

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA DO CEARÁ

CAMPUS CEDRO
COORDENAÇÃO DE MECATRÔNICA INDUSTRIAL

MARCO DAMASCENO DE SOUSA

**SISTEMA AUTOMÁTICO PARA RECOLHIMENTO
DE PEÇAS EM MÁQUINAS INJETORAS**

CEDRO – CE
2014

MARCO DAMASCENO DE SOUSA

**SISTEMA AUTOMÁTICO PARA RECOLHIMENTO
DE PEÇAS EM MÁQUINAS INJETORAS**

Monografia submetida à coordenação de
Mecatrônica Industrial, do Instituto
Federal do Ceará, Campus Cedro, como
requisito parcial da conclusão de curso.

Orientador: Prof. Ms. Pedro Henrique
Almeida Miranda.

MARCO DAMASCENO DE SOUSA

**SISTEMA AUTOMÁTICO PARA RECOLHIMENTO
DE PEÇAS EM MÁQUINAS INJETORAS**

Monografia submetida à coordenação de Mecatrônica Industrial, do Instituto Federal do Ceará, Campus Cedro, como requisito parcial da conclusão de curso.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ms. Pedro Henrique Almeida Miranda (orientador)
Instituto Federal do Ceará / Campus Cedro

Prof. Esp. Jorge Henrique Ribeiro da Silva
Instituto Federal do Ceará / Campus Cedro

Prof. Alan Vinícius de Araújo Batista
Instituto Federal do Ceará / Campus Cedro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por me dar forças para superar todas as dificuldades que me foram postas. A todos os professores que tive o privilégio de ser aluno ao longo do curso, que por sua vez passaram seus conhecimentos com paciência e serenidade.

Aos meus amigos do curso, que me ajudaram muito no decorrer do projeto com simulações, confecção das placas eletrônicas e também com sugestões para o projeto.

Aos meus familiares que sempre acreditaram em mim, meus irmãos e, em especial minha mãe, Maria das Graças Damasceno de Sousa.

“O único lugar onde o sucesso vem
antes do trabalho é no dicionário”.
(Albert Einstein)

RESUMO

A eletrônica tem um papel fundamental na modernização de várias atividades, e esta possibilita a automação de equipamentos, tornando as atividades mais rápidas e precisas. Grande parte das inovações tecnológicas tem como princípios básicos dispositivos eletrônicos. Ao longo dos últimos anos, a eletrônica tem passado por uma evolução extremamente rápida, ocupando uma posição relevante entre todas as outras tecnologias. Em especial a automação industrial tem um papel de destaque nesta evolução que, a cada dia tem garantido maior flexibilidade, comodidade, segurança e produtividade em todos os setores de uma fábrica. Pensando nestes benefícios, foi desenvolvido um sistema eletromecânico para retirada de peças de uma máquina injetora, modelo (*Sinitron* 10.000) com moldes que utilizam extratores de peças, tornando assim o processo mais produtivo, mais seguro e mais cômodo, principalmente levando em consideração a ergonomia dos operadores, pois estes não fazem mais movimentos de flexão repetitivos. O projeto se baseia em um sistema eletromecânico que controla os movimentos de um carrinho com uma estrutura de ferro que se comporta debaixo da injetora ou fora da mesma dependendo do estado da máquina. O trabalho foi desenvolvido na fábrica Confplast localizada na cidade de Várzea Alegre no estado do Ceará.

Palavras chaves: Automação Industrial, Ergonomia, Máquina injetora.

ABSTRACT

The electronics has a fundamental paper in the modernization of you vary activities, and this makes possible the automation of equipment, turning the fastest and necessary activities. Great part of the technological innovations has as dispositive basic beginnings electronic. Along the last years, the electronics has been going by an extremely fast evolution, occupying a relevant position among all the other technologies. Especially the industrial automation has a prominence paper in this evolution that, every day has been guaranteeing larger flexibility, comfort, safety and productivity in all of the sections of a factory. Thinking about these benefits, a system eletromecânico was developed for retreat of pieces of a machine injector, model (Sinitron 10.000) with molds that use extractors of pieces, turning like this the process most productive, safer and more comfortable, mainly taking into account the ergonomics of the operators, because these don't make more repetitive flexing movements. The project bases on a system eletromecânico that controls the movements of a pushcart with a structure of iron that behaves under the injector or out of the same depending on the state of the machine. The work was developed in the factory located Confplast in the city of Cheerful Meadow in the state of Ceará.

Key words: Industrial automation, Machine injector.

SIGLAS

ABIPLAST- *Associação brasileira da indústria do plástico.*

CLP- *Controlador lógico programável.*

CI- *Circuito integrado.*

LED- *Diodo emissor de luz.*

LCD- *Display de cristal líquido.*

SCR- *Retificador controlado de silício.*

S.C.B- *Sensor carro baixo.*

ULA- *Unidade lógica aritmética.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivo específico	14
3 REVISÃO LITERÁRIA	15
3.1 Características das máquinas injetoras	16
3.2 Robôs para máquinas injetoras	17
3.2.1 Vantagens da robotização	18
3.3 Tipos de polímeros termoplásticos para injeção.....	18
3.4 O setor de transformação de plástico no Brasil.	19
3.5 Tipos de automação	20
3.6 Princípios básicos para automação de um processo	21
3.6.1 Sistema de controle.....	21
3.6.2 Sensores	22
3.6.3 Atuadores.....	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Descrição do sistema	24
4.2 Circuito eletrônico.....	24
4.3 Módulo de entradas	24
4.3.1 Acoplador-óptico 4n25	26
4.3.2 Sensor fim de curso	27
4.4 Módulo de Saídas	28
4.5 Módulo de Processamento.....	31
4.5.1 Microcontrolador	33
4.6 Estrutura do carrinho	34
4.6.1 Motor de indução trifásico.....	35
4.6.2 Cilindro Pneumático	35
4.6.3 Circuito Pneumático	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
5.1 Qualidade física da cadeira.....	38
5.2 Conforto e segurança	38

5.3 Otimização da Produção	39
6 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: John Wesley Hyatt e sua máquina injetora a pistão.....	15
Figura 2: Principais componentes da injetora horizontal.	17
Figura 3: Robô NEPAL W3 de fabricação da Robótica do Brasil Ltda.....	17
Figura 4: Produtos que podem ser produzidos por injetoras.	19
Figura 5: Produção de transformados plásticos.....	20
Figura 6: Sistema de controle: A) Malha aberta B) Malha fechada.	22
Figura 7: Ilustração das formas de energia de um sensor.....	23
Figura 8: Esquema eletrônico de uma das entradas de sinal do módulo.	25
Figura 9: Placa eletrônica do módulo de entradas.....	26
Figura 10: Circuito integrado 4n25.	27
Figura 11: Chave fim de curso FM9 – METALTEX.....	28
Figura 12: Esquema eletrônico de uma das saídas do módulo.....	29
Figura 13: Carro suspenso pelo cilindro pneumático.	30
Figura 14: Placa eletrônica do módulo de saídas.	31
Figura 15: Placa eletrônica do módulo de processamento.	32
Figura 16: Diagrama em bloco do funcionamento dos módulos do sistema.....	32
Figura 17: Painel do Sistema instalado na máquina injetora.....	33
Figura 18: Pinagem do PIC 18F4550	34
Figura 19: Motor acoplado na caixa de redução.....	35
Figura 20: Detalhe do cilindro suspendendo o carrinho.....	36
Figura 21: Altura em que a cadeira caia no carrinho.....	36
Figura 22: Circuito Pneumático interligado aos componentes de controle.	37

1 INTRODUÇÃO

Desde sempre o homem busca maneiras mais simples, rápidas e precisas de realizar o trabalho. Isso pode ser visto no desenvolvimento e criação de ferramentas na idade da pedra, passando por diversas outras invenções e culminando na revolução industrial, grande marco de onde as máquinas entraram de vez como substitutas ao trabalho do homem. Com ela, veio à produção em massa, a linha de produção e mais tantos outros conceitos que são parte do nosso dia a dia.

Na indústria de injeção de plásticos não é diferente os níveis elevados de automação dos processos. Injetoras são máquinas de diferentes tamanhos para produção de peças que permitem o derretimento e injeção de diferentes tipos de plástico em moldes de diversos tamanhos com parâmetros controlados.

Com o crescimento da indústria do plástico, o desenvolvimento de novas matérias-primas e a necessidade de injeção de peças complexas, houve a necessidade de evolução das máquinas de injeção de plásticos, estudos mais profundos sobre a aplicação de cada matéria-prima e o desenvolvimento de periféricos para automação do processo, para torná-lo cada vez mais rápido e eficiente, robôs para extração de peças, câmara quente para eliminação dos galhos, unidades de ar seco para resfriamento do molde e outros (RIBEIRO, 2009).

A automação industrial é uma ferramenta pelo qual se consegue um maior nível de produção, segurança e conforto para os operários. Foi pensando nesses benefícios, que se teve a ideia de automatizar o processo de retirada das cadeiras de uma máquina injetora em uma indústria de produção de cadeiras de plástico, esta indústria localiza-se na cidade de várzea alegre CE (ConfPlast).

O processo de retirada da cadeira constituía-se basicamente de um carrinho composto com uma estrutura de ferro e quatro rolamentos em sua base como mostra a figura do anexo 2, e esses se apóiam em trilhos de ferro para guiar o mesmo para debaixo ou para fora da máquina, servindo assim como rodas, o operador tinha de se preocupar em posicioná-lo debaixo da máquina, pois quando a injetora terminasse o processo de injeção da cadeira, a máquina abria e os extratores soltavam a cadeira dentro deste carrinho que posteriormente era posicionado de volta para fora da máquina por meio de uma corda, permitindo assim que o operador tivesse acesso a peça.

Algumas desvantagens que se pode concluir neste processo, é que o operador faz um grande esforço com movimentos repetitivos de flexão da coluna e dos joelhos, causando assim problemas de ergonomia para o mesmo.

