo.

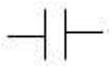
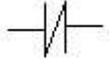
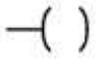
A programação utilizada para o projeto foi *ladder*, que é uma linguagem baseada na lógica de relés e contatos elétricos para a realização de circuitos de comandos e acionamentos. É a mais difundida e encontrada em quase todos os CLP's devido ao fato de ser a primeira utilizada pelos fabricantes. (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

As vantagens de se utilizar a linguagem *ladder* são: (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

- Possibilidade de uma rápida adaptação por ser semelhante aos diagramas elétricos;
- Fácil visualização dos estados das variáveis;
- Documentação fácil e clara;
- Símbolos padronizados e mundialmente aceitos pelos fabricantes e usuários;
- Entre outras.

O diagrama de contatos permite desenvolver lógicas binárias simples até funções mais complexas. Para isso as representações dos contatos são feitas da seguinte maneira, como mostrado no quadro 3.1: (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

Quadro 3.1 – Símbolos básicos da programação *ladder*.

Nome	Função	Símbolo
Contato normalmente aberto (NA)	No estado de repouso não conduz. Só deixa passar corrente se for comutado.	
Contato normalmente fechado (NF)	Conduz no estado de repouso e interrompe a condução se for comutado.	
Bobina	Energiza se houver um fluxo de energia virtual chegando até ela.	

Fonte: FRANCHI; CAMARGO, 2013.

Uma regra seguida pelos fabricantes de CLP's é que o fluxo é dado da esquerda para a direita e o fluxo reverso não é permitido. Os contatos utilizados na programação podem ser repetidos sem problema algum, considerando que o nome do contato e o endereço sejam os mesmos para não causar problemas na comunicação entre eles. Todo contato repetido é sempre acionado junto aos demais de mesmo nome. Já a repetição de uma mesma bobina não é aconselhável visto que alguns modelos de CLP não aceitam e outros tornam confusa a lógica do programa e com isso dificulta o entendimento do programa por terceiros. (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

Outro elemento que existe na programação em *ladder* é o que são chamados de relé interno ou relés auxiliares ou até mesmo memória interna. Um relé interno não está associado a nenhuma saída física, é somente uma posição de memória. Serve para auxiliar no acionamento das saídas físicas. Para determinar se a saída é física ou virtual é necessário analisar o endereçamento da variável. Endereçamento é o que indica a localização da memória do CLP em que está localizada a instrução. Cada elemento possui seu endereço e é através dele que se faz a referência entre o *software* e o *hardware*. (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

3.3. Simulação de um estudo de caso

O modelo desenvolvido para a aplicação do estudo de caso é apenas uma simulação para um estacionamento. Tal simulação é desenvolvida para um estacionamento de apenas seis vagas. Num estacionamento são destinadas 2% das vagas para deficientes. Neste modelo existem seis vagas sendo que uma delas é destinada para deficientes físicos para realizar a simulação.

O modelo funciona da seguinte maneira, um monitor na entrada do estacionamento já mostra ao usuário se existem vagas disponíveis. Se o usuário chegar ao estacionamento, luzes no teto indicam a situação da vaga (luzes verdes significam vaga livre e luzes vermelhas significam vaga ocupada) para facilitar o encontro da vaga disponível.

Quando o veículo chega até a vaga, um sensor de presença indutivo detecta e neste exato momento a lâmpada verde se apaga e a vermelha acende e o monitor na entrada do estacionamento indica que a vaga está ocupada.

Além das vagas tradicionais, o sistema faz o controle de vagas para deficientes. Quando o veículo estaciona na vaga para deficiente uma cancela fecha o carro bloqueando a sua saída. A partir daí, o usuário só consegue liberar a cancela para sair com o seu automóvel caso ele possua cadastro biométrico identificando que é deficiente. Caso não possua tal cadastro o usuário deve se dirigir a cabine responsável pelo estacionamento. Se for uma pessoa que atende aos requisitos para ocupar tal vaga, o seu cadastro biométrico é feito, caso não seja, uma multa é aplicada por ter estacionado em uma vaga destinada a pessoas com deficiência.

