

DARWIN ANASTÁCIO JUNIOR

NINO CASTELLOTTI JUNIOR

ACONDICIONADOR AUTOMÁTICO DE PACOTES DE CIGARRO

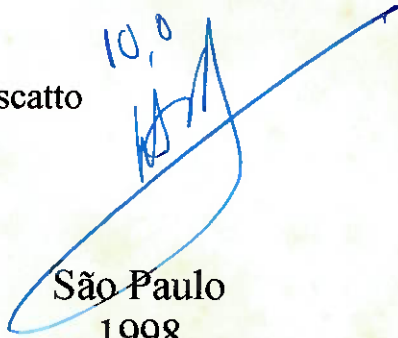
Projeto de Formatura apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a obtenção da graduação
em Engenharia Mecânica – Habilitação em Automação e
Sistemas.

Área de Concentração:

Engenharia Mecânica – Automação e Sistemas

Orientador:

Lucas A. Moscatto

10,0

São Paulo
1998

"Gutta cavat lapidem, non vi sed saepe cadendo."

Aos nossos pais, irmãos e amigos,
que têm sido a grande razão e
incentivo ao nosso desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Aos sempre atenciosos amigos da Souza Cruz, Agnaldo Castello, Eduardo Magalhães, Horacio Menin, Jose Carlos Gaspar e Roberto Teruo, cujas valorosas contribuições permitiram a concretização deste trabalho.

Aos nossos pais, Yvone Menegatti Anastácio, Darwin Anastácio, Juçara Terra Castellotti e Nino Castellotti, que sempre nos serviram como sustentáculos nos momentos mais difíceis e companias em outros mais felizes.

Aos nossos amigos, amigas e namoradas cujas participações tornaram mais alegres e valiosas as nossas conquistas.

Sumário

1.Descrição do Problema	1
1.1.Caixas de Papelão	3
1.1.1.Função	3
1.1.2.Mateiral	4
1.1.3.Tipos	4
1.1.4.Dimensões	4
1.2.O Processo Manual	5
2.Solução Proposta	9
2.1.Proposta de Automação	9
2.2.Definição de Conceitos	9
2.3.Sequência de Funcionamento	10
3.Descrição dos Componentes	14
3.1.Magazine, Moldura ou <i>Frame</i>	14
3.1.1.Funções	14
3.1.2.Disposição Física	15
3.1.3.Fixação da Caixa de Papelão	17
3.1.4.Material	18
3.2.Aletas, “Garras” ou “Unhas”	20
3.2.1.Funções	20
3.2.2.Disposição Física	20
3.2.2.1.Aleta número 1	20
3.2.2.2.Aleta número 2	24
3.2.3.Material	29
3.3.Sensores	30
3.3.1.Sensores de Proximidade Indutivos	32
3.3.1.1.Princípio de Funcionamento	32
3.3.1.2.Face Sensora	33
3.3.1.3.Distância Sensora	33
3.3.1.4.Distância de Acionamento	33
3.3.1.5.Distância Sensora Nominal	34
3.3.1.6.Distância Sensora Real	35

3.3.1.7.	Distância Sensora Efetiva	35
3.3.1.8.	Distância Sensora Operacional	35
3.3.1.9.	Alvo Padrão	35
3.3.1.10.	Material do Acionador	36
3.3.1.10.1.	Histerese	36
3.3.1.10.2.	Embutido	36
3.3.1.10.3.	Não Embutido	37
3.3.2.	Sensores de Proximidade Capacitivos	37
3.3.2.1.	Princípio de Funcionamento	38
3.3.2.2.	Face Sensora	38
3.3.2.3.	Distância Sensora Nominal	39
3.3.2.4.	Alvo Padrão	39
3.3.2.5.	Distância Sensora Efetiva	39
3.3.1.6.	Distância Sensora Operacional	40
3.3.1.7.	Material a ser Detectado	40
3.3.1.8.	Ajuste de Sensibilidade	41
3.3.3.	Sensores Fotoelétricos	42
3.3.3.1.	Princípio de Funcionamento	42
3.3.3.2.	Sistema por Barreira	43
3.3.3.3.	Distância Sensora Nominal	43
3.3.3.4.	Dimensões Mínimas do Objeto	44
3.3.3.5.	Sistema por Difusão (Fotosensor)	44
3.3.3.6.	Distância Sensora	44
3.3.3.7.	Alvo Padrão	44
3.3.3.8.	Distância Sensora Efetiva	45
3.3.3.9.	Distância Sensora Operacional	45
3.3.3.10.	Zona Morta	46
3.3.3.11.	Sistema Refletivo	46
3.3.3.12.	Distância Sensora Nominal	47
3.3.3.13.	Espelho Prismático	47
3.3.3.14.	Detecção de Transparentes	48
3.3.3.15.	Detecção de Objetos Brilhantes	48
3.3.3.16.	Montagem Angular	48

3.3.3.17.Filtro Polarizado	49
3.3.3.18.Imunidade à Luz Ambiente	49
3.3.3.19.Meio de Propagação	50
3.3.4.Seleção	50
3.3.4.1.Sensores de Proximidade Capacitivos	51
3.3.4.2.Sensores de Proximidade Fotoelétricos	55
3.4.Pistões	60
4.Controle	70
4.1.Controlador Lógico Programável (CLP)	70
4.1.1.Lógica de Controle	73
4.1.2.Fluxograma	77
4.2.Comandos da Linguagem de Programação do CLP	78
4.3.Programa do CLP	81
5.Execução do Projeto	85
5.1.Estruturas Mecânicas	85
5.1.1.Estrutura Principal	85
5.1.2.Magazine	86
5.1.3.Estrutura de Fixação dos Pistões	88
5.2.Dispositivos Mecânicos	90
5.2.1.De Locomoção dos Pacotes (Esteira e Motor)	90
5.2.2.De Retenção dos Pacotes da Esteira	95
5.2.3.De Movimentação das Aletas	97
5.2.4.De Encaixe da Caixa de Papelão	98
5.2.5.De Apoio dos Pacotes quando empurrados pelo Empurrador	102
5.2.6.De Abertura para Retirada de Pacotes Encalhados	103
5.3.Dispositivos Elétricos e Pneumáticos	106
5.4.Controle	114
5.5.Lista de Peças	117
6.Conclusão	118
Anexo I – Lista de Referências	119
Anexo II - Programa do CLP	120
Bibliografia	127

1. Descrição do Problema

O tema do projeto é um acondicionador automático de pacotes. Imagine uma linha de produção de cigarros que alimenta operadores com pacotes a uma taxa constante. Os operadores têm como função acondicionar o produto vindo da linha em caixas de papelão, para posterior transporte até a Central Integrada de Distribuição ou até o varejo.

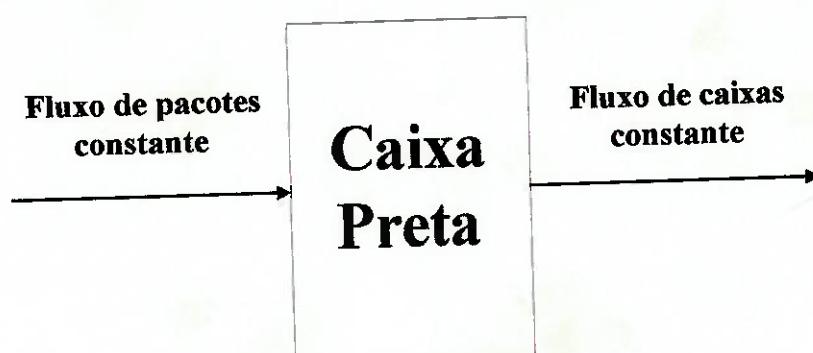


figura 1.1 Caixa preta

As caixas de papelão utilizadas no acondicionamento têm material, resistência, porosidade e dimensões controladas.



figura 1.2 Fluxo de pacotes, acondicionamento e fluxo de caixas

Na Souza Cruz, os pacotes são acondicionados em caixas de papelão pelo menos uma vez, até a chegada ao consumidor final. Para que todo o processo fique claro, será feito um breve resumo da operação:

O processo de interesse começa na fabricação do cigarro, na fábrica de São Paulo (FASP), em que são produzidos cigarros, automaticamente acondicionados em maços (a cada 20 cigarros). Os maços ou carteiras são agrupados em pacotes (unidade de comercialização, correspondentes a 10 carteiras ou maços), sendo que esse empacotamento (formação e embalagem de pacotes com 10 carteiras ou maços) também é feito automaticamente na fábrica, conforme pode ser visto na figura 1.3.

Como a distribuição de cigarros até o consumidor final não é feita diretamente pela fábrica, mas sim pelas Centrais Integradas de Distribuição (CIDs), um novo acondicionamento do produto se faz necessário, para que esse seja transportado até as CIDs. É a esse acondicionamento que o presente trabalho se refere.

Esse novo acondicionamento é feito manualmente em caixas de papelão com capacidade de 50 pacotes (10.000 cigarros), na FASP, para posterior transporte até as Centrais de Distribuição.

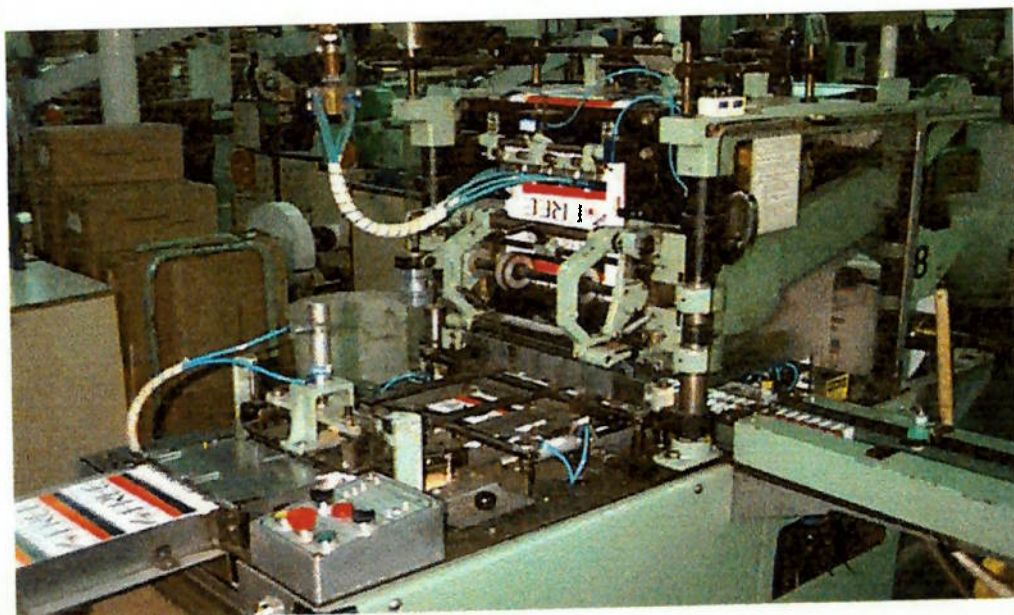


figura 1.3 Agrupamento de maços em pacotes na FASP

Já nas CIDs, em especial na CID/SP, as caixas de 10.000 cigarros (de uma mesma marca) são esvaziadas, para que o produto seja separado na quantidade (dessa marca) requerida pelo consumidor, e acrescentado às demais marcas solicitadas na compra. Como a maioria dos clientes da Souza Cruz são varejistas (bares, padarias, restaurantes, hotéis, lojas de conveniência, etc.), que comprem semanalmente ou quinzenalmente, uma caixa de 10.000 cigarros de uma mesma marca (50 pacotes=500 carteiras ou maços) representa uma compra exageradamente grande. Entretanto, uma compra de uma caixa de 10.000 cigarros (50 pacotes) com um mix de marcas representa um caso próximo da média de venda da companhia. É por esse motivo que existe o processo chamado de pré-separação, efetuado na CID, e que nada mais é do que separar os pedidos dos clientes (mix de marcas) e novamente acondicioná-los em caixas de papelão para a distribuição final. A separação dos pedidos por marcas é feito automaticamente, mas o acondicionamento continua sendo manual.

1.1.Caixas de papelão

Importante componente no procedimento de acondicionamento, as caixas de papelão merecem uma descrição mais detalhada, conforme será feito nos tópicos a seguir.

1.1.1.Função

As caixas de papelão constituem a embalagem na qual o produto final (pacotes de cigarro) é transportado das fábricas às CIDs. Também acondicionam o produto até a sua chegada ao consumidor.

1.1.2.Material

São confeccionadas em papelão polionda, com resistência de 380 kgf/cm².

1.1.3.Tipos

No processo de acondicionamento feito na FASP, para posterior transporte até as CIDs, são sempre usadas caixas com capacidade para 10.000 cigarros (50 pacotes), também chamadas de caixas tipo 4. Entretanto, no processo chamado de pré-separação, efetuado nas CIDs, em que os produtos são separados de acordo com a quantidade e o mix de marcas solicitados pelo cliente, em muitos casos se faz necessário o uso de outros tipos de caixas, de capacidade menor que a do tipo 4. Para tal existem as caixas do tipo 1 (capacidade de 12 pacotes), tipo 2 (capacidade de 25 pacotes) e tipo 3 (capacidade de 37 pacotes).

Conforme dito, em um primeiro momento, o presente trabalho é voltado para o processo de acondicionamento feito na FASP, e, portanto, restringirá a se utilizar da caixa do tipo 4 de 10.000 cigarros. Dessa forma, quando for mencionada simplesmente caixa de papelão, ficará subentendido que se trata de uma caixa do tipo 4.

1.1.4.Dimensões

A caixa de papelão do tipo 4, com capacidade de 10.000 cigarros (50 pacotes) tem as dimensões mostradas na figura 1.1.4.1.

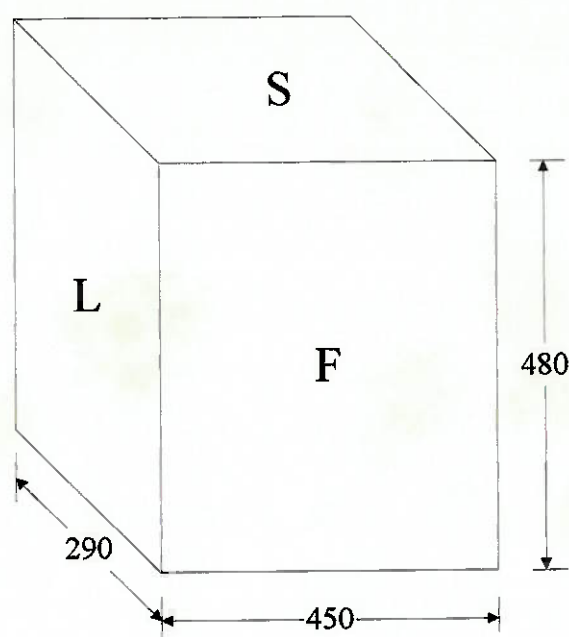


figura 1.1.4.1 Caixa de papelão do tipo 4 (dimensões em milímetros)

As faces estão indicadas como face frontal (F), lateral (L) e superior (S), para uma imediata identificação no decorrer do trabalho. A inserção dos pacotes é feita pela face superior, sendo que no processo automático proposto a caixa se encontra deitada durante a inserção dos pacotes, conforme será visto adiante.

1.2.O Processo Manual

As dimensões das caixas de papelão utilizadas são conhecidas e constantes. A operação de preenchimento manual das caixas consiste em preencher a base da caixa com 25 pacotes, e a então a superfície com mais 25 pacotes, totalizando 50 pacotes ou 10.000 cigarros. Cada nível é preenchido com 5 pacotes (1 fileira) por movimento, perfazendo 5 movimentos por nível. As figuras seguintes descrevem o preenchimento de um nível de uma caixa de papelão.



figura 1.2.1 Inserção da primeira fileira de pacotes na caixa de papelão



figura 1.2.2 Inserção das 2 primeiras fileiras de pacotes na caixa de papelão

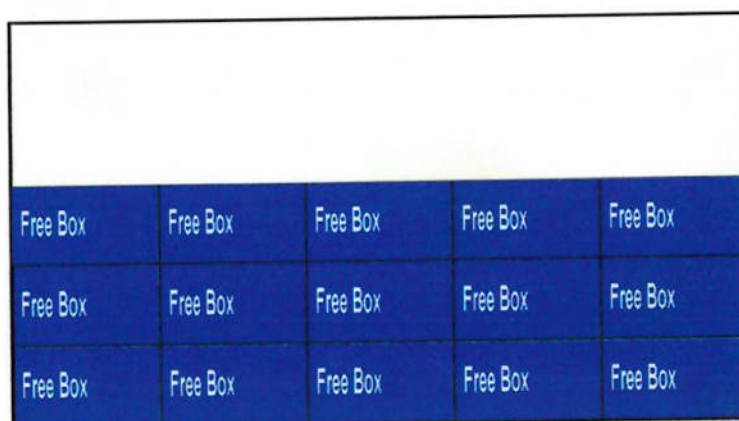


figura 1.2.3 Inserção das 3 primeiras fileiras de pacotes na caixa de papelão

Free Box	Free Box	Free Box	Free Box	Free Box
Free Box	Free Box	Free Box	Free Box	Free Box
Free Box	Free Box	Free Box	Free Box	Free Box
Free Box	Free Box	Free Box	Free Box	Free Box

figura 1.2.4 Inserção das 4 primeiras fileiras de pacotes na caixa de papelão

Free Box	Free Box	Free Box	Free Box	Free Box
Free Box	Free Box	Free Box	Free Box	Free Box
Free Box	Free Box	Free Box	Free Box	Free Box
Free Box	Free Box	Free Box	Free Box	Free Box
Free Box	Free Box	Free Box	Free Box	Free Box

figura 1.2.5 Um nível da caixa de papelão completamente preenchido

O preenchimento manual das caixas de papelão pelo operador na FASP pode ser visto na figura 1.2.6.



figura 1.2.6 Processo de preenchimento manual feito na FASP

O procedimento descrito acima é análogo tanto nas Centrais de Distribuição Integrada (CIDs), num processo chamado de pré-separação (separação de pedidos por marcas para entrega nos varejos), quanto na Fábrica São Paulo (FASP), em que pacotes de apenas uma marca são acondicionados nas caixas de papelão. Muda apenas o *lay-out* das estações de trabalho, conforme pode ser visto nas figura 1.2.7.



figura 1.2.7 Processo de acondicionamento manual na CID/SP

2.A Solução Proposta

2.1.Proposta de Automação

A proposição da utilização de uma máquina parcialmente automatizada se fundamentaria basicamente na facilidade e praticidade do seu manuseio mas, principalmente, pela utilização de um mecanismo com taxa produtiva acentuadamente mais elevada que o correspondente trabalho manual e, ainda, em função do seu reduzido custo de manutenção. A máquina empacotadora será dimensionada para 50 pacotes (1 caixa) por minuto.

Como consequência imediata, espera-se uma diminuição no contingente de pessoas necessárias ao processo, já que agora seriam necessárias apenas intervenções manuais na alimentação de caixas de papelão, e não mais no processo de acondicionamento propriamente dito.

2.2.Definição de Conceitos

Primeiramente deve-se estabelecer alguns conceitos sobre termos que serão largamente utilizados: o agrupamento dos cigarros à granel em embalagens que conterão 20 (vinte) unidades dos mesmos será chamado de maço ou carteira; ao armazenamento desses maços ou carteiras em grupos de 10 unidades será dada a denominação de pacote. A disposição física do pacote pode ser aproximada por um paralelepípedo, conforme mostra a figura 2.2.1.

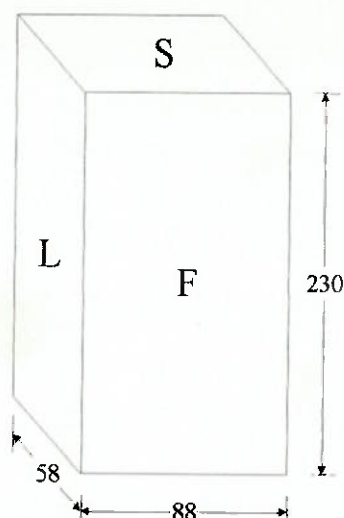


figura 2.2.1 Pacote de cigarros (dimensões em milímetros)

Analogamente à caixa de papelão, as faces frontal (F), lateral (L) e superior (S) do pacote foram definidas por suas iniciais.

A embalagem final ou de transporte será sempre a caixa de papelão tipo 4, de 10.000 cigarros, que conterà, para efeito de simplificação, sempre 50 pacotes, situação que corresponde ao preenchimento total da caixa (caso descrito para o empacotamento efetuado na FASP).

A máquina por ora descrita prestar-se-á ao empacotamento de 50 pacotes, através do seu agrupamento e colocação em uma embalagem final (caixa de papelão polionda).

2.3. Sequência de Funcionamento

Em linhas gerais, o funcionamento da máquina segue a seqüência a seguir descrita (a figura 2.3.1 dá uma visão geral da máquina):

Provenientes de um processo inicial de empacotamento (cigarros à granel sendo armazenados em carteiras ou maços, e, seguidamente, estas, sendo armazenadas em pacotes), os pacotes são transportados por meio de uma esteira até a entrada da

máquina empacotadora e, mais adiante, até a moldura da mesma depositando-se sobre uma plataforma horizontal. Um contador é incrementado cada vez que um pacote entra na fileira de inserção. Por meio de um sensor de fim de curso determina-se que a fileira de inserção está completa. O controlador ativa atuadores que respondem através da interrupção da alimentação de pacotes provenientes da esteira, cessando o fluxo de pacotes.

O conjunto formado pelas embalagens secundárias (pacotes) situadas dentro da fileira de inserção e alinhadas horizontalmente é agora empurrado verticalmente para cima através do curso de um pistão pneumático localizado sob a plataforma que recebeu as embalagens. Os 5 pacotes passam a outro compartimento do magazine, deixando livre a fileira de inserção. Um contador registra o número de fileiras já armazenadas no outro compartimento. A atuação do pistão é controlada por sensores.

O curso desenvolvido pela haste do pistão é de tamanho tal que a plataforma possa superar um degrau (localizado a um nível de cota superior e igual ao tamanho aproximado da altura da embalagem secundária). Um mecanismo articulado de planos e molas (garra) abre-se quando da subida da plataforma e é responsável por segurar, através do fechamento dos planos (nos quais as molas atuam) no degrau acima citado, as embalagens quando temos o retorno da plataforma e da haste do pistão.

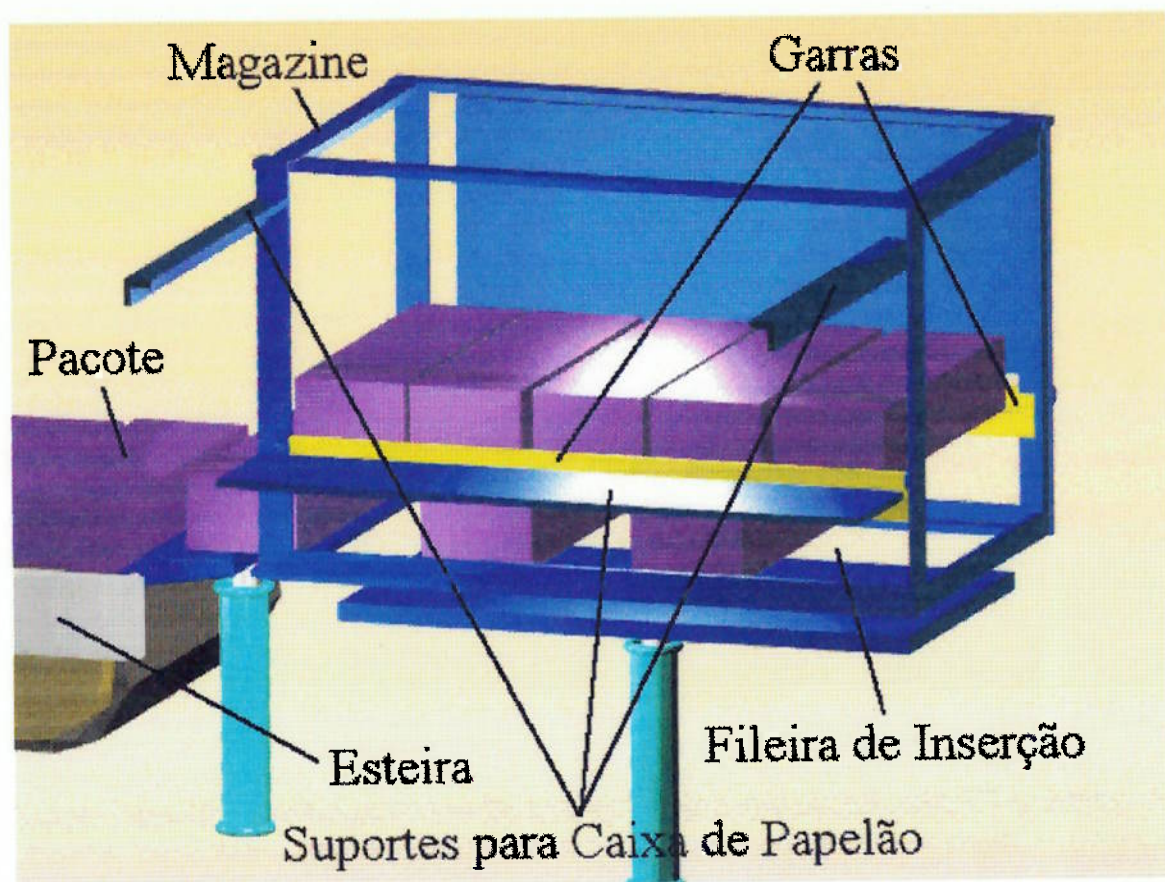


figura 2.3.1 Visão geral da máquina

Adiante, a plataforma retornando à posição original recebe novo conjunto de 5 pacotes (de igual tamanho), através da liberação do fluxo de pacotes proveniente da esteira. Os pacotes são levados, por meio da atuação do pistão, ao mesmo degrau anterior. Percebe-se aqui que o deslocamento da plataforma horizontal fará deslocar verticalmente não apenas esse novo conjunto mas, também, o conjunto anterior, o qual estará a uma altura de cota de valor aproximada do dobro da altura de uma embalagem secundária e o qual ficará dessa forma depositado sobre o novo conjunto introduzido. Deve-se aqui mencionar a ocorrência desse deslocamento vertical ocorrido após a colocação do primeiro conjunto e controlado através de posicionadores, que nada mais são do que as próprias cantoneiras responsáveis pela estrutura do magazine.

