

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Curso de Engenharia Elétrica

**Relatório de Estágio Integrado**  
**Área: Controle e automação industriais**



Disciplina: Estágio Integrado  
Discente: Ítalo George Leite  
Orientador: Carlos Alberto da Rocha  
Supervisor: André Rodrigo Vieira  
Local: Barry Callebaut S.A. Brasil – Ilhéus –BA

Campina Grande – PB

2005

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Curso de Engenharia Elétrica

**Relatório de Estágio Integrado**  
**Área: Controle e automação industriais**

**Estágio na Barry Callebaut – Empresa de  
beneficiamento de cacau**

Disciplina: Estágio Integrado

Discente: Ítalo George Leite

Orientador: Carlos Alberto da Rocha

Supervisor: André Vieira

Local: Barry Callebaut S.A. Brasil – Ilhéus –BA

Campina Grande – PB  
2005



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a minha família por toda força concedida para superar as adversidades encontradas ao longo do curso de graduação em Engenharia Elétrica.

A todos os funcionários da Barry Callebaut Brasil S.A. que facilitaram e tornaram o ambiente o mais agradável possível, como forma de compensar as privações e renúncias necessárias diante da escolha de ser Engenheiro Eletricista, sobretudo por trabalhar longe da família e de amigos.

Ao gerente industrial da Barry Callebaut Brasil S.A., André Vieira, por elaborar um plano de estágio bem direcionado, com possibilidades de total integração com o processo produtivo e demais setores da empresa, além da orientação ao longo de todo estágio, mostrando-se sempre muito próximo, acessível e consciente das dificuldades encontradas como estagiário e sempre auxiliando na resolução das mesmas.

## SUMÁRIO

Resumo.....	2
1 Introdução.....	3
2 Barry Callebaut Brasil S.A.....	4
2.1 Histórico.....	4
2.2 Capacidade Produtiva e participação no mercado.....	8
3 O Cacau.....	11
3.1 A origem.....	11
3.2 Característica e composição.....	12
3.3 Plantio e colheita do cacau.....	13
4 Processo produtivo.....	17
4.1 Limpeza de cacau.....	18
4.2 Torrefação, separação de cascas e moagem.....	22
4.3 Tratamento, refino e prensagem de massa.....	25
4.4 Filtragem, desodorização e embalagem de manteiga.....	29
4.5 Tratamento de granulado, moagem e embalagem de pós.....	33
5 Estudo do microcontrolador SIEMENS LOGO.....	35
6 Projeto de automação.....	40
6.1 Descrição geral do processo.....	40
6.2 Redução do tempo de prensagem.....	47
6.3 Redução do tempo ocioso.....	49
6.4 Sistema de controle automático.....	50
7 Conclusão.....	59
8 Referências Bibliográficas.....	60
Anexo A – Fluxogramas das etapas produtivas.....	61
Anexo B – Programa de automação.....	67

## RESUMO

As atividades descritas neste relatório foram realizadas durante o período de estágio integrado na Barry Callebaut Brasil S.A. localizada na cidade de Ilhéus-BA, empresa do ramo de beneficiamento de cacau, com a finalidade de produzir insumos para a fabricação de chocolate como produto acabado.

O estágio foi composto de duas partes bem definidas. Durante dois meses, foram realizadas atividades de observação e acompanhamento de todo o processo produtivo e da matéria prima, o cacau, e suas peculiaridades. Os últimos quatro meses foram dedicados à atuação em pequenas ocorrências de manutenção do dia a dia de uma indústria. Esse período foi concluído com um projeto de automação de um dos equipamentos fundamentais do processo a Prensa Hidráulica.

Palavras Chaves: processo produtivo, controlador lógico programável, prensa hidráulica, cacau.

## 1. Introdução

Este relatório é referente ao estágio curricular realizado, em tempo integral, na empresa Barry Callebaut Brasil S.A., localizada em Ilhéus – Ba, no período de 1 de setembro de 2004 a 1 de março de 2005, como disciplina do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande

O direcionamento do estágio foi realizado a partir de um cronograma elaborado pela gerência industrial, abordando desde o plantio do cacau ao processo produtivo de beneficiamento, finalizando com o produto pronto para comercialização.

O objetivo do estágio, além do conhecimento de todos os setores da empresa, foi o acompanhamento da rotina diária de cada setor, como também a atuação direta visando melhorias no processo e em equipamentos de produção. Em paralelo a esses trabalhos, foram acompanhadas montagens de equipamentos, inspeções de manutenção preditiva (análise de vibração, termografia, ultra-som, partículas magnéticas) e foi realizada a elaboração e implementação de um projeto de automação em um dos equipamentos do processo produtivo a Prensa NAGEMA.

O estagiário participou, ainda, de treinamentos ligados às Boas Práticas de Fabricação (BPF), à Segurança do Trabalho, à Qualidade Total, a Sistemas de Gestão da Qualidade ISO 9001:2000 e à Análise de Vibração (empresa ifm-Electronic Ltda).

## 2. A Empresa Barry Callebaut Brasil S.A.

### 2.1 Histórico

A Empresa Barry Callebaut Brasil S.A. tem sua sede na cidade de Ilhéus-BA, sendo, atualmente, gerenciada pelo Sr. André Vieira, Gerente Industrial da planta no Brasil conforme mostrado na Fig. 2.1.

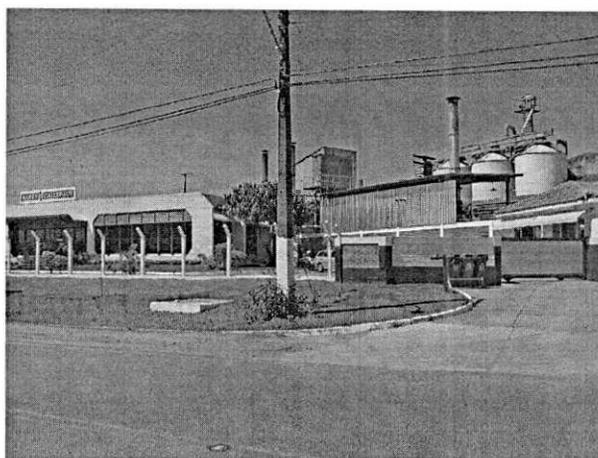


Fig. 2.1 – Barry Callebaut Brasil S.A.

As atividades da Barry Callebaut, aqui no Brasil, tiveram início em 2001. A planta em que, hoje, a Barry Callebaut executa sua produção pertencia à empresa Berkau. Em Outubro de 1993, o grupo Chadler assumiu o controle, e atuou até Maio de 2001.

Com sede na Suíça, a Barry Callebaut é hoje, no âmbito mundial, um dos maiores grupos na produção de alta qualidade de chocolates e produtos de cacau, sendo constituída, atualmente, por 23 empresas, situadas em 22 países da Europa, África, América do Norte, América do Sul e Ásia. No Brasil tem como clientes as empresas: Kraft Foods, Nestlé, Arcor e Quaker. Já no mercado externo, atende a todo o grupo da Barry Callebaut. A distribuição geográfica das unidades do grupo e as respectivas atividades desenvolvidas são apresentadas na Fig. 2.2. Nessas unidades, são desenvolvidas uma ou mais das seguintes atividades:

- Produtos intermediários (*Semi-finished products*);
- Produtos finais (*Chocolate e Compounds*);
- *Gourmets* e Escritórios (*Service Center*).