Outra desvantagem é que o operador tem que se preocupar no posicionamento do carrinho debaixo da máquina, pois se o mesmo não estiver bem alinhado, a cadeira pode cair de mau jeito ou até mesmo fora do carrinho danificando o produto e consequentemente perdendo produção.

Após o molde soltar a cadeira, a mesma cai de uma altura de aproximadamente 3m que muitas vezes contribui com defeitos na cadeira devido ao impacto causado pela altura.

Em um depoimento de um operador ele diz:

“Às vezes tô tão cansado de puxar corda... me abaixar... empurrar o carro... me abaixar novamente... que eu mesmo aumento o ciclo da máquina para demorar mais tempo para a cadeira sair ”.

Analisando estes fatos, que surgiu a idéia de automatizar este processo por meio de um controle eletromecânico automático, baseado em microcontrolador PIC 18F4550, capaz de guiar o carrinho para debaixo da máquina por um motor elétrico acoplado a um sistema de transmissão que se constitui em uma caixa de redução e uma corrente. O carrinho ao chegar no ponto certo é suspenso por um cilindro pneumático para reduzir a altura da queda da cadeira, e que após a fabricação do produto (cadeira), o sistema permite que o carrinho saia fora da máquina com a cadeira e “entregue” a mesma para o operador na sua linha de cintura contribuindo assim para resolução dos problemas propostos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Desenvolver um equipamento que integre todos os componentes necessários para uma automatização do processo de retirada das cadeiras em máquinas injetoras.

2.2 Objetivos específicos

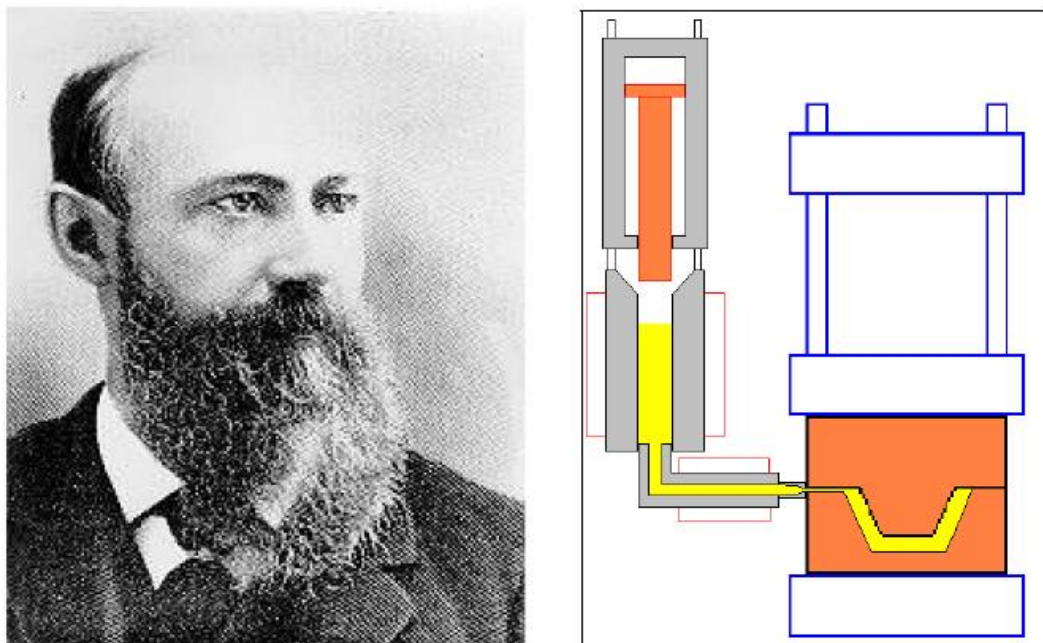
- Otimizar o processo de recolhimento das cadeiras em máquinas injetoras na fábrica ConfPlast, facilitando e melhorando as condições de trabalho dos operadores da injetora.
- Descrever o funcionamento do sistema e seus principais componentes eletromecânicos e eletrônicos.
- Demonstrar na prática todos os resultados obtidos, dos testes realizados através do projeto feito.

3 REVISÃO LITERÁRIA

Um dos primeiros equipamentos para injeção foi criado em 1878 por um jovem chamado John Wesley Hyatt. Esta máquina consta de um cilindro de aquecimento com câmaras aquecidas a vapor, um bico para descarregar o material e um êmbolo acionado hidráulicamente para pressionar o material fundido. O material utilizado era o nitrato de celulose que foi desenvolvido por Hyatt. Devido à instabilidade do nitrato de celulose, ele acoplou uma prensa hidráulica ao lado de sua máquina, aonde era despejado o material fundido com o molde fechado.

Após a invenção de Hyatt, este equipamento foi sendo aperfeiçoado até chegarmos as máquinas injetoras dos dias atuais, em que os fabricantes procuram diversifica-las visando o desenvolvimento de máquinas que operem com a máxima redução de custos energéticos, oferecendo grande produção e uniformidade das peças injetadas. Na FIGURA 1, vemos uma foto de Hyatt e sua máquina injetora.

Figura 1: John Wesley Hyatt e sua máquina injetora a pistão.



Fonte: Museu do plástico

A injeção é o principal processo de fabricação de peças de plástico, cerca de 60% das máquinas de processamento de plástico são injetoras, com elas podem ser fabricadas peças desde miligramas até 100kg. A moldagem por injeção é um processo de transformação de

termoplástico. As várias etapas do processo são executadas em uma ordem que se repete a cada ciclo, produzindo-se uma ou mais peças de uma vez (ABIPLAST, 2012).

O processo de injeção é adequado para produção em massa, uma vez que a matéria prima pode geralmente ser transformada em uma peça pronta em uma única etapa. Ao contrário da fundição de metais e da prensagem, na injeção de termoplásticos com moldes de boa qualidade não surgem rebarbas desta forma o retrabalho de peças injetadas é pouco e, às vezes, nenhum. Assim podem ser produzidas mesmo peças de geometria complexa em uma única etapa (MICHAELI, *et al.* 2005, p. 104).

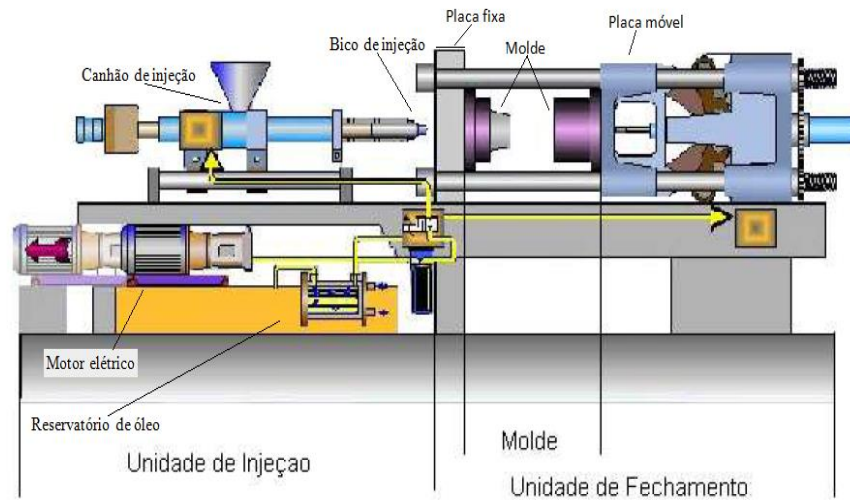
3.1 Características das máquinas injetoras

Existem três tipos de máquinas injetoras, as horizontais, as verticais e as rotativas. Por serem as mais conhecidas, será explorada com mais detalhes as injetoras horizontais. Basicamente as máquinas injetoras horizontais se dividem em dois principais blocos: unidade de fechamento ou bloco de fechamento e unidade de injeção ou bloco de injeção (ABIPLAST, 2012).

A unidade de fechamento é onde se comporta a placa fixa, que por sua vez suporta a pressão exercida pela placa móvel, a placa móvel faz o fechamento e abertura do molde, que por sua vez é fixado na máquina por meio de garras de pressão, esse movimento de abertura e fechamento é acionado por meio de um cilindro hidráulico que dependendo do porte da injetora, pode chegar até 700mm (ABIPLAST, 2012).

Na unidade de injeção podemos ter: o cilindro, que é aquecido por meio de resistências, dentro desse cilindro acontece a plastificação da matéria prima, ou seja, o derretimento e a homogeneização do plástico. Também temos o bico de injeção que faz o papel de direcionador do plástico e funções como recalque e contrapressão. Também temos o motor hidráulico que é alimentado por um motor elétrico fazendo com que a rosca que se comporta dentro do cilindro de aquecimento possa fazer a dosagem da matéria prima. E temos por fim outros elementos como tanque do óleo hidráulico, trocador de calor e painel elétrico. Na FIGURA 2, pode-se visualizar com mais detalhe o esquema de uma injetora horizontal.

Figura 2: Principais componentes da injetora horizontal.



Fonte: Museu do plástico, 2012.

3.2 Robôs para máquinas injetoras

O robô atualmente substitui algumas operações realizadas por operadores em situações de risco ou extremamente repetitivas, nestes casos a adequação do robô é fundamental para aumentar a produtividade, sem que o operador corra riscos desnecessário (RIBEIRO, 2009). Na FIGURA 3 podemos visualizar a representação de um robô cartesiano que utiliza ventosas para extração de peças de máquina injetoras.

Figura 3: Robô NEPAL W3 de fabricação da Robótica do Brasil Ltda.



Fonte: DALMASCHIO, 2009.

3.2.1 Vantagens da robotização

Em um parque de mais de 900 robôs instalados no Brasil, temos obtido um mínimo de 15% de aumento de peças boas por turno de trabalho, sendo 20% um valor médio de ganho sobre a produção obtida em ciclos semiautomáticos. Outra vantagem é o nivelamento de produtividade entre os turnos, possibilitando obter a mesma produtividade dos turnos diurnos e noturnos, e por fim, temos a vantagem que os robôs não ficam cansados e nem precisam de tempo para descanso ou para alimentação (RIBEIRO, 2009).