Repertir-se-á esse processo até que se tenha 5 (cinco) conjuntos (cada um com 5 embalagens secundárias) dispostos uns sobre os outros no magazine. O controle dessa quantidade se dará através de um contador do controlador.

Percebe-se que a força da haste do cilindro de movimentação vertical deve suportar pelo menos, à primeira vista, o peso de 25 embalagens secundárias.

Desta feita, o conjunto total é acondicionado no interior da caixa de papelão através de um outro pistão que atua horizontalmente sobre o conjunto de embalagens empurrando-o para o interior da caixa de papelão montada manualmente e externamente a uma armação de suporte (magazine).

O controle deste cilindro é também executado pelo controlador. A cada avanço do pistão responsável por acondicionar 25 pacotes na caixa de papelão um segundo contador é atualizado, visto que a caixa de papelão se completa com dois avanços desse atuador.

3.Descrição dos Componentes

Será feita a seguir uma descrição de cada componente a ser utilizado no acondicionador automático de pacotes, analisando-se suas funções pertinentes ao aproveitamento no presente projeto.

A seleção e/ou dimensionamento de cada componente será discutida, nos pontos relevantes à aplicação desejada.

3.1.Magazine, Moldura ou *Frame*

Parte fundamental do acondicionador, será estudada a seguir em detalhe.

3.1.1.Funções

As funções essenciais do magazine são: armazenar um nível de pacotes (para que seja efetuada a inserção simultânea de 25 pacotes na caixa de papelão), e confinar esse conjunto de pacotes em um espaço físico (largura e profundidade) semelhante ao da caixa.

A importância de se colocar um nível de pacotes na caixa por vez reside no fato de as caixas serem reaproveitáveis, e portanto, sujeitas a amassamentos e variações dimensionais. Caso se optasse por inserir diretamente uma fileira de pacotes por vez, muito provavelmente se teria problemas na inserção da 5ª fileira, devido a problemas de retilinidade das arestas da caixa.

A moldura, portanto, além de conformar a caixa, preserva o produto durante a inserção, eliminando o risco do cigarro “esbarrar” em uma das faces laterais, danificando o produto e interrompendo todo o processo de preenchimento.

Já o confinamento dos pacotes em um espaço físico com capacidade equivalente à da caixa de papelão visa diminuir o tempo de *setup* do sistema, pois realizado o acondicionamento de 2 níveis de pacotes na caixa de papelão, a caixa (completamente preenchida) solidária à moldura já pode ser retirada, e uma nova caixa vazia colocada, sem que cesse a alimentação de pacotes na moldura.

3.1.2. Disposição Física

A disposição física do magazine respeita a figura 3.1.2.1. O magazine consiste basicamente de 2 regiões: acumulador e fileira de inserção. O acumulador de pacotes, isto é, a área sobre as aletas que armazena 5 fileiras de 5 pacotes (=25 pacotes= 1 nível de pacotes na caixa de papelão), é responsável por um estoque intermediário que finalmente será acondicionado de uma só vez na caixa de papelão. Já a fileira de inserção corresponde à área inferior às aletas, que armazena apenas uma fileira de 5 pacotes, a próxima a ser inserida no acumulador.

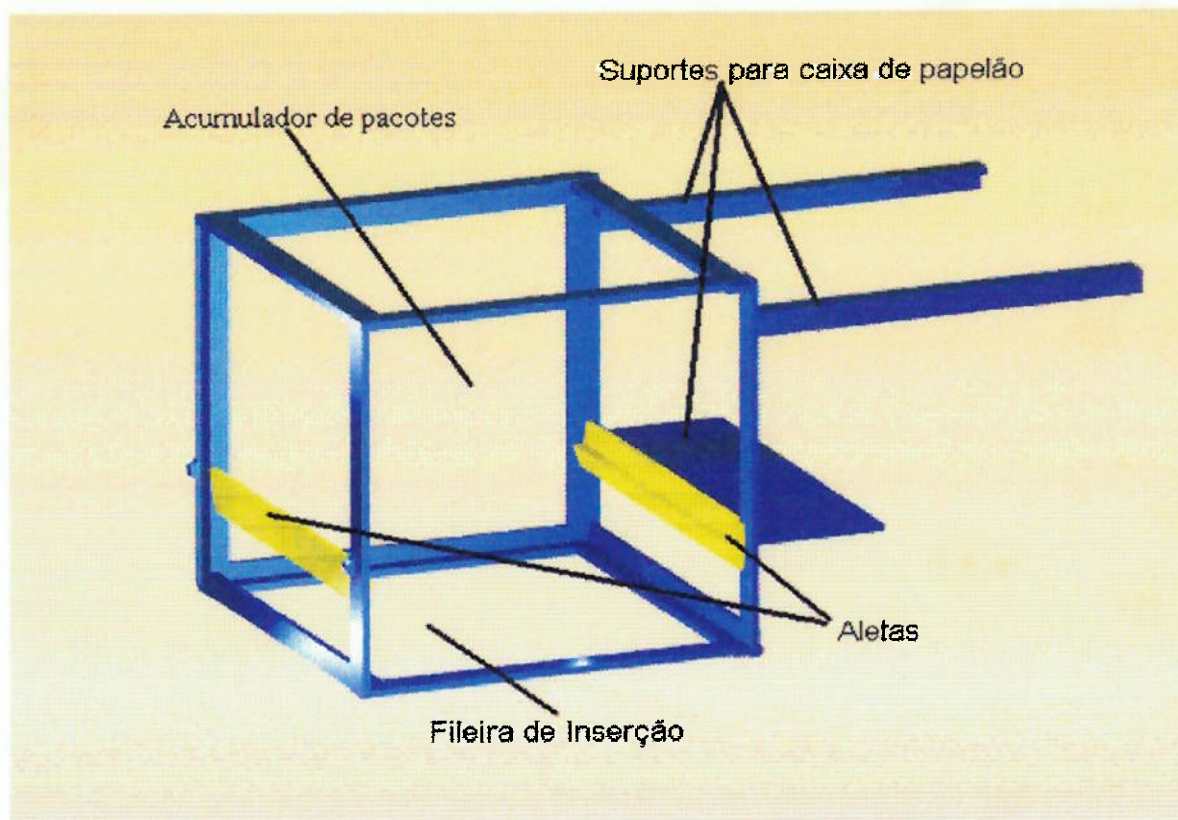


figura 3.1.2.1 Disposição física do magazine

Conforme pode ser visto, o magazine corresponde a uma armação cujo volume e dimensões correspondem a um nível de pacotes na caixa de papelão, somada a uma fileira de 5 pacotes, a próxima a ser colocada no acumulador do magazine. A fileira de inserção (próxima a ser inserida no acumulador) fica abaixo das demais. Duas aletas, “garras” ou “unhas” sustentam as fileiras de pacotes acumulador, a serem inseridas na caixa de papelão. Estruturalmente, o acumulador e a fileira de inserção fazem parte de um mesmo conjunto, apesar de hierarquicamente estarem em níveis diferentes, já que os pacotes que estão na fileira de inserção serão os próximos a irem para o acumulador, enquanto aqueles que estão no acumulador serão os próximos a serem acondicionados na caixa de papelão.

Através desse arranjo tem-se sempre uma fileira de pacotes pronta para ser inserida no acumulador, diminuindo tempo de *setup* do sistema.

Uma das laterais do magazine é vazada, por onde entra o fluxo de pacotes a ser acondicionado. A face inferior do magazine é vazada, por onde se dá o avanço do pistão do cilindro pneumático, levantando as fileiras de cinco pacotes um patamar acima. Do mesmo modo, a face frontal do magazine também é vazada, para que o avanço de um segundo pistão pneumático preencha um nível da caixa de papelão.

3.1.3.Fixação da Caixa de Papelão

A fixação da caixa de papelão no magazine é feita por meio de duas cantoneiras na parte superior, e uma chapa de metal na inferior. Esse arranjo é responsável pela conformação da caixa nas dimensões corretas, minimizando problemas de deformação da caixa devidos à reutilização (figura 3.1.3.1).

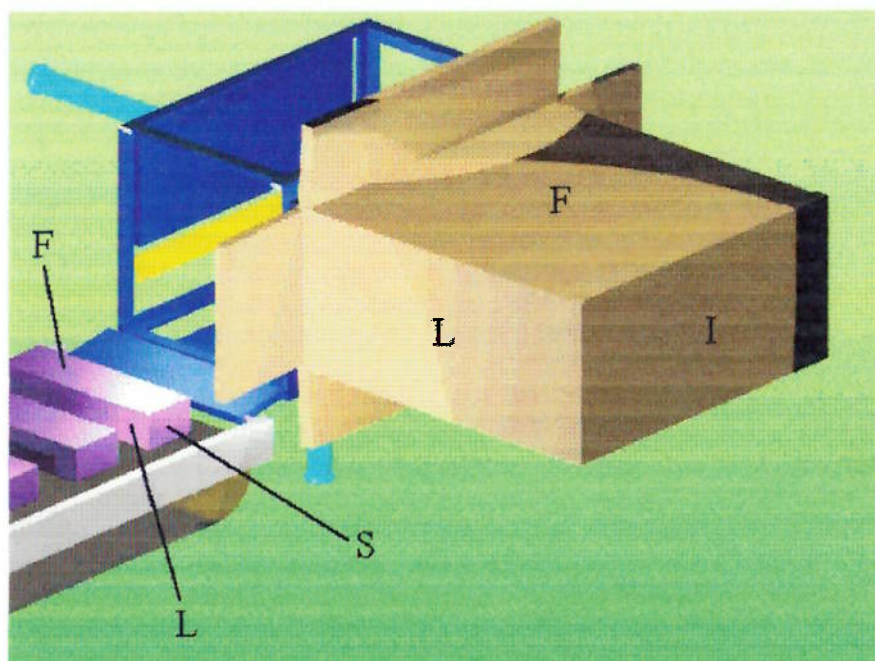


figura 3.1.3.1 Fixação da caixa de papelão no magazine

Uma estrutura que trava a face inferior da caixa de papelão é responsável por fixá-la, impedindo que ela caia quando da inserção dos pacotes.

Em muitas das figuras a seguir, a caixa de papelão será suprimida, para uma melhor visualização do processo.

3.1.4. Material

A estrutura do magazine pode ser feita de cantoneiras e barras de alumínio ou aço, já que a massa de produto a ser sustentada não é fator crítico. No caso em questão, o fator relevante a ser considerado é a facilidade de montagem e manuseio do material. Por esse motivo, escolheu-se o uso de componentes *standard*, de obtenção fácil no mercado. Além disso, a rigidez da estrutura é um fator de extrema importância, visto que o arranjo do magazine não pode ser comprometido, sob pena de uma falha de posicionamento durante a inserção na caixa de papelão, e consequente parada no processo e perda de produto. Esses motivos fazem abandonar o uso de outros materiais, como plásticos, por exemplo.

Deve-se ter em mente que os pacotes de cigarro deslizam pelas faces internas do magazine, motivo pelo qual a formação desse componente através da união de barras e cantoneiras, deve ser feita sempre por soldagem das faces externas. A fixação por parafusos poderia deixar cantos vivos em contato com os pacotes, rasgando-os e inutilizando-os.

O papel que envolve os maços de cigarro não é um material de elevada resistência, além de ser parte integrante da comunicação da marca. Não é de interesse que o acondicionamento seja feito sem que a integridade do produto seja preservada, isto é, amassamentos ou arranhões no pacote não são permitidos. Para tal, as faces do magazine expostas ao contato com o produto devem ter um baixo coeficiente de atrito, de maneira que os pacotes deslizem com facilidade.

A solução encontrada foi fazer a pintura do magazine com uma tinta de baixo coeficiente de atrito, como as baseadas em Epóxi. Não se pode usar tintas com base de óleo, de coeficiente de atrito mais elevado.

3.2.Aletas, “Garras” ou “Unhas”

3.2.1.Funções

As aletas, “garras” ou “unhas” são peças móveis montadas no magazine ou “frame” para sustentar as fileiras de pacotes que serão inseridas na caixa de papelão.

As aletas devem permitir a subida de uma nova fileira de pacotes da área da fileira de inserção para o acumulador quando do avanço do pistão pneumático P1, e então sustentar os pacotes que estão no acumulador. Para tal, as aletas devem poder rotacionar em torno de seu eixo de fixação, para que os pacotes subam, e posteriormente voltar à posição original, sustentando o próximo nível a ser acondicionado. O retorno das aletas às posições originais é feito por meio de molas a elas acopladas.

3.2.2.Disposição Física

Conforme explicado, tem-se, fixadas no magazine, duas aletas, responsáveis pelo suporte das fileiras de pacotes presentes no acumulador. Cada uma das aletas deve apoiar 5 pacotes pelos contornos de suas faces laterais. Entretanto, a ejeção de um nível de pacotes do acumulador para a caixa de papelão será feita pela face do magazine em que é montada uma das aletas, e é por essa razão que se faz necessária uma diferenciação nessa peça. Assim, deve-se ter em mente que as aletas tenham uma disposição física diferenciada, apesar de desempenharem funções semelhantes.

3.2.2.1.Aleta número 1

A aleta de número 1 é aquela que apresenta uma reentrância em sua superfície, a fim de apoiar as fileiras de pacotes. Essa aleta tem como vantagem não requerer um curso longo no avanço do pistão P1 para inserir uma nova fileira de pacotes no

acumulador. Por esse motivo, evita que os pacotes sejam “soltos” pelo pistão P1 de uma posição muito elevada, podendo danificar o produto ao cair sobre as aletas.

O retorno dessa aleta é realizado por duas molas montadas nas extremidades da peça, presos na estrutura do magazine.



figura 3.2.2.1.1 Fileira de pacotes prestes a ser inserida no acumulador (visão da aleta



figura 3.2.2.1.2 Fileira de pacotes sendo inserida no acumulador (visão da aleta 1)



figura 3.2.2.1.3 Retorno da aleta número 1

3.2.2.2. Aleta número 2

A aleta de número 2 é simplesmente uma chapa de apoio que é rotacionada quando da passagem da fileira de pacotes. Essa aleta requer um curso longo no avanço do pistão P1 para inserir uma nova fileira de pacotes no acumulador. Por esse motivo, faz com que o dimensionamento do curso do pistão P1 seja feito pela maior altura, que é a dada pelo deslocamento angular da aleta 2.

O retorno dessa aleta é realizado por duas molas montadas nas extremidades da peça, presos na estrutura do magazine.



figura 3.2.2.2.1 Fileira de inserção prestes a ser inserida no acumulador



figura 3.2.2.2.2 Rotação da aleta número 2



figura 3.2.2.2.3 Retorno da aleta número 2

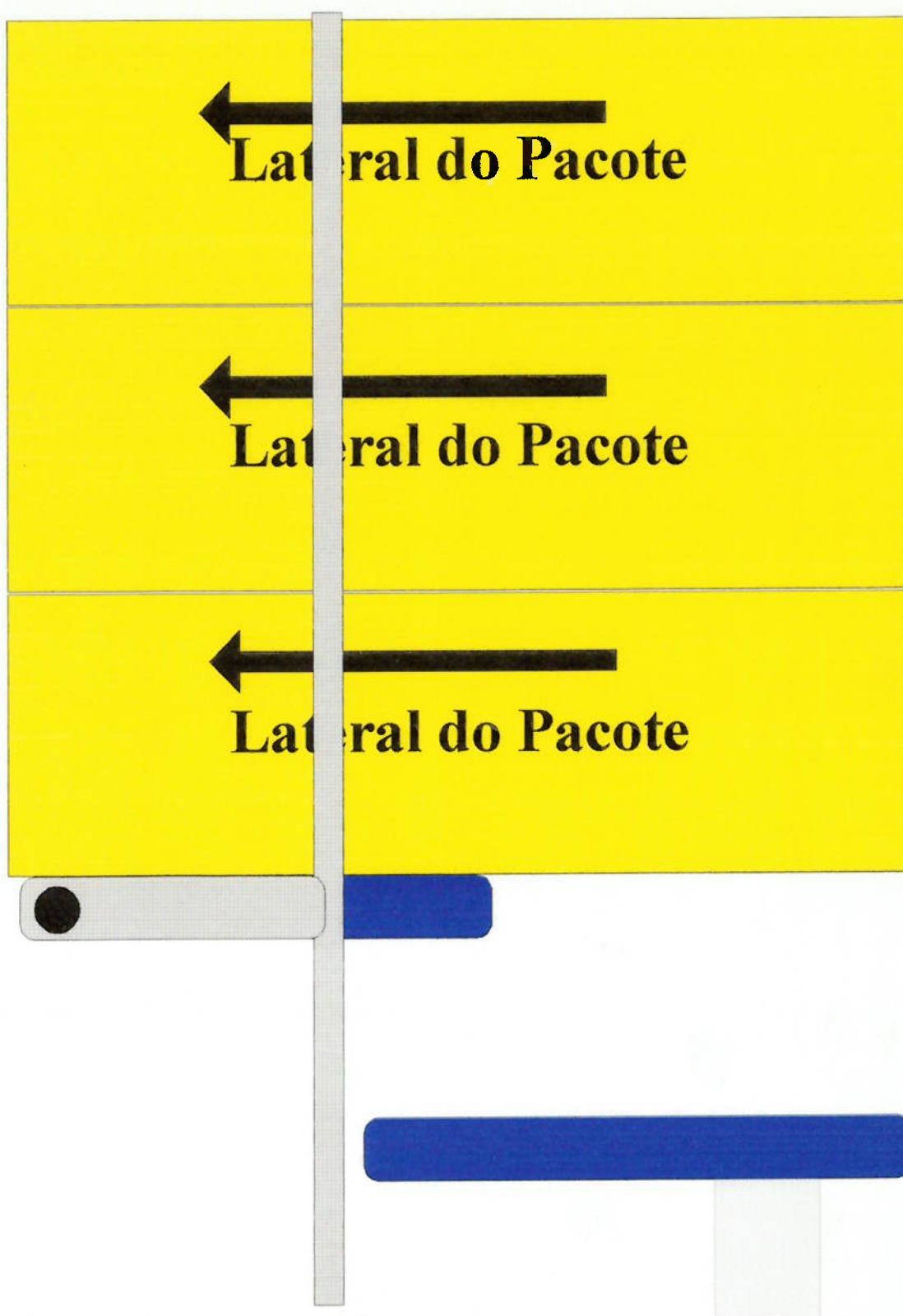


figura 3.2.2.2.4 Fileira de pacotes sendo inserida no acumulador

3.2.3.Material

As aletas poderiam ser feitas em plástico injetado ou um metal de baixo peso específico, como o alumínio, por exemplo. Para o protótipo, optou-se por confeccionar a base das estruturas com chapas de alumínio, e então acrescentar as faces curvilíneas (aleta 1) em material adesivo (durepoxi), lixando para posterior acabamento. O plástico foi descartado, em um primeiro momento, por necessitar de um molde com custo elevado, solução que compensaria para utilização em larga escala. A confecção da aleta 1 toda em alumínio foi descartada por apresentar usinagem um pouco complexa, com grande desperdício de material. Também não se faria possível futuros ajustes na peça acabada.

3.3.Sensores

Foi descrita anteriormente a necessidade da existência de um sensor, denominado de S_0 , que provesse a detecção da passagem dos pacotes pela moldura de retenção (magazine) possibilitando uma contagem relativa das mesmas.

A presença de um outro sensor S_1 é justificada pela necessidade de se controlar o fluxo de embalagens de forma a respeitar-se a sequência proposta para a função de empacotamento da máquina.

A esse sensor S_1 caberá a função da percepção da entrada do último pacote, num total de cinco (5) para a fileira de inserção.

Esse processo se fará através da alocação de S_1 para a região mais interna da moldura de retenção (magazine). A detecção da presença de um pacote nessa região evidenciará a finalização da composição desse nível de pacotes indicando ao processo a necessidade agora de fazer atuar o pistão pneumático de elevação deste nível para um imediatamente acima desde que não seja o último.

Além destes dois sensores (S_0 , S_1) percebeu-se ainda a necessidade da presença de mais três sensores, denominados de S_2 , S_3 e S_4 , cuja função é determinar ou indicar a posição relativa dos atuadores dos pistões. Estas informações são fundamentais para o controle e seqüenciação correta dos passos do processo.

Nas figuras 3.3.1 e 3.3.2. é mostrada a localização destes sensores.

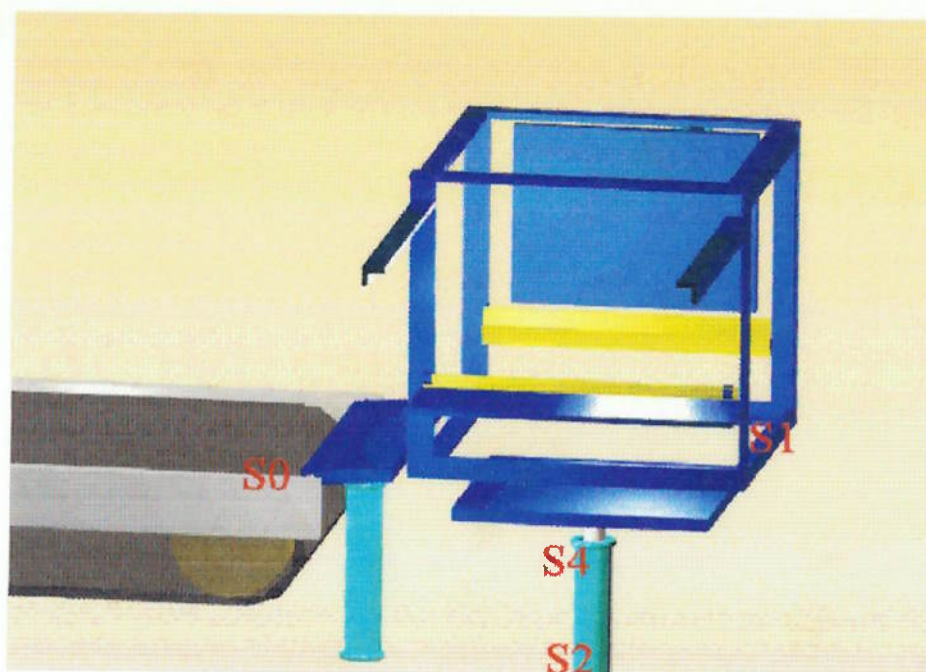


figura 3.3.1 Posição dos sensores S0, S1 e S4

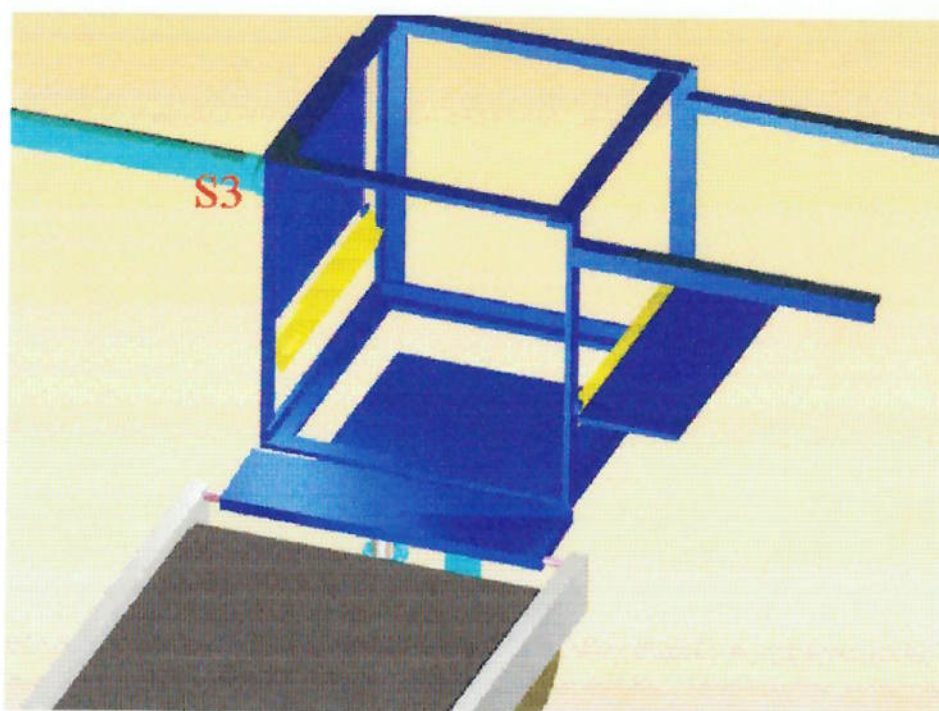


figura 3.3.2 Posição do sensor S3

Os sensores denominados de S₂ e S₄, de características de atuação similar aos primeiros, têm como atuação básica a detecção da posição da haste do pistão P₁ de elevação do conjunto de pacotes do magazine.