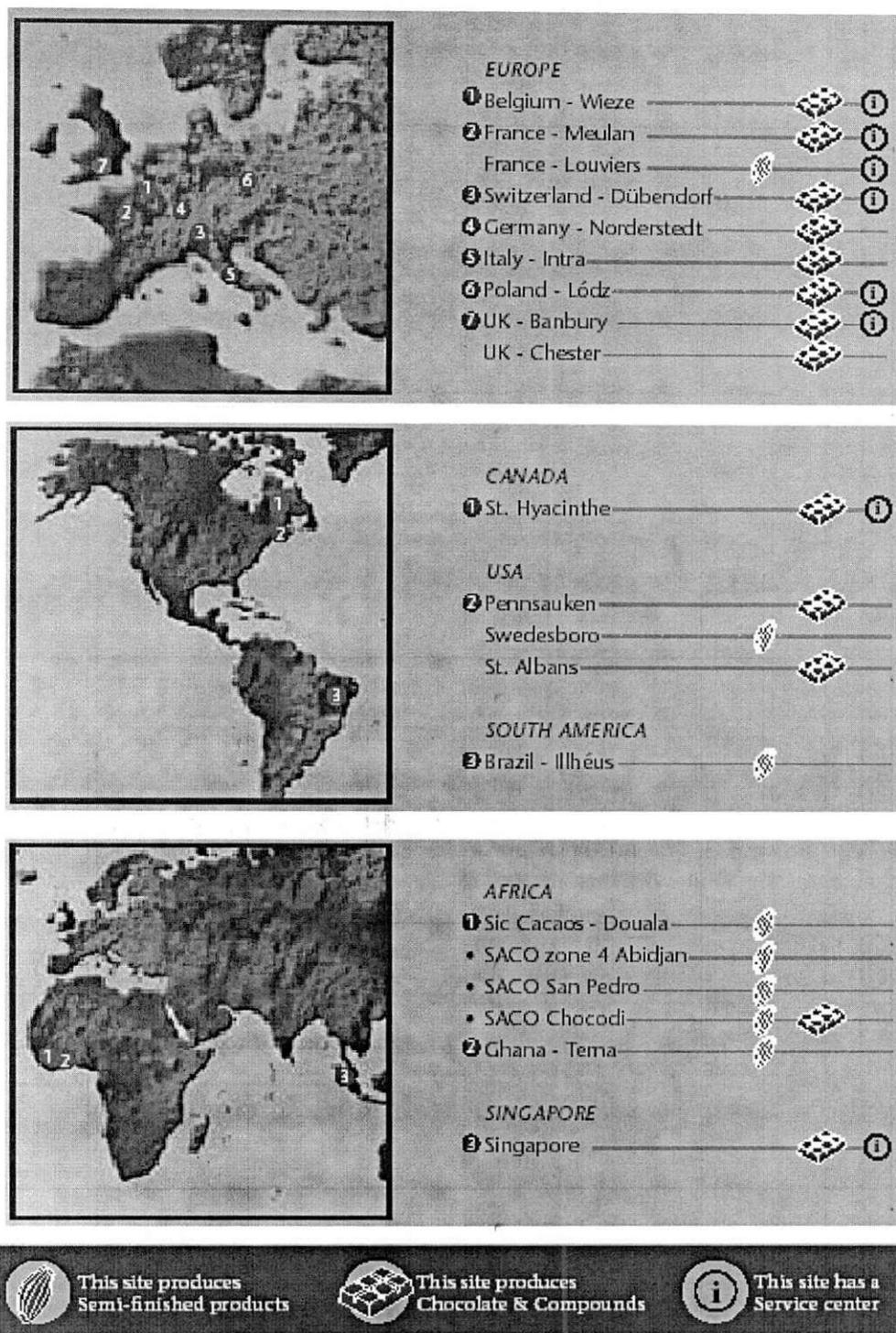


Fig. 2.2 – Distribuição geográfica das empresas do Grupo Barry Callebaut

Na planta Brasil, são produzidos os itens referentes ao grupo “cacau” como apresentado na Fig. 2.3.

- Líquor;
- Manteiga de Cacau;
- Torta;
- Pó.

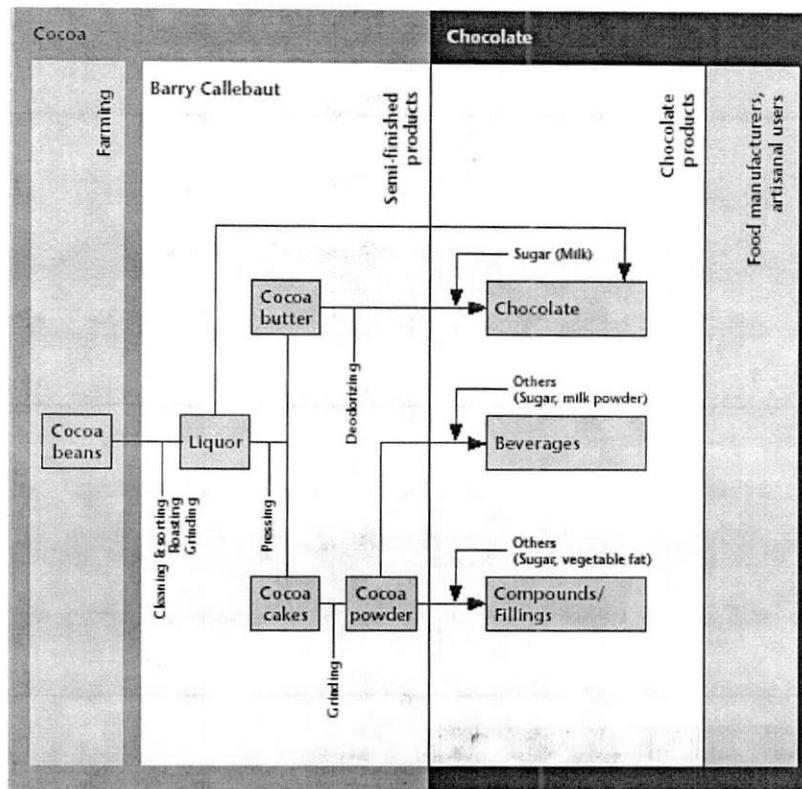


Fig. 2.3 – Fluxograma do processamento de cacau

Para cada um dos produtos, há vários tipos de especificações, diferenciadas na composição físico-química, ou seja: Teor de Gordura, pH, Umidade, Acidez, Granulometria e Cor:

- LIQUOR:
  - Liquor Natural;
  - Liquor Alcalino;
- TORTA:
  - Torta Natural;
  - Torta Alcalina;
- MANTEIGA:
  - Manteiga Natural;
  - Manteiga Desodorizada;
- PÓ:
  - Pó Preto;
  - Pó Natural;
  - Pó Alcalino.

A diferenciação entre produtos naturais, alcalinos e pretos consiste em que os alcalinos são tratados, quando se encontram no estado de líquido, ou seja, como massa resultante da moagem das amêndoas torradas, com bicarbonato de potássio e os pretos são tratados com bicarbonato de amônia, enquanto que produtos naturais, como sugere o próprio nome, não recebem nenhum aditivo.

A evolução da unidade fabril no Brasil desde a fundação da Chadler até a aquisição pela Barry Callebaut, é apresentada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Evolução da fábrica Barry Callebaut no Brasil

ANO	ETAPAS
1944	A empresa foi fundada por José Adler com o nome CHADLER Industrial da Bahia S.A. Inicialmente, fabricavam-se chocolates e a capacidade de processamento era de 1.000 ton cacau/ano, passando a 14.000 ton anuais em 1965.
1974	Os grupos HERSHEY FOODS e GENERAL COCOA associaram-se a CHADLER e ao grupo majoritário ADLER e, dois anos após esse evento, a capacidade de processamento passou a 32.000 ton/ano.
1980	Com novas instalações e modernizações, a área construída passou a 16.000 m <sup>2</sup> e a capacidade, para 60.000 ton de cacau processadas ao ano.
1984	Com o objetivo de comercializar tipos especiais de cacau em pó, nos EUA, deu-se início às operações da subsidiária CHADLER USA INC.
1986	Recompra-se as participações em poder dos grupos estrangeiros GENERAL COCOA e HERSHEY FOODS.
1990	A CHADLER deixou de fabricar os chocolates e coberturas.
1995	Por problemas ambientais e logísticos, a empresa transferiu parte de seus equipamentos para Ilhéus, arrendando e ampliando as instalações da Indústria Berkau, e parte para os EUA, onde foi fundada a planta de Swedesboro/NJ.
1999	Concretização da venda do grupo CHADLER para a multinacional suíça Barry Callebaut.