3.3 Tipos de polímeros termoplásticos para injeção.

Nas palavras de Morassi (2013), A palavra polímero é originada do grego, cujo significado é ‘muitas partes’ (poli: muitas, mero: partes). Esta denominação foi dada as grandes moléculas formadas por unidades químicas simples repetitivas. As unidades simples foram definidas como monômeros. Os termoplásticos são todos os tipos de plásticos que permitem seu derretimento para conformação ou fabricação de produtos como: mesas de plástico, copos descartáveis, sacolas e embalagens entre outros, outra característica dos termoplásticos é que admitem o processo de reciclagem.

Segundo Morassi (2013), os principais tipos de termoplásticos que são usados na indústria de injeção de plásticos são:

- a) PET- Polietileno tereftalato;
- b) PEAD-Polietileno de alta densidade;
- c) PVC- Policloreto de vinila;
- d) PP- Polipropileno;
- e) PS- Poliestireno.

Na FIGURA 4 pode-se visualizar a representação de alguns produtos que são fabricados pelo processo de injeção de plástico. Esses produtos são produzidos com material PP (Polipropileno).

Figura 4: Produtos que podem ser produzidos por injetoras.



Fonte: Catálogo geral de máquinas injetoras, ROMI

3.4 O setor de transformação de plástico no Brasil.

A indústria de transformação de produtos plásticos é muito diversificada e pode ser considerada uma solução em termos técnicos para outros setores, atuando tanto como insumo necessário para produção de outros bens, como também na forma de produto final, destinado diretamente ao consumidor final (ABIPLAST, 2012).

Dentre os setores brasileiros que mais consomem produtos plásticos em sua composição estão: construção civil, o setor de alimentos e bebidas, e o setor de automóveis e autopeças. O material plástico ainda possui uma grande vantagem: ele pode ser reciclado. Desta forma o consumo de matéria prima é reduzido e o resíduo volta ao processo produtivo, fazendo com que o ciclo produtivo seja renovado e assim a matéria prima reutilizada (ABIPLAST, 2012).

Apesar de estar entre os países que menos reciclam resíduos plásticos no mundo, o setor de transformação de plástico vem crescendo gradativamente ao longo dos anos no Brasil. Isso pode ser observado na FIGURA 5.

Figura 5: Produção de transformados plásticos.



Fonte: Abiplast- Associação brasileira da indústria do plástico, 2012.

3.5 Tipos de Automação

Segundo Pinto (2005) embora a automação industrial tenha sido desencadeada, fundamentalmente, pela necessidade de melhorar os níveis de produtividade, flexibilidade e segurança, as alterações do tipo de mercado têm feito evoluir o conceito de automação. Desta forma podemos distinguir genericamente os seguintes tipos de automação:

Automação Fixa: elevada taxa de produção, impossibilidade em geral de prever alterações no produto e investimentos iniciais elevados em equipamentos específicos.

Automação Programável: taxas de produção inferiores à automação fixa, flexibilidade para alterações na configuração da produção, bastante apropriada para produção por lotes (“*batch processing*”).

Automação Flexível: é uma extensão da automação programável, taxas de produção média e flexibilidade de ajustamento às variações no tipo dos produtos. Atualmente é o tipo de automação que está interligada a todos os níveis hierárquicos de uma empresa. (PINTO, 2005)

3.6 Princípios básicos para automação de um processo

A automação traz a possibilidade de tornar mais rápido e efetivo um processo, desde que se tenha atenção quanto ao que será automatizado e como deve ser feita esta automação. Identificar um problema ou uma carência é o primeiro passo para iniciar a automação, ou seja, a descrição daquilo que se deseja automatizar é indispensável. Em seguida, analisar e entender os problemas, como isso definindo possibilidades para solucioná-los. Feito isso, deve-se definir o que será dado de entrada e dado de saída, prevendo todas as situações possíveis e como serão mensuradas estas informações de forma a serem entendidas pelo sistema de controle (PELLISON, 2001).

De acordo com Thomazini; (2002, p. 33),

No estudo da automação em sistemas industriais, comerciais, automobilísticos e domésticos, é preciso determinar as condições (ou variáveis) do sistema. É necessário obter ou medir os valores das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado como, por exemplo, posição, temperatura, velocidade e outros, e este é o trabalho dos sensores.

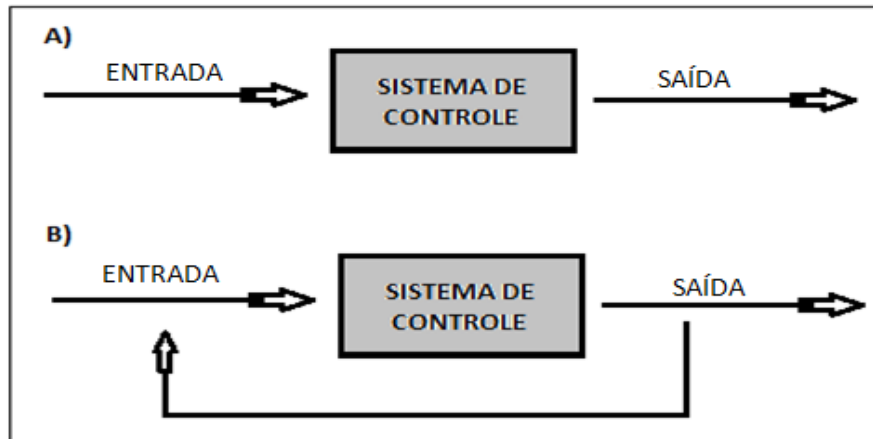
Inicialmente é preciso mostrar a diferenciação entre alguns elementos presentes em uma automação de qualquer natureza. Os principais elementos que atuam sobre a automação industrial são os sensores e os atuadores, pois os sensores verificam o estado das variáveis e os atuadores interferem ou modificam o ambiente.

3.6.1 Sistema de Controle

Um sistema de controle pode ser definido como sendo um conjunto de componentes físicos conectados entre si. De tal maneira que possa ter a capacidade de comandar, dirigir ou regular a si mesmo, ou até outros sistemas. Podendo através de sensores, reagir interpretando estímulos ou excitações adversas. Estes estímulos externos que se aplicam a um sistema são conhecidos como entradas, e a resposta obtida de um sistema de controle são chamadas de saídas (PELLISON, 2001).

Os sistemas de controle classificam-se em sistemas de malha aberta e de malha fechada. No sistema de malha aberta a ação de controle é independente da saída, já no sistema de malha fechada a ação de controle depende de alguma maneira da saída.

Figura 6: Sistema de controle: A) Malha aberta B) Malha fechada.



Fonte: Próprio autor.

Nos processos industriais antigos ou de pequeno porte as variáveis eram controladas pelo elemento humano ou controle manual. Atualmente, devido à complexidade dos processos, seja por questões de segurança ou de economia, o elemento humano foi substituído por elementos capazes de executar essas tarefas: são os controladores automáticos. A mão de obra pode ser extremamente reduzida, uma vez que restaram poucas operações manuais. (PELLISON, 2001)

Nas palavras de Pinto (2005), entende-se por controle-automático um conjunto de operações que consistem em:

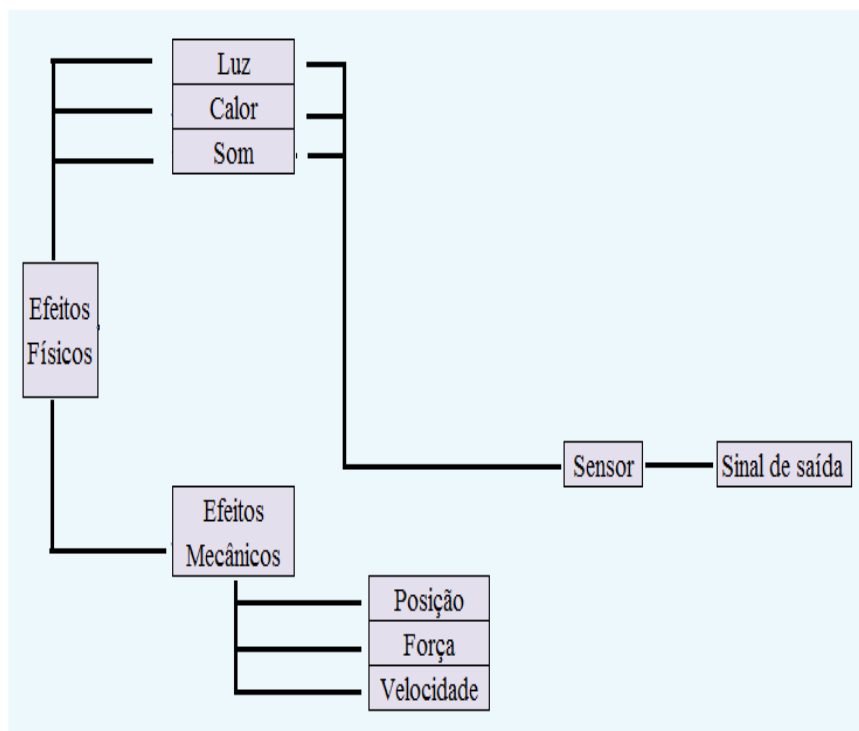
- a) Medir uma variável, por exemplo: temperatura, posição, velocidade.
- b) Comparar esta medida com um valor desejado (controlador, *set-point*);
- c) Corrigir o desvio observado (através do atuador).

3.6.2 Sensores

De acordo com Thomazini (2002), sensor é o termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente elétrica, aceleração, posição, vazão e outros, conforme FIGURA 7. Um sensor nem sempre tem as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado

antes da sua leitura no sistema de controle. Suponha que a saída de um sensor, ao ser sensibilizado por uma energia externa, é dado por um nível de tensão muito baixo, torna-se necessário a sua amplificação. Essa interface seria então um amplificador capaz de elevar o nível do sinal para sua efetiva utilização. No presente trabalho, foram utilizados cinco sensores fim de curso para o controle de posição do carrinho, os sensores são do tipo microchaves da marca Metaltex.