Por sua vez, o sensor S_3 verifica a posição ou não da haste do pistão P_2 no fim de curso.

Serão inicialmente descritos alguns tipos de sensores existentes no mercado. Partir-se-á de uma análise minuciosa de cada um deles levando-se em conta algumas peculiaridades e conceitos pertinentes a cada um dos tipos. A seguir são discutidas as propriedades e características que os tornam necessários ou convenientes ao projeto. Deste estudo resulta a seleção dos tipos de sensores passíveis de utilização sob a denominação de sensores S_0 , S_1 , S_2 , S_3 e S_4 .

3.3.1. Sensores de Proximidade Indutivo

Os sensores de proximidade indutivo são equipamentos eletrônicos capazes de detectar a aproximação de peças, componentes, elementos de máquinas, etc, em substituição às tradicionais chaves fim de curso.

A detecção ocorre sem que haja o contato físico entre o acionador e o sensor, aumentando a vida útil do sensor por não possuir peças móveis sujeitas a desgastes mecânicos.



figura 3.3.1.1 Sensores de proximidade indutivos

3.3.1.1. Princípio de Funcionamento

O princípio de funcionamento baseia-se na geração de um campo eletromagnético de alta frequência, que é desenvolvido por uma bobina ressonante instalada na face sensora.

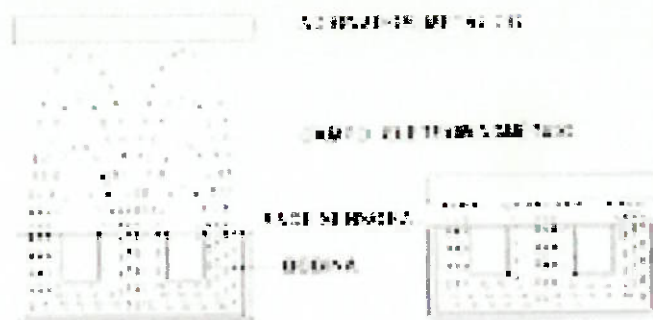


figura 3.3.1.1.1 Princípio de funcionamento

A bobina faz parte de um circuito oscilador que em condição normal (desacionada) gera um sinal senoidal. Quando um metal aproxima-se do campo, este por correntes de superfície (Foucault), absorve a energia do campo, diminuindo a amplitude do sinal gerado no oscilador.

A variação de amplitude deste sinal é convertida em uma variação contínua que comparada com um valor padrão, passa a atuar no estágio de saída.

3.3.1.2.Face Sensora

É a superfície onde emerge o campo elétrico. É importante notar que os modelos não embutidos, com região sensora lateral, são sensíveis aos materiais a sua volta.

3.3.1.3.Distância Sensora (S)

É a distância em que aproximando-se o acionador da face sensora, o sensor muda o estado da saída.

3.3.1.4.Distância de Acionamento

A distância de acionamento é função do tamanho da bobina. Assim, não podemos especificar a distância sensora e o tamanho do sensor simultaneamente.

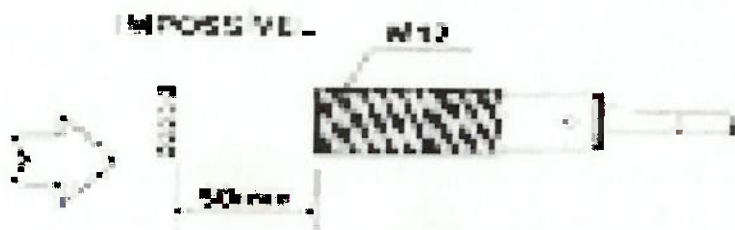


figura 3.3.1.4.1 Distância de acionamento

3.3.1.5. Distância Sensora Nominal (S_n)

É a distância sensora teórica, a qual utiliza um alvo padrão como acionador e não considera as variações causadas pela industrialização, temperatura de operação e tensão de alimentação. É o valor em que os sensores de proximidade são especificados.

Como utiliza alvo padrão metálico, a distância sensora nominal informa também a máxima distância que o sensor pode operar.

$$L=D \quad (\text{se } 3 \times S_n < D) \text{ ou}$$

$$L=3 \times D \quad (\text{se } 3 \times S_n > D)$$



figura 3.3.1.5.1 Distância sensora nominal

onde D é o diâmetro da área onde emerge o campo eletromagnético e S_n é a distância sensora nominal.

3.3.1.6. Distância Sensora Real (S_r)

Valor influenciado pela industrialização, especificado em temperatura ambiente (20°C) e tensão nominal, desvio de 10%.

$$0.9S_n \leq S_r \leq 1.1S_n$$

3.3.1.7. Distância Sensora Efetiva (S_u)

Valor influenciado pela temperatura de operação, possui um desvio máximo de 10% sobre a distância sensora real.

$$0.81S_n \leq S_u \leq 1.21S_n$$

3.3.1.8. Distância Sensora Operacional (S_a)

É a distância em que seguramente pode-se operar, considerando-se todas as variações de industrialização, temperatura e tensão de alimentação.

$$0 \leq S_a \leq 0.81S_n$$

3.3.1.9. Alvo Padrão (Norma DIN 50010)

É um acionador normalizado utilizado para calibrar a distância sensora nominal durante o processo de fabricação do sensor. Consiste de uma chapa de aço de 1mm de espessura, formato quadrado. O lado deste quadrado é igual ao diâmetro do círculo da

face sensora ou 3 vezes a distância sensora nominal quando o resultado for maior que o anterior.

3.3.1.10. Material do Acionador

A distância sensora operacional varia ainda com o tipo de metal, ou seja, é especificada para o ferro ou aço e necessita ser multiplicada por um fator de redução.

tabela 3.3.1.10.1 Fator de redução

Material	Fator
Ferro ou Aço	1.0
Cromo Niquel	0.9
Aço Inox	0.85
Latão	0.5
Alumínio	0.4
Cobre	0.3

3.3.1.10.1. Histerese

É a diferença entre o ponto de acionamento (quando o alvo metálico aproxima-se da face sensora) e o ponto de desacionamento (quando o alvo afasta-se do sensor).

Este valor é importante, pois garante uma diferença entre o ponto de acionamento e desacionamento, evitando que em uma possível vibração do sensor ou acionador, a saída oscile.



figura 3.3.1.10.1.1 Histerese

3.3.1.10.2. Embutido

Este tipo de sensor tem o campo eletromagnético emergindo apenas na face sensora e permite que seja montado em uma superfície metálica.

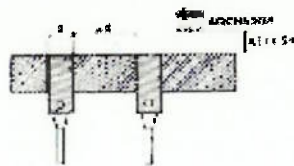


figura 3.3.1.10.2.1 Sensor embutido

3.3.1.10.3. Não Embutido

Neste tipo o campo eletromagnético emerge também na superfície lateral sensora, sensível à presença de metal ao seu redor.



figura 3.3.1.10.3.1 Sensor não embutido

3.3.2. Sensores de Proximidade Capacitivos

Os sensores de proximidades capacitivos são equipamentos eletrônicos capazes de detectar a presença ou aproximação de materiais orgânicos, plásticos, pós, líquidos, madeiras, papéis, metais, etc.

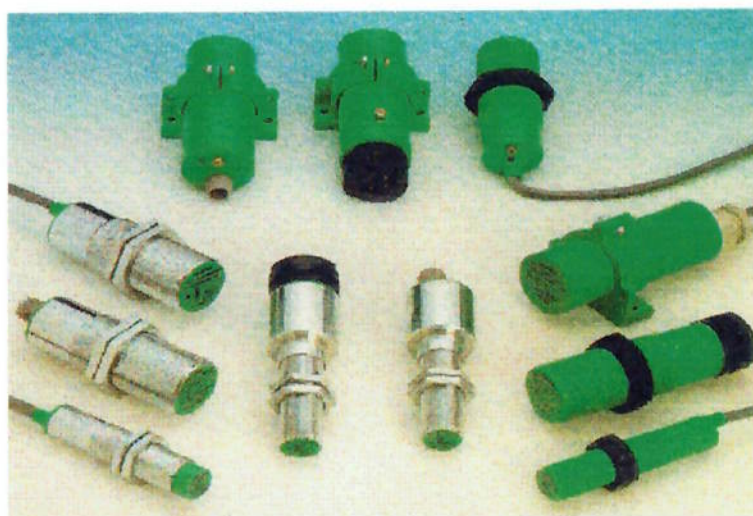


figura 3.3.2.1 Sensores de proximidade capacitivos

3.3.2.1. Princípio de Funcionamento

O princípio de funcionamento baseia-se na geração de um campo elétrico, desenvolvido por um oscilador controlado por capacitor.

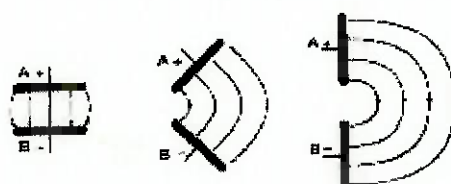


figura 3.3.2.1.1 Princípio de funcionamento

O capacitor é formado por duas placas metálicas, carregadas com cargas elétricas opostas, montadas na face sensora, de forma a projetar o campo elétrico para fora do sensor, formando desta forma um capacitor que possui como dielétrico o ar.

Quando um material aproxima-se da face sensora, ou seja, do campo elétrico o dielétrico do meio se altera, alterando também o dielétrico do capacitor frontal do sensor. Como o oscilador do sensor é controlado pelo capacitor frontal, quando aproximamos um material a capacitância também se altera, provocando uma mudança no circuito oscilador. Esta variação é convertida em um sinal contínuo que comparado com um valor padrão passa a atuar no estágio de saída.

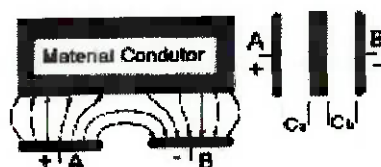


figura 3.3.2.1.2 Alterações do dielétrico

3.3.2.2. Face Sensora

É a superfície onde emerge o campo elétrico. É importante notar que os modelos não embutidos, com região sensora lateral, são sensíveis aos materiais a sua volta.

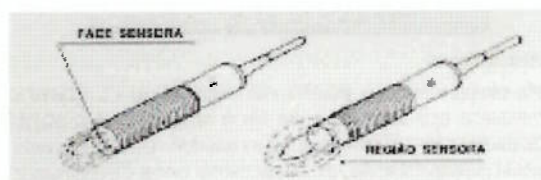


figura 3.3.2.2.1 Face sensora

3.3.2.3. Distância Sensora Nominal (S_n)

É a distância sensora teórica a qual utiliza um alvo padrão como acionador e não considera as variações causadas pela industrialização, temperatura de operação e tensão de alimentação. É a distância em que os sensores são especificados.

3.3.2.4. Alvo Padrão

A distância sensora nos sensores capacitivos são especificadas para o acionador metálico de aço SAE 1020 quadrado, com lado igual a 3 vezes a distância sensora para os modelos não embutidos (na grande maioria) e em alguns poucos casos de sensores capacitivos embutidos utiliza-se o lado do quadrado igual ao diâmetro do sensor.

3.3.2.5. Distância Sensora Efetiva (S_u)

Valor influenciado pela industrialização e considera as variações causadas pela temperatura de operação.

$$0.9S_n \leq S_r \leq 1.1S_n$$

$$S_u = \pm 10\% S_r$$

$$0.81S_n \leq S_r \leq 1.21S_n$$

3.3.2.6. Distância Sensora Operacional (S_a)

É a distância que observamos na prática, sendo considerados os fatores de industrialização ($81\% S_n$) e um fator que é proporcional ao dielétrico do material a ser detectado, pois o sensor capacitivo reduz sua distância quanto menor o dielétrico do acionador.

$$S_a = 0.81 \cdot S_n \cdot F(\epsilon)$$

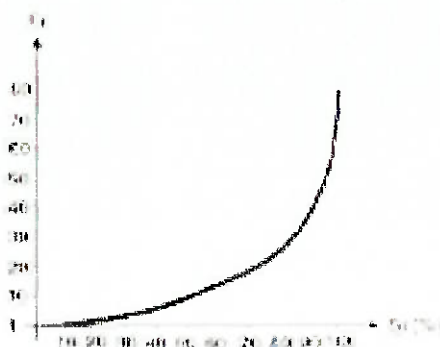


figura 3.3.2.6.1 Fator proporcional ao dielétrico do material

3.3.2.7. Material a ser Detectado

A tabela abaixo indica o dielétrico dos principais materiais para efeito de comparação, sendo indicado sempre um teste prático para a determinação da distância sensora efetiva para o acionador utilizado.

tabela 3.3.2.7.1 Dielétricos

Material	ϵ
Ar, vácuo	1
Óleo, papel, petróleo, poliuretano, parafina, silicone, teflon	2 a 3
Araldite, baquelite, quartzo, madeiras	3 a 4
Vidro, papel grosso, borracha, porcelana	4 a 5
Mármore, pedras, madeiras pesadas	6 a 8

Água, alcoólicos, soda cáustica	9 a 80
---------------------------------	--------

3.3.2.8. Ajuste de Sensibilidade

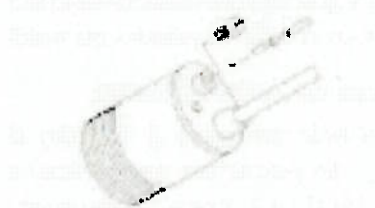


figura 3.3.2.8.1 Ajuste de sensibilidade

O ajuste de sensibilidade dos sensores capacitivos é protegido por um parafuso, que impede a penetração de líquidos e vapores no sensor.

O ajuste de sensibilidade presta-se principalmente para diminuir a influência do acionamento lateral no sensor, diminuindo-se a distância sensora. Permite ainda que se detecte alguns materiais dentro de outros, como por exemplo: líquidos dentro de garrafas ou reservatórios com visores de vidro, pós dentro de embalagens, ou fluidos em canos ou mangueiras plásticas.

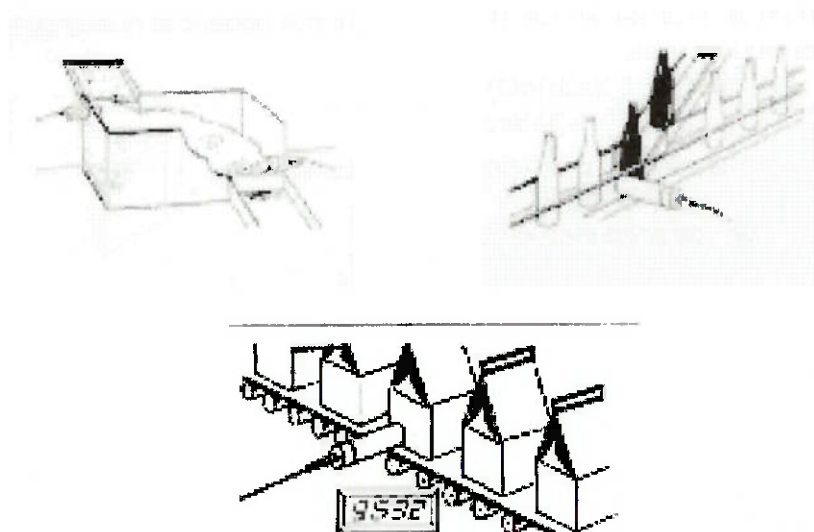


figura 3.3.2.8.2 Situações de utilização

3.3.3.Sensores Fotoelétricos

Os sensores fotoelétricos, também conhecidos por sensores ópticos, manipulam a luz de forma a detectar a presença do acionador, que na maioria das aplicações é o próprio produto.

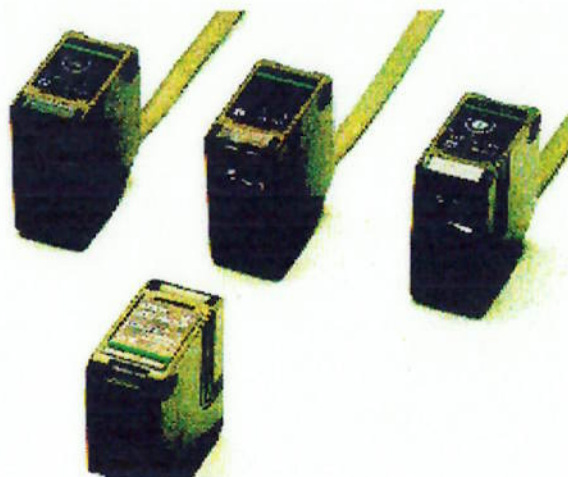


figura 3.3.3.1 Sensores de proximidade fotoelétrico (I)



figura 3.3.3.2 Sensores de proximidade fotoelétrico (II)

3.3.3.1.Princípio de Funcionamento

Baseiam-se na transmissão e recepção de luz infravermelha (invisível ao ser humano), que pode ser refletida ou interrompida por um objeto a ser detectado.

Os fotoelétricos são compostos por dois circuitos básicos: um responsável pela emissão do feixe de luz, denominado transmissor, e o outro responsável pela recepção do feixe de luz, denominado receptor.

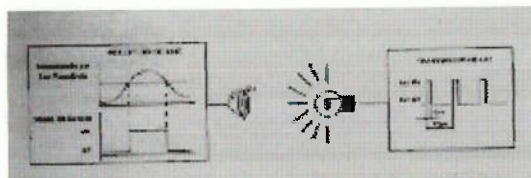


figura 3.3.3.1.1 Princípio de funcionamento

O transmissor envia o feixe de luz através de um fotodiodo, que emite flashes, com alta potência e curta duração, para evitar que o receptor confunda a luz emitida pelo transmissor com a iluminação ambiente.

O receptor é composto por um fototransistor sensível a luz, que em conjunto com um filtro sintonizado na mesma frequência de pulsação dos flashes do transmissor, faz com que o receptor compreenda somente a luz vinda do transmissor.

3.3.3.2.Sistema por Barreira

O transmissor e o receptor estão em unidades distintas e devem ser dispostos um frente ao outro, de modo que o receptor possa constantemente receber a luz do transmissor. O acionamento da saída ocorrerá quando o objeto a ser detectado interromper o feixe de luz.

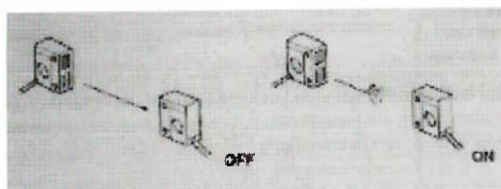


figura 3.3.3.2.1 Sistema por barreira

3.3.3.3.Distância Sensora Nominal (S_n)

A distância sensora nominal (S_n) para o sistema por barreira é especificada como sendo a máxima distância entre o transmissor e o receptor, o que não impede o conjunto de operar com distâncias menores. Disponível para distâncias de até 150m.

3.3.3.4. Dimensões Mínimas do Objeto

Quando um objeto possui dimensões menores que as mínimas recomendadas, o feixe de luz contorna o objeto e atinge o receptor, que não acusa o acionamento. Nestes casos deve-se utilizar sensores com distância sensora menor e consequentemente permitem a detecção de objetos menores.

3.3.3.5. Sistema por Difusão (Fotosensor)

Neste sistema o transmissor e o receptor são montados na mesma unidade. Sendo que o acionamento da saída ocorre quando o objeto a ser detectado entra na região de sensibilidade e reflete para o receptor o feixe de luz emitido pelo transmissor.

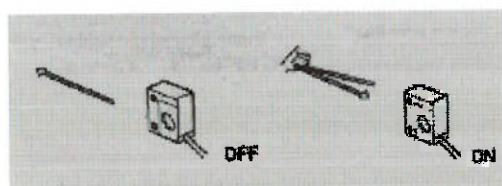


figura 3.3.3.5.1 Sistema por difusão

3.3.3.6. Distância Sensora Nominal (S_n)

A distância sensora nominal no sistema por difusão é a máxima distância entre o sensor e o alvo padrão.

3.3.3.7. Alvo Padrão

O alvo padrão no caso dos sensores por difusão é uma folha de papel fotográfico branco com índice de refletividade de 90%, com dimensões especificadas para cada modelo do sensor. Utilizado durante a industrialização para calibração da distância sensora nominal (S_n).

3.3.3.8. Distância Sensora Efetiva (S_u)

Valor influenciado pela industrialização e considera as variações causadas pela temperatura de operação.

$$0.9S_n \leq S_r \leq 1.1S_n$$

$$S_u = \pm 10\% S_r$$

$$0.81S_n \leq S_r \leq 1.21S_n$$

3.3.3.9. Distância Sensora Operacional (S_a)

Para os modelos tipo fotosensor existem vários fatores que influenciam o valor da distância sensora operacional (S_a), explicados pelas leis de reflexão de luz da física.

$$S_a = 0.81 \cdot S_n \cdot F(\text{cor, material, rugosidade, outros})$$

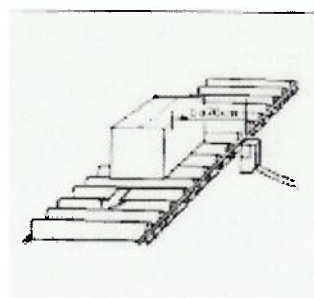
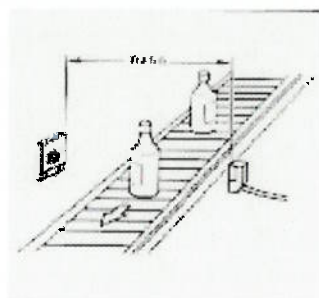
Abaixo apresentamos duas tabelas que exemplificam os fatores de redução em função da cor e do material do objeto a ser detectado.

Tabelas 3.3.3.9.1 e 3.3.3.9.2 Fatores de redução em função da cor e do material

Cor	F_C	Material	F_M
branco	0,95 a 1,00	metal polido	1,20 a 1,80
amarelo	0,90 a 0,95	metal usinado	0,95 a 1,00

verde	0,80 a 0,90	papéis	0,95 a 1,00
vermelho	0,70 a 0,80	madeira	0,70 a 0,80
azul claro	0,60 a 0,70	borracha	0,40 a 0,70
violeta	0,50 a 0,60	papelão	0,50 a 0,60
preto	0,20 a 0,50	pano	0,50 a 0,60

Em casos onde há necessidade de determinação exata do fator de redução deve-se fazer um teste prático, pois outros fatores podem influenciar a distância sensora, tais como: rugosidade, tonalidade, cor, dimensões, etc. Lembramos também que os fatores são acumulativos, como por exemplo: papelão (0,5) preto (0,5) gera um fator de 0,25.



figuras 3.3.3.9.1 e 3.3.3.9.2 Situações especiais de utilização

3.3.3.10. Zona Morta

É a área próxima ao sensor, onde não é possível a detecção do objeto, pois nesta região não existe um ângulo de reflexão da luz que chegue ao receptor.

A zona morta normalmente é dada por: 10 a 20% de S_n .

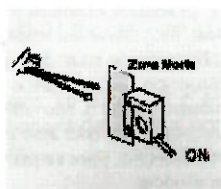


figura 3.3.3.10.1 Zona Morta

3.3.3.11. Sistema Refletivo

Este sistema apresenta o transmissor e o receptor em uma única unidade. O feixe de luz chega ao receptor somente após ser refletido por um espelho prismático, e o acionamento de saída ocorrerá quando o objeto a ser detectado interromper este feixe.

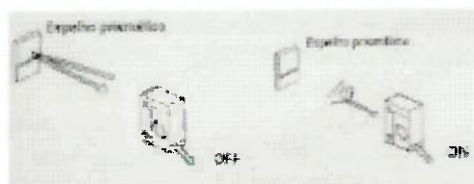


figura 3.3.3.11.1 Sistema por barreira

3.3.3.12. Distância Sensora Nominal (S_n)

A distância sensora nominal (S_n) para o sistema refletivo é especificada como sendo a máxima distância entre o sensor e o espelho prismático, sendo possível montá-los com distância menor. Disponíveis para até 6m.

3.3.3.13. Espelho Prismático

O espelho permite que o feixe de luz refletido para o receptor seja paralelo ao feixe transmitido pelo receptor, devido as superfícies inclinadas a 45° o que não acontece quando a luz é refletida diretamente por um objeto, onde a luz se espalha em vários ângulos.

A distância sensora para os modelos refletivos é função do tamanho (área de reflexão) e o tipo de espelho prismático utilizado.

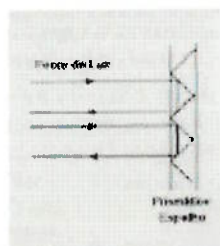


figura 3.3.3.13.1 Espelho prismático

3.3.3.14. Detecção de Transparentes

A detecção de objetos transparentes, tais como: garrafas de vidro, vidros planos, etc; podem ser detectados com a angulação do feixe em relação ao objeto, ou através de potenciômetros de ajuste de sensibilidade, mas sempre aconselha-se um teste prático.

A detecção de garrafas plásticas tipo PET, requerem sensores especiais para esta finalidade.

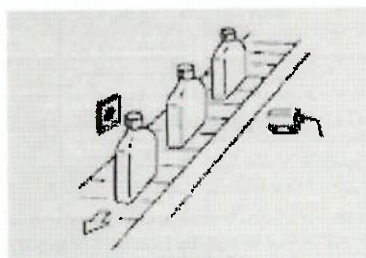


figura 3.3.3.14.1 Detecção de garrafas tipo PET

3.3.3.15. Detecção de Objetos Brilhantes

Quando o sistema refletivo for utilizado na detecção de objetos brilhantes ou com superfícies polidas, tais como: engradados plásticos para vasilhames, etiquetas brilhantes, etc; cuidados especiais devem ser tomados, pois o objeto neste caso pode refletir o feixe de luz.