2002	Acionada a opção de compra da unidade de Ilhéus, que foi concretizada em fevereiro/2003.
------	--

## 2.2 Capacidade produtiva e participação no mercado

Atualmente, a Barry Callebaut apresenta, aproximadamente uma média de corte de cacau de 60.000 sacos/mês, com cada saco pesando 60 kg, e apresentando um volume anual de 54.000 toneladas de produtos prontos para comercialização, distribuídos de acordo com o histograma da Fig. 2.4. O cacau processado na empresa tem origem na Bahia, no Pará e na Indonésia.

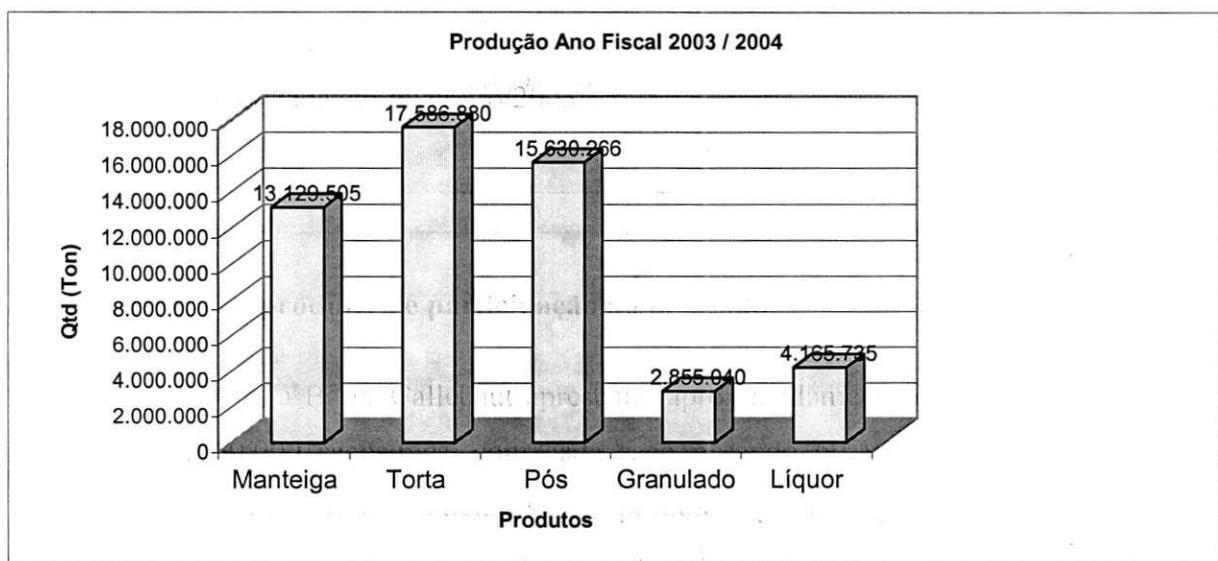


Fig. 2.4 – Produção anual distribuída por produtos

A importância da Barry Callebaut pode ser observada por seu potencial em termos de moagem de cacau, estando em segundo lugar, como mostra o histograma da Fig. 2.5, que destaca as empresas mais bem qualificadas em termos de moagem de cacau em nível mundial:

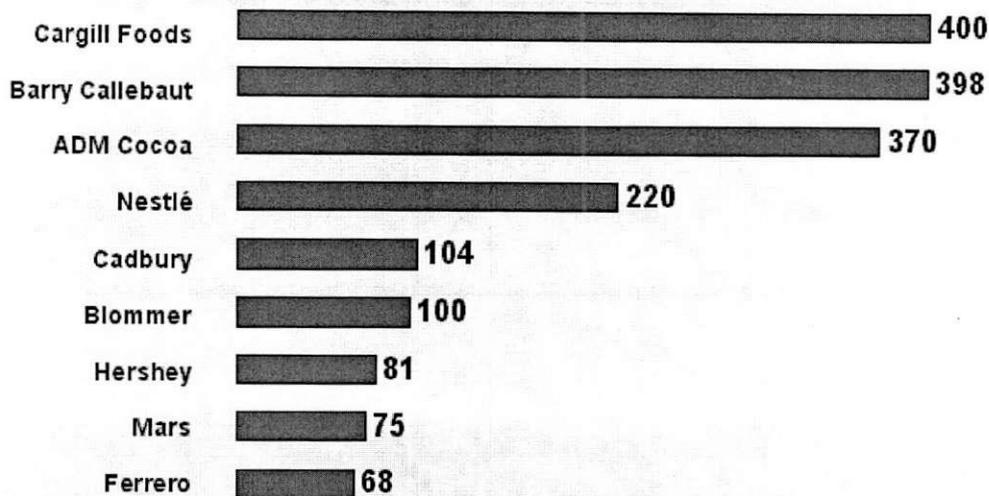


Fig. 2.5 – Capacidade de moagem (k ton/ano).

Com relação ao fornecimento de chocolates e sub produtos para o mercado mundial, está situada entre os principais fornecedores, ocupando o segundo lugar, apresentando um fornecimento abaixo apenas da Nestlé, como pode ser observado no histograma da Fig. 2.6.

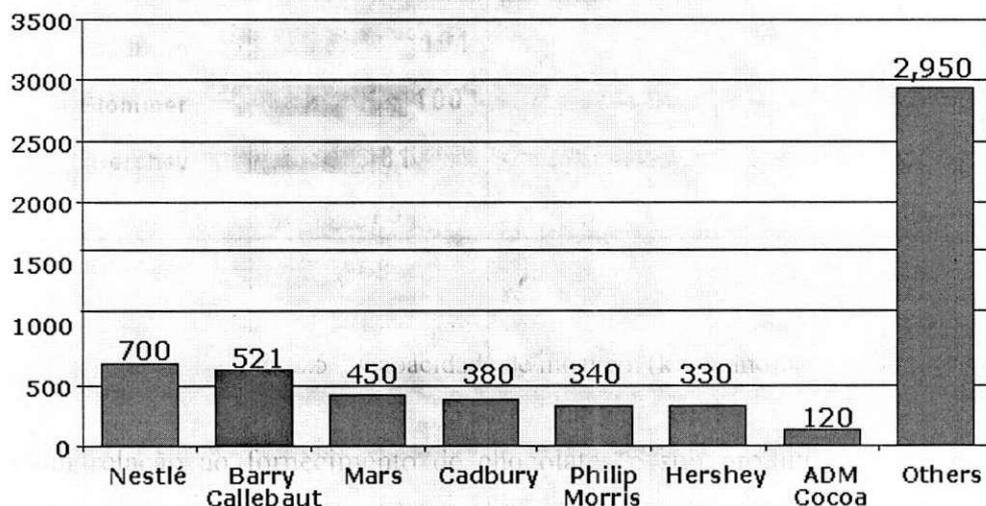


Fig. 2.6 – Principais fornecedores para o mercado mundial

A Barry Callebaut tem filiais de compra de cacau em algumas cidades da Bahia, que são responsáveis pela compra de cacau dos produtores, tendo como base taxas

pagas pelo mercado mundial e as variações cambiais. Essas filiais estão localizadas nas seguintes cidades da região cacaueteira do sul da Bahia mostrada na Fig. 2.7.

- Coaraci;
- Gandu;
- Camacan;
- Ubaitaba;
- Altamira;
- Ipiaú;
- Itabuna;
- Ilhéus.