O modelo do estudo de caso é representado na figura 3.2.

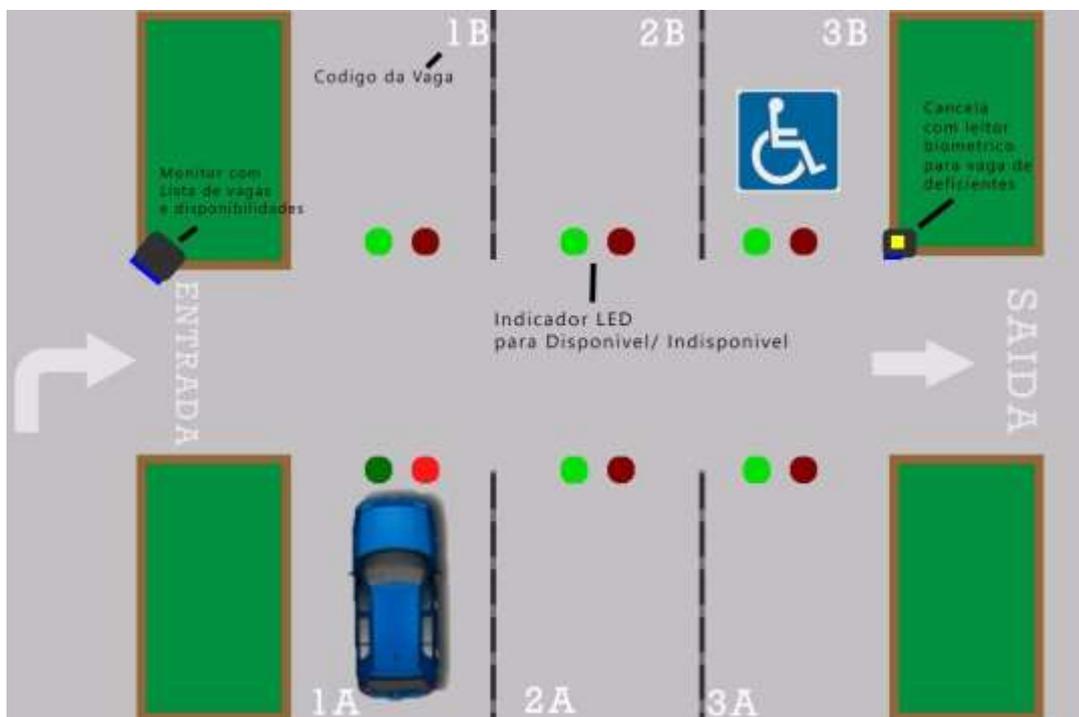


Figura 3.2 – Modelo desenvolvido.

4. ANÁLISES E RESULTADOS

4.1. *Hardware*

O *hardware* desenvolvido para o estudo de caso incluiria a maquete no formato do estacionamento com as vagas identificadas inclusive a vaga para deficientes como mostrado na figura 3.2, porém o modelo físico não foi desenvolvido devido ao fato de não ser o foco do trabalho.

Em cada vaga deve haver dois *led's*, um verde para identificar a vaga livre e um vermelho para identificar que a vaga está ocupada. Para detectar se a vaga está ocupada, um sensor de presença indutivo é acionado quando um veículo se aproxima do raio de alcance dele. Foi escolhido um sensor indutivo devido ao fato dele acionar apenas com materiais metálicos ou condutores. O sensor de presença indutivo é o que determina o funcionamento correto do sistema, quando ele é acionado os *led's* se alternam para mostrar vaga ocupada ou não, além de mostrar no painel da entrada se a vaga está ocupada ou não.

Todo o controle do estacionamento é feito através do CLP da Altus, isso se deve ao fato de que ele já possui uma IHM que será responsável por exibir na tela as vagas ocupadas e disponíveis. Além de controlar e monitorar os sensores, *led's* e catracas distribuídas no estacionamento.