Atuando assim, como se fosse o espelho prismático, ocasionando a não interrupção do feixe, confundindo o receptor que não aciona a saída, ocasionando uma falha de detecção, para se prevenir aconselha-se utilizar um dos métodos:

3.3.3.16. Montagem Angular

Consiste em montar o sistema sensor espelho de forma que o feixe de luz forme um ângulo de 10° a 30° em relação ao eixo perpendicular ao objeto.

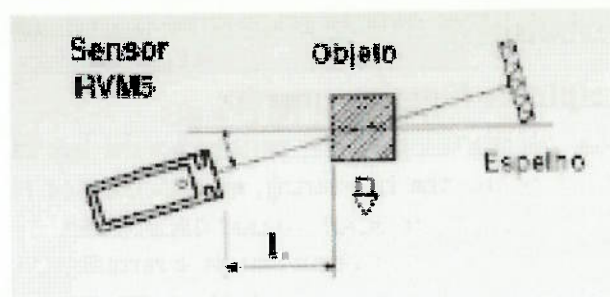


figura 3.3.3.16.1 Montagem angular

3.3.3.17. Filtro Polarizado

Existem sensores com filtros polarizados incorporados, que dispensam o procedimento anterior. Estes filtros mecânicos servem para orientar a luz emitida, permitindo apenas a passagem desta luz na recepção, que é diferente da luz refletida pelo objeto, que se espalha em todas as direções.

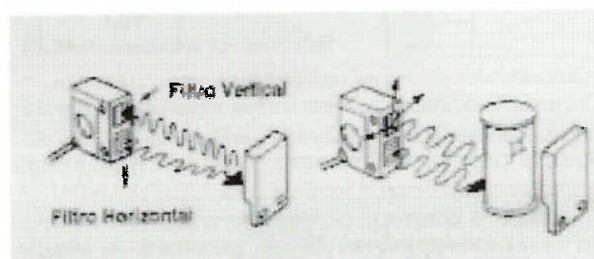


figura 3.3.3.17.1 Filtro polarizado

3.3.3.18. Imunidade à Luz Ambiente

Normalmente, os sensores ópticos possuem imunidade à iluminação ambiente, pois operam em frequências diferentes. Mas podem ser afetados por uma fonte muito intensa (exatamente como acontece com as rádios FM), como por exemplo, uma lâmpada incandescente de 60W a 15cm do sensor, ou um raio incidindo diretamente sobre as lentes.

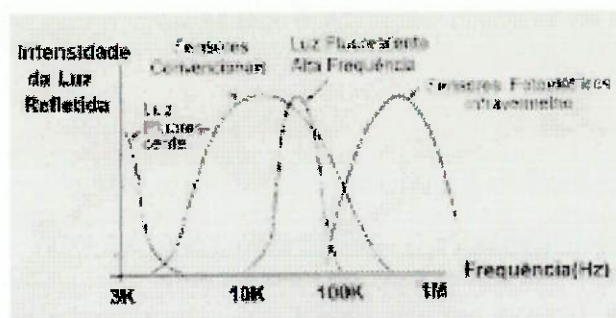


figura 3.3.3.18.1 Imunidade à iluminação ambiente

3.3.3.19. Meio de Propagação

Entende-se como meio de propagação, o meio onde a luz do sensor deverá percorrer. A atmosfera em alguns casos pode, estar poluída com partículas em suspensão, dificultando a passagem da luz.

A tabela abaixo apresenta os fatores de atmosfera que devem ser acrescidos no cálculo da distância sensora operacional S_a .

tabela 3.3.3.19.1 Fatores de atmosfera

Condições	F_{atm}
Ar puro, podendo ter umidade sem condensação	1
Fumaça e fibras em suspensão, com alguma condensação	0,4 a 0,6
Fumaça pesada, muito pó em suspensão e alta condensação	0 a 0,1

3.3.4. Seleção

Das particularidades mostradas pelo sensor indutivo nota-se que a sua utilização fica inviabilizada pelo fato de que a percepção da proximidade dá-se apenas se o objeto a ser percebido for de natureza metálica pela interferência (através da diminuição da amplitude do sinal gerado pelo oscilador) deste sobre o campo eletromagnético de alta frequência gerado pelo sensor.

Sensores de proximidades capacitivos e do tipo fotoelétrico preenchem, à princípio, os pré-requisitos operacionais do projeto.

São detalhadas, a seguir, algumas características técnicas obtidas a partir de catálogos de sensores da SENSE.

É inicialmente estudado o sensor de proximidade do tipo capacitivo.

3.3.4.1 Sensores de Proximidade Capacitivos

Deste tipo de sensor temos a seguinte classificação:

- Modelos em corrente contínua NPN: nesses modelos o estágio de saída é composto por um transistor NPN, para chaveamento do polo negativo da carga, com capacidade para atuar cargas indutivas (relés) ou cargas resistivas (circuitos eletrônicos, controladores lógicos, etc). Disponível na versão a quatro fios com duas saídas reversíveis (NA + NF).

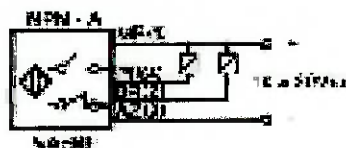


figura 3.3.4.1.1 Modelo em corrente contínua NPN

A tabela abaixo apresenta alguns modelos com algumas de suas características técnicas.

tabela 3.3.4.1.1 Características técnicas de modelos em CC NPN

Modelos NPN com Cabo	Distância Sensora	Diâmetro	Alvo Padrão	Montagem	Involúcro	Desenho
CS3-18H-A/SY	3mm	M18x1mm	9x9mm	Embutido	Latão	01
CS6-18H-A/SY	6mm		18x18mm	Não Embutido		02
CS6-18R-A/SY					PBT	01
CS10-30H-A/SY	10mm	M30x1,5mm	30x30mm	Embutido	Latão	03
CS15-36H-A/SY	15mm	M36x1,5mm	45x45mm			09
CS20-30H-A/SY	20mm	M30x1,5mm	60x60mm	Não Embutido		PBT
CS20-30R-A/SY					03	
CS30-32P-A/SY	30mm	Diâm. 32mm	90x90mm			

CS30-36H-A/SY		M36x1,5mm			Latão	10
---------------	--	-----------	--	--	-------	----

tabela 3.3.4.1.2 Características técnicas de modelos CC NPN

Modelos NPN com Conector	Distância Sensora	Diâmetro	Alvo Padrão	Montagem	Invólucro	Des.
CS3-18V1-A/SY	3mm	M18x1mm	9x9mm	Embutido	Latão	12
CS6-18V-A/SY	6mm		18x18mm	Não Embutido		14
CS6-18V1-A/SY						13
CS10-30V-A/SY	10mm	M30x1,5mm	30x30mm	Embutido		17
CS10-30V1-A/SY						15
CS15-36V-A/SY	15mm	M36x1,5mm	45x45mm			24
CS15-36V1-A/SY						21
CS20-30RV-A/SY	20mm	M30x1,5mm	60x60mm	Não Embutido	PBT	17
CS20-30RV1-A/SY					Latão	15
CS20-30V-A/SY						18
CS20-30V1-A/SY					16	
CS30-32PV-A/SY	30mm	Diâm. 32mm	90x90mm		PBT	20
CS30-32PV1-A/SY					19	
CS30-36V-A/SY		M36x1,5mm			Latão	23
CS30-36V1-A/SY						22

- Modelos em corrente contínua PNP: nesses modelos o estágio de saída é composto por um transistor PNP, para chaveamento do polo positivo da carga, com capacidade para atuar cargas indutivas (relés) ou cargas resistivas (circuitos eletrônicos, controladores lógicos, etc). Disponível na versão a quatro fios com duas saídas reversíveis (NA + NF).

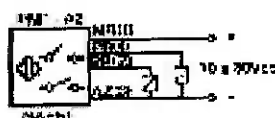


figura 3.3.4.1.2 Modelos em corrente contínua PNP

tabela 3.3.4.1.3 Características técnicas de modelos CC PNP

Modelos NPN com Cabo	Distância Sensora	Diâmetro	Alvo Padrão	Montagem	Invólucro	Desenho
----------------------	-------------------	----------	-------------	----------	-----------	---------

CS3-18H-A2/SY	3mm	M18x1mm	9x9mm	Embutido	Latão	01
CS6-18H-A2/SY	6mm		18x18mm	Não Embutido		02
CS6-18R-A2/SY					PBT	01
CS10-30H-A2/SY	10mm	M30x1,5mm	30x30mm	Embutido	Latão	03
CS15-36H-A2/SY	15mm	M36x1,5mm	45x45mm			09
CS20-30H-A2/SY	20mm	M30x1,5mm	60x60mm	Não Embutido		04
CS20-30R-A2/SY					PBT	03
CS30-32P-A2/SY	30mm	Diâm. 32mm	90x90mm			07
CS30-36H-A2/SY		M36x1,5mm		Latão	10	

tabela 3.3.4.1.4 Características técnicas de modelos CC PNP

Modelos NPN com Conector	Distância Sensora	Diâmetro	Alvo Padrão	Montagem	Invólucro	Des.	
CS3-18V1-A2/SY	3mm	M18x1mm	9x9mm	Embutido	Latão	12	
CS6-18V-A2/SY	6mm		18x18mm	Não		14	
CS6-18V1-A2/SY				Embutido		13	
CS10-30V-A2/SY	10mm	M30x1,5mm	30x30mm	Embutido		17	
CS10-30V1-A2/SY						15	
CS15-36V-A2/SY	15mm	M36x1,5mm	45x45mm			24	
CS15-36V1-A2/SY						21	
CS20-30RV-A2/SY	20mm	M30x1,5mm	60x60mm	Não Embutido	PBT	17	
CS20-30RV1-A2/SY					Latão	15	
CS20-30V-A2/SY						18	
CS20-30V1-A2/SY					16		
CS30-32PV-A2/SY	30mm	Diâm. 32mm	90x90mm		Embutido	PBT	20
CS30-32PV1-A2/SY							19
CS30-36V-A2/SY		M36x1,5mm				Latão	23
CS30-36V1-A2/SY							22

- Modelos em corrente contínua Namur: a configuração elétrica Namur é utilizada em atmosferas potencialmente explosivas de indústrias químicas e petroquímicas, pois são projetados e certificados como equipamentos intrinsecamente seguros. Os sensores Namur não possuem o estágio amplificador de saída incorporado, transmitindo apenas um sinal de corrente (sensor desacionado $I \geq 3\text{mA}$ e acionado $I \geq 1\text{mA}$), que deve ser amplificado.

Para instalações em ambientes sem risco de explosão, os sensores Namur devem ser conectados a um amplificador.

tabela 3.3.4.1.5 Características técnicas em corrente contínua Namur

Modelos CC 2 Fios	Distância Sensora	Diâmetro	Alvo Padrão	Montagem	Invólucro	Desenho
CS20-30I-N/SX	20mm	M30x1,5mm	60x60mm	Não Embutido	Latão	06
CS20-30R-N/SX					PBT	05
CS30-32P-N/SX	30mm	Diâm. 32mm	90x90mm			08
CS30-36I-N/SX		M36x1,5mm			Latão	11

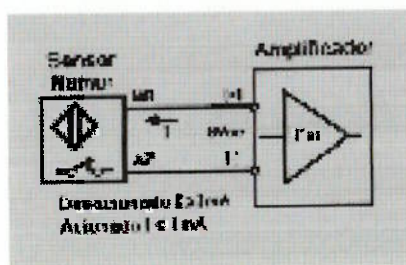


figura 3.3.4.1.3 Modelos em corrente contínua Namur

Tendo-se os modelos acima chega-se a um conjunto de modelos de sensores que, por ora, satisfazem as necessidades de projeto. É considerado inicialmente a necessidade dos sensores serem do tipo embutido pois, a priori, espera-se evitar possíveis interferências de movimentações externas ao processo.

A tabela 3.3.4.1.6 abaixo evidencia esses modelos com suas respectivas distâncias sensora (S_n), sensora efetiva (S_u) e distância sensora operacional (S_a).

tabela 3.3.4.1.6 Características técnicas

Modelos	Distância Sensora (S_n)	Distância Sensora Efetiva (S_u)	Distância Sensora Operacional (S_a)
CS3-18H-A/SY	3mm	$2,4\text{mm} \leq S_u \leq 3,63\text{mm}$	0,97mm
CS3-18VI-A/SY			
CS3-18H-A2/SY			
CS10-30H-A/SY	10mm	$8,1\text{mm} \leq S_u \leq 12,10\text{mm}$	3,24mm
CS10-30H-A2/SY			

CS10-30V-A/SY			
CS10-30V1-A/SY			
CS10-30V-A2/SY			
CS10-30V1-A2/SY			
CS15-36V-A/SY	15mm	$12,15\text{mm} \leq S_u \leq 18,15\text{mm}$	4,86mm
CS15-36V1-A/SY			
CS15-36V-A2/SY			
CS15-36V1-A2/SY			

É apresentado, a seguir, algumas características técnicas para esses modelos:

Características Técnicas:

Repetibilidade típica	$\leq 0,06\text{mm}$ (histerese típica)
Temperatura de operação/armazenagem	-25°C a $+60^{\circ}\text{C}$
Resistência à vibração	$f \leq 55\text{Hz}$, $a \leq 1\text{mm}$
Indicador de estado	Led
Classe de proteção	IP-67 (IP-65 nos modelos com conector V e V1)
Choque	$b \leq 30\text{g}$, $t \leq 11\text{ms}$
Comprimento do cabo (exceto modelos V e V1)	2m

Características para a Configuração Elétrica em Corrente Contínua:

Tensão de alimentação	10 a $30V_{CC}$
Corrente de consumo	$\leq 15\text{mA}$
Corrente de saída	400mA
Queda de tensão	$\leq 3\text{V}$
Frequência máxima de comutação	10Hz
Proteção transiente (picos de tensão)	máx. $1\text{KV}/10\Omega$ impedância de origem $10\text{K}\Omega$

Características para a Configuração Elétrica Namur:

Configuração elétrica	Namur (DIN-19234)
Tensão de alimentação	7 a $12V_{CC}$ (nominal $8V_{CC} \pm 5\%$)
Corrente	acionado $\leq 1\text{mA}$ e desacionado $\geq 3\text{mA}$
Temperatura de operação/armazenamento	-25°C a $+100^{\circ}\text{C}$
Resistência máxima de cabeção	100Ω

3.3.4.2 Sensores de Proximidade Fotelétricos

Para este tipo de sensor temos as versões descritas na tabela 3.3.4.2.1 da série VF SENSE.

tabela 3.3.4.2.1 Características técnicas de alguns sensores de proximidade fotoelétrico

Modelos	Distância Sensora (S_n)	Saída	Timer	Alimentação
TR-VF-S	10m	transistor	não	CC
TR-VF-RT		relé	sim	Cc ou CA
OR3K-VF-SF	0,1 a 3m com filtro polarizado	transistor	não	CC
OR3K-VF-RTF		relé	sim	CC ou CA
OR5K-VF-S	0,1 a 5m	transistor	não	CC
OR5K-VF-RT		relé	sim	CC ou CA
OS500-VF-S	0,1 a 500mm	transistor	não	CC
OS1K-VF-RT	0,1 a 1m	relé	sim	CC ou CA

É apresentado, a seguir, algumas características técnicas para esses modelos:

Características Técnicas:

Alimentação	24 a 240V _{CA} $\pm 10\%$ 50/60Hz ou 12 a 240V _{CC} $\pm 10\%$ 50/60Hz
Ripple	< 10%
Consumo	< 45mA para CC e < 3VA CC/CA
Saída a transistor	uma NPN e outra PNP
Capacidade de saída a transistor	100mA @ 24V _{CC}
Saída a relé	a relé - SPDT
Corrente de chaveamento	1A @ 250V _{CA} ou 2A @ 30V _{CC}
Vida elétrica	> 100.000 para CA e > 500.000 para CC
Vida mecânica	> 100.000.000 operações
Tempo de resposta	saída a transistor 3ms / saída a relé 10ms
Timer	retardo na energização/desenergização e one shot para 0,1 a 5s ajustável
Histerese	de 2% a 15%
Repetibilidade	< 0,1mm (barreira) < 0,2 (refletivo) < 0,3mm (fotosensor)
Sinalização	led vermelho / estado
Ajuste de sensibilidade	somente nos modelos OS
Grau de proteção	IP-66 (IEC-144)
Temperatura de operação	-20° C a +50° C
Umidade relativa	35% a 85%
Imunidade a luz solar	11.000lux (frontal)
Imunidade a luz incandescente	3.500lux (frontal)
Resistência de isolamento	mín. 20M entre os contatos e entre alimentação e contatos
Resistência dielétrica	mín. 1000V entre os contatos e entre alimentação e contatos
Ruídos	alimentação 1500vp/10ms ou 0,5ms de pulso

Vibração	1,5mm/10 a 55Hz X Y Z 2h
Shock	500m/s ² X Y Z 3x
Material	PBT / acrílico
Prensa-cabo	para cabos de Ø6mm a Ø10mm
Extensão	até 300m # 0,3mm ²
Peso	< 95g

Outras características destes modelos:

	Light-on - com a luz emitida chegando ao receptor o transistor de saída permanece saturado
	Dark-on - com a luz emitida chegando ao receptor o transistor de saída permanece cortado

figura 3.3.4.2.1 Funções Light-on e Dark-on

Nas versões instantâneas, sempre ocorrer a recepção da luz, instantaneamente a saída será acionada na função light e desacionada na função dark. é indicado para detectar a presença ou não do objeto em tempo real.

Os modelos com saída a relé (terminação RT) possuem timer multifunções de fácil programação, através de chaves do tipo DIP, localizadas na caixa de conexões.

Com relação ao modo de operação do timer, as versões com timer operam também na forma instantânea, sem o retardo de 0,1s.

O retardo de acionamento é indicado para prolongar o acionamento da saída, aplicável com equipamentos que não respondem aos acionamentos rápidos do sensor.

O início do retardo ocorre após a interrupção do feixe de luz no receptor, sendo que a saída desaciona-se (light) ou aciona-se (dark) após o término da contagem do

tempo. Implementado na função light na posição Off-Delay e na posição On-Delay na função dark.

O retardo na detecção também é possível e é indicado para eliminar a ação de falsas reflexões e prover um retardo no acionamento da saída.

Especificamente para saída a transistor, os modelos com alimentação de 12 a 24V_{CC}, fornecendo uma saída para chaveamento de tensões negativas (NPN) e outra positiva (PNP – coletor aberto), ambas com capacidade de comutação de até 100mA, para conexão direta em controladores lógicos, circuitos eletrônicos, relés, etc.

Tendo-se os modelos acima chega-se a um conjunto de modelos de sensores que, por ora, também satisfazem as necessidades de projeto. Esses sensores atendem, inclusive, a necessidade de possuírem saídas adequadas a interface com CLP.

A tabela 3.3.4.2.2 abaixo evidencia esses modelos com suas respectivas distâncias sensora (S_n), sensora efetiva (S_u) e distância sensora operacional (S_a).

tabela 3.3.4.2.2 Características técnicas dos modelos fotoelétricos que atendem aos pré-requisitos de projeto

Modelos	Distância Sensora (S_n)	Distância Sensora Efetiva (S_u)	Distância Sensora Operacional (S_a)
TR-VF-S	10m	$8,1m \leq S_u \leq 12,1m$	$5,92m \leq S_a \leq 8,85m$
OR3K-VF-SF	0,1 a 3m	$0,081m \leq S_u \leq 3,63m$	$0,06m \leq S_a \leq 2,65m$
OR5K-VF-S	0,1 a 5m	$0,081m \leq S_u \leq 6,05m$	$0,06m \leq S_a \leq 4,42m$
OS500-VF-S	0,1 a 500mm	$0,081mm \leq S_u \leq 605mm$	$0,06mm \leq S_a \leq 0,44m$

Em resumo, possuímos os seguintes modelos que podem, à princípio, serem utilizados no projeto:

tabela 3.3.4.2.3 Características técnicas dos modelos capacitivos que atendem aos pré-requisitos de projeto

SENSORES DE PROXIMIDADE CAPACITIVOS
--

Modelos	Distância Sensora (S_n)	Distância Sensora Efetiva (S_u)	Distância Sensora Operacional (S_a)
CS3-18H-A/SY	3mm	$2,4\text{mm} \leq S_u \leq 3,63\text{mm}$	0,97mm
CS3-18V1-A/SY			
CS3-18H-A2/SY			
CS10-30H-A/SY	10mm	$8,1\text{mm} \leq S_u \leq 12,10\text{mm}$	3,24mm
CS10-30H-A2/SY			
CS10-30V-A/SY			
CS10-30V1-A/SY			
CS10-30V-A2/SY			
CS10-30V1-A2/SY			
CS15-36V-A/SY	15mm	$12,15\text{mm} \leq S_u \leq 18,15\text{mm}$	4,86mm

tabela 3.3.4.2.3 Características técnicas dos modelos fotoelétricos que atendem aos pré-requisitos de projeto

SENSORES DE PROXIMIDADE FOTOELÉTRICOS			
Modelos	Distância Sensora (S_n)	Distância Sensora Efetiva (S_u)	Distância Sensora Operacional (S_a)
TR-VF-S	10m	$8,1\text{m} \leq S_u \leq 12,1\text{m}$	$5,92\text{m} \leq S_a \leq 8,85\text{m}$
OR3K-VF-SF	0,1 a 3m	$0,081\text{m} \leq S_u \leq 3,63\text{m}$	$0,06\text{m} \leq S_a \leq 2,65\text{m}$
OR5K-VF-S	0,1 a 5m	$0,081\text{m} \leq S_u \leq 6,05\text{m}$	$0,06\text{m} \leq S_a \leq 4,42\text{m}$
OR500-VF-S	0,1 a 500mm	$0,081\text{mm} \leq S_u \leq 605\text{mm}$	$0,06\text{mm} \leq S_a \leq 0,44\text{m}$

Da reunião destes sensores percebe-se, com exceção do modelo de sensor fotoelétrico TR-VF-S da SENSE, que as distâncias mínimas de percepção do objeto necessárias, tanto para os modelos de sensores capacitivos como para os sensores fotoelétricos são suficientes para que se opte pela utilização destes modelos de sensores. Será então, a princípio, utilizado algum(s) do(s) modelo(s) acima descrito(s) de sensor(es).

Esses sensores atendem, inclusive, a necessidade de possuírem saídas adequadas à interface com CLP.

3.4. Pistões

Foi descrita anteriormente a necessidade da existência de três pistões, denominados de P_1 , P_2 e P_3 .

Cada um dos pistões será parte do acondicionador de pacotes sendo, de alguma forma, responsáveis pela correta adequação do fluxo à sequência dos processos determinados anteriormente.

Estes pistões são, conjuntamente com os sensores, os elementos de atuação e controle do processo global.

Um primeiro pistão P_0 é responsável por atuar sobre a aba articulada da extremidade da esteira transportadora dos pacotes. Com a sua haste completamente recuada permite o fluxo contínuo daqueles pacotes. Com sua haste avançada atua de forma a impedir o fluxo de pacotes ao levantar a aba articulada e, por isso, impedir a passagem dos pacotes (figuras 3.4.1. e 3.4.2.).