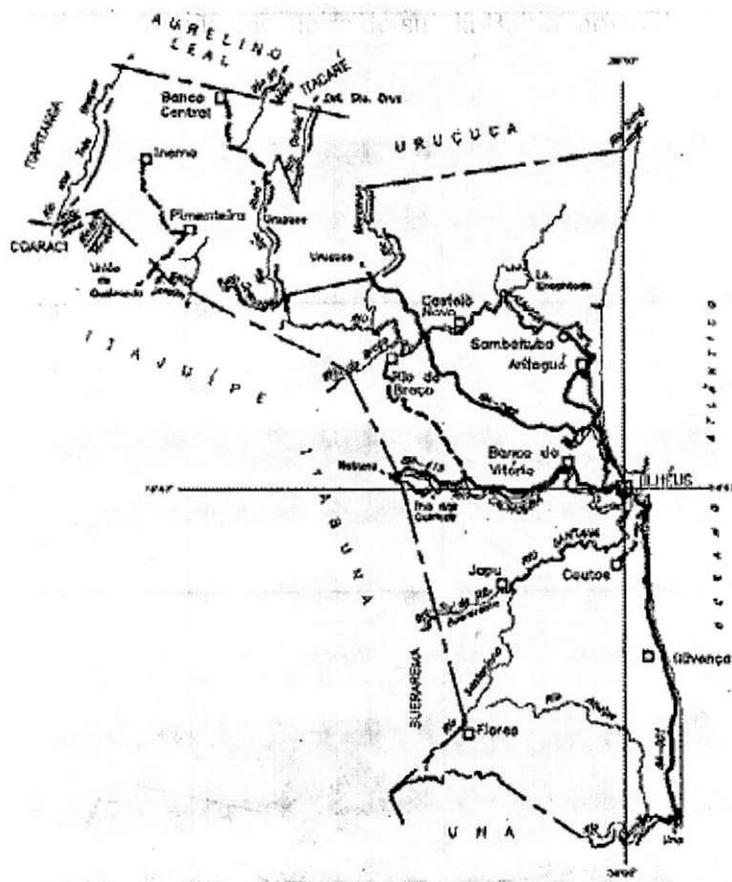


Fig. 2.7 – Região cacaueteira do sul da Bahia

### 3. O CACAU

#### 3.1 A Origem

Segundo a lenda Asteca, foi a serpente de plumas *Quetzalcoalt* (um Deus supremo) quem ofereceu, ao homem, a árvore de cacau - o cacauero (*Theobroma Cacao*; *Theo*-Deus, *broma*-alimento ou seja, “alimento dos deuses”). O cacauero é originário da América, e seu fruto e colheita são mostrados na Fig. 3.1.

Durante séculos, o cacau desempenhou um importante papel nas vidas dos povos primitivos da Américas Central e do Sul. Os Maias foram os primeiros a cultivar a árvore de cacau e também os primeiros que utilizaram os grãos de cacau como moeda (um escravo = cem “grãos de cacau”).

Com o descobrimento da América, em 1492, e as posteriores conquistas espanholas, as sementes de cacau foram levadas para a Europa, em fins do século XVI. O cacau foi utilizado primeiramente pela Espanha, passando logo à Itália, à Áustria e posteriormente, à França, e dali estendeu-se ao resto do Continente. Começaram, assim, os estudos dos processos para transformar a semente de cacau no produto que, hoje, é conhecido como chocolate, marcando-se o início de um ramo fundamental da indústria no campo da alimentação.

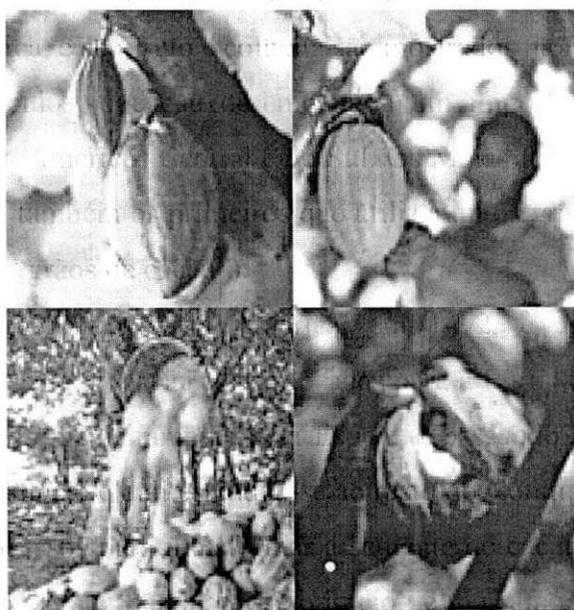


Fig. 3.1 - Cacau

### 3.2 Características e Composição:

Existem três grandes grupos de cacau:

- Crioulo (sementes arredondadas e brancas – equivalem a 10% da produção mundial);
- Forasteiro Amazônico (sementes achatadas – equivalem a maior produção mundial);
- Trinitário (conhecidos como híbridos).

O período de vida do cacauzeiro chega até 110 anos, sendo que a partir de 80 anos decai significativamente a produção de frutos.

- Altura da árvore de cacau:
  - 3 à 5 metros (3 anos);
  - 8 metros (12 anos).
- Fruto:
  - Comprimento: 10 à 25 cm;
  - Diâmetro: 6 à 12 cm;
  - Massa: 300 à 350 g.
- Maturidade:
  - 4 à 6 meses após floração / 25 à 45 sementes;
- Amêndoa (grão):
  - 20 à 25 mm de comprimento;
  - 12 à 16 mm de largura;
- Composição:
  - Matéria Gordurosa: 44 – 46%;
  - Amido: 15 – 20%;
  - Substância Nitrogenada: 13 – 15%;
  - Água: 6 – 8%;
  - Teobromina: 1 – 3%, (Quanto a Teobromina, podemos dizer que é uma substância alcalina, com efeitos análogos ao da cafeína).

### 3.3 Plantio e colheita do cacau

Antes de falar sobre o processo produtivo, é interessante ter conhecimento sobre o processo de colheita de cacau e das novas técnicas de plantio para evitar doenças, como a “vassoura de bruxas”.

Durante os dois meses iniciais de treinamento, foi realizada visita a uma fazenda de cultivo de cacau, onde foi possível observar todo o processo, do plantio à sua colheita.

A doença “Vassoura de bruxas” trouxe grandes prejuízos à região cacauceira, fazendo com que vários produtores desistissem do plantio de cacau, mudando para outras culturas ou até mesmo saindo da região. Atualmente a CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira), estuda, em laboratório, novas técnicas de plantio visando maior resistências do cacau à doença. E por meio das pesquisas chegaram a um novo tipo de cacau, chamado de cacau “híbrido” ou “clonado”, que nada mais é que a enxertia de espécies comprovadamente mais resistentes em pés de cacau antigos. A grande vantagem da enxertia é a obtenção de frutos num tempo bem menor que com o plantio a partir de sementes. A “vassoura de bruxa” e a técnica de enxertia são apresentadas na Fig. 3.2 e na Fig. 3.3 respectivamente.



Fig. 3.2 – Cacau com vassoura de bruxa      Fig. 3.3 – Técnica de clonagem do cacau

A nova técnica obteve bons resultados. A CEPLAC cede as mudas resistentes, analisadas em laboratório, e o próprio produtor realiza o enxerto no cacauzeiro adulto, aproveitando da planta apenas parte do caule. Atualmente, o cacau “clonado” é plantado em grande escala, trazendo novas esperanças aos produtores. Uma muda em

desenvolvimento e um pé já adulto, ambos resultantes do processo de enxertia, são mostrados na Fig. 3.4 e na Fig. 3.5 respectivamente.