Tais características citadas acima são para as vagas comuns, já para as vagas de deficientes, o mesmo funcionamento dos *led's* com o sensor e a tela é desenvolvido, mas, além disso, tem-se uma cancela na vaga de deficiente. Tal cancela funciona da seguinte maneira: quando o sensor de presença é acionado e detecta um carro na vaga, a cancela se fecha para que o carro do usuário fique preso dentro da vaga. O carro só será liberado com a cancela quando o motorista, comprovar, em um reconhecedor biométrico, com a sua digital cadastrada que é uma pessoa portadora de deficiência e pode utilizar tal vaga, caso contrário, o motorista pagará uma multa por ter parado em local apropriado.

4.2. *Software*

O *software* desenvolvido para o projeto é a programação em *ladder* para o CLP utilizado. Utilizando contatos abertos, contatos fechados e bobinas a programação foi desenvolvida para atender os requisitos do projeto descrito no item 3.3 deste trabalho. A programação desenvolvida para tal aplicação é mostrada nas figuras 4.1 a 4.9 e está comentada para entender qual a função de cada bloco de programação existente no protótipo.



Figura 4.1 – Programação de liga e desliga.

Na figura 4.1 representam-se os botões de liga e desliga do processo, como o estacionamento não funcionará 24 horas por dia é necessário tal lógica para permitir ligar e desligar o sistema.

A programação é feita utilizando o contato de selo. O contato de selo é o contato NA, de nome LGERAL, em paralelo ao botão LIGA. Tal contato permite que ao se apertar o botão LIGA não é necessário ficar segurando o botão, pois o selo LGERAL será acionado permitindo uma nova passagem para a energia manter a bobina ligada. Quando o botão DESLIGA for acionado a bobina desligará, devido ao fato de ser NF e então cortar a passagem de energia até a bobina.

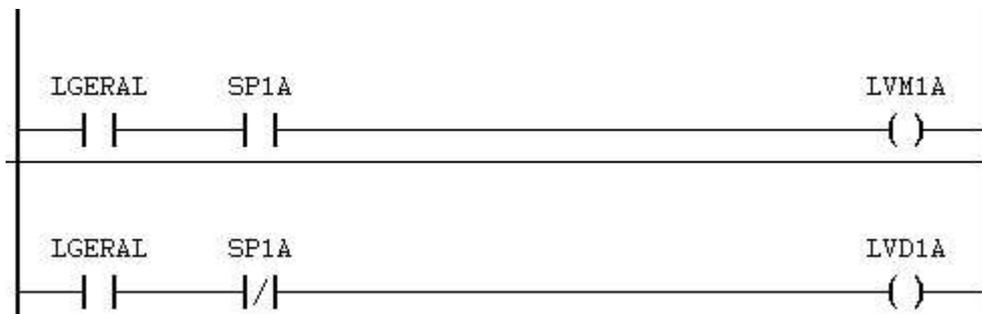


Figura 4.2 – Programação dos *led's* da vaga 1A.

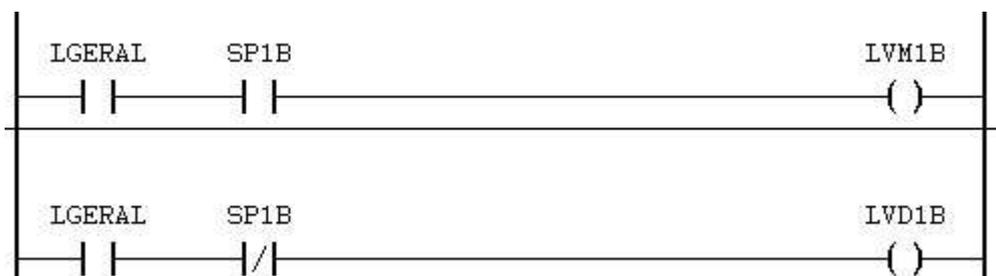


Figura 4.3 – Programação dos *led's* da vaga 1B.