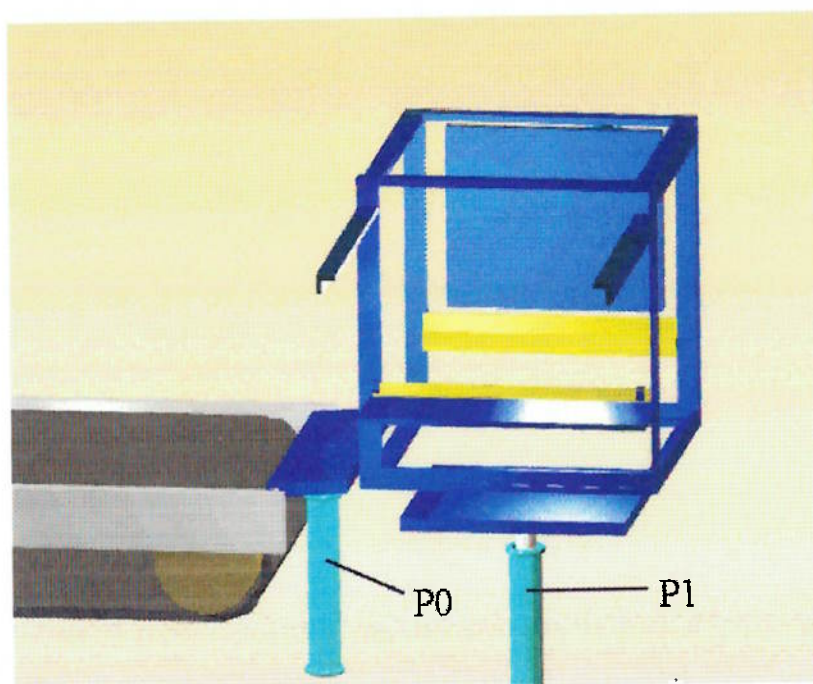


figura 3.4.1 Pistão P0 recuado

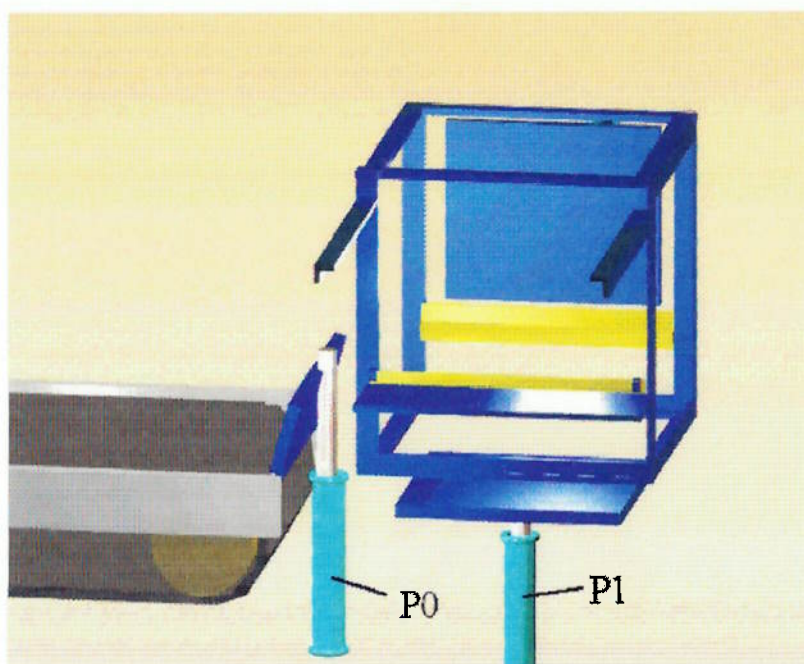


figura 3.4.2 Pistão P0 avançado

O pistão designado de P_1 atua elevando cada conjunto de 5 pacotes situados na fileira de inserção para o primeiro nível do magazine. A sua atuação ocorre em dependência do sinal enviado pelo sensor de proximidade responsável pela contagem dos pacotes que chegam através da esteira transportadora (denominado S_0) e também do sinal emitido pelo sensor de proximidade (denominado de S_1) localizado internamente ao magazine responsável pela percepção da entrada do último pacote na fileira de inserção. Este pistão é ativado por 10 vezes durante cada ciclo do processo (figuras 3.4.3. e figuras 3.4.4.).

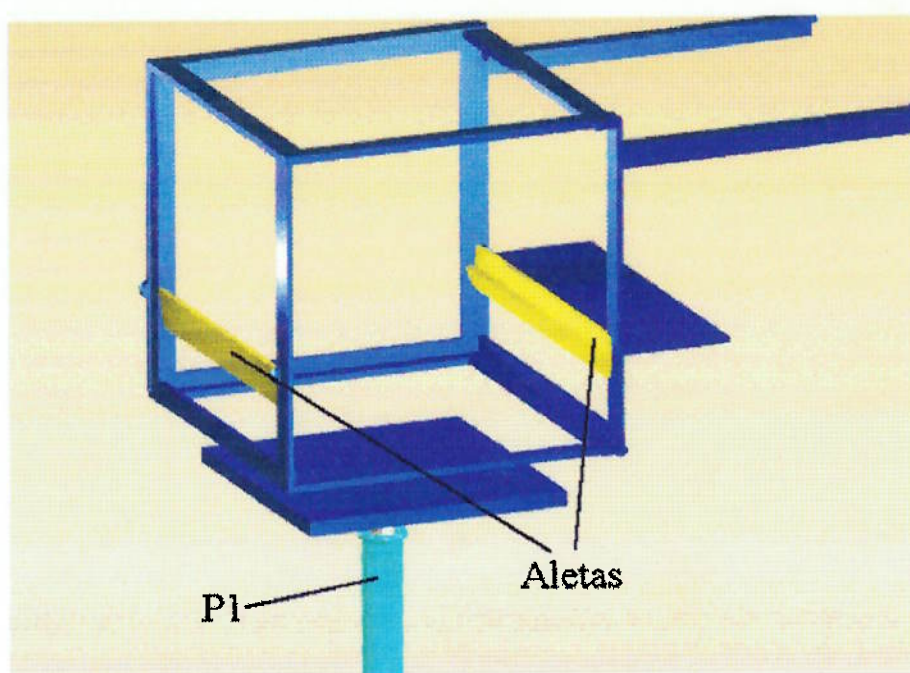


figura 3.4.3 Pistão P1 recuado

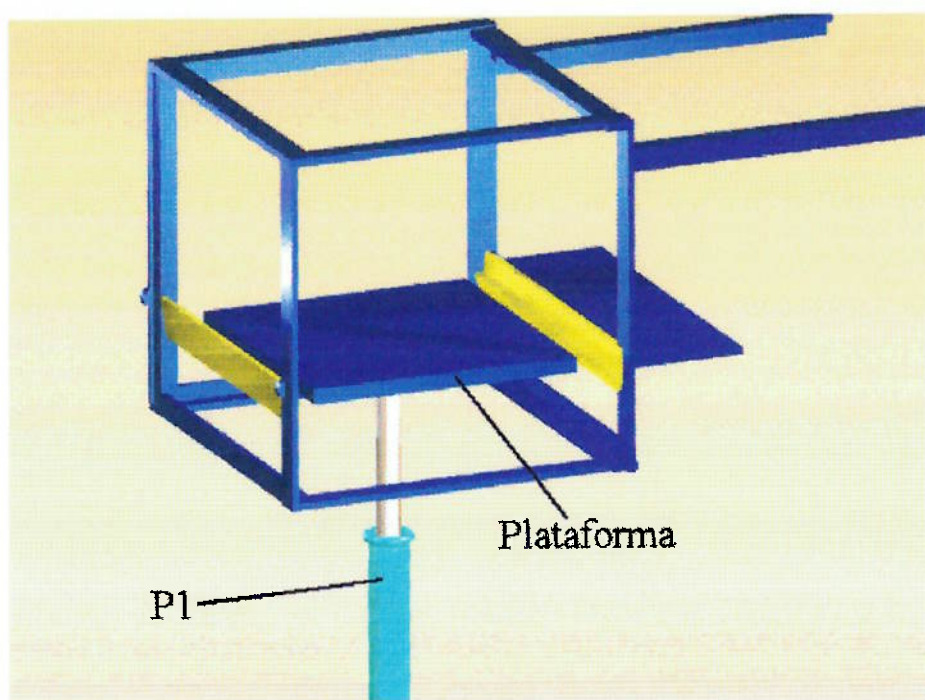


figura 3.4.4 Pistão P1 avançado

O último pistão, denominado P_2 , exerce a função de empurrar os cinco níveis acumulados no magazine para o interior da caixa de papelão. A sua atuação ocorre em dependência dos sinais enviados pelos sensores de proximidade (denominado de S_2 e S_4)

localizados junto ao pistão designado P_1 . O sensor S_4 atua incrementando o contador C_1 . Este pistão é ativado por 2 vezes durante cada ciclo do processo (figuras 3.4.5. e 3.4.6.).

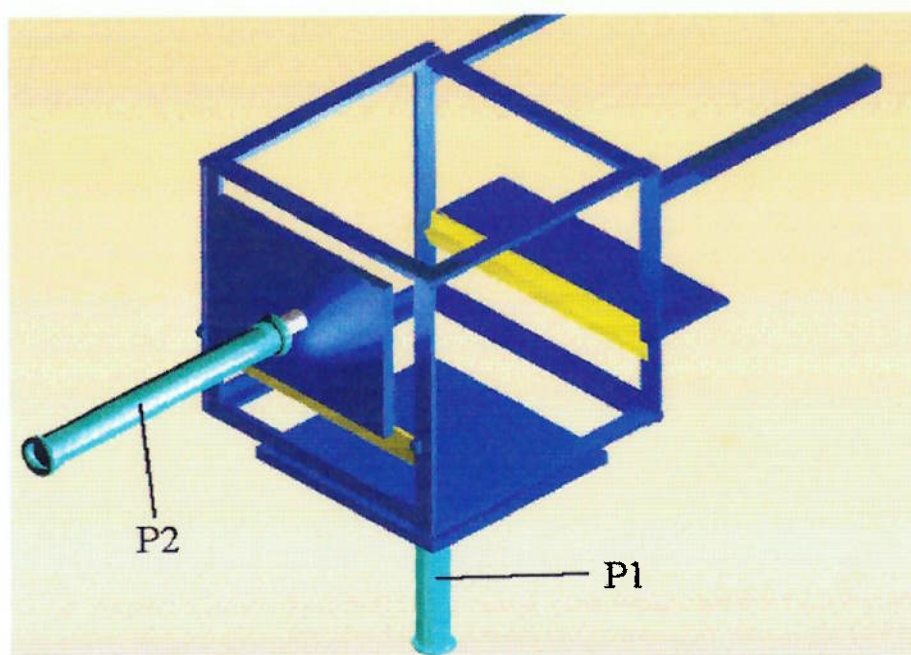


figura 3.4.5 Pistão P2 recuado

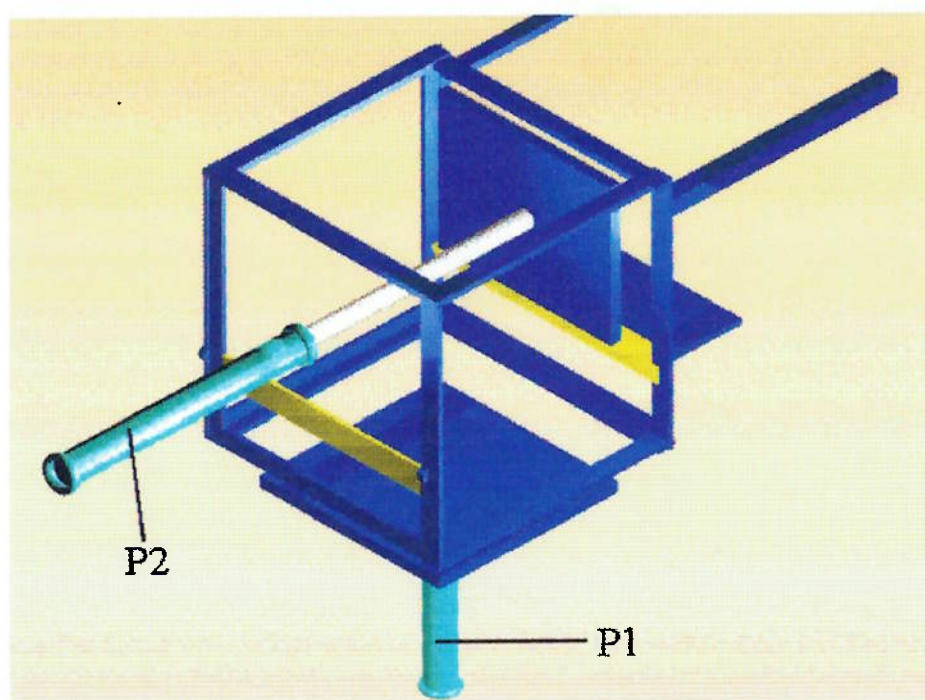


figura 3.4.6 Pistão P2 avançado

O processo deve ser o mais isento possível de contaminação ou de resíduos de qualquer espécie. Desta feita, um dos requisitos operacionais é a utilização de ar comprimido. As exigências de qualidade deste, no que diz respeito à pressão, vazão, teor de água, teor de partículas sólidas, teor de óleo e esterilização serão compatibilizadas com os equipamentos necessários ao projeto e, com grande importância também, aos custos.

Quanto ao tipo de cilindro pneumático pode ser escolhido a princípio cilindros do tipo simples ou dupla ação. Cilindros de simples ação trazem, entretanto, o inconveniente de um retorno relativamente lento das hastes dos cilindros desde que a pressão da linha de ar comprimido deverá ser razoavelmente baixa. A utilização, portanto, de molas com pressões maiores trazem, para um retorno mais rápido, o inconveniente da necessidade de se elevar a pressão de linha.

Nos cilindros de dupla ação a atuação é feita por ar comprimido nos dois sentidos enquanto que para cilindros de simples ação a atuação da força é feita por ar comprimido em um sentido. Para estes tipos de cilindros o movimento no sentido oposto é efetuado por uma mola ou por força externa. Vide figuras abaixo.

Algumas características dos cilindros de simples ação são:

- O consumo de ar se faz somente num sentido;
- Possui posição definida mesmo sem energia;
- A força de avanço é reduzida (aproximadamente 10%) devido a mola;
- Possui maior comprimento;
- Cursos limitados;
- Baixa força de retorno (aproximadamente 10% da força de avanço);
- A mola é peça adicional de desgaste.

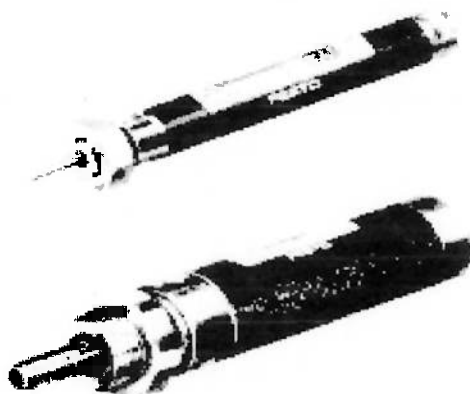


figura 3.4.7 Cilindros de simples ação

Cilindros de dupla ação são empregados onde a força somente é necessária num sentido e onde o retorno possa ocorrer livre e sem carga.

Algumas características dos cilindros de dupla ação são:

- Atuação de força nos dois sentidos;
- A força de retorno é inferior à força de avanço pelo produto da pressão pela área da haste;
- Não é possível a atuação de cargas radiais sobre a haste;
- Hastes de diâmetros reduzidos permitem uma elevada força de retorno;
- Apresentam montagem simples.



figura 3.4.8 Cilindros de dupla ação

Cilindros de dupla ação são empregados quando se necessita de movimentos lineares de pequena ou média força nos dois sentidos.

Considerado as condições de operação dos pistões foi executado um cálculo que definisse num primeiro momento os possíveis pistões para utilização.

Para esses cálculos levou-se em consideração a carga a ser deslocada (embalagens + plataformas de alumínio) e a distância a ser atingida pelas hastes dos pistões. Além disso, considerou-se a pressão de linha desejável de 7 bar.

A tabela 3.4.1 a seguir mostra esses resultados.

tabela 3.4.1 Resultados

Pistão	Curso (mm)	Carga (N)
Pistão P ₀	150	5
Pistão P ₁	78	30
Pistão P ₂	450	30

Para essas necessidades foram selecionados alguns modelos de pistões obtidos através do catálogo geral de Automação Pneumática da FESTO.

Nas tabelas seguintes são descritas as características de cada um dos modelos de pistões passíveis de utilização no presente projeto.

tabela 3.4.2 Cilindros compactos

Cilindros Compactos com anéis de amortecimento elástico nas posições finais (Tipo ADVU-...-P-A)	
Meio	Ar comprimido filtrado, com ou sem lubrificação
Tipo de construção	Cilindro com êmbolo
Pressão máxima de trabalho	10 bar
Faixa de temperatura	-20°C a +80°C
Materiais	Camisa do cilindro, cabeçotes: alumínio anodizado; haste: aço inox; vedações: poliuretano
Observação	Sobre o êmbolo do cilindro existe um ímã permanente, cujo campo magnético pode acionar sensores magnéticos de proximidade. Com estes sensores é possível detectar, sem contato direto, as posições finais e intermediárias do êmbolo.

Ø do êmbolo (mm)	Curso padrão mín – máx. (mm)	Cursos mín – máx. (mm)	Força de avanço a 6 bar N	Força de retorno a 6 bar N	Torque máximo na haste Tipo ADVULQ	Ângulo máx. de torque na haste Tipo ADVULQ
12	5, 10, 15, 20,	1 a 200	68	51	0,1 Nm	± 0,70°
16	25, 30, 40		121	90	0,2 Nm	± 0,65°
20	5, 10, 15, 20,		188	141	0,45 Nm	± 0,60°
25	25, 30, 40, 50		295	247	0,45 Nm	± 0,60°
32	10, 15, 20,	1 a 300	483	415	0,8 Nm	± 0,65°
40	25, 30, 40,		754	686	0,8 Nm	± 0,65°
50	50, 60, 80		1178	1057	1,1 Nm	± 0,60°
63			1870	1750	1,1 Nm	± 0,60°
80		1 a 400	3016	2827	1,5 Nm	± 0,45°
100			4712	4418	3 Nm	± 0,45°

tabela 3.4.3 Cilindros de dupla ação

Cilindros de dupla ação (Tipo DGS-12/16/20-...-P)							
Meio		Ar comprimido filtrado, com ou sem lubrificação					
Tipo de construção		Cilindro com êmbolo					
Pressão máxima de trabalho		10 bar					
Faixa de temperatura		-20°C a +80°C					
Materiais		Cabeçotes: alumínio anodizado; camisa: aço brunido, pintado; haste: X 20 Cr 13; rosca: laminada; vedações: borracha nitrílica					
Ø do êmbolo (mm)	Curso padrão (mm)	Cursos mín – máx. (mm)	Força de avanço a 6 bar N kp		Força de retorno a 6 bar N kp		Comp. do amortecimento mm
12	10, 25, 40, 50, 80, 100, 140, 200	1 a 200	55	5,5	38	3,8	-
16	10, 25, 40, 50, 80, 100, 140, 200, 300	1 a 400	104	10,4	87	8,7	-
20	10, 25, 40, 50, 80, 100, 140, 200, 300	1 a 500	165	16,5	139	13,9	15

tabela 3.4.4 Cilindros de dupla ação

Cilindros de dupla ação de execução combinada (Tipo DGS-25-...-PPV-A)	
Meio	Ar comprimido filtrado, com ou sem lubrificação
Tipo de construção	Cilindro com êmbolo
Pressão máxima de trabalho	12 bar
Faixa de temperatura	-20°C a +80°C

Materiais		Cabeçotes: aço zincado; camisa: latão niquelado; haste: X 20 Cr 13; rosca: laminada; vedações: borracha nitrilica				
Observações		Os sensores podem ser fixados na barra existente no perfil do cilindro. Com estes sensores é possível detectar, sem contato direto, as posições finais e intermediárias do êmbolo.				
Ø do êmbolo	Curso padrão	Cursos mím – máx.	Força de avanço	Força de retorno	Comp. do	
(mm)	(mm)	(mm)	a 6 bar	a 6 bar	amortecimento	
			N kp	N kp	mm	
25	25, 40, 50, 80, 100, 140, 200, 300	10 a 500	250 25	20 2	16	

tabela 3.4.5 Cilindros de dupla ação

Cilindros de dupla ação (Tipo DSN-...-P/PPV)							
Meio		Ar comprimido filtrado, com ou sem lubrificação					
Tipo de construção		Cilindro com êmbolo					
Pressão máxima de trabalho		10 bar					
Faixa de temperatura		-20°C a +80°C					
Materiais		Cabeçotes: alumínio anodizado; camisa do cilindro: X 5 Cr Ni 18 9; haste: X 20 Cr 13; rosca: laminada; vedações: borracha nitrílica					
Ø do êmbolo (mm)	Curso padrão (mm)	Cursos mín – máx. (mm)	Força de avanço a 6 bar N kp		Força de retorno a 6 bar N kp		Comp. do amortecimento mm
8	10, 25, 40, 50, 80, 100	1 a 100	24	2,4	16	1,6	-
10	10, 25, 40, 50, 80, 100	1 a 100	40	4	32	3,2	-
12	10, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200	1 a 200	55	5,5	38	3,8	-
16	10, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200	1 a 200	104	10,4	87	8,7	14
20	10, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 300, 320	1 a 320	170	17	140	14	17
25	10, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 300, 320, 400, 500	1 a 320	267	26,7	220	22	17

tabela 3.4.6 Cilindros de dupla ação

Cilindros de dupla ação (Tipo DSNU-...-P-A)

Meio		Ar comprimido filtrado, com ou sem lubrificação					
Tipo de construção		Cilindro com êmbolo					
Pressão máxima de trabalho		10 bar					
Faixa de temperatura		-20°C a +80°C					
Materiais		Cabeçotes: alumínio anodizado; camisa do cilindro e haste: X 5 Cr Ni 18 9; rosca: laminada; vedações: poliuretano					
Ø do êmbolo	Curso padrão	Cursos	Força de avanço		Força de retorno		Comp. do
(mm)	(mm)	mín – máx.	a 6 bar		a 6 bar		amortecimento
		(mm)	N	kp	N	kp	mm
8	10, 25, 40, 50, 80, 100	10 a 100	24	2,4	16	1,6	-
10	10, 25, 40, 50, 80, 100	10 a 100	40	4	32	3,2	-
12	10, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200	10 a 200	55	5,5	38	3,8	-
16	10, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200	10 a 200	104	10,4	87	8,7	14
20	10, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 300, 320	10 a 320	165	16,5	140	14	17
25	10, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 300, 320, 400, 500	10 a 320	267	26,7	220	22	17

4. Controle

O controle é responsável pela aquisição do status atual do sistema, através dos sensores, fazendo-se possível comandar a resposta dos atuadores, gerenciando todo o processo.

Na figura 4.1 podem ser vistas as relações entre as entradas e saídas desejadas, a serem fornecidas pelo controlador.

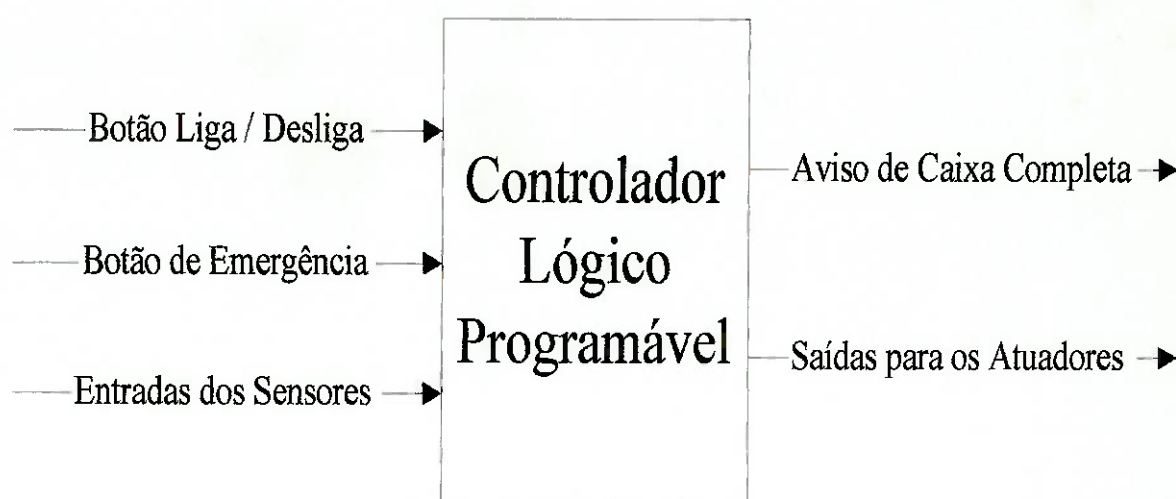


figura 4.1 Caixa preta do controlador a ser implementado

4.1. Controlador Lógico Programável (CLP)

Para executar as tarefas descritas no tópico anterior, foi escolhido um CLP Klockner-Moeller (figura 4.1.1), série PS4/200, indicado para pequena e média integrações, que apresenta as seguintes características básicas:

Alimentação

Tensão de Alimentação

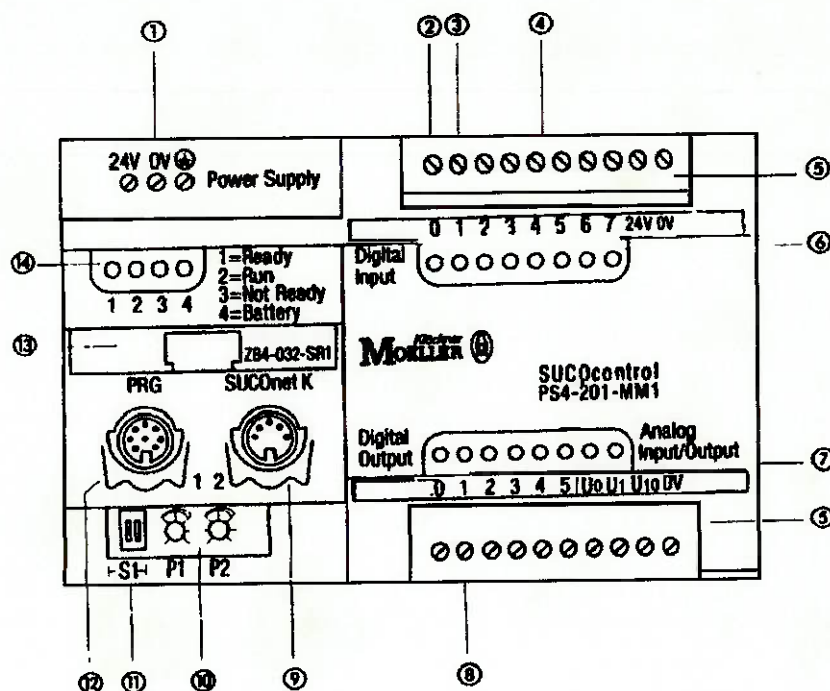
Valor nominal	Vcc=24V DC
Faixa Permissível	-15/+20%

Entradas

Número de entradas

Analógicas		2
	Tensão de Entrada	0 a 10V
	Resolução	10 bit (1024 incrementos)
Digitais		8
	Tensão de Entrada	
	Para sinal "0"	0
	Para sinal "1"	24V DC
Saídas		
Número de saídas		
Analógicas		1
	Tensão de Saída	0 a 10V
	Resolução	12 bit (4096 incrementos)
Digitais		6
	Tensão de Saída	
	Para sinal "0"	0
	Para sinal "1"	24V DC (+Vcc)
	Corrente máx. de saída	500 mA
Interfaces		
Entrada de dados	RS 232	Para programação
Cascadeamento	RS 485 serial	Interligação SUCOnet-K até 768 pontos digitais

Uma das vantagens do equipamento selecionado é a flexibilidade. O controle pode ter seu código implementado em diagrama de relés ou em linguagem de programação própria do fabricante. O programa pode ser simulado via software próprio para PCs, e então transferido ao controlador via RS232.