Figura 7: Ilustração das formas de energia de um sensor.



Fonte: Adaptada de sensores industriais.

3.6.3 Atuadores

Segundo Thomazini (2002), os atuadores são os dispositivos que modificam uma variável controlada, como temperatura, pressão, posição e outros. Os atuadores recebem um sinal proveniente do controlador e agem sobre o sistema controlado. Geralmente trabalham com potência elevada. Podemos citar como exemplo um motor de passo para acionamento de um braço robótico ou cilindros hidráulicos para acionamento de prensas. Esse processo envolve diferentes tipos de energia. Exemplos de alguns atuadores: Válvulas (pneumáticas,

hidráulicas), Relés (estáticos, eletromecânica), Cilindros (pneumáticas ,hidráulicas), Motores (*step-motor*,*syncro*,servomotor, motores de indução em geral), resistências elétricas e outros.

4 MATERIAL E METODOS

4.1 Descrição do sistema

O sistema é composto por um conjunto integrado de peças mecânicas como o cilindro pneumático, o esqueleto do carrinho, pelo motor elétrico, pela caixa de redução, e também composto por componentes eletrônicos que por sua vez faz o controle lógico do sistema. O sistema é baseado em microcontrolador PIC 18F4550, capaz de guiar o carrinho para debaixo da máquina por um motor elétrico acoplado a um sistema de transmissão que se constitui em uma caixa de redução e uma corrente. O carrinho ao chegar no ponto certo é suspenso por um cilindro pneumático para reduzir a altura da queda da cadeira, e que após a fabricação do produto (cadeira), o sistema permite que o carrinho saia fora da máquina com a cadeira e “entregue” a mesma para o operador na sua linha de cintura contribuindo assim para resolução dos problemas propostos.

4.2 Circuito Eletrônico

O projeto é constituído basicamente em um sistema eletroeletrônico que por sua vez foi dividido em três módulos: módulo de entradas, que recebe todos os sinais do sistema, (sensores fim de curso e botoeiras), módulo de saídas, que ativa os atuadores (motor elétrico e cilindro pneumático), e por fim o módulo de processamento que consiste em uma placa eletrônica constituída de um micro controlador PIC 18F4550 que por sua vez recebe os sinais provenientes do módulo de entradas que posteriormente processa esses sinais pelo programa gravado no PIC e envia os sinais de controle discreto para o módulo de saídas atuando assim no sistema.

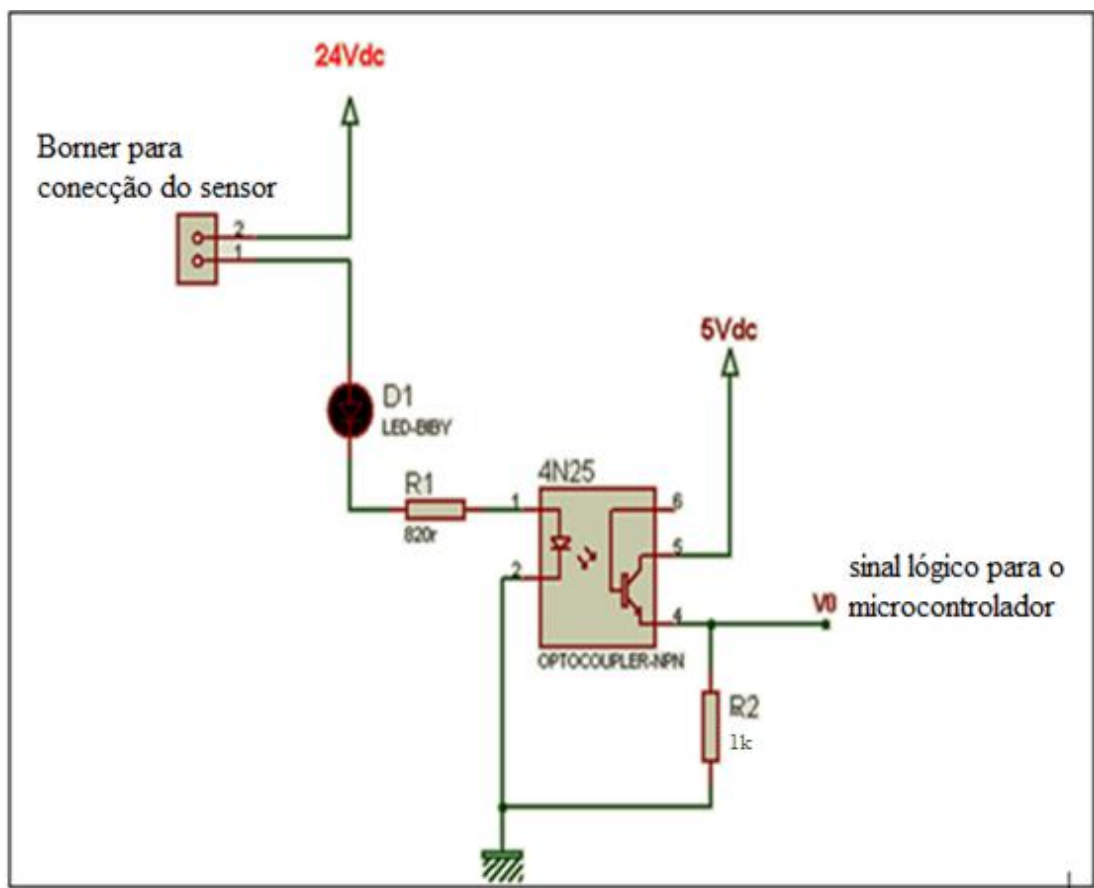
4.3 Módulo de entradas

Este módulo é constituído de uma placa eletrônica com oito pontos de entradas para sensores discretos que por sua vez, recebe os sinais dos sensores (fim de curso ou botoeiras) que comutam 24Vdc para o módulo e por sua vez converte esta tensão em uma tensão mais

baixa de 5Vdc para que o micro controlador do módulo de processamento possa processar estes sinais. Esses sensores são do tipo fim de curso e servem para permitir o controle da posição ou estado do carrinho. Como exemplo, se o carro está fora da máquina ou debaixo da máquina, se o carro está suspenso pelo cilindro pneumático ou não.

O circuito que recebe os sinais dos sensores são constituídos basicamente de acopladores-óptico CI (Circuito Integrado) 4N25 para isolação elétrica, resistores e *leds* (Diodo Emissor de Luz) para indicação de estado. Na figura 8 e figura 9 podemos visualizar o que foi comentado.

Figura8: Esquema eletrônico de uma das entradas de sinal do módulo.



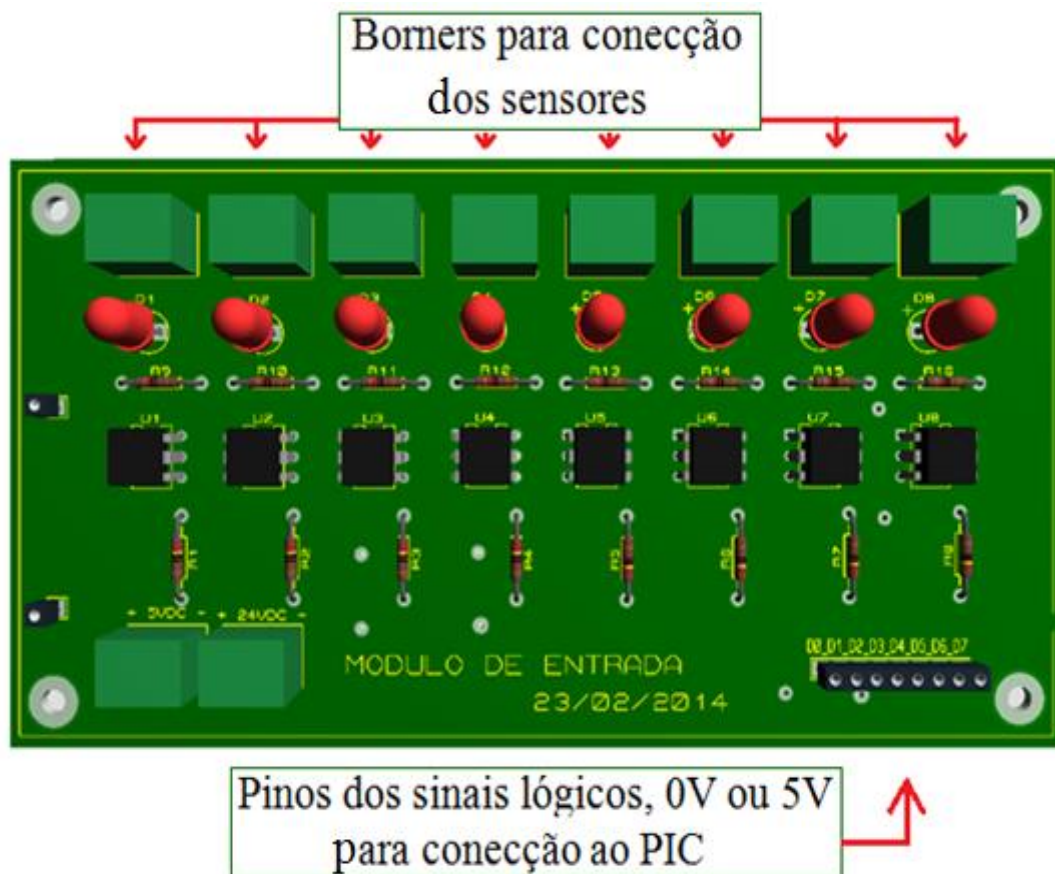
Fonte: Próprio autor.

Trabalhando com o C.I (Circuito Integrado) 4n25 no corte e na saturação, consegue-se respectivamente 0V e 5V no resistor R2, que por sua vez é utilizado como um resistor de *pull-up* para gerar os sinais lógicos para o microcontrolador por meio de V_0 . É a

partir da leitura dos vários sensores fim de curso que o sistema sabe em que posição se encontra o carrinho e assim poderá atuar conforme o programa gravado no microcontrolador.