Fig. 3.4 – Muda em desenvolvimento



Fig. 3.5 – Cacaueiro clonado adulto

O cacaueiro é uma planta que necessita de um aspecto climático característico para poder crescer saudável e produzir bons frutos. É encontrada por baixo de vegetações altas, que lhe proporcionam sombra, e em regiões onde a média entre chuva e sol é bastante regular, pois a preponderância de um desses fatores climáticos pode comprometer a plantação.

Na fazenda que foi visitada, foi possível observar que o processo de colheita do cacau é ainda artesanal, sem presença de mecanização. Um dos fatores responsáveis pela não mecanização é o difícil acesso às plantações, pois os cacaueiros ficam entre densas árvores e o relevo característico do terreno é irregular.

Depois de seu período de maturação (entre quatro e seis meses), o fruto está pronto para ser retirado do cacaueiro. Os cuidados e procedimentos do produtor, da colheita até a comercialização, consistem nos seguintes passos:

- 1) O cacau é coletado, “quebrado” e as amêndoas retiradas são colocadas em cima de uma lona plástica, sendo a casca jogada ao solo para servir de adubo orgânico como apresentado na Fig. 3.6;



Fig. 3.6 - Coleta e retirada da casca do cacau

2) Após a retirada do cacau, é feito o transporte das amêndoas até os coxos para armazenamento e fermentação, como mostrado na Fig. 3.7. A fermentação dura de cinco a sete dias.

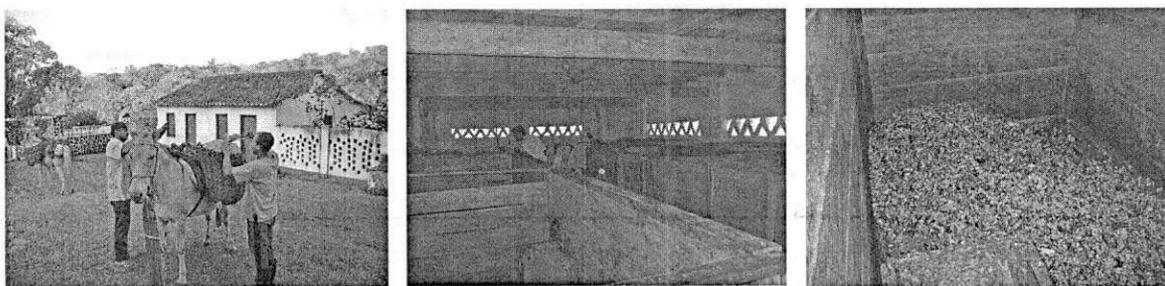


Fig. 3.7 - Transporte e fermentação das amêndoas de cacau

3) Depois da fermentação, o processo seguinte é a secagem das amêndoas, que são levadas até barcaças como mostrado na Fig. 3.8. As barcaças são casas construídas com telhados móveis, típicas em regiões de plantio de cacau, em cujos tetos o cacau passa alguns dias para poder ser comercializado. Quando a estação está chuvosa e não há possibilidade de secar as amêndoas de cacau nas barcaças, usam-se secadores à lenha como mostrados na Fig. 3.9.

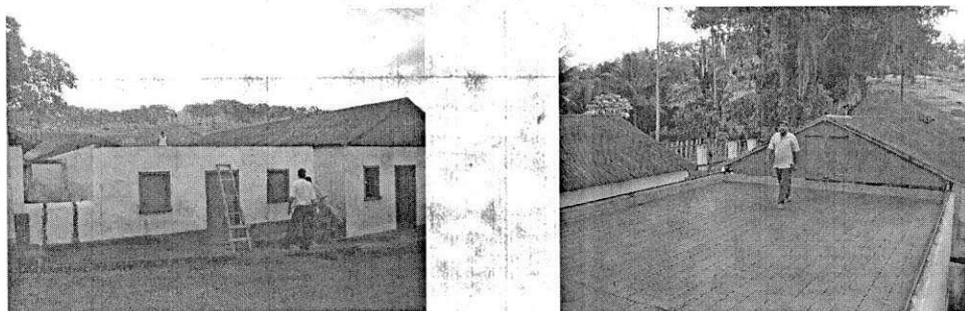


Fig. 3.8 - Barcaças utilizadas para secagem da amêndoa de cacau

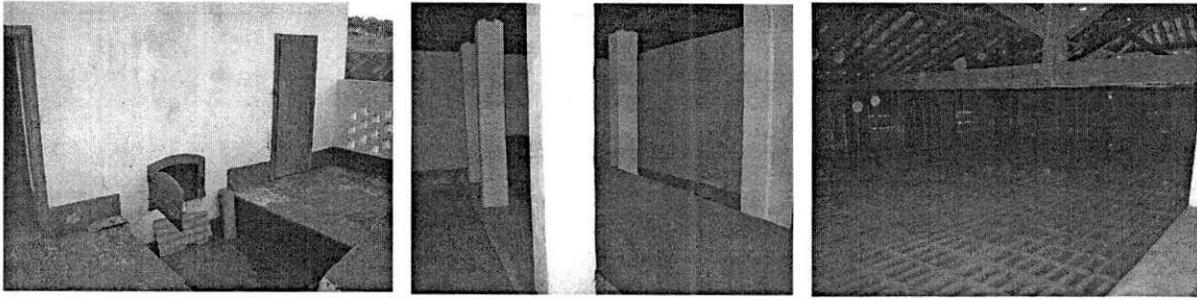


Fig. 3.9 – Secador a lenha, utilizado em dias nublados ou chuvosos.

4) Finalmente, após o processo da colheita até a secagem da amêndoa, a próxima etapa é a comercialização das amêndoas em sacos (60 kg), realizadas com as filiais de compra de cacau.

## 4. Processo Produtivo

A Barry Callebaut Brasil S.A., gera os seguintes produtos intermediários de cacau: líquido, torta, manteiga de cacau e pó. Esses produtos são produzidos com finalidades industriais e ainda não estão preparados para o consumo. O processo produtivo completo é apresentado na Fig. 4.1. Um gerente é responsável por toda a produção, auxiliado por um encarregado por turno produtivo, totalizando três encarregados de produção.