- 1) Alimentação 24Vcc
- 2) Entrada do Controlador Rápido
- 3) Entrada de Alarme
- 4) 8 entradas digitais de 24 Vcc e alimentação de 24 Vcc das saídas
- 5) Terminal de bornes plug-in com parafusos
- 6) Indicação do estado das entradas
- 7) Indicação do estado das saídas
- 8) 6 entradas digitais de 24 Vcc/0,5 (a prova de curto-circuito e sobrecarga)
- 2 entradas analógicas (0 a 10V)
- 1 saída analógica (0 a 10V)
- 9) Interface SUCOnet-K
- 10) Potenciômetro para setpoint P1, P2
- 11) Interruptor S1 para resistências de final de bus
- 12) Interface de programação (PRG)

- 13) Módulo de memória
- 14) Indicação do estado o controlador

figura 4.1.1 Controlador Lógico Programável selecionado

O controlador possui ainda relógio de tempo real. Um módulo de função apóia a consulta de data e hora no programa do usuário com precisão de segundos. Uma bateria de *back-up* providencia que dados/programas fiquem armazenados quando o controlador estiver desligado. O sistema operacional, programa de usuário e o conteúdo de marcadores ficarão armazenados se a chave seletora de modos de operação estiver posicionada em “Run”. O relógio de tempo real continuará funcionando.

4.1.1.Lógica de Controle

Basicamente, a lógica de controle respeita a seguinte sequência: os pacotes vem da linha de produção por uma esteira móvel até o acondicionador automático de pacotes. Há um sensor (S0) na saída da esteira, que detecta a passagem de cada pacote, responsável pelo incremento do contador C0. Os pacotes entram na fileira de inserção, completando-a com 5 unidades (figura 4.1.1.1).

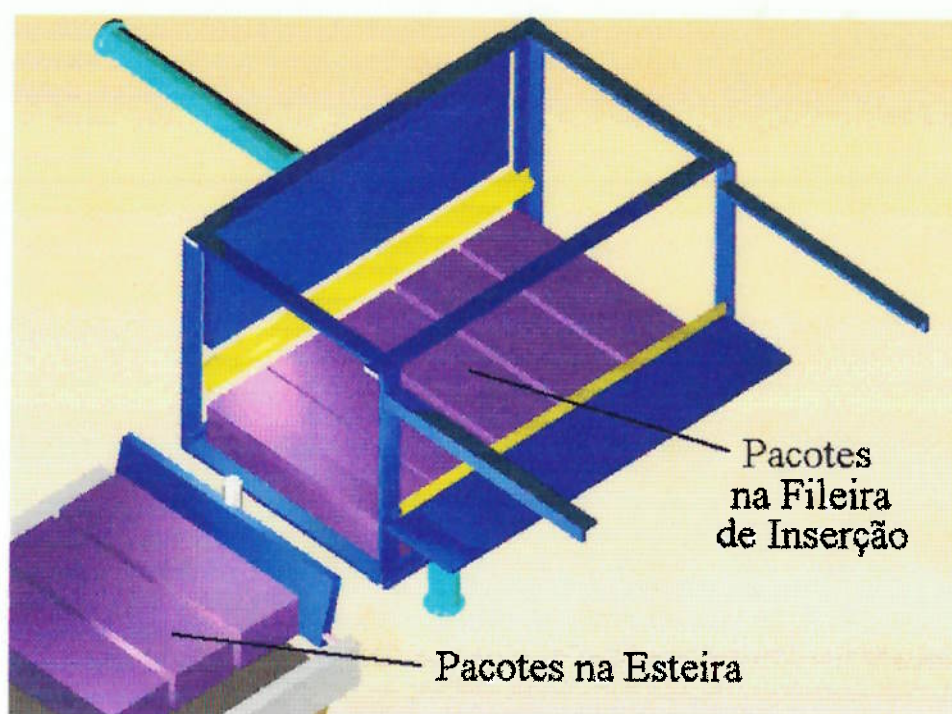


figura 4.1.1.1 Pacotes na Fileira de Inserção vindos da esteira

Quando o sensor S1 capta a presença do primeiro pacote a entrar na Fileira de Inserção (corresponde a Fileira de Inserção completa), o atuador P0 cessa a alimentação de pacotes para o magazine, e então comanda-se um pulso no atuador P1, para que os pacotes da fileira de inserção sejam posicionados no Acumulador de pacotes (figura 4.1.1.2). Esse movimento incrementa um outro contador do controlador (C1). O retorno do atuador P1 é comandado pelo sensor de fim de curso S4, montado no pistão pneumático. Esse retorno é captado por outro sensor montado no pistão, S2, que libera o atuador P0, permitindo novamente o fluxo de pacotes até o magazine.



figura 4.1.1.2 Pacotes na Fileira de Inserção sendo elevados para o Acumulador

Este procedimento é repetido (figura 4.1.1.3) cinco vezes, que corresponde ao acumulador de pacotes com capacidade plena (25 pacotes), isto é, um nível da caixa de papelão. Quando o atuador P1 retornar de seu quinto avanço, pode-se acionar P2, que acondicionará na caixa de papelão um nível de pacotes proveniente do Acumulador do magazine (figuras 4.1.1.4 e 4.1.1.5). Novo contador é incrementado (contador C2). O avanço completo do pistão P2 é captado pelo sensor S3, que comanda o retorno deste pistão.

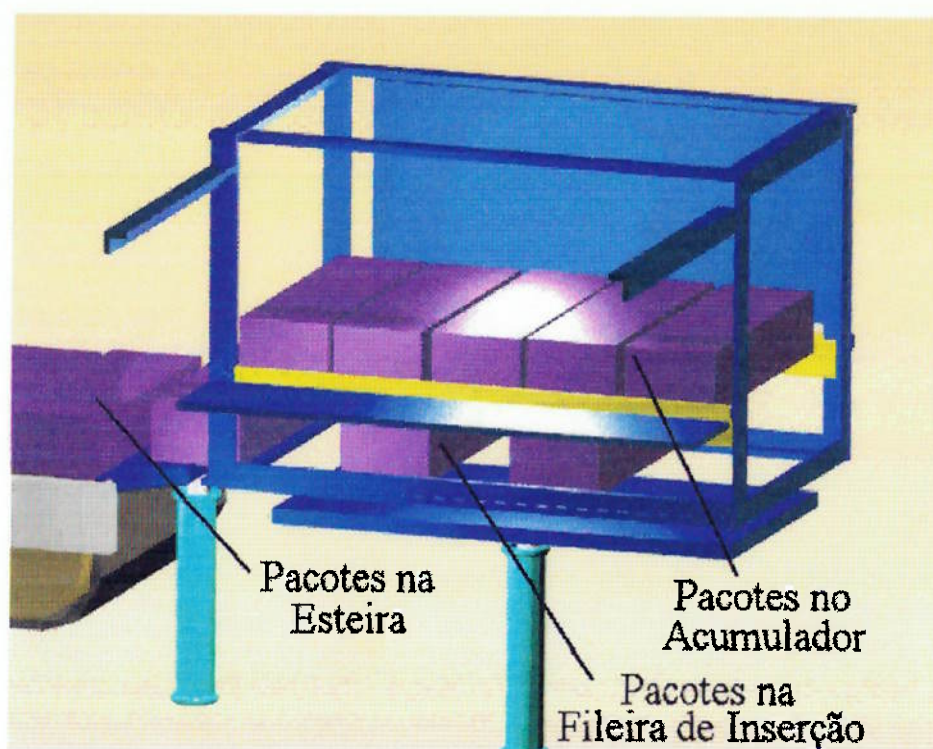


figura 4.1.1.3 Novos pacotes entrando na Fileira de Inserção



figura 4.1.1.4 Pacotes prestes a serem inseridos na caixa (avanço de P2)

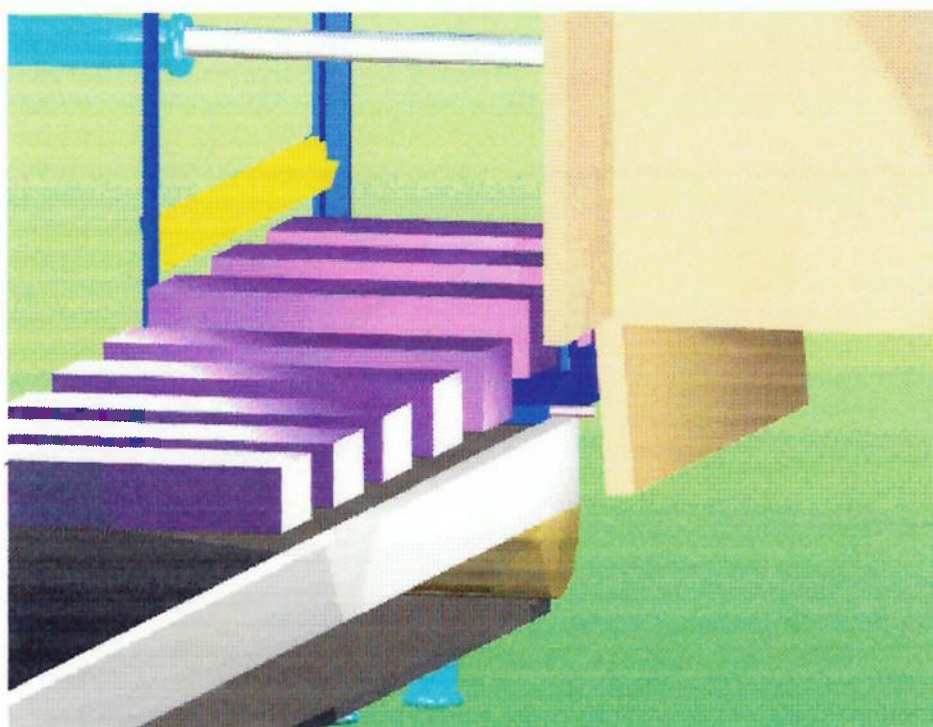
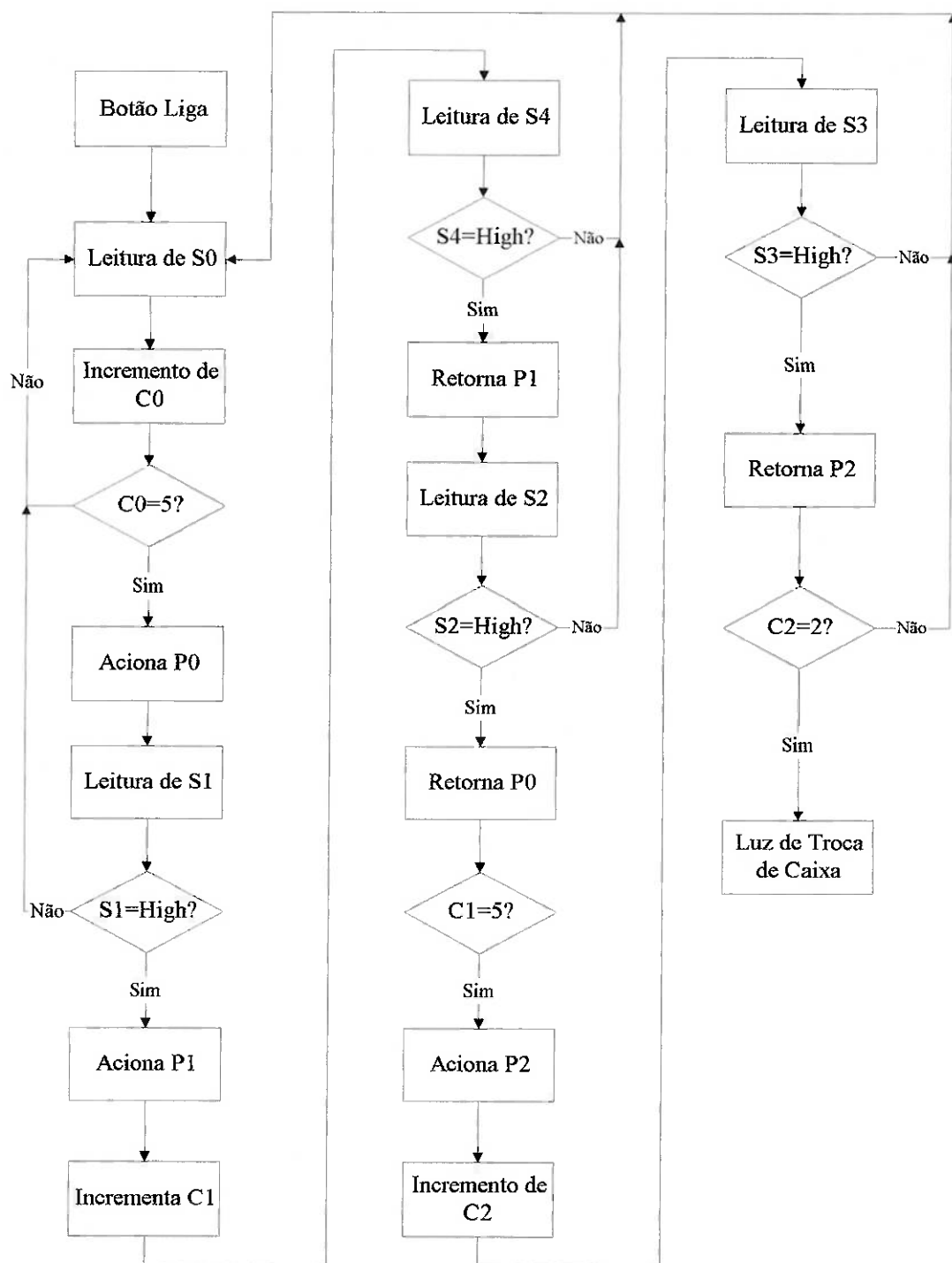


figura 4.1.1.5 Pacotes sendo inseridos na caixa de papelão

Todo o procedimento descrito acima é repetido, e, quando do segundo retorno do atuador P2 ($C2=2$), tem-se uma caixa completa (50 pacotes). Quando do fim do processo, uma lâmpada deve se acender para que se proceda a alimentação de nova caixa de papelão.

4.1.2.Fluxograma

A seguir pode-se ver o fluxograma que descreve a lógica de funcionamento do acondicionador:



4.2. Comandos da Linguagem de Programação do CLP

A linguagem de programação proposta pelo fabricante do CLP se utiliza da lógica HP, ou seja, acumula os operadores numa pilha para uso posterior.

Nesse capítulo serão apresentados os comandos utilizados na programação, para que se possa entender o programa mostrado no tópico seguinte.

Entradas (I): constituem a interface do CLP com o ambiente externo. Através de entradas os sinais externos chegam ao CLP e lá são processados. *Entradas-bit* são indicadas através do número do byte e do respectivo número de bit, que são separados por um ponto. *Entradas-byte* são identificadas pelo número de byte apropriado e pela letra B. As *Entradas de palavras* não têm o número de bit e o ponto. Elas são sempre números pares. Como complementação se faz necessária a letra W.

Saídas (Q): através de saídas são enviados os sinais gerados no CLP para os periféricos ligados. São a interface do controlador para o processo. As saídas-bit são indicadas através do número do byte e do respectivo número de bit, que são separados por um ponto. *Saídas-byte* são identificadas pelo número de byte apropriado e pela letra B. As *Saídas de palavras* não têm o número de bit e o ponto. Elas são sempre números pares. Como complementação se faz necessária a letra W.

Marcadores (M): servem para a memorização de resultados intermediários que serão gerados no processamento de sinais do CLP. *Marcadores-Bit* são indicados pelo número do byte e do respectivo número do bit separados por um ponto. *Marcadores-Byte* têm, além do número do byte, como complementação a letra B. *Marcadores de palavra* não têm número de bit e o ponto. São sempre números inteiros. Deve ser adicionada a letra W.

Constantes (K): com a ajuda das constantes podem ser prefixados valores de partida e de referência. São usadas as mesmas regras para bit, byte e palavra.

Leitura (L): carrega para a pilha o valor referenciado.

Set (S): o bit indicado no operando será setado em “1” se o conteúdo do registrador de trabalho for igual a “1”. Quando essa condição de set não for cumprida, não haverá alteração do operando.

Reset (R): o bit indicado no operando será zerado se o conteúdo do registrador de trabalho for igual a “1”. Quando essa condição de reset não for cumprida, não haverá alteração do operando.

And (A): operador “E”.

Or (O): operador “OU”.

Contador (C): com uma borda positiva na entrada “S” será adotado o valor na entrada “T” para o contador. A contagem crescente será realizada em uma borda positiva na entrada “U” e decrescente em uma borda negativa na entrada “D”.

C1

[] U: Pulso de Incremento

[] D: Pulso de Decremento

[] S: Set

[] R: Reset

[W] I: Entrada do Valor de Preset

[] Z: Contador em Zero

[W] Q: Leitura da Contagem

Comparador (CP): o bloco de função compara os valores nas entradas de palavras I1 e I2 e ativa as saídas, conforme o resultado da comparação.

CP1

[W] I1: Valor 1

[W] I2: Valor 2

[] GT: $I1 > I2$

[] EQ: $I1 = I2$

[] LT: $I1 < I2$

4.3. Programa do CLP

```
00000 CONTROLE  "programa de controle do CLP
```

```
#include "control.k42"
```

```
00001          "Comandos de Liga, Desliga e Emergencia
```

```
L I 0.0
```

```
L I 0.1
```

```
O Q 0.0
```

```
A
```

```
= Q 0.0
```

```
00002          "Contador de Pacotes
```

```
C0
```

```
U: I 0.2
```

```
D:
```

```
S:
```

```
R: CP0 EQ
```

```
I:
```

```
Z:
```

Q: MW0

00003 "Comparador do no. de pacotes na fileira de
insercao
CP0
I1: MW0
I2: KW 5
GT:
EQ: S M 6.2
LT:

00004 "Avanco de P0
L M 6.2
= M 6.3
L M 6.3
= Q 0.2

00005 "Avanco de P1
L M 6.2
A I 0.3
= Q 0.3

00006 "Retorno de P1
L I 0.4
R M 6.2
L M 6.2
= Q 0.3

00007 "Retorno de P0
L I 0.5
R M 6.3
L M 6.3
= Q 0.2

00008 "Contador de no. de avancos do P1
C1
U: Q 0.3

D:
S:
R: CP2 EQ
I:
Z:
Q: MW2

00009 "Comparador do no. de avancos do P1
CP2
I1: MW2
I2: KW 5
GT:
EQ: S M 6.4
LT:

00010 "Avanco de P2
L M 6.4
= Q 0.4

00011 "Retorno de P2
L I 0.6
R M 6.4
L M 6.4
= Q 0.4

00012 "Contador do no. de avancos de P2
C2
U: Q 0.4
D:
S:
R: CP3 EQ
I:
Z:
Q: MW4

00013 "Comparador do no. de avancos do P2
CP3

I1: MW4

I2: KW 2

GT:

EQ: Q 0.1

LT:

EP

5.Execução do Projeto

5.1.Estruturas Mecânicas

5.1.1.Estrutura Principal

A máquina acondicionadora automática de pacotes de cigarro possui uma estrutura principal a qual constitui-se primariamente em base de apoio e sustentação de todos os dispositivos e outras estruturas que compõem a mesma (entre estas últimas, podemos citar o Magazine, as estruturas de fixação dos pistões pneumáticos, sua guias e plataformas de atuação).

A figura 5.1.1.1 localizada a seguir, mostra essa grande estrutura (evidenciada pela tonalidade verde).

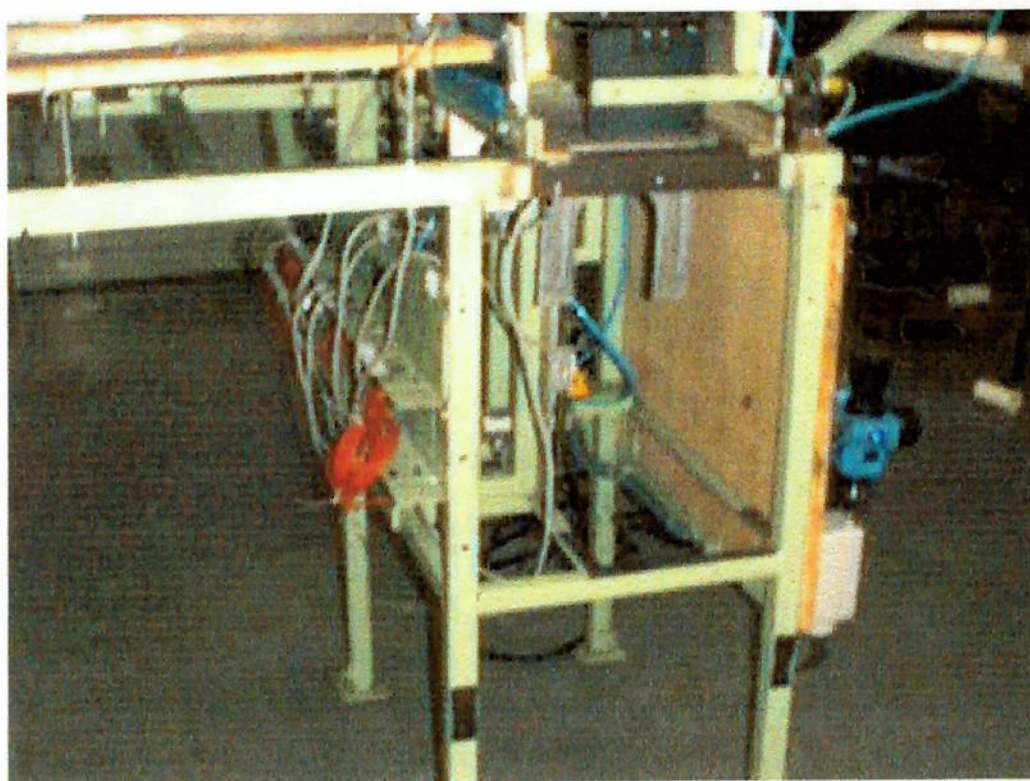


figura 5.1.1.1 Estrutura de sustentação (verde)

A estrutura é fabricada a partir de vigas e chapas de aço extremamente rígido soldadas e/ou parafusadas.

O projeto e a fabricação desta estrutura levou em consideração a necessidade premente de grande rigidez (tanto estrutural como do material utilizado) necessária por nela se apoiar muitas e, em alguns casos, pesadas peças. Além disso, procurou-se sempre um balanceamento e distribuição equilibrada das peças a essa estrutura acopladas.

5.1.2. Magazine

Deve-se ainda ressaltar a estrutura denominada Magazine a qual é composta pelas partes funcionais “Acumulador” e “Fileira de Inserção”. Esta estrutura é também composta de vigas e chapas de aço de elevada dureza e constitui em elemento fundamental para a obtenção dos objetivos do projeto. A dificuldade de construção dessa estrutura esteve, por isso, fortemente ligada à obtenção daquelas mesmas medidas determinadas e especificadas em projeto.

As figuras 5.1.2.1 e 5.1.2.2 mostram esta estrutura denominada Magazine.



figura 5.1.2.1 Estrutura cúbica que constitui o Magazine



figura 5.1.2.2 Detalhes dos perfis e chapas de aço do Magazine

5.1.3.Estrutura de Fixação dos Pistões

Além da estrutura anterior e daquela primeira considerada o núcleo construtivo e principal da máquina tem-se as estruturas de fixação dos pistões pneumáticos (pistão Elevador, pistão Empurrador e pistão Apoiador).

A figura 5.1.3.1 mostra esta estrutura para o pistão Empurrador e evidencia algumas características e detalhes construtivos bastante interessantes e importantes. A figura 5.1.3.2 mostra, por sua vez, a estrutura de fixação do pistão Apoiador.