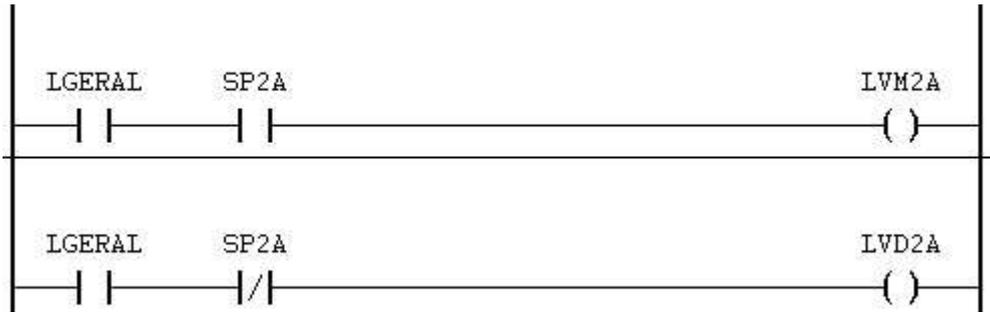


Figura 4.4 – Programação dos *led's* da vaga 2A.

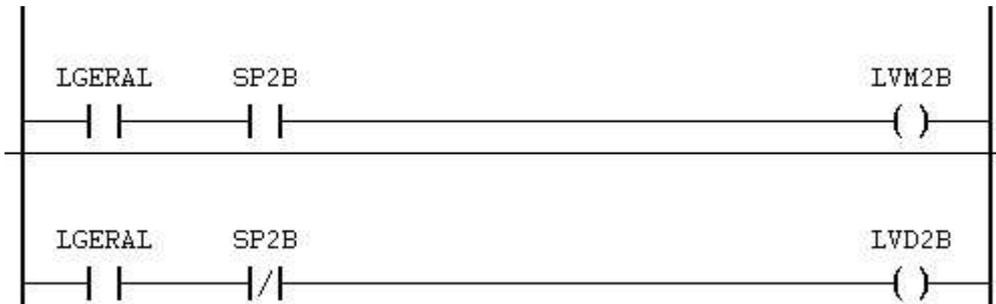


Figura 4.5 – Programação dos *led's* da vaga 2B.

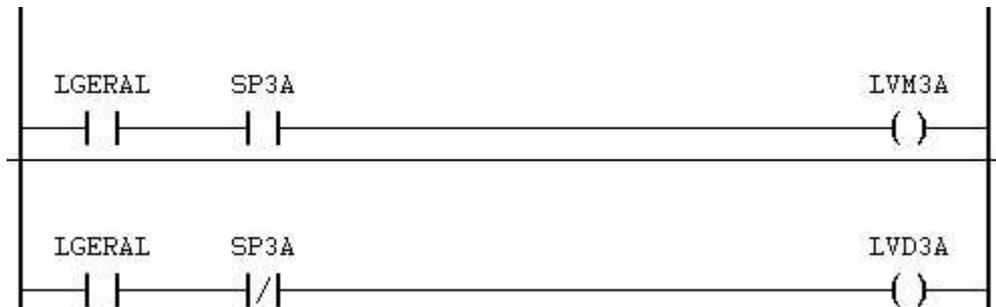


Figura 4.6 – Programação dos *led's* da vaga 3A.

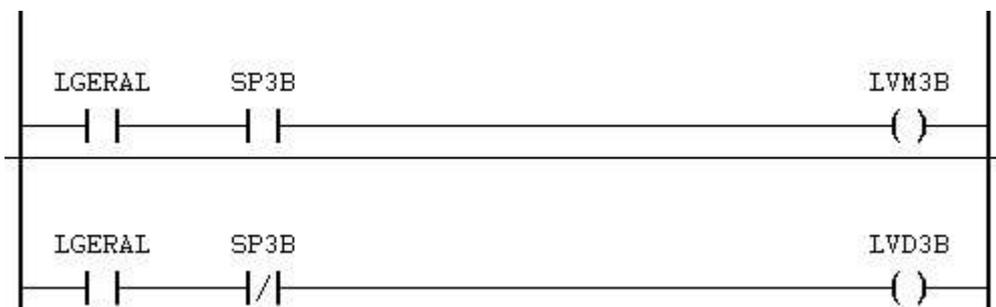


Figura 4.7 – Programação dos *led's* da vaga 3B.