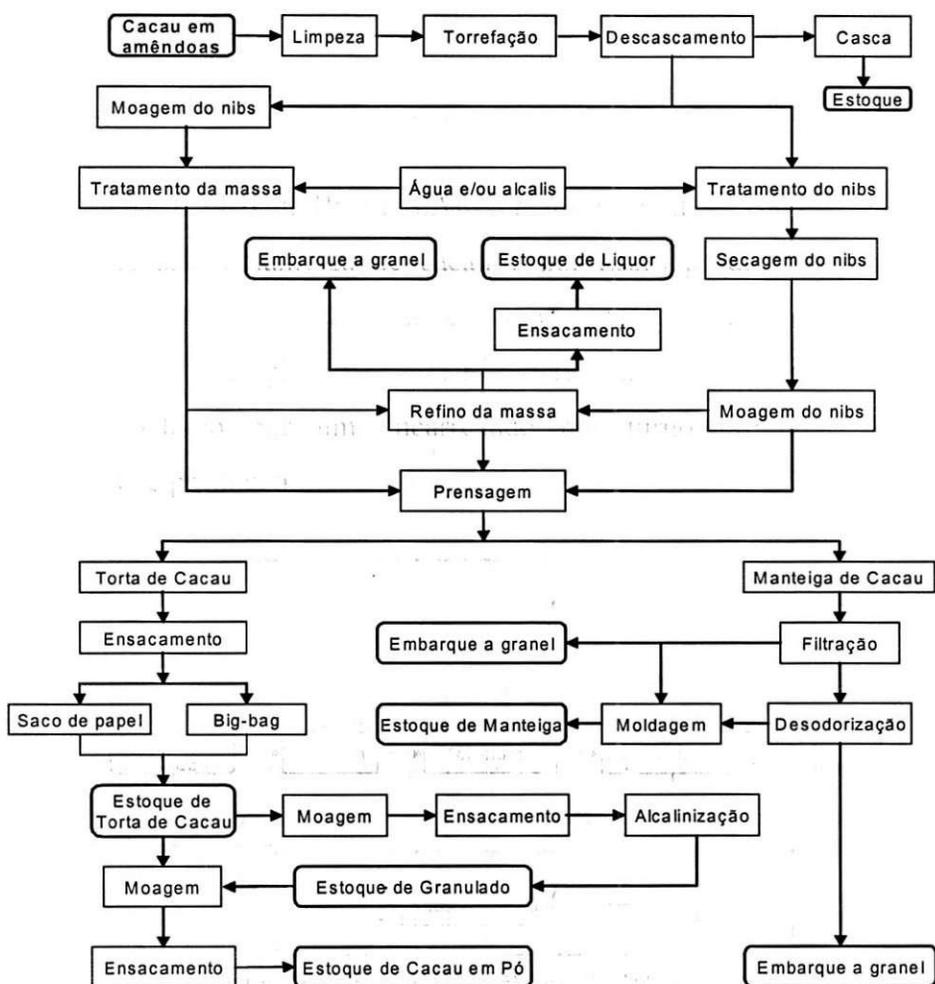


Fig. 4.1 - Fluxograma completo do processo produtivo

A empresa é organizada, informalmente, em setores de produção, que ocupam áreas específicas de acordo com cada etapa do processo de produção, que são os seguintes:

- Limpeza de Cacau – Setor onde é feita a limpeza do cacau;
- Torrefação – Setor onde ocorre a torrefação, separação de cascas e moagem;
- Tratamento de massa – Setor responsável pelo tratamento, refino e prensagem de massa;
- Desodorização de manteiga – Setor onde ocorre a filtragem, desodorização e embalagem da manteiga;
- Moagem de pós – Setor onde é realizado a moagem, a produção e a embalagem de pós.

Para cada um desses setores os objetivos, estrutura da área, fluxograma, descrição do processo e resultados esperados são apresentados nas próximas seções.

#### 4.1 Limpeza de Cacau

**Objetivos do Setor:** Promover a limpeza do cacau ainda em forma de amêndoas,

portanto a primeira etapa no processo de beneficiamento do mesmo.

**Estrutura da Área:**

O setor dispõe da seguinte estrutura em termos de equipamentos (funcionalidades):

- 1 Moega de grande porte (principal) onde o cacau é despejado dos sacos;
- 3 Elevadores, responsáveis pelo transporte vertical das amêndoas;
- 6 Redlers, responsáveis pelo transporte horizontal das amêndoas;
- 5 Moegas de pequeno porte (secundária);
- 5 Limpadoras;
- 1 Quebrador;
- Exaustores.

\*Moega: Espécie de silo invertido.

Fluxograma do Processo:

- Conforme fluxograma Limpeza de cacau do Anexo A

Descrição do Processo:

### 1) Descarregamento

Os sacos de cacau chegam das filiais, transportados por caminhões como mostrado na Fig. 4.2, e são rasgados para serem descarregados. As amêndoas são despejadas na moega principal mostrada na Fig. 4.3.



Fig. 4.2 – Caminhão para descarregar na moega

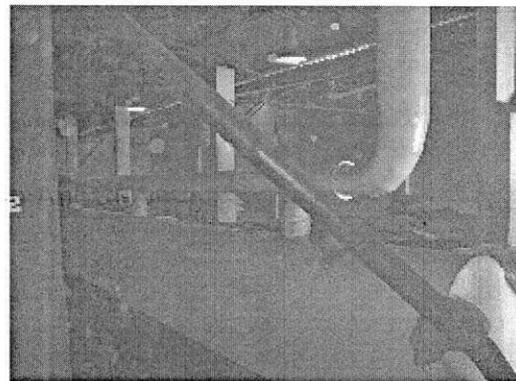


Fig. 4.3 – Moega Principal

### 2) Transporte e distribuição

Após o descarregamento das amêndoas na moega principal, elas são transportadas por Elevadores e *Redlers* que as distribuem para todas as moegas secundárias, mostradas na Fig. 4.4;



Fig. 4.4 – Moegas secundárias

Caso as moegas secundárias se encontrem totalmente preenchidas os *Redlers*, e o Elevador são automaticamente desligados por sensores de nível, interrompendo o fornecimento.

### 3) Limpeza

A partir das moegas secundárias, as amêndoas são despejadas nas limpadoras por gravidade, e por sucção, são levadas às eclusas como mostrado na Fig. 4.5. Os resíduos de peso superior ao das amêndoas não aspirados e conseqüentemente, eliminados, como mostrado na Fig 4.6.

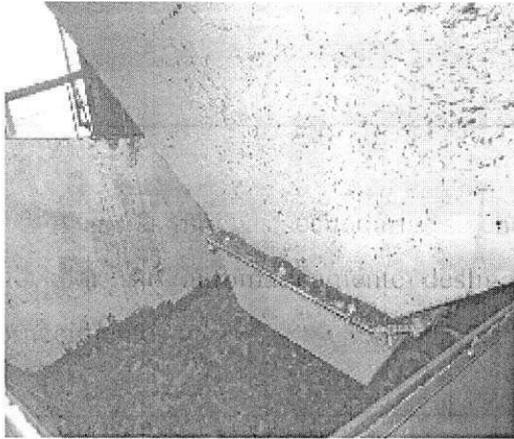


Fig. 4.5 – Alimentação da limpadora

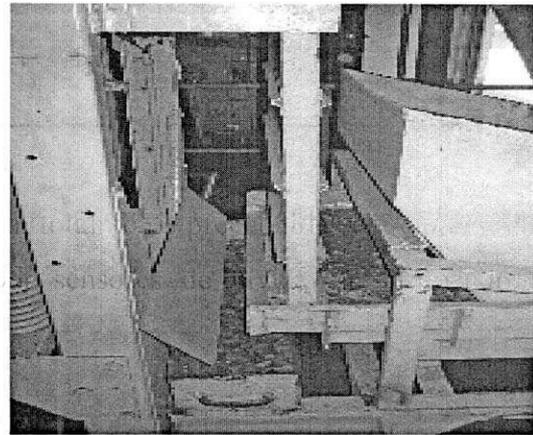


Fig. 4.6 - Aspirador

Nas eclusas, resíduos leves (pós e pequenas partículas) são separados pelo próprio controle de aspiração e despejados em câmaras, para serem posteriormente descartados.

O material remanescente é selecionado por peneiras, com o auxílio de vibradores, como mostrado na Fig. 4.7. As amêndoas passam por um processo de seleção, com a primeira peneira mostrada na Fig. 4.8 possuindo orifícios de diâmetros de, aproximadamente, 4mm.

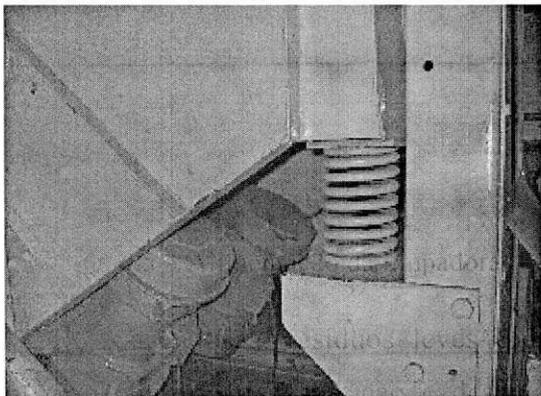


Fig. 4.7 - Vibradores

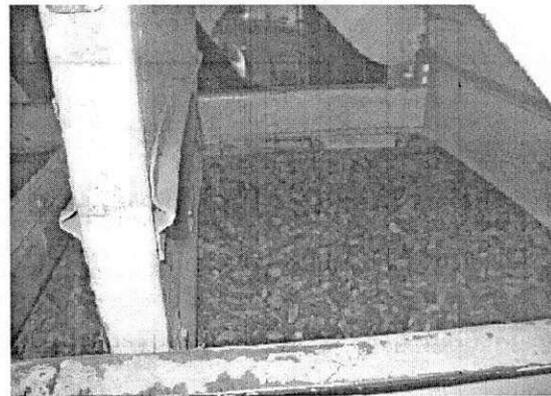


Fig. 4.8 - Peneira de 4mm

A segunda peneira possui orifícios com formato próximo ao da amêndoa como visto na figura 4.9, permitindo sua passagem e retendo o material de maior volume ou de formato diferente. A seqüência de peneiras e suas posições é mostrado na Fig. 4.10.