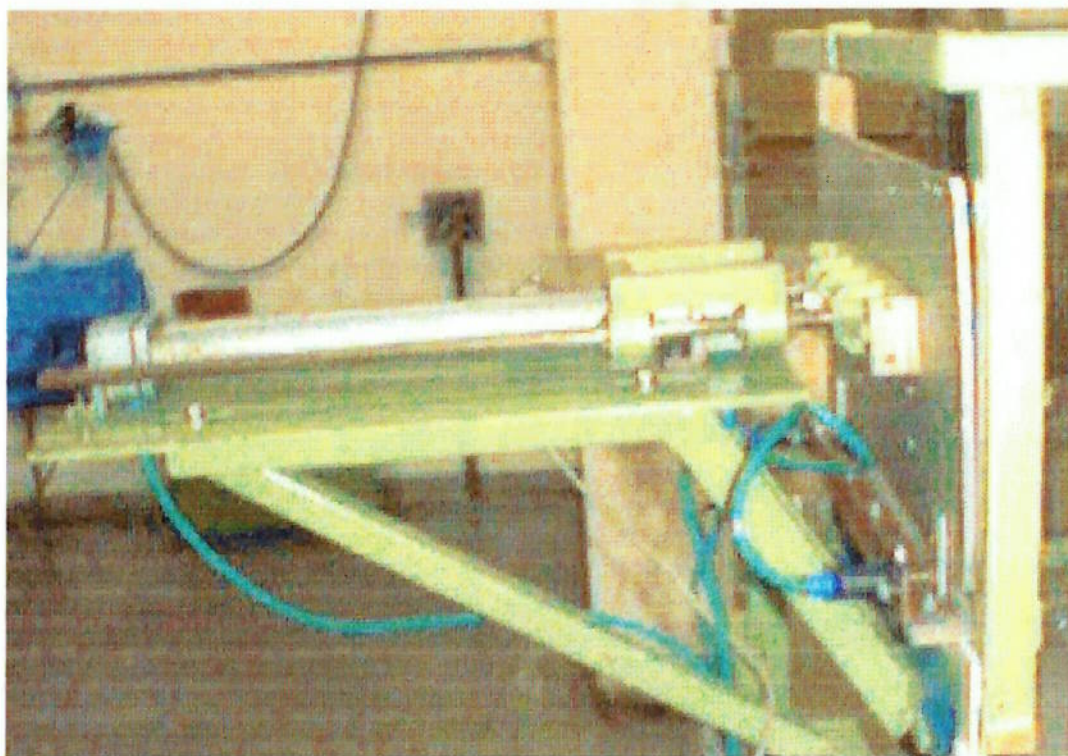


figura 5.1.3.1 Estrutura de fixação do pistão Empurrador



figura 5.1.3.2 Estrutura de fixação do pistão Apoiador

Através da figura anterior é possível verificar algumas propriedades geométricas que trouxeram dificuldades construtivas.

Estas estruturas diretamente acopladas aos pistões prendem-se àquela estrutura principal através de porcas e parafusos.

A figura figura 5.1.3.3 mostra um desses tipos de acoplamentos utilizados.



figura 5.1.3.3 Acoplamento da estrutura dos pistões na estrutura principal da máquina.

5.2. Dispositivos Mecânicos

O desenvolvimento de vários dispositivos foi necessário para a correta funcionalidade da máquina encaixotadora de pacotes de cigarro.

É descrito, a seguir, algumas características e peculiaridades de funcionamento de alguns desses dispositivos.

5.2.1. De Locomoção dos Pacotes (Esteira e Motor)

O dispositivo, ou melhor, o sistema de locomoção dos pacotes de cigarro é responsável por prover o transporte dos pacotes de cigarro de uma esteira, por onde estes são alimentados, até a parte lógica denominada Fileira de Inserção do Magazine.

A figura 5.2.1.1 fornece uma visão geral deste mecanismo.



figura 5.2.1.1 Visão geral do dispositivo de locomoção dos pacotes

O dispositivo de locomoção é composto, basicamente, por um par de esteiras verticais (cintas verdes) as quais são movimentadas através de dois roletes (cada uma) rotacionados por meio de um par de engrenagens helicoidais. Uma engrenagem de cada par está acoplada a um eixo que se move por meio de uma corrente acoplada a um motor elétrico.

O motor elétrico utilizado possui 0,25CV e pode ser visualizado através da figura 5.2.1.2.

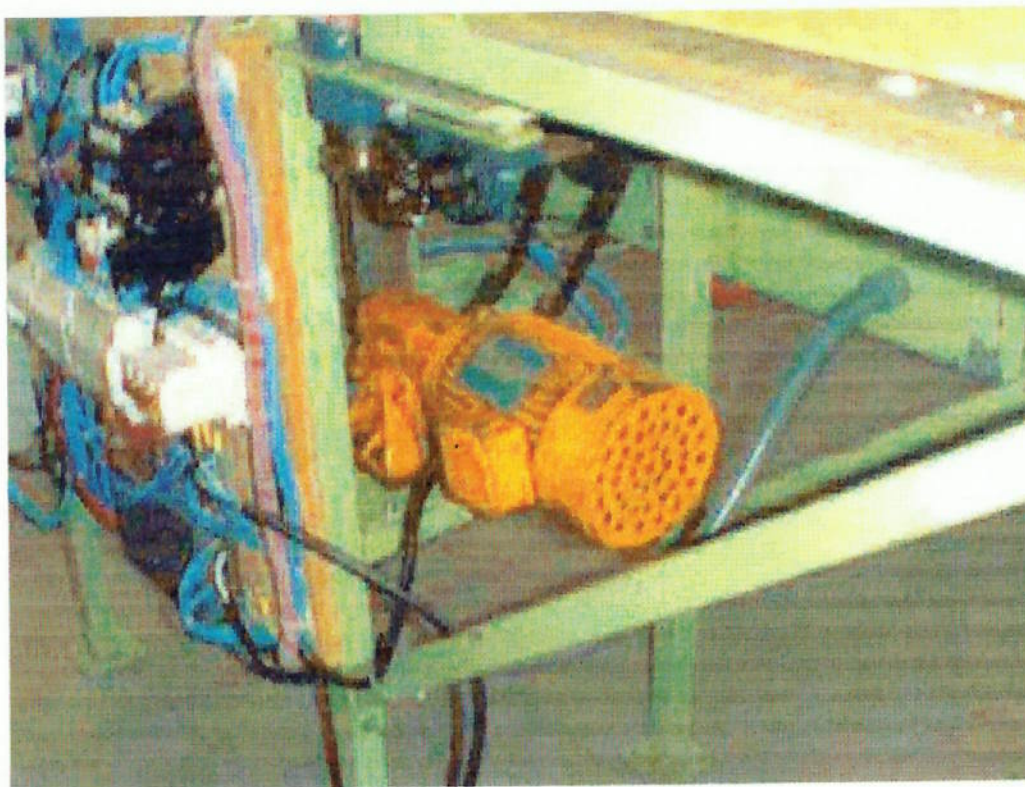


figura 5.2.1.2 Motor elétrico utilizado

A figura 5.2.1.3. evidencia a disposição das engrenagens helicoidais que movimentam-se em função da rotação proporcionada pelo eixo ligado através de corrente ao motor.

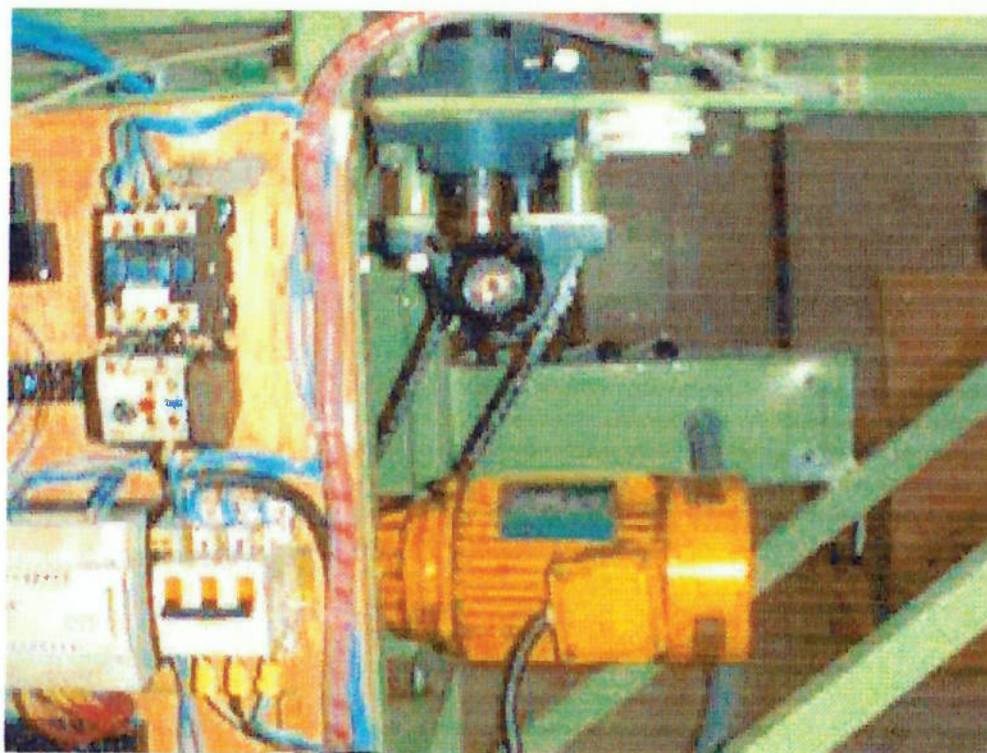


figura 5.2.1.3 Conexão das engrenagens ao motor

A necessidade de se ter alinhado perpendicularmente às esteiras cada um dos pacotes de forma a prover-se uma correta entrada na fileira de inserção levou à construção de um dispositivo de regulação das posições das esteiras concomitantemente a confecção e utilização de guias de alumínio dispostas junto ao término das esteiras extendendo-se até o início da Fileira de Inserção do Magazine.



figura 5.2.1.4 Esteiras e roletes do dispositivo de locomoção

A fim de proporcionar ou, no mínimo, facilitar o deslocamento dos pacotes de cigarro até a Fileira de Inserção do Magazine foi utilizada uma fita adesiva de Teflon[®] de baixo coeficiente de atrito. A figura 5.2.1.5 evidencia a disposição destas fitas. As fitas podem ser reconhecidas através de sua coloração em tom de bege.

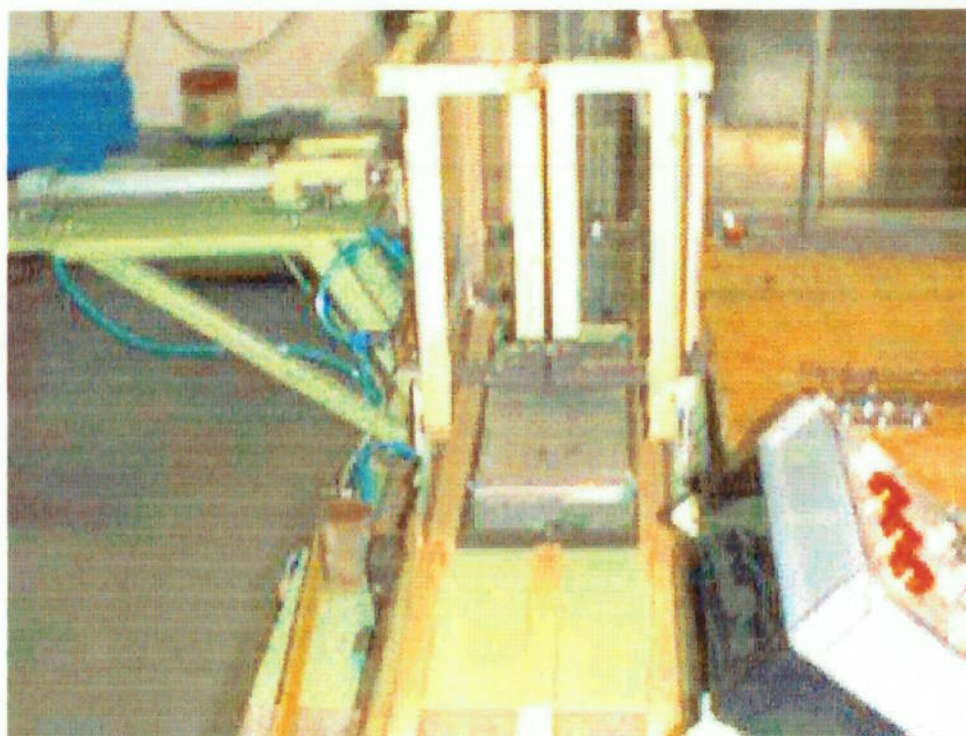


figura 5.2.1.5 Fitas adesivas de Teflon® (em tom de bege)

5.2.2. De Retenção dos Pacotes da Esteira

O sistema originalmente projetado para a retenção dos pacotes de cigarro da esteira quando da subida do pistão Elevador foi modificado.

Inicialmente pensou-se em utilizar um pistão acoplado através de uma junta de rotação a uma chapa basculante cujo funcionamento consistia no bloqueio da passagem dos pacotes, no tempo devido, através da elevação daquela chapa decorrente da subida do pistão.

Este modelo pode ser visualizado na figura 5.2.2.1.

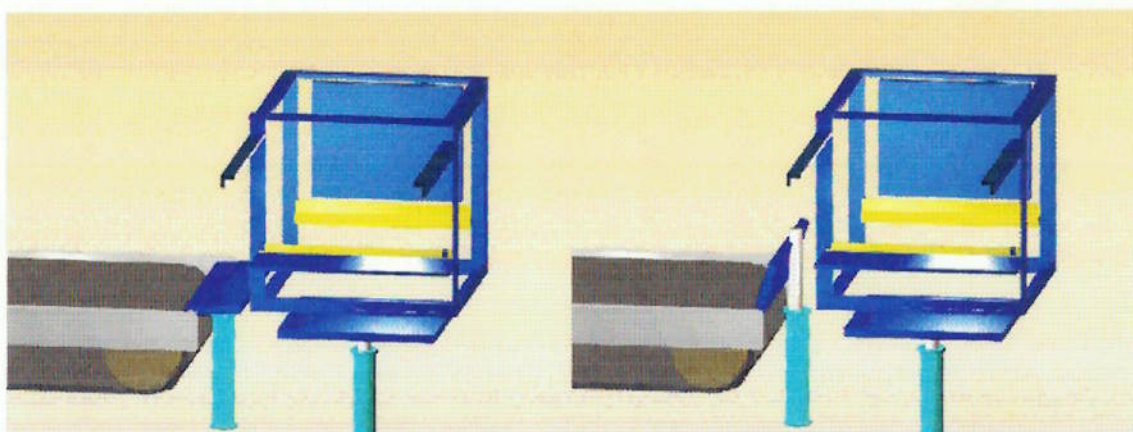


figura 5.2.2.1 Modelo do mecanismo original para o bloqueio dos pacotes de cigarro

Entretanto, em função de nova idéia e consequente análise decidiu-se por outra solução. Optou-se por utilizar-se de uma chapa (anteparo) acoplada na lateral da plataforma localizada na ponta do atuador do pistão Elevador. Quando da subida deste proporciona-se o bloqueio da passagem dos pacotes por simples colocação daquele anteparo à frente dos pacotes que estão localizados externamente ao Magazine.

A figura 5.2.2.2 nos mostra esta implementação.



figura 5.2.2.2 Mecanismo utilizado para o bloqueio dos pacotes de cigarro

5.2.3. De Movimentação das Aletas

Poucas mudanças ocorreram com o mecanismo ou dispositivo de movimentação das aletas. A solução adotada foi a uniformização das soluções para as duas aletas localizadas cada uma em um lado do Magazine.

Na figura 5.2.3.1 podemos visualizar esta solução.

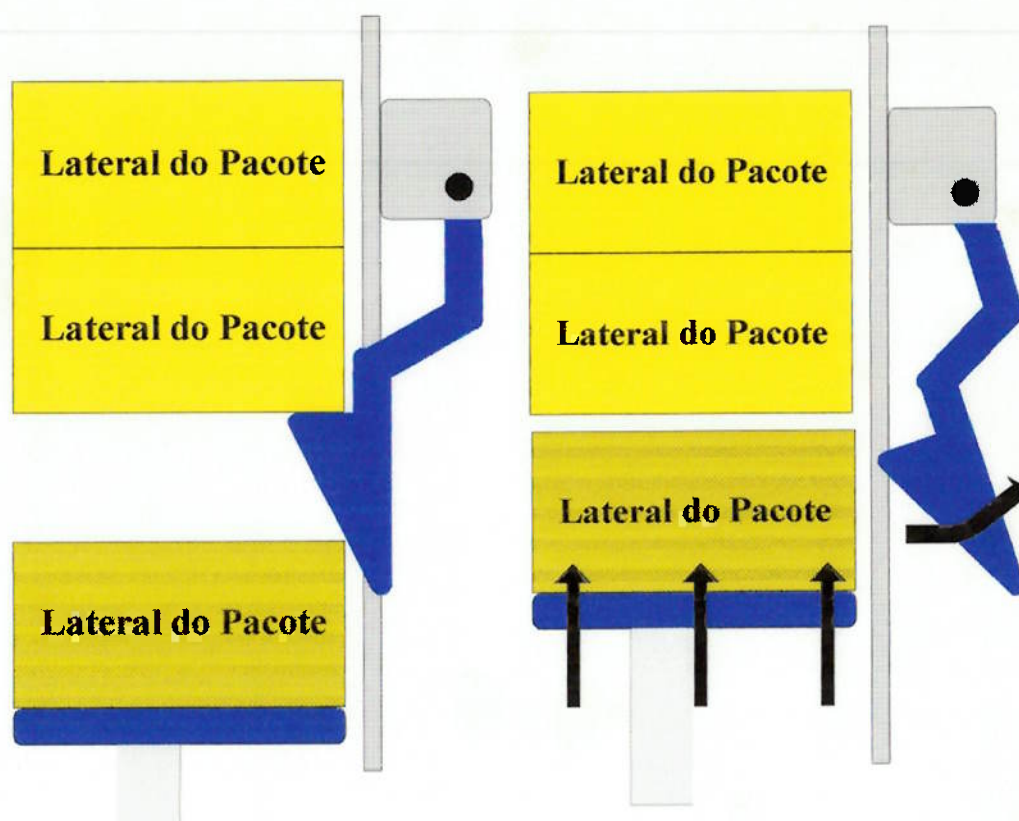


figura 5.2.3.1 Solução escolhida para as aletas

As aletas, acopladas através de dobradiças ao Magazine, tiveram seus cursos limitados por elementos limitadores (de perfis em U) e mantidos em suas posições originais através de molas constituídas de pequenas chapas de acrílico branco. Estas mesmas molas possibilitam a abertura das aletas quando da passagem dos pacotes de cigarro empurrados pelo pistão Elevador e proporcionam seus devidos retornos quando da passagem completa dos pacotes (correspondente ao avanço do pistão Elevador a um nível superior a altura das aletas).

5.2.4. De Encaixe da Caixa de Papelão

O dispositivo de encaixe e enquadramento da caixa de papelão foi fabricado e utilizado com o objetivo de proporcionar a correta localização da caixa em função das dimensões do quadrilátero de saída do Magazine.

Sua utilização retira do operador o controle da disposição da caixa de papelão evitando assim localização indevida ao mesmo tempo que assegura uma condição ideal de entrada dos pacotes proporcionada pelo pistão Empurrador.



figura 5.2.4.1 Dispositivo de encaixe da caixa de papelão (I)



figura 5.2.4.2 Dispositivo de encaixe da caixa de papelão (II)

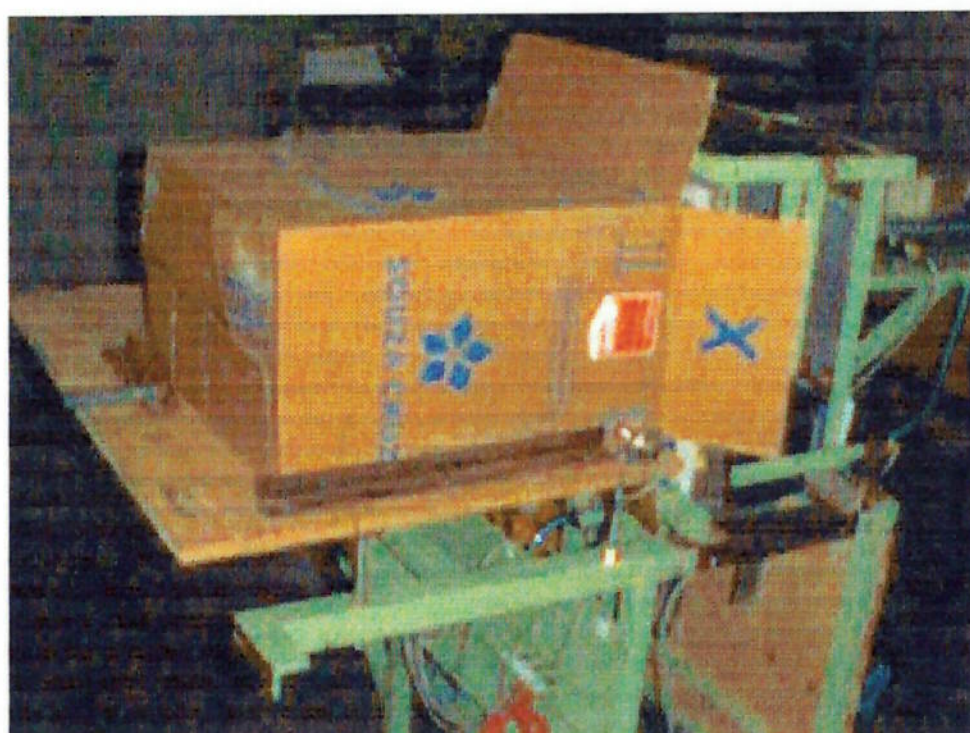


figura 5.2.4.3 Disposição da caixa de papelão relativa ao Magazine



figura 5.2.4.4 Disposição da caixa de papelão relativa a atuação do pistão Empurrador

A presença da caixa de papelão na posição correta é percebida através de um sensor capacitivo devidamente localizado.

A figura 5.2.4.5 mostra o posicionamento deste sensor.



figura 5.2.4.5 Posicionamento do sensor capacitivo

O dispositivo de encaixe da caixa foi fabricado a partir de um perfil retangular de aço devidamente cortado e soldado.

O acoplamento deste dispositivo com a base de madeira de apoio da caixa foi realizado através da colocação de dobradiças de latão. Foi ainda anexado a este dispositivo uma manopla com o intuito de facilitar o movimento do mesmo pelo operador.

5.2.5. De Apoio dos Pacotes quando Empurrados pelo Pistão Empurrador

Com o objetivo de se evitar a queda dos pacotes de cigarro quando estes estão sendo levados para o interior da caixa através do pistão Empurrador e assegurar que com qualquer que seja a velocidade de atuação do pistão Empurrador não ocorra a queda dos pacotes foi desenvolvido um apoio para os mesmos. Este apoio consiste de uma tira de material acrílico preso a dois pistões de pequenas dimensões. Quando da 5ª

(quinta) subida do pistão Elevador a cada meio-ciclo os pequenos pistões são acionados de modo a fazer avançar a tira de material acrílico e , desta maneira, apoiar sobre ela os pacotes de cigarro. Do fato dos pistões e da tira acrílica acompanhar o movimento do pistão Empurrador resulta a impossibilidade de queda dos pacotes.



figura 5.2.5.1 Pistão e acoplamento da tira acrílica

5.2.6.De Abertura para Retirada de Pacotes Encalhados

Executou-se a montagem de uma porta basculante localizada na lateral oposta à entrada dos pacotes através da esteira. A utilização desta porta está relacionada a retirada de pacote(s) de cigarro que por ventura venham a ficar presos ou encalhados em alguma das partes do Magazine.

Esta porta é provida de uma trava que a posiciona em uma posição normal de funcionamento. A abertura desta trava e o deslocamento da porta através do basculamento proporcionado pelas dobradiças leva a uma parada no funcionamento da máquina através da detecção deste movimento por um sensor indutivo devidamente localizada na estrutura principal.



figura 5.2.6.1 Mecanismo de abertura para retirada de pacotes encalhados (I)

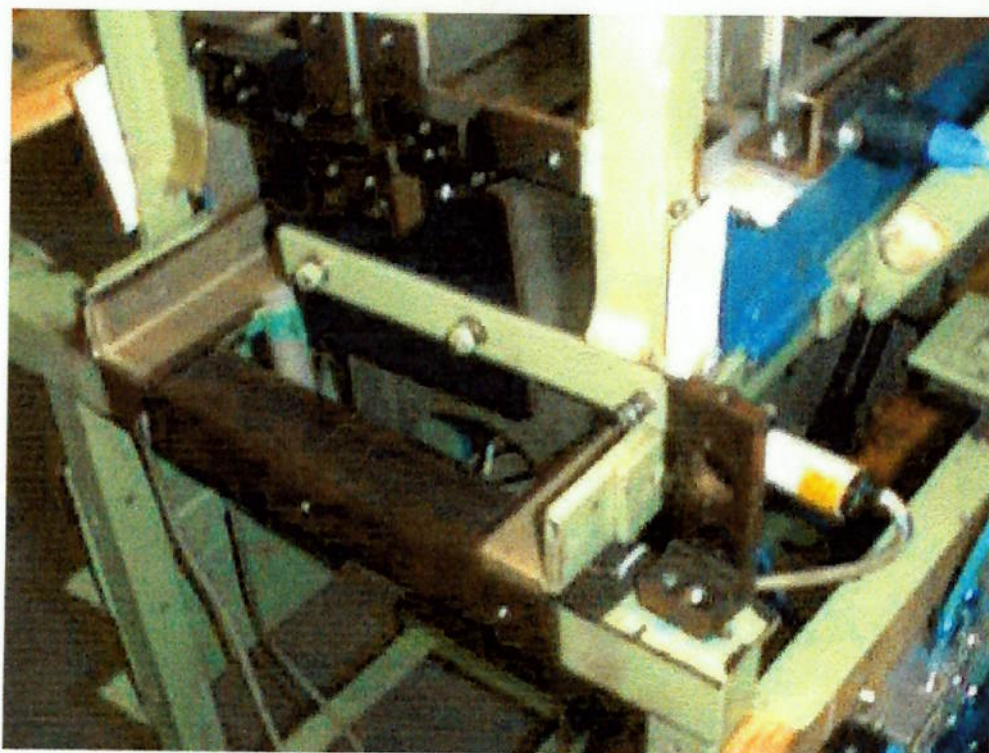


figura 5.2.6.2 Mecanismo de abertura para retirada de pacotes encalhados (II)

5.3. Dispositivos Elétricos e Pneumáticos

O painel que engloba as partes elétrica e pneumática, além do CLP e da Expansão, pode ser visto na figura 5.3.1.