Nas figuras 4.2 a 4.7 são as programações para acionamento dos *led's* das vagas do estacionamento. Cada uma para uma vaga, 1A, 1B, 2A, 2B, 3A e 3B.

O primeiro contato da rede é o LGERAL, ele é utilizado para garantir que os *led's* só acendam quando o sistema estiver ligado, como mostra na figura 4.1.

Já o segundo contato em cada programação se refere ao sensor de presença da vaga em questão, ou seja, SP3A se refere ao sensor de presença da vaga 3A e assim sucessivamente. Este contato aberto serve para que, quando acionado, ligue o *led* vermelho da vaga, no caso, LVM3A (*led* vermelho da vaga 3A) e ele fechado, desligue o *led* verde da vaga (LVD3A).

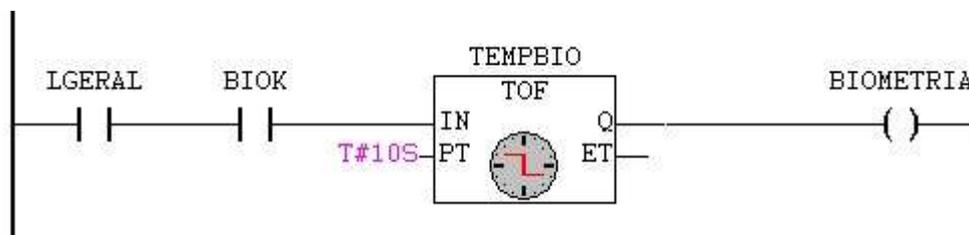


Figura 4.8 – Programação para biometria.

Na figura 4.8 está mostrada a primeira parte da programação para controle da biometria. O contato aberto BIOC serve para conferir a biometria. Ou seja, quando o pacote de dados referentes a biometria conferir com o cadastrado, este contato é fechado acionando assim a bobina BIOMETRIA, que é uma bobina auxiliar, por 10 segundos devido ao temporizador do tipo TOF que funciona com retardo para desligar, ou seja, enquanto ele recebe energia ele se mantém ligado e quando para de receber energia ele mantém energizada a saída até esgotar o tempo programado para ele.

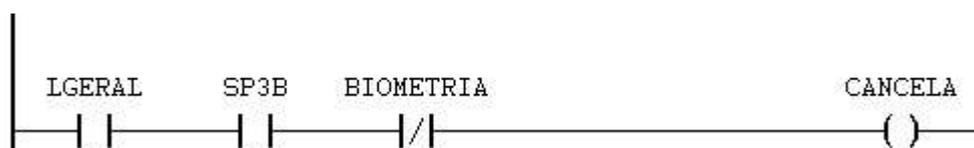


Figura 4.9 – Programação para conferir biometria.

Na figura 4.9 está representada a continuação da programação para a programação da biometria. Esta programação também possui o LGERAL e o sensor de presença da vaga 3B que é a vaga para deficientes. Quando o sensor da vaga acionar a cancela irá fechar e se manterá fechada até o usuário conferir a sua digital, quando isso ocorrer o contato BIOD conforme mostrada na figura 4.8 será acionado e a bobina BIOMETRIA, fazendo com que o contato de mesmo nome (BIOMETRIA), figura 4.9 seja acionado liberando assim a cancela para o usuário cadastrado possa se retirar do estacionamento com o seu veículo.

O endereçamento para todos os contatos e bobinas utilizados é mostrado na figura 4.10.

```

PROGRAM PLC_PRG
VAR
  LIGA AT %IX0.0: BOOL;
  DESLIGA AT %IX0.1: BOOL;
  LGERAL AT %QX0.1: BOOL;
  SP1A AT %IX0.2: BOOL;
  LVM1A AT %QX1.0: BOOL;
  LVD1A AT %QX1.1: BOOL;
  SP2A AT %IX0.3: BOOL;
  LVM2A AT %QX1.4: BOOL;
  LVD2A AT %QX1.5: BOOL;
  SP3A AT %IX0.4: BOOL;
  LVD3A AT %QX0.3: BOOL;
  LVM3A AT %QX0.2: BOOL;
  SP1B AT %IX0.5: BOOL;
  LVM1B AT %QX1.2: BOOL;
  LVD1B AT %QX1.3: BOOL;
  SP2B AT %IX0.6: BOOL;
  LVM2B AT %QX1.6: BOOL;
  LVD2B AT %QX1.7: BOOL;
  SP3B AT %IX0.7: BOOL;
  LVM3B AT %QX0.4: BOOL;
  LVD3B AT %QX0.5: BOOL;
  BIOD AT %IX0.8: BOOL;
  TEMPBIO: TOF;
  BIOMETRIA AT %QX0.7: BOOL;
  CANCELA AT %QX0.6: BOOL;
END_VAR