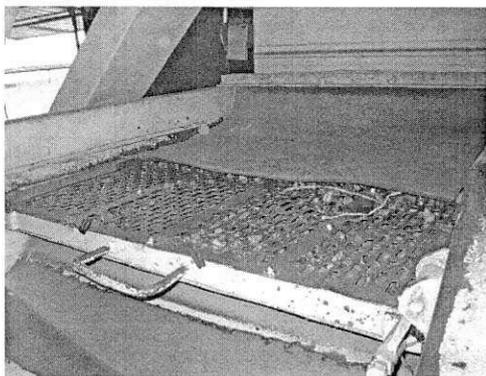


Fig. 4.9 – Peneira em forma de amêndoa



Fig. 4.10 – Seqüência de peneiras

Os resíduos menores são eliminados enquanto resíduos maiores são separados para avaliação do operador, como mostrado na Fig. 4.11, que selecionará o cacau grudado, e os grãos que se prendem uns aos outros, para serem quebrados e reenviados às limpadoras. O quebrador, mostrado na Fig. 4.12, é responsável pela separação das amêndoas grudadas.

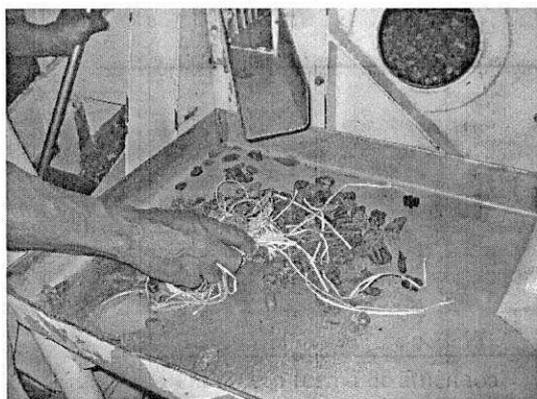


Fig. 4.11 – Avaliação de resíduos

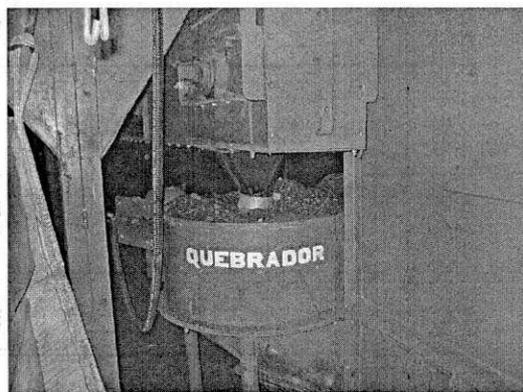


Fig. 4.12 – Quebrador de cacau grudado

#### 4) Armazenamento

Os resíduos eliminados são colocados em *Big Bags*, para serem vendidos como ração ou combustível;

As amêndoas limpas são armazenadas em silos externos mostrados na Fig. 4.13 para serem utilizadas na próxima etapa do processo.

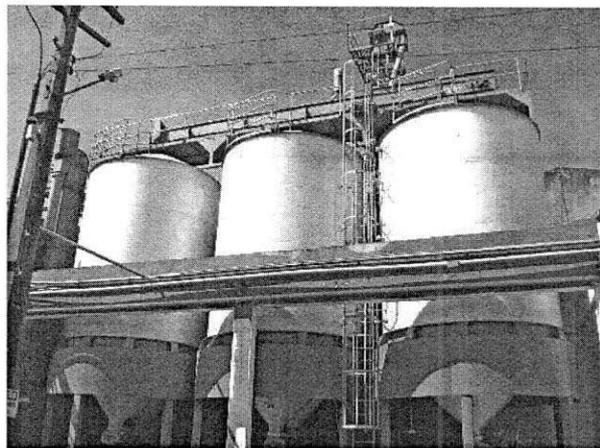


Figura 4.13 – Silos externos

Resultado Esperado:

Obtenção de amêndoas de cacau totalmente livre de material, que não o próprio cacau.

#### 4.2 Torrefação, separação de cascas e moagem

Objetivo do Setor:

A partir de amêndoas limpas, provenientes do silos externos, realizar a separação de *nibs* (*nib* é a polpa da amêndoa) e cascas; moer os *nibs*, tendo como produto a massa de cacau, além de realizar o descarte das cascas e outros resíduos.

Estrutura da Área:

1. 3 Torradores à Gás – Torradores Probat's;
2. 8 Torradores à vapor – Torradores Nagema;
3. 6 Descascadeiras;
4. 11 Moinhos de faca;
5. 2 Moinhos de Pino.

Fluxograma do Processo:

- Conforme fluxograma Torrefação, separação de cascas e moagem do Anexo A.

Descrição do Processo:

### 1) Distribuição

O processo inicia-se com o fornecimento de amêndoas provenientes dos silos externos (Figura 35). Este fornecimento pode ser realizado por meio de duas linhas de alimentação denominadas: linha norte e linha sul. A linha sul alimenta um silo intermediário que pode, opcionalmente, alimentar ambas as linhas, enquanto que na linha norte a alimentação é direta, não havendo essa possibilidade.

### 2) Torrefação

As amêndoas, provenientes do silo intermediário ou da alimentação direta, são enviadas aos torradores que podem ser torradores a gás (TPs) ou a vapor (TNs). Os torradores a gás possuem maior capacidade de torrefação que os a vapor, estando esses últimos sendo gradativamente substituídos por torradores a gás. Os dois tipos de torradores são mostrados na Fig. 4.14 e Fig. 4.15 respectivamente.

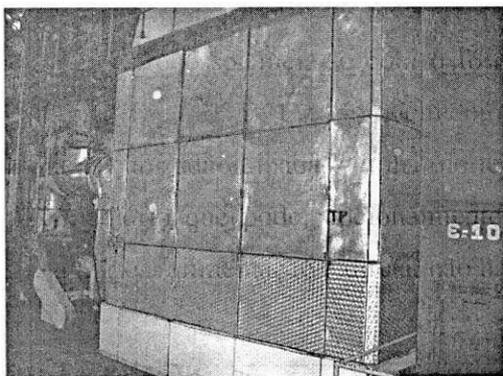


Fig.4.14 – Torrador a gás

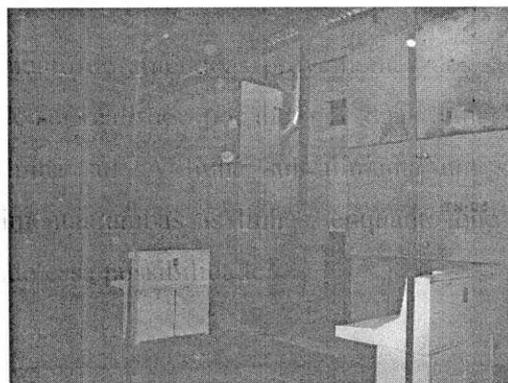


Fig 4.15 - Torrador a vapor

### 3) Separação de cascas

Em seguida, as amêndoas, já torradas, são submetidas às descascadeiras mostradas na Fig. 4.16 onde, os *nibs* são separados das cascas com o auxílio de um quebrador e de um processo de aspiração. Nas descascadeiras, há ímãs que retêm metais para evitar danos à máquina, como também ao processo.