Podemos destacar também a utilização de *leds*(diodo emissor de luz) para indicação de estados, ou seja, se o *led*(diodo emissor de luz) está aceso significa que o fim de curso está fechado, *led*(diodo emissor de luz)apagado significa que o fim de curso está aberto. Esse detalhe contribui muito na manutenção do sistema, caso precise fazer algum tipo de depuração.

Figura 9: Placa eletrônica do módulo de entradas.



Fonte: Próprio autor.

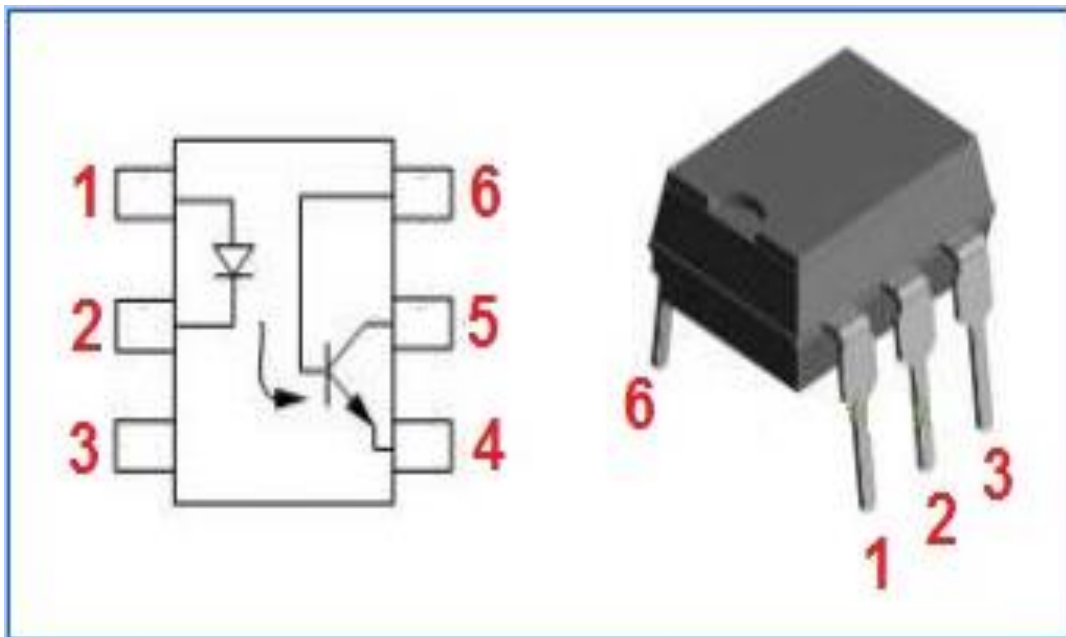
4.3.1 Acoplador-óptico 4n25

De acordo com Thomazini (2002), acoplador-optico é simplesmente uma cápsula que contém um *led* (diodo emissor de luz) infravermelho e um fotodetector, que pode ser um diodo de silício, par de transistores *DARLINGTON* ou *SCR* (*Retificador controlado de*

silício). A principal aplicação para este componente é a isolação elétrica entre circuitos, fontes ou placas independentes ou para chaveamento. As características de cada dispositivo devem estar associadas a um mesmo comprimento de onda de luz para que o acoplamento seja o melhor possível. A representação gráfica do acoplador-optico pode ser observada pela FIGURA 10.

O CI4n25 permite trabalhar com duas tensões independentes, e por causa desta característica que este componente se enquadrou perfeitamente no projeto, pois o mesmo faz a isolação elétrica do módulo de entrada com o módulo de processamento e do módulo de processamento para o módulo de saídas evitando assim os ruídos de chaveamento.

Figura 10: Circuito integrado 4n25.



Fonte: <http://circuits.datasheetdir.com/142/4N25-pinout.jpg>

4.3.2 Sensor fim de curso

De acordo com Souza (2005), uma chave fim de curso, ou do inglês *microswitch*, é um termo genérico usado para referir-se a um comutador elétrico que é capaz de ser atuado por uma força física muito pequena. Essa chave é muito comum devido ao seu pequeno custo e extrema durabilidade, normalmente maior que 1 milhão de ciclos e acima de 10 milhões de

ciclos para modelos destinados a aplicações pesadas. Possui um contanto normal fechado e outro normal aberto, que quando a extremidade é tocada, comuta o contato, evitando ou permitindo a passagem da corrente elétrica.

No projeto proposto foram utilizadas cinco chaves fim de curso para controle de posicionamento do mesmo. Na figura 11 abaixo podemos visualizar um fim de curso da marca METALTEX.

Figura 11: Chave fim de curso FM9 – METALTEX.



Fonte: <http://www.digel.com.br/novosite/index.php?page>

4.4 Módulo de Saídas

Este módulo é composto por uma placa eletrônica com três saídas a relé eletromecânico, que é responsável por fazer o acionamento dos atuadores (motor elétrico e eletroválvula).

Os relés do módulo não suportam acionar diretamente o motor elétrico, pois eles queimariam, então, se faz necessário acionar outro dispositivo mais potente para esse fim,

contadoras para o acionamento do motor, por exemplo, para locomover o carrinho para debaixo da máquina ou para fora de máquina.

Para o acionamento da eletroválvula um circuito idêntico foi utilizado, com o detalhe que, após o acionamento do relé, 24Vdc é chaveado para o *borner*, pois a bobina da eletroválvula utilizada no projeto é de 24Vdc.

Conforme mostrado na figura 13, pode-se perceber que o operador não flexiona mais com tanta intensidade os joelhos e nem a coluna, com isso, proporciona-se um maior conforto e agilidade para o mesmo. Para o retorno do carrinho, para debaixo da máquina, o operador deve acionar um fim de curso que está localizado perto de seus pés na base do carrinho

Figura 13: Carro suspenso pelo cilindro pneumático.

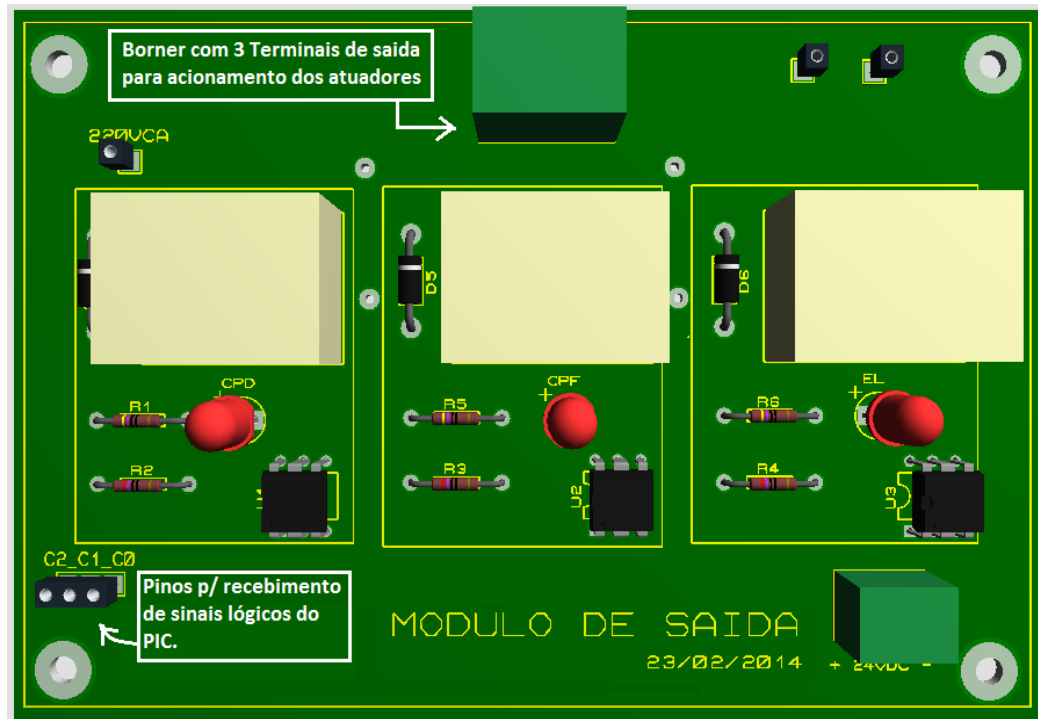


Fonte: Próprio autor.

Conforme mostra a figura 14, pode-se visualizar a placa do módulo de saídas, seus componentes como os *leds* (diodo emissor de luz) para indicação de estado, os relés para

chaveamento das cargas (Motor e eletroválvula) e também os seus principais pontos de ligação que estão em destaque.

Figura 14: Placa eletrônica do módulo de saídas.