```

Figura 4.10 – Endereçamento da programação.

Os endereços de entrada são dados por %IX0. e o restante do endereço que são números de 0 a 8, cada um para uma entrada diferente, enquanto os endereços de saída são dados por %QX0. ou %QX1. e o restante do endereço que são números de 0 a 7, cada um para uma saída diferente.

4.3. Sistema supervisório

Na figura 4.11 é a representação do sistema supervisório desenvolvido para servir de monitoramento das vagas no estacionamento e ficar na entrada do estacionamento para que os usuários saibam se existem vagas disponíveis.

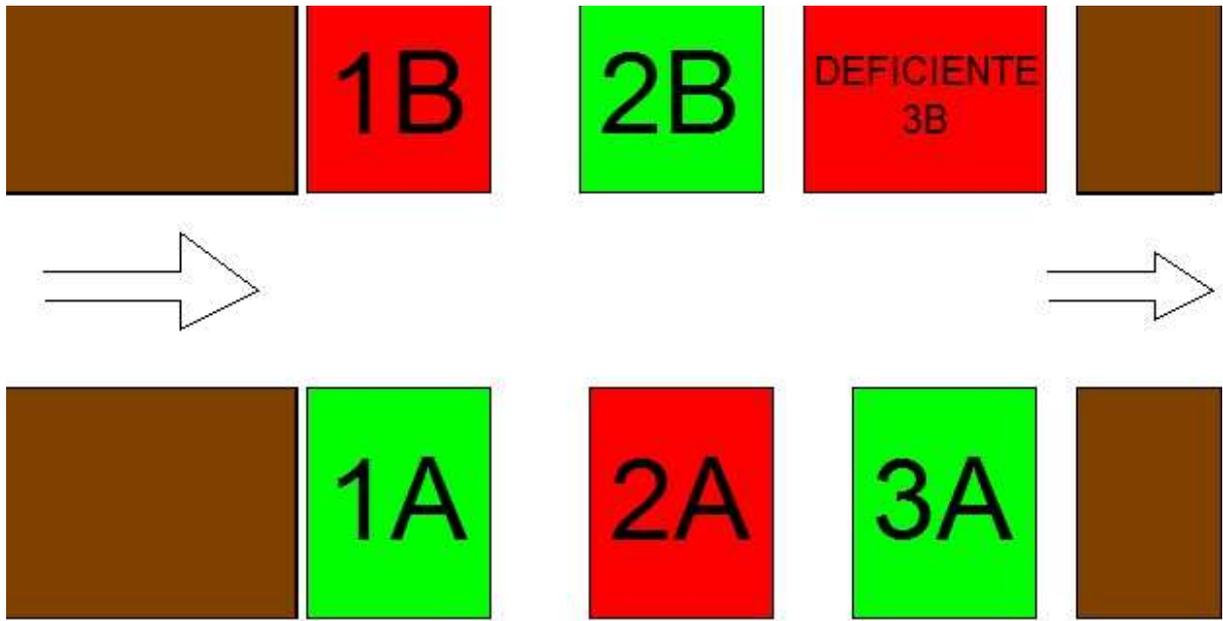


Figura 4.11 – Sistema supervisório do estacionamento.