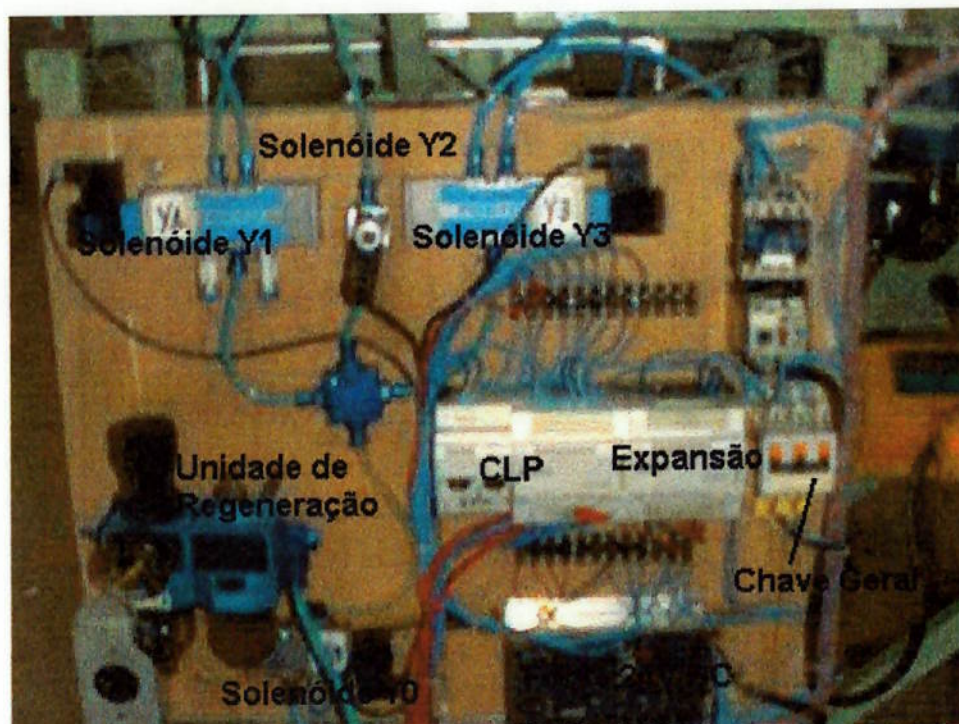


figura 5.3.1 Painel elétrico e pneumático

A partir desse ponto, o texto se referirá ao número do solenóide, indistintamente à válvula por ele comandada, e, no caso dos solenóides de números 1, 2 e 3, ao consequente avanço ou retorno dos respectivos pistões dos cilindros pneumáticos.

O Painel de Comando constitui a interface entre o operador e a máquina. Traz todas as informações necessárias para seu funcionamento, bem como todo o comando para sua operação (figura 5.3.2).



figura 5.3.2 Painel de Comando

O painel de comando nada mais é do que uma visualização mais amigável de alguns estados, entradas ou saídas do CLP. Assim, os botões Emergência, Pulso Falso e Liga/Inicia são 3 das entradas digitais do controlador, e as lâmpadas de Máquina em Operação, Falta de Caixa, Encalhe e Caixa Pronta são 4 de suas saídas digitais.

Na parte de potência, usou-se um motor Eberle de 0,25cv, para a movimentação da esteira de pacotes (figura 5.3.3).

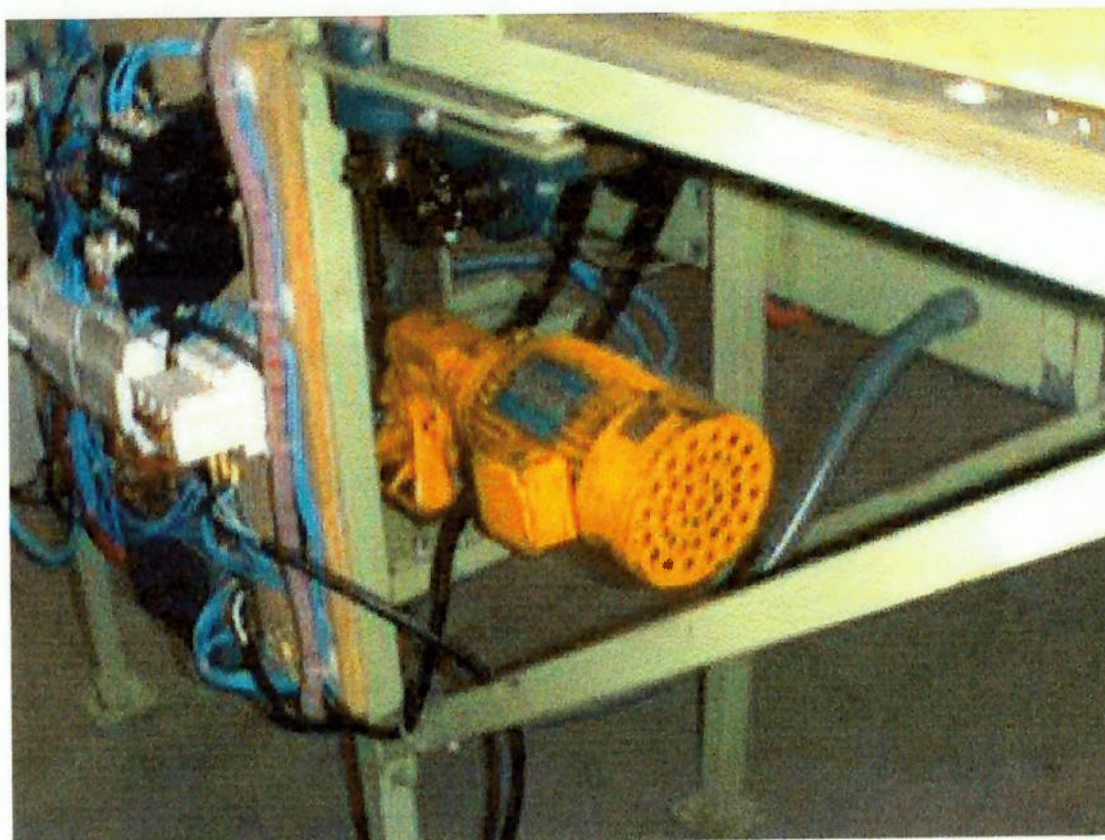


figura 5.3.3 Motor acionador da esteira de pacotes

Esse motor é comandado por um contator, com relé térmico para proteção. Há ainda uma chave geral (disjuntor), que alimenta o contator do motor, o relé de estado sólido (RES) e a fonte 24V DC. O esquema elétrico detalhado das ligações elétricas pode ser visto na figura 5.3.4.

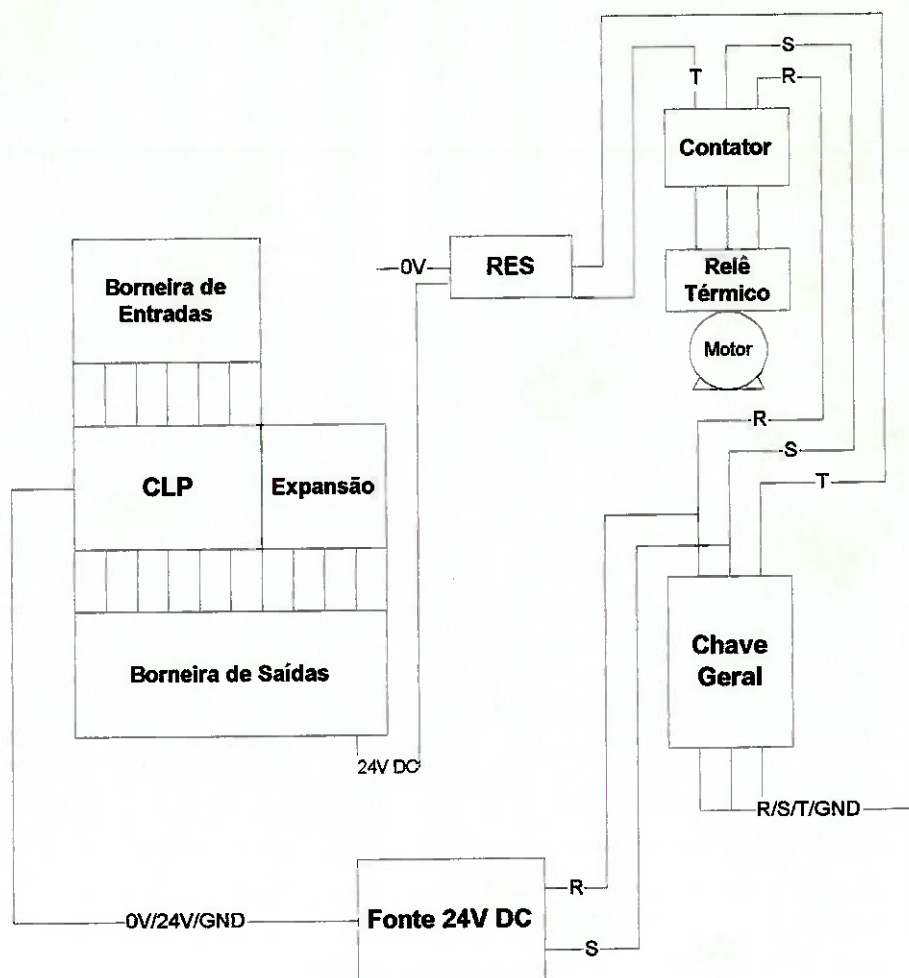


figura 5.3.4 Esquema elétrico da máquina

A chave geral alimenta direta ou indiretamente, todos os dispositivos elétricos da máquina. Duas fases vindas da rede (220V) são conectadas ao contator do motor. A terceira fase vem do RES, que conduz ou não, dependendo de uma saída digital do CLP. Assim, o controle do motor é feito pelo CLP. As 3 fases de saída do contator passam pelo relé térmico, e então são conectadas ao motor.

Duas fases da chave geral também alimentam a fonte 24V DC, de onde são extraídas as alimentações do CLP, Expansão e dos sensores utilizados.

Foram usados 5 sensores indutivos e um capacitivo, de acordo com as especificações do projeto inicial. Os sensores indutivos (NPN) são responsáveis pela

detecção do posicionamento dos pacotes na fileira de inserção (2 unidades), funcionam com como uma “chave de fim de curso” para os pistões do Elevador e do Empurrador e para a detecção da posição da portinhola (figura 5.3.5).



figura 5.3.5 Sensor indutivo responsável pela detecção da posição da portinhola

Conforme dito anteriormente, os sensores indutivos detectam apenas metais, e conseguem detectar os pacotes de cigarro em função da envoltória de alumínio presente em cada maço. O sensor capacitivo (NPN) é responsável pela detecção da presença da caixa de papelão (figura 5.3.6), visto que um sensor indutivo não seria aplicável nesse caso.



figura 5.3.6 Sensor capacitivo para a detecção da presença da caixa de papelão

Toda a parte pneumática é controlada pelo CLP. Este é responsável pela geração dos sinais para as válvulas eletropneumáticas utilizadas. Para tal, utiliza-se dos sinais de entrada dados tanto pelo operador (Liga/Inicia, Pulso Falso e Emergência), quanto da aquisição dos estados do sistemas através dos sensores (Encalhe, Falta de Caixa, Pacotes na Fileira de Inserção e Posições dos Pistões).

Foram utilizadas 2 válvulas 5-2 vias para o comando dos cilindros de dupla-ação, conforme especificado no projeto inicial. Também foi utilizada uma válvula 3-2 vias para o comando dos cilindros de simples ação. O ar comprimido proveniente da rede é tratado na unidade de regeneração, em que há um pressostato para a regulação da pressão do sistema. Há ainda uma válvula distribuidora (Y0), responsável pela redundância mecânica para a segurança da máquina. Ela desabilita a passagem do ar comprimido para as válvulas Y1, Y2 e Y3 quando o botão de emergência for pressionado, ou quando a portinhola estiver aberta. Isso impede o avanço de qualquer

pistão em situações imprevistas, evitando um possível acidente ou maior dano ao produto.

Os atuadores são ao todo 4 cilindros pneumáticos. Dois deles são de dupla-ação, denominados elevador e empurrador (figuras 5.3.7 e 5.3.8).



figura 5.3.7 Cilindro pneumático de dupla-ação (Elevador)

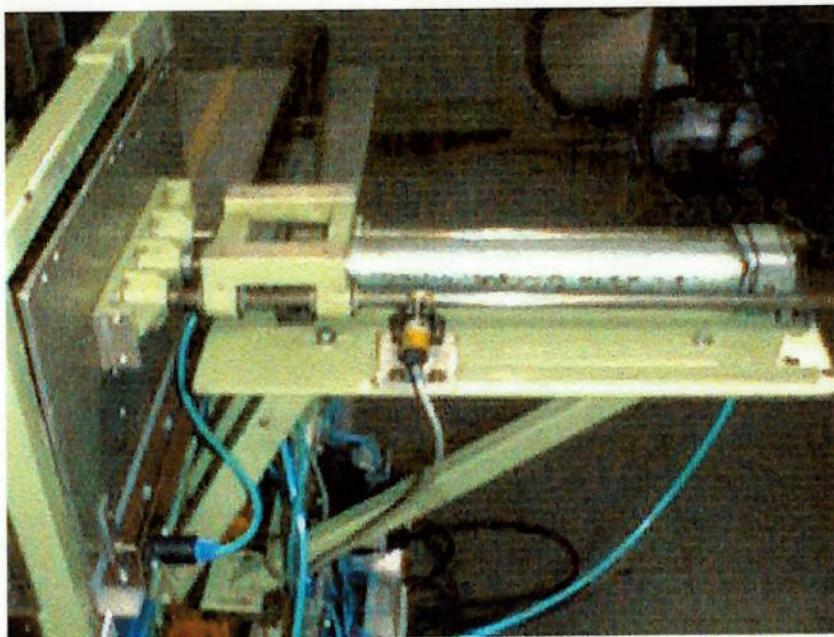


figura 5.3.8 Cilindro pneumático de dupla-ação (Empurrador)

Os demais são de simples-ação, responsáveis pelo movimento do apoiador de pacotes, conforme pode ser visto na figura 5.3.9.

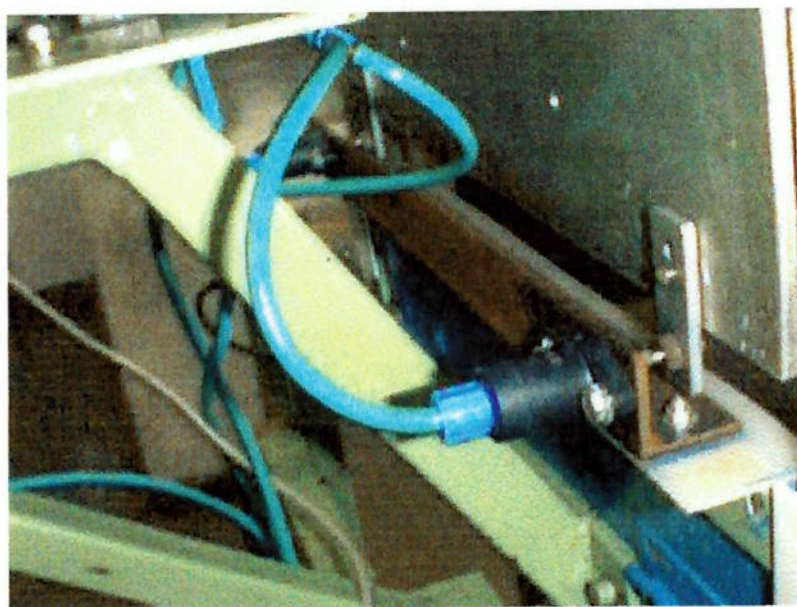


figura 5.3.9 Cilindros de ação-simples (Apoiador)

5.4. Controle

O controle do processo é feito por um CLP (Controlador Lógico Programável) Klockner Moeller, da série PS4-200. A ele foi acoplada uma Expansão de 16 saídas digitais (escravo), a LE4-116-XD1. As especificações do controlador já foram previamente dadas na fase inicial desse projeto, cabendo ao presente tópico abordar a estratégia de controle que foi efetivamente utilizada.

Em primeiro lugar foi analisado o aspecto da segurança do operador, e, conseqüentemente, a minimização dos danos ao produto. Assim, o botão de emergência desabilita o fluxo de ar comprimido para os cilindros, bem como desliga o motor da esteira. A abertura da portinhola provoca ação semelhante do controle. Em qualquer um dos casos a lâmpada Encalhe se acende.

A sequência básica de tarefas a serem desempenhadas para o preenchimento da caixa não foi alterada. A cada 5 pacotes que entram na fileira de inserção, ocorre um pulso do Elevador. Após 5 pulsos do Elevador ocorre um pulso do Empurrador. A cada 2 pulsos do Empurrador se tem uma caixa cheia. Surgiram dois novos cilindros pneumáticos, comandados por um único solenóide (Apoiador). O Apoiaador tem como função apoiar os 25 pacotes do Acumulador quando do avanço do Empurrador.

Os pacotes que entram na Fileira de Inserção impulsionados pela esteira não são mais contados, para determinar o avanço do Elevador. Foram usados 2 sensores indutivos sob a Fileira de Inserção, um em seu início e outro no seu fim, para determinar o momento em que ela está cheia com 5 pacotes (figura 5.4.1). Quando a Fileira de Inserção está completa, é dado o pulso para o avanço do Elevador. Durante o avanço desse pistão, a esteira pára.



figura 5.4.1 Sensores indutivos na base da Fileira de Inserção (vista superior)

Depois que já há 4 fileiras de pacotes no Acumulador, no próximo avanço do Elevador, o retorno deste cilindro é temporizado, para que haja tempo para o Apoiador avançar e se posicionar sob os pacotes. Apenas depois do avanço do Apoiador, caso haja caixa na posição correta (lâmpada Falta de Caixa apagada) é que se dá o avanço do Empurrador. A cada 2 avanços do Empurrador, monitorados por um contador, é habilitada a saída para a lâmpada Caixa Pronta.

A lâmpada Máquina em Operação acende sempre que a chave geral está ligada, o programa do CLP carregado na memória e o botão Liga/Inicia pressionado. Caso o botão Pulso Falso seja pressionado, a lâmpada Máquina em Operação fica piscando, e a cada novo pulso desse botão será desempenhada a próxima tarefa da sequência de operação da máquina, independentemente dos estados dos sensores. Essa rotina se presta para a simulação da máquina “em aberto”, isto é, sem produto. Ao se pressionar o botão de Emergência o modo de Pulso Falso é desabilitado.

A disposição das conexões de entradas e saídas no CLP e na Expansão podem ser obtidas na Lista de Referência, no Anexo I. O programa do CLP, feito na linguagem própria do fabricante, a SUCOsoft S30-S 4-200, pode ser encontrado no Anexo II. A linguagem de programação em questão é baseada em Diagrama de Relês.

5.5.Lista de Peças

Na tabela 5.5.1 são listadas as peças importantes utilizadas na construção da máquina acondicionadora automática de pacotes de cigarro.

tabela 5.5.1 Lista de componentes da máquina

Componente	Fabricante	Quantidade	Observações
Motor	Eberle	1	0.25cv, trifásico
Sensor Indutivo	SENSE	6	PS8-18GM50
Sensor Capacitivo	SENSE	1	CS20-30H-A
CLP	Klockner Moeller	1	PS 4-200-MM1
Expansão	Klockner Moeller	1	LE4-116-XD1
Válvula 5-2 Vias	FESTO	2	151870 MFH-5/2
Válvula 3-2 Vias	FESTO	1	MC-3-1/8
Válvula 2-2 Vias	FESTO	1	MFHB-2-1/8
Unidade de Regeneração	FESTO	1	FRC-1/8-D
Cilindro Pneumático de Simples Ação	FESTO	2	AHG-25-10
Cilindro Pneumático de Dupla Ação	FESTO	2	DSNU-25-PPV

6. Conclusão

Desde o início, momento em que se delineou um tema e um projeto a partir daquele que se desenvolveria, percebeu-se a importância acadêmica e a possibilidade de desenvolvimento e aprimoramento das capacidades obtidas durante todo o curso de engenharia.

O desafio do projeto foi constituído de análises sucessivas e refinamentos de soluções obtidas inicialmente. As dificuldades encontradas durante a construção e implementação do protótipo não puderam ser previstas com antecedência, e, portanto, comprovam que um trabalho de engenharia é feito ciclicamente conforme a espiral de projeto.

Finalmente, o perfeito funcionamento do protótipo e sua completa adequação aos objetivos propostos pôde demonstrar a capacitação no solucionamento de problemas e dúvidas dos alunos envolvidos.

Anexo I

Lista de Referências

B1	I 0.0	Botão Inicia
B2	I 0.1	Botão Pulso Falso
SI-1	I 0.2	Primeiro sensor da fileira de inserção
SI-2	I 0.3	Segundo sensor da fileira de inserção
SI-3	I 0.4	Detector de retorno do pistão
SI-4	I 0.5	Detector de retorno do pistão
SI-6	I 0.6	Sensor Presença de Caixa
SI-5	I 0.7	Emergência ou Encalhe
Y0	Q 0.0	Solenóide do Ar Geral
Y1	Q 0.1	Solenóide do Empurrador
Y2	Q 0.2	Solenóide do Apoiador
Y3	Q 0.3	Solenóide do Elevador
CM-1	Q 0.0.1.0.0	Contator do Motor da Lona
L1	Q 0.0.1.1.0	Lâmpada Máquina em Operação
L2	Q 0.0.1.1.1	Lâmpada Falta de Caixa
L4	Q 0.0.1.1.3	Lâmpada Caixa Pronta

Anexo II

Programa do CLP

00000 CONFIG "este bloco inclui o arquivo de configuração

#include "tf1.k42"

00001 COMANDO "comando para ligar maq.

L 'B1

O M 3.0

A 'SI-5

= M 3.0

LN 'SI-5

= 'L3

L M 3.0

= 'Y0

= 'L1

L M 3.0

AN 'Y3

= 'CM-1

00002 BL_TEST "Define sequencia de teste da maquina em condição MANUAL

TR0 -MS

S: LN 'CM-1

A 'B2

R:

STOP:

I: KW 50

EQ: S M 4.0

Q:

TR1 -MS

S: L M 4.0

AN 'SI-5

R:

STOP:

I: KW 150

EQ: R M 4.0

Q:

TGEN0

S: L M 4.0

A 'SI-5

I: KW 250

P: M 4.1

L M 4.0

JCN ELEVADOR

L M 4.1

= 'L1

L TR2 EQ

A 'SI-3

S M 4.3

L M 4.3

AN 'SI-3

R M 4.3

L M 4.3

= 'Y3

L 'B2

A M 4.7

= M 4.6

TR2 -MS

S: N M 4.3

R:

STOP:

I: KW 500

EQ: M 4.7

Q: JP EMPURRAD

00003 ELEVADOR "este bloco executa o comando do elevador de pacotes

TR4 -MS

S: L 'SI-2

A 'SI-1

R:

STOP:

I: KW 1000

EQ: S M 2.0

Q:

L M 2.0

A 'SI-3

S M 2.1

LN M 2.2

O M 2.5

A 'Y3

AN 'SI-3

R M 2.1

R M 2.0

L M 2.1

= 'Y3

00004 EMPURRAD "Este bloco executa o comando do empurrador de pacotes

SR1 -6

U: 'Y3

D:

R: M 2.3

IU: K 1

ID:

Q0:

Q1:

Q2:

Q3:

Q4: M 2.2

Q5:

L M 2.2

A 'SI-6

A 'SI-4

AN 'Y3

S M 2.3

L M 2.3

AN 'SI-4

R M 2.3

TR6 -MS

S: L M 2.3

R:

STOP:

I: KW 2000

EQ: = 'Y1

Q:

00005 APOIADOR "Este bloco executa o comando do apoiador de pacotes

L M 2.2

S M 2.4

L M 2.1

O 'Y3

A M 2.4

AN 'SI-3

S M 2.5

L M 2.5

AN 'SI-4

R M 2.5

R M 2.4

L M 2.5

=N 'Y2

00006 PRESCAIX "Este bloco verifica a presença de Caixa

LN 'SI-6

= 'L2

00007 CXPRONTA "Caixa Pronta

C0

U: 'Y1

D:

S:

R: M 5.1

I:

Z:

Q: MW0

CP0

I1: MW0

I2: KW 2

GT:

EQ: S M 5.1

LT:

L M 5.1

= 'L4

LM 5.1

A'B1

RM 5.1

EP

Bibliografia

KLOCKNER MOELLER. **Hardware e Projeto:** mini-controlador PS 4-201-MM. Bonn, s.ed., 1995.

KLOCKNER MOELLER. **Programação:** SUCOcontrol PS 4-201-MM. Bonn, s.ed., 1994.

FESTO. **Automação Pneumática:** Catálogo Linha Geral Festo. 2.ed. s.l., 1996.

SENSE. **Catálogo Geral.** s.n.t.

MIYAGI, P.E. **Controle Programável:** Fundamentos de Controle de Sistemas Sequenciais a Eventos Discretos. São Paulo, Edgard Blücher, 1996.