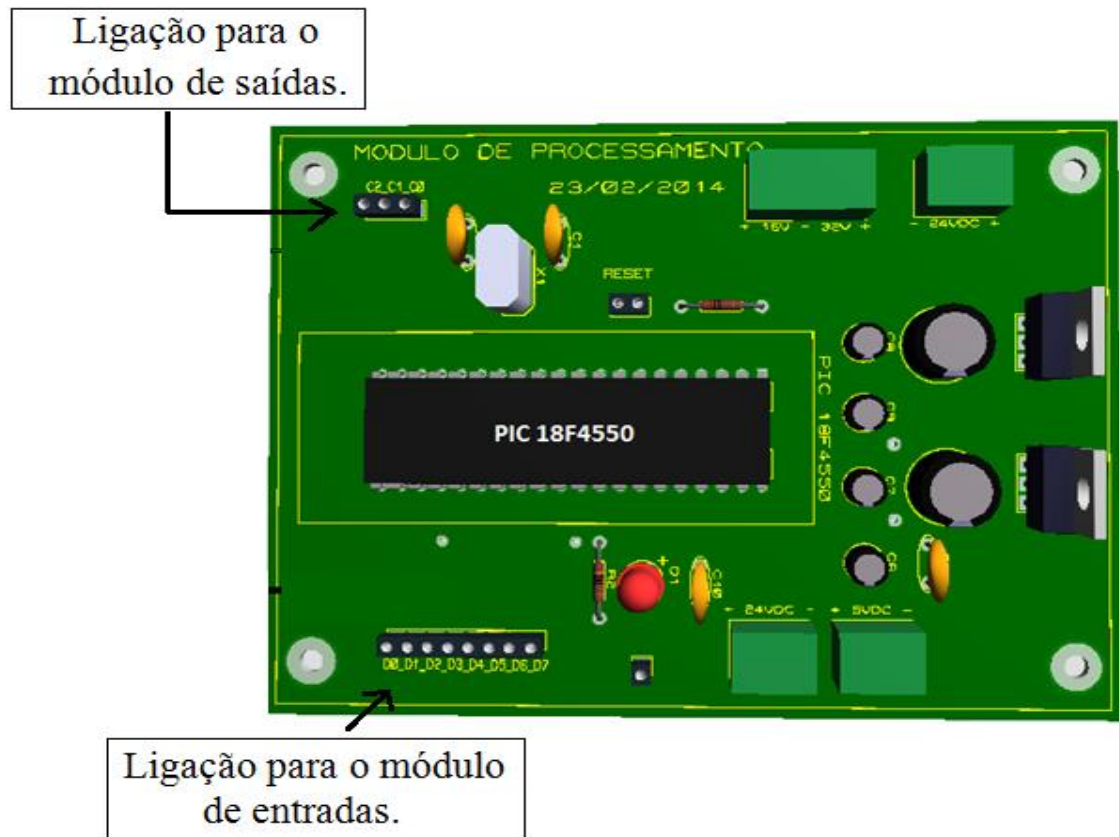
Fonte: Próprio autor.

4.5 Módulo de Processamento

Este é o módulo mais importante de todo o sistema eletrônico, pois é nesta placa eletrônica que todos os sinais provenientes do módulo de entradas serão processados para que se saiba o estado do sistema e assim seguir a lógica correta para enviar para o módulo de saídas.

Esta placa é baseada em um microcontrolador PIC 18F4550 da Microchip e programado para este fim em linguagem C. Deste modo, com o emprego de microcontroladores no controle de processos, os dados e variáveis desejados podem ser processados pelo programa de controle, gravado no microcontrolador de acordo com as decisões lógicas pré-definidas no *software*. Na figura 15 podemos visualizar o módulo de processamento.

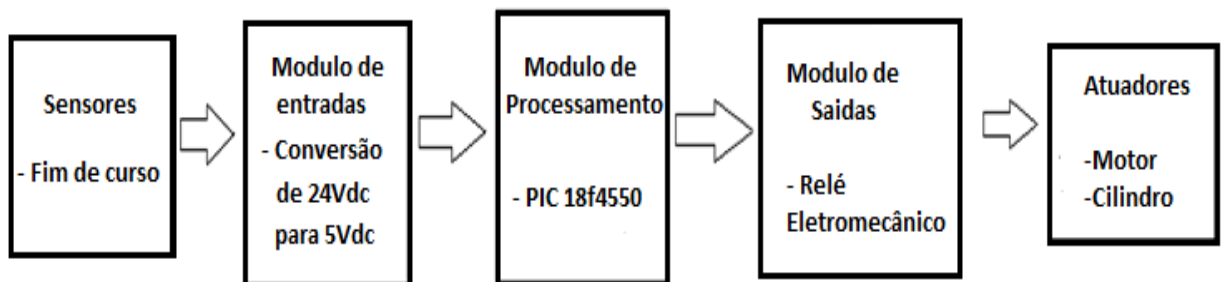
Figura 15: Placa eletrônica do módulo de processamento.



Fonte: Próprio autor.

Fazendo-se um resumo geral sobre os módulos, observa-se na figura 16, todos os módulos interligados e seu papel para o funcionamento do sistema.

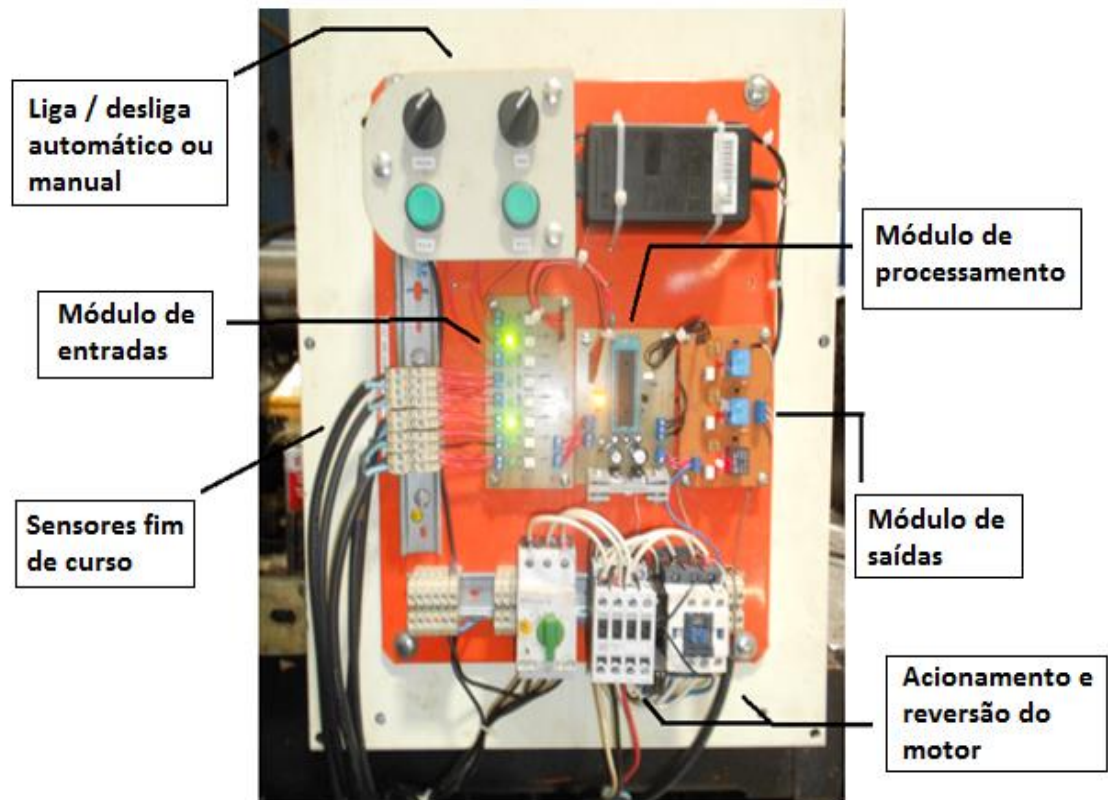
Figura16: Diagrama em bloco do funcionamento dos módulos do sistema.



Fonte: Próprio autor.

Na FIGURA 17 podemos visualizar o sistema eletroeletrônico e seus componentes interligados, montado e instalado na injetora *Sinitron BS 10000*.

Figura 17: Pannel do Sistema instalado na máquina injetora



Fonte: Próprio autor

4.5.1 Microcontrolador

Nas palavras de SOUZA (2005, pag.21),

Microcontrolador é um pequeno componente eletrônico dotado de uma inteligência programável, utilizado no controle de processos lógicos. Para entendermos melhor esta definição, vamos analisá-la por partes:

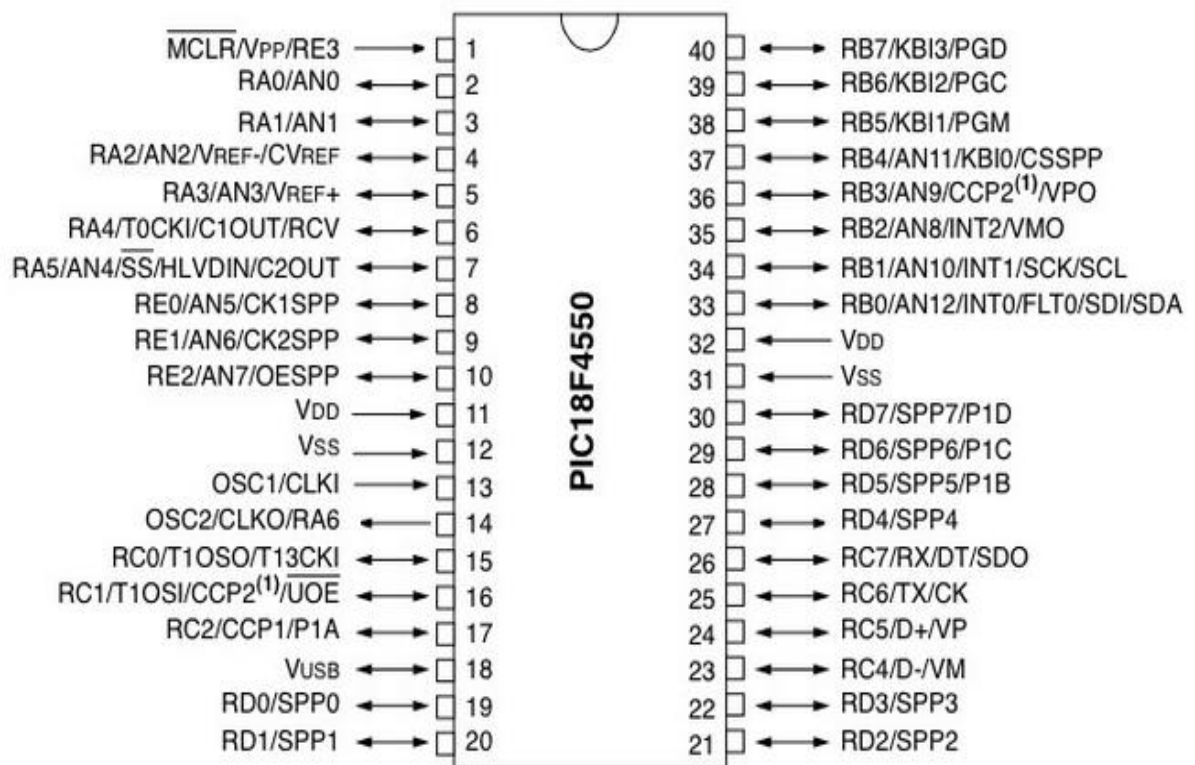
O controle de processos deve ser entendido como o controle de periféricos, tais como: *leds*, Botões, Displays de segmentos, Displays de cristal líquido (LCD), Resistências, Relés, Sensores diversos (pressão, temperatura, etc.) e muitos outros. São chamados de controles lógicos, pois a operação do sistema baseia-se nas ações lógicas que devem ser executadas, dependendo do estado dos periféricos de entrada e/ ou saída.