O supervisório criado será a tela de entrada do estacionamento. Esta tela servirá para informar as vagas ocupadas e as vagas livres. Quando o sensor indutivo da vaga acionar, ou seja, a vaga estiver ocupada por algum veículo, o sistema supervisório acenderá uma luz vermelha na vaga correspondente, assim como é mostrado na figura 4.11 para as vagas 1B, 2A e 3B. Quando a vaga estiver disponível ela ficará da cor verde, como é mostrado na mesma figura, porém nas vagas 1A, 2B e 3A.

Também desenvolvido no *software* MasterTool IEC, o supervisório é apenas um demonstrativo de vagas em que a tela muda de cor para tornar mais fácil a visualização. O MasterTool IEC permite que adicione elementos como quadros, círculos, curvas e outras formas. Além de permitir a troca de cores de tais elementos, quando acionados ou não, apenas fazendo uma ligação entre o elemento da programação e o elemento na tela do supervisório.

Na figura 4.12 são mostradas as opções de mudanças para cada elemento que pode ser adicionado no programa de supervisão.

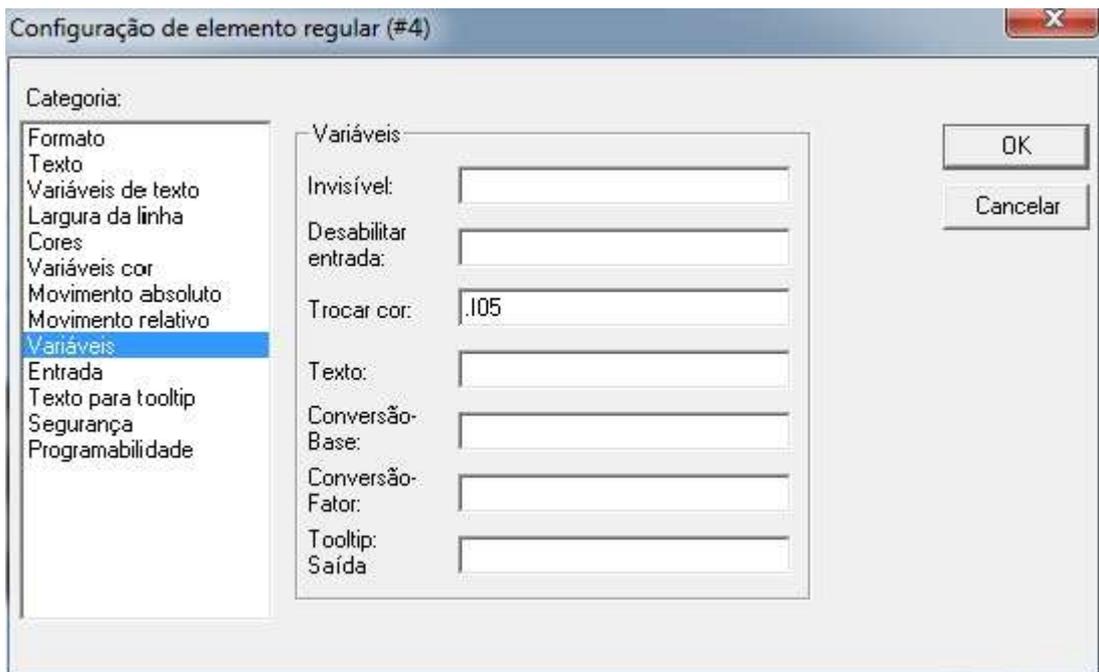


Figura 4.12 – Janela de configuração dos elementos do sistema supervisório.

Na aba categoria existem várias opções para mudança dos elementos adicionados. As opções utilizadas foram:

- Texto: permite adicionar um texto dentro do elemento e alterar sua fonte e formato;
- Cores: permite adicionar uma cor para o elemento em duas opções, uma quando ele estiver acionado e uma quando não estiver acionado;
- Variáveis: é a opção mostrada na figura 4.12. Dentro desta opção existe uma função denominada TROCA COR, nesta função deve ser selecionado o endereço correspondente a uma variável da programação que, quando acionada alterará a cor do elemento em questão.

4.4. Análise

O projeto desenvolvido chegou a resultados esperados devido a simplicidade de desenvolvimento do modelo para sua aplicação em estacionamentos de qualquer porte e local.

Para estacionamentos de pequeno porte se torna mais simples a aplicação devido ao fato de se utilizar menos componentes para a montagem do *hardware*.

Além disso, a programação para liberar a cancela após o reconhecimento biométrico também obteve os resultados esperados. Deve-se atentar ao fato de que na programação que se trata de uma simulação, a cancela fica liberada por 10 segundos após o reconhecimento biométrico, ou seja, para uma aplicação real deve-se modificar este tempo conforme necessário.

5. CONCLUSÃO

Sendo um trabalho de simulação do projeto proposto, foi dado um enfoque maior na decisão dos componentes a serem utilizados e na programação do sistema. É notório que o desenvolvimento da programação é algo simples e, que quanto maior o número de vagas, mais extensa fica a programação.

Sendo assim é necessário analisar quantas vagas possuem o estacionamento em que será aplicado o projeto para decidir qual o CLP deve ser utilizado, devido ao número de entradas e saídas que possuem cada um.

O projeto atendeu as expectativas, pois trás uma alternativa para punir os usuários de estacionamento que estacionam os seus respectivos veículos em vagas de deficientes. A intenção não é gerar multas e sim gerar consciência.

Para trabalhos futuros seria interessante que fosse desenvolvido uma maquete de representação do sistema, além de tentar reduzir a programação de forma que, sejam utilizados um menor número de entradas e saídas ou que seja feita uma ligação entre CLP's para obter controle do maior número de vagas possíveis. Para enfim, testar o protótipo em grande escala, em um estacionamento real.

As vantagens geradas a partir do desenvolvimento do projeto:

- **Controle de vagas de deficientes.**

Com tal projeto, as vagas dos deficientes estão asseguradas por um cadastro biométrico em que garantem que os usuários que não atendem tais condições sejam obrigados a cumprir a lei.

- **Controle de vagas do estacionamento.**

Controla o número de vagas disponíveis através de sensores indutivos.

- **Velocidade na tomada de decisão na escolha de uma vaga.**

Com o controle das vagas, faz com que os usuários não percam tempo na tomada de decisão na escolha de uma vaga para estacionar o veículo. O usuário já possui uma visão das vagas disponíveis antes de entrar no estacionamento e uma facilidade para encontra-la devido aos *led's* acesos no seu interior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto-lei n.º 10.098, de 19 de dezembro de 2000. **D.O. eletrônico de 20/12/2000, p. 2.**

BRASIL. Decreto n.º 5.296, de 02 de dezembro de 2004. **D.O.U de 03/12/2004, p. 5.**

BRASIL. Decreto-lei n.º 9503/97, de 23 de setembro de 1997. **Código de Trânsito Brasileiro**

SILVA, Ana Paula Gonçalves da; SALVADOR, Marcelo. **O que são sistemas supervisórios?** Dez. 2005.

BAILEY, D. **Practical Scada For Industry.** Austrália, 2003.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo. **Controladores lógicos programáveis: Sistemas Discretos.** 2. Ed. São Paulo: Érica, 2013.

WENDLING, Marcelo. **Sensores.** Versão 2.0. UNESP – Universidade Estadual Paulista, 2010. Disponível em: < www.feg.unesp.br > Acesso em: 12 jan. 2016.

PARKER Training. **Tecnologia hidráulica industrial.** Apostila M2001-1 BR. Julho 1999.

PARKER Training. **Tecnologia pneumática industrial.** Apostila M1001 BR. Agosto 2000.

FESTO. **Automação pneumática.** 2016. Disponível em: < www.festo.com.br > Acesso em: 12 jan. 2016.

CANEDO, José Alberto. **Visão geral de um sistema biométrico.** 2010. Disponível em: < <http://www.forumbiometria.com> > Acesso em: 13 jan. 2016.

ALTUS. **Série MasterTool IEC.** 2016a. Disponível em: < http://www.altus.com.br/site_ptbr/index.php?option=com_content&view=article&id=308&Itemid=189> Acesso em: 16 fev. 2016.

ALTUS. **Série Duo.** 2016b. Disponível em: < http://www.altus.com.br/site_ptbr/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=28> Acesso em: 16 fev. 2016.