O microcontrolador é programável, pois toda a lógica de operação de que acabamos de falar é estruturada na forma de um programa e gravado dentro do componente. Depois disso, toda vez que o microcontrolador fosse alimentado, o programa interno será executado. Quanto a inteligência do componente, podemos associá-la à Unidade Lógica Aritmética (ULA), pois é nessa unidade que todas as operações matemáticas e lógicas são executadas. Quanto mais poderosa a ULA do componente, maior sua capacidade de processar informações.

No presente trabalho, utilizou-se o microcontrolador PIC 18F4550, que tem 40 pinos que podem ser configurados como entradas ou saídas, conversor analógico-digital, PWM, interrupções de *timer 1*, *timer 2*, *timer 3*, interrupções externas e por mudanças de

estado e entre outros. O mesmo é um componente versátil, barato e de fácil aquisição no mercado, no presente trabalho o dispositivo atendeu bem as necessidades do projeto, substituindo com vantagens o uso de um CLP (Controlador lógico programável), principalmente levando em consideração o custo entre os mesmos. Na figura 18 pode-se visualizar as entradas e saídas do PIC 18F4550.

Figura 18: Pinagem do PIC 18F4550



Fonte: http://www.fjmsoft.com.br/ecommerce_site/produto

4.6 Estrutura do carrinho

A estrutura do carrinho é basicamente composta de chapas de aço SEA 1020, soldas numa estrutura também de aço que permite o movimento do mesmo através de rolamentos, tanto no sentido vertical (suspensão ou regressão do carro), quanto no sentido horizontal (para debaixo da máquina ou para fora da mesma).

4.6.1 Motor de indução trifásico

O motor utilizado no projeto foi um motor de indução de quatro polos com alimentação trifásica (380Vca) da marca SEW com potência de 3CV e com uma caixa de redução acoplada ao seu eixo com relação de transmissão de 30x1. O motor, que é acionado por partida direta pelo sistema eletrônico, guia o carrinho por meio de uma corrente para debaixo ou para fora da máquina, permitindo assim seu movimento por meio dos rolamentos guiados pelos trilhos horizontais.

Figura 19: Motor acoplado na caixa de redução



Fonte: Próprio autor

4.6.2 Cilindro Pneumático

Este componente que neste caso é usado para suspender o carrinho se constitui em um cilindro pneumático de duplo efeito com 1,20m de comprimento, 75mm de diâmetro externo e 30mm de diâmetro da haste. Repare os detalhes do cilindro e sua montagem na estrutura do carrinho.

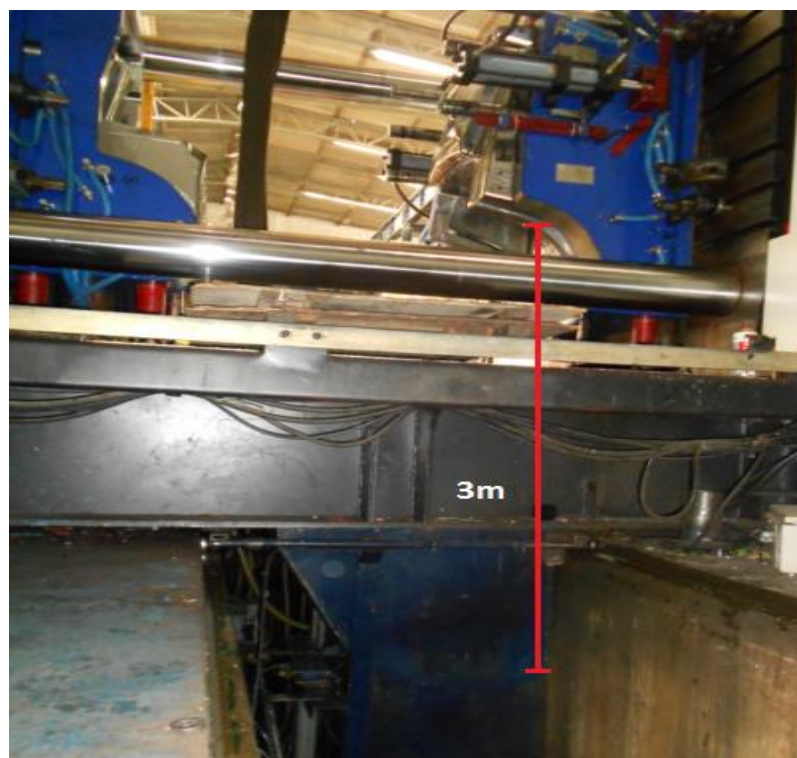
Após a utilização do cilindro a altura da queda da cadeira reduziu 1,20m, essa redução de altura contribuiu para a estrutura física da cadeira, pois antes disso algumas cadeiras eram perdidas devido ao impacto, pois isso causava arranhões na mesma.

Figura 20: Detalhe do cilindro suspendendo o carrinho.



Fonte: Próprio autor.

Figura 21: Altura em que a cadeira caia no carrinho.

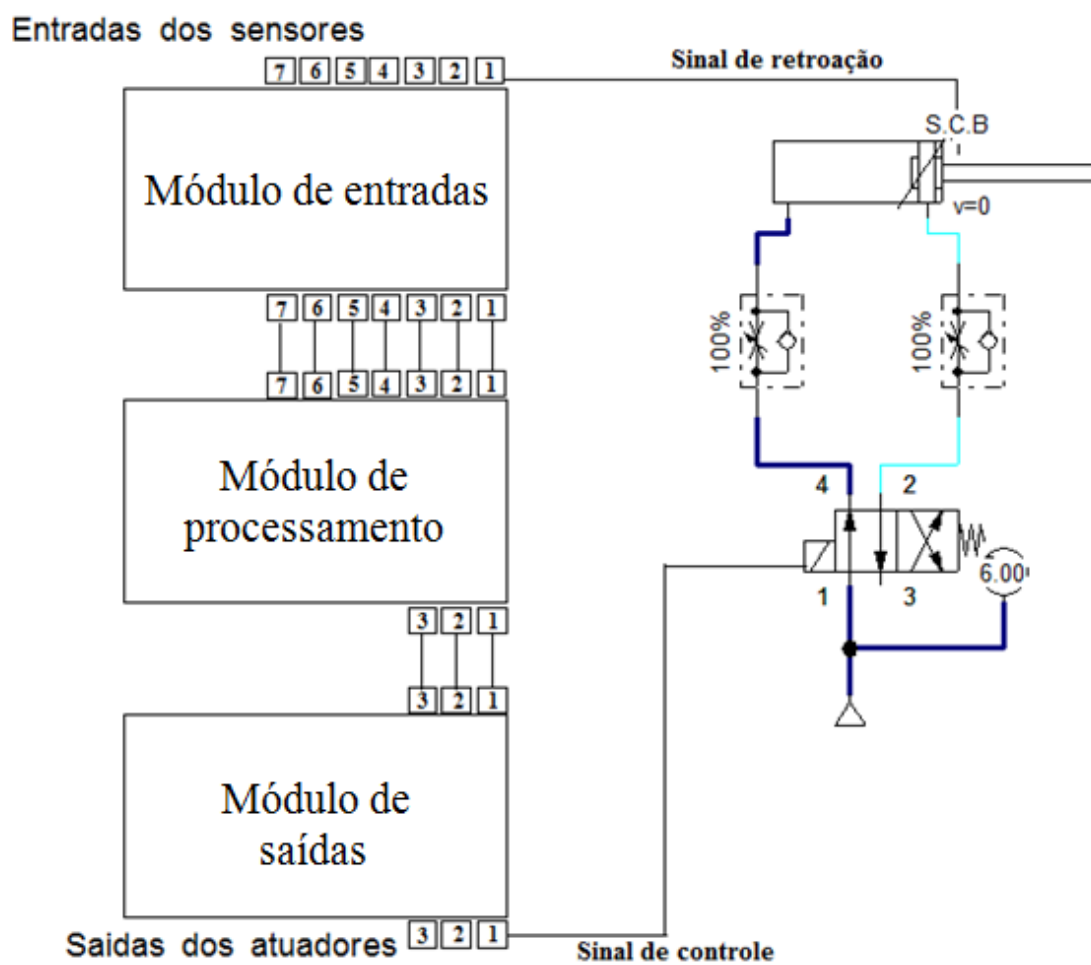


Fonte: Próprio autor.

4.6.3 Circuito Pneumático

O circuito pneumático se compõem por três válvulas pneumáticas, duas de estrangulamento para controle de fluxo de ar e uma eletropneumática 4/2 (quatro vias e duas posições) que é controlada eletricamente (24Vdc) e atua no cilindro pneumático para a suspensão do carrinho ou recuo do mesmo. O retorno da eletroválvula para a posição normalmente aberta e feito por mola, desta forma, quando a eletroválvula esta energizada o carrinho é suspenso e quando a eletroválvula está desenergizada o carrinho é recuado.

Figura 22: Circuito Pneumático interligado aos componentes de controle.



Fonte: Próprio autor.

No diagrama da figura 22 podemos ter uma noção mais ampla da ligação dos módulos. Observe que no cilindro pneumático existe um fim de curso para controle de posição chamado S.C.B (Sensor Carro Baixo), esse sensor envia um sinal discreto 0 ou 1 (Carro suspenso ou baixo) para o módulo de entradas que posteriormente converte este sinal discreto de 24Vdc

para 5Vdc e que após a conversão, envia este sinal para o módulo de processamento, que por fim, após o processamento, envia para o módulo de saídas para o controle dos atuadores.

Para o controle do motor a idéia é a mesma: o sistema lê as variáveis de entrada, faz o processamento e envia os sinais de controle discreto pelo módulo de saídas para o controle do motor, caracterizando assim um sistema de controle em malha fechada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma das dificuldades encontrada foi em relação à velocidade de movimentação do carrinho, pois o mesmo tem que concluir seu ciclo (entrar debaixo da máquina, suspender o carrinho, descer o carrinho, sair debaixo da máquina e suspender o carrinho novamente) com um tempo menor do que o ciclo de produção da injetora, pois o mesmo não pode chegar “atrasado” em seus pontos de posição. Esse problema foi resolvido com o acoplamento de uma caixa de redução de 40x1 no eixo do motor, que a partir disso atendeu bem a dinâmica do processo.

Após a conclusão do projeto, muitos benefícios foram observados como otimização da produção, qualidade física do produto, no caso a cadeira, e comodidade e segurança para os operadores. Estes resultados foram colhidos em um período de um mês do dia 05/06/14 ao dia 05/07/14 e posteriormente comparados com o mês anterior da instalação do projeto 05/04/14 ao dia 05/05/14.

5.1 Qualidade física da cadeira

Antes da instalação do projeto a cadeira saia da injetora para o carrinho em queda livre de uma altura de aproximadamente 3m. Devido a essa altura, algumas vezes as cadeiras acabavam arranhando devido ao impacto, contribuindo assim para um menor rendimento de produção. Com a aplicação do cilindro pneumático, a altura da queda da cadeira reduziu 1,20m.

5.2 Comodidade e segurança

Os operadores reclamavam bastante devido ao cansaço de ter que puxar a corda do carrinho, se abaixar para pegar a cadeira, empurrar o carrinho de volta, se preocupar com o

posicionamento do carrinho debaixo da injetora e ainda rebarbar as cadeiras (rebarbar: tirar excesso de material). Devido a isso, muitos operadores aumentavam o ciclo de produção da máquina para a injetora demorar um pouco mais para produzir, perdendo assim, produção.

5.3 Otimização da Produção

De Abril a maio 14.052 cadeiras foram produzidas no período de observação. De junho à julho 14.235 cadeiras foram produzidas após a instalação do sistema. Ou seja, 183 cadeiras produzidas a mais, um ganho de 1,29% a mais de produção. Parece ser pouco, mas considerando que uma cadeira do modelo Bromélia custa R\$ 25,00 e sem levar em consideração o custo de produção temos:

Saldo Mensal	Saldo Anual
R\$ 4.575,00	R\$ 54.900,00

6 CONCLUSÃO

Todo o projeto em termos de componentes eletrônicos e fabricação das placas possui preço baixo e de fácil aquisição no mercado. Por fim, o projeto demonstrou viável e satisfatório, como consequência deste projeto alcançou-se um maior nível de segurança, conforto para os operadores, e maior flexibilidade e otimização da produção. É importante destacar também, a importância do uso do PIC neste projeto, que substituiu bem o uso de um CLP (Controlador Lógico Programável), sobretudo levando em consideração o custo benefício.

Neste projeto, o ciclo de movimento do carrinho é maior do que o ciclo de produção da máquina na qual o mesmo foi instalado. Ou seja, o carrinho não chega ‘atrasado’ em relação ao ciclo da injetora em suas posições. Porém o projeto pode ser implementado com um inversor de frequência para um controle mais flexível da velocidade do carrinho, pois não são todas as máquinas injetoras que trabalham com o mesmo ciclo, depende do que a máquina injetora está produzindo.

Outro ponto relevante que pode ser observado é em relação aos sensores fim de curso, que no caso deste projeto foram utilizados 5, porem pode-se implementar o projeto com sensores do tipo *reed switch* que são microchaves magnéticas localizadas em cápsulas de vidro que fariam a mesma função com custo muito menor.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST. **Associação brasileira da indústria do plástico**, 2012

BRAGA, N.C **Curso básico de eletrônica**. São Paulo: Saber, 1999.

CAMILO VARGAS AMARANTO. **Sistemas de automação com ênfase em aquisição de dados**. SENAI – ES, 2009.

DAVID JOSÉ DE SOUZA. **Desbravando o PIC**. Érica 8º Edição, 2005.

DANIEL THOMAZINI E PEDRO URBANO BRAGA DE ALBUQUERQUE. **Sensores Industriais, Fundamentos e Aplicações**. Erica 8º Edição.

FABIO DA COSTA PINTO. **Sistemas de automação e controle**. SENAI – ES, 2005.

LEANDRO DOS SANTOS RIBEIRO. **Evolução tecnológica e automação das máquinas injetoras**. SÃO PAULO, 2009.

MICHAELI / GREIF / KAUFMANN / VOSSEBURGER. **Tecnologia dos plásticos**. Editora Edgard Blucher, 2005.

ODAIR JOSÉ MORASSI, químico industrial. **Polímeros, termoplásticos e termofixos**.

PEREIRA, F. **Microcontrolador PIC – Programação em C**. 3. Ed. São Paulo: Érica 2005.

PELLISON, ANTÔNIO T. **Proposta de um sistema automatizado para controle de nível freático e sub-irrigação**. Mestrado em irrigação e drenagem, Faculdade de ciências agrônômicas da UNESP. São Paulo , Botucatu, 2001.

ANEXO 1

Programa detalhado do microcontrolador em linguagem C.

```
#include "C:\Users\USUÁRIO\Desktop\ProgMonografia.h"

#define C_Fora Pin_d7      // Fim de curso, carro fora da máquina.
#define C_Baixo Pin_d6     // Fim de curso, carro baixo (não suspenso).
#define C_Dentro Pin_d5    // Fim de curso, carro debaixo da máquina.
#define S_do_Pe Pin_d4     // Fim de curso, operador toca c/ o pé.
#define S_Maq_Aberta Pin_d3 // Fim de curso, máquina aberta.

#define Botao_Carro_para_dentro Pin_d2 // botoeira carro p/ debaixo da máquina.
#define Botao_Carro_para_fora Pin_d1  // botoeira carro p/ fora da máquina.
#define Automatico_Manual Pin_d0      // botoeira seletora automatico/manual.

#define C_para_Dentro Pin_c0 // Contator q liga o motor p/ o carrinho se deslocar p/ debaixo da
máquina.
#define C_para_Fora Pin_c1  // Contator q liga o motor p/ o carrinho se deslocar p/ fora da máquina.
#define Eletrovalvula Pin_c2 // Eletrovalvula que suspende o carrinho.

voidmain()
{
intC_saindo=0; // Variável de controle p/ quando o carrinho estiver deslocando-se p/ fora da máquina.
intC_entrando=1; // Variável de controle p/ quando o carrinho estiver deslocando-se p/ debaixo da
máquina.

setup_adc_ports(NO_ANALOGS|VSS_VDD);
setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
setup_psp(PSP_DISABLED);
setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
setup_wdt(WDT_OFF);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
setup_vref(FALSE);

While(true){
output_toggle(pin_B7); // Led piscando do modulo de processamento.
While (input(Automatico_Manual))// Modo automático.
{ // Modo Automatico... //
output_toggle(pin_B7); // Led piscando do modulo de processamento.
If (input(C_Dentro) && C_entrando){ // Carro debaixo da máquina

output_low(C_para_Dentro); // desliga motor.
output_high(Eletrovalvula);// liga eletrovalvula (suspende carrinho).
}

If (input(S_Maq_Aberta)){ // Fim de curso fecha quando injetora abre.
C_saindo=1;// Variaveis de controle quando o carrinho
C_entrando=0; //estiver debaixo da máquina ou fora da máquina.
}
}
```

```

If (!input(S_Maq_Aberta)&&C_saindo&& input(C_dentro)){
output_low(Eletrorvalvula); // Quando a injetora estiver fechando,
} // a eletrorvalvula desliga p/ q o cilindro pneumático recue.

If (input(C_Baixo)&&C_saindo&& !input(C_Fora) ){
output_high(C_para_Fora);// Se o carrinho estiver saindo da máquina,
} // motor liga( output_high(C_para_Fora)).

If (input(C_Fora) &&C_saindo){// carrinho fora da máquina.
output_low(C_para_Fora); // Motor desliga.
output_high(Eletrorvalvula);// cilindro suspende carrinho.
}

If (input(S_do_Pe)){ // fim de curso do pé.
C_saindo=0;// Variaveis de controle do deslocamento
C_entrando=1; // do carrinho.
output_low(Eletrorvalvula);// cilindro recua.
}

    If (input(C_Baixo) &&C_Entrando&& !input(C_Dentro)){
output_high(C_para_Dentro);// Se o carrinho estiver deslocando-se
} // para debaixo da maquina, liga motor (output_high(C_para_Dentro)).
} // Fecha o while do modo automatico.

        // Modo Manual Carro P/ Dentro... //
If (input(Botao_Carro_para_dentro) && !input(C_dentro)){
output_low(Eletrorvalvula);
if (input(C_Baixo)){
output_high(C_para_Dentro);
        }
    }
    Else {output_low(C_para_Dentro);}

// Modo Manual Carro P/ Dentro... //
If (input(Botao_Carro_para_Fora) && !input(C_Fora)){
output_low(Eletrorvalvula);
if (input(C_Baixo)){
output_high(C_para_Fora);
        } } Else {output_low(C_para_Fora);} }

```

ANEXO 2

Rolamentos sobre os trilhos de guia.



ANEXO 3

Visualização mais ampla do sistema instalado na máquina



ANEXO 4

Visualização do sistema mecânico: Cilindro, corrente e estrutura do carro.



ANEXO 5

Visualização superior do carro sendo suspenso



ANEXO 6

Visualização do cilindro pneumático e eletroválvula



Anexo 7

Carro saindo debaixo da injetora



ANEXO 8

Operador posicionando-se para pegar a cadeira antes da instalação do sistema



Anexo 9

Operador pegando a cadeira após a instalação do sistema