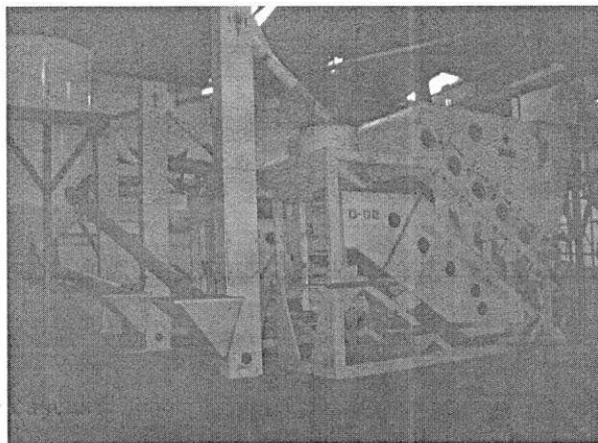


Figura 4.16 - Descascadeiras

### 4) Descarte

As cascas são enviadas para armazenamento em *Big Bags* para serem descartadas;

### 5) Moagem

Os *nibs* torrados são enviados aos moinhos, que podem ser de facas ou de pinos. Os dois tipos de moinhos utilizados são mostrados na Fig. 4.17 e Fig. 4.18 respectivamente.

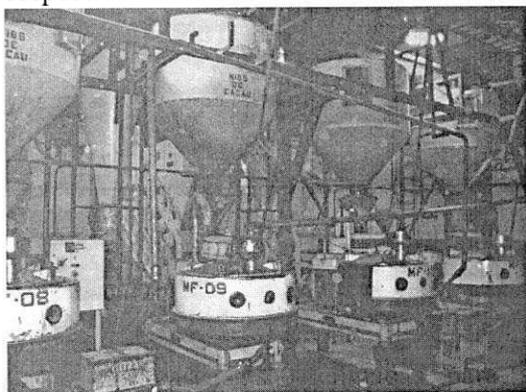


Fig. 4.17 – Moinho de Faca (MF's)

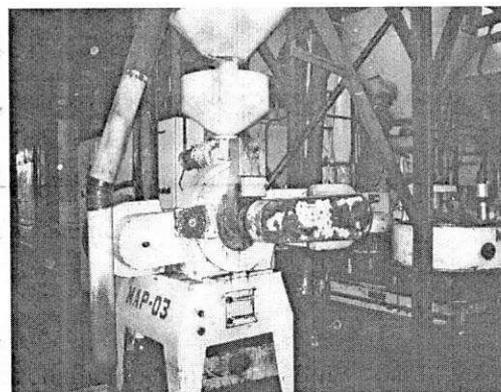


Fig. 4.18 – Moinho de Pino (MAP's)

Nos moinhos, os *nibs* moídos dão origem a uma massa uniforme, mostrada na Fig. 4.18, denominada massa de cacau ou líquido. O líquido pode eventualmente ser comercializado após ser solidificado por meio de resfriamento, que é feito fazendo-se o líquido atravessar um túnel com temperatura média de  $-15^{\circ}\text{C}$ . O produto resultante é em seguida, embalado em sacos de papel de 25kg.

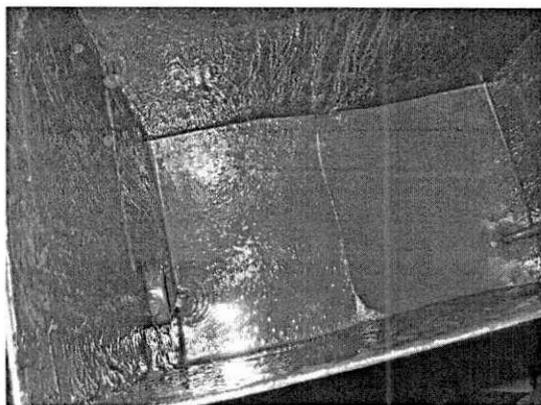


Figura 4.18 – Massa de cacau

#### Resultados Esperados:

Produzir massa de boa qualidade, ou seja, com boa textura, brilho e livre de resíduos de *nibs* (brilho e textura estão diretamente relacionados à umidade do cacau e ponto de torrefação).

### 4.3 Tratamento, Refino e Prensagem de Massa

#### Objetivo do Setor:

Tratar, refinar e prensar a massa de cacau (*liquor*) proveniente dos moinhos, resultando nos seguintes subprodutos: torta e manteiga.

#### Estrutura da Área:

- 5 Misturadores a vácuo;
- 9 Refinadores;
- 9 Prensas;

- 3 Peneiras;
- 13 Tanques de armazenamento.

Fluxograma do Processo:

- Conforme fluxograma Tratamento, Refino e Prensagem de Massa do Anexo A.

Descrição do Processo:

### 1) Tratamento de massa

O setor tem como entrada a massa de cacau em estado ainda puro (não esterilizada nem alcalinizada). A massa em estado puro poderá ser esterilizada e alcalinizada ou apenas esterilizada. A massa apenas esterilizada será utilizada na produção de pó natural, enquanto que a massa alcalinizada na produção de pós alcalinizados diferenciados, dependendo da concentração de Carbonato de Potássio e da quantidade de ar injetado na mistura.

Neste ponto a massa é posta em misturadores a vácuo, mostrados na Fig. 4.19, e em seguida adicionadas às devidas concentrações de soluções alcalinizantes. A esterilização é feita apenas com a injeção de vapor em elevada temperatura e aplicado do mesmo modo o vácuo.

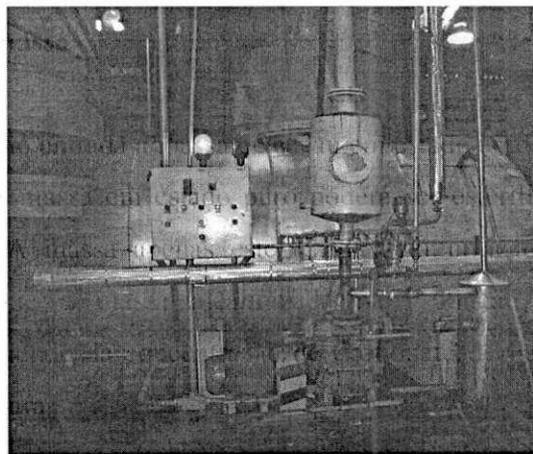


Fig. 4.19 – MV's

## 2) Refino de massa

Depois de esterilizada, ou de alcalinizada e esterilizada, a massa é enviada a refinadores, mostrados na Fig. 4.20, que nada mais são que moinho de esferas, para que a granulometria correta seja obtida;

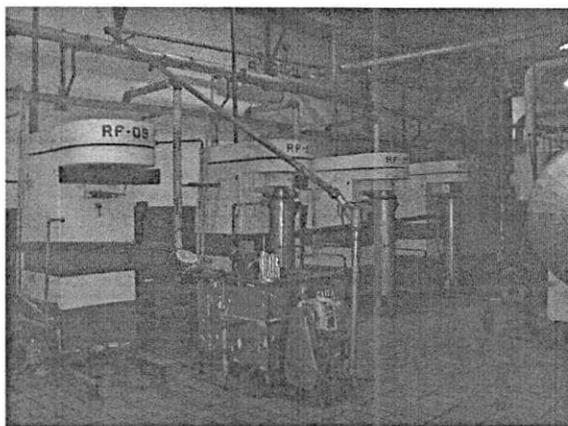


Figura 4.20 – Refinadores de Esferas

## 3) Prensagem

Depois de refinada, a massa é enviada para prensas hidráulicas, mostradas na figura 4.21, de onde serão extraídas a torta e a manteiga de cacau mostradas na Fig. 4.22 e na Fig 4.23 respectivamente.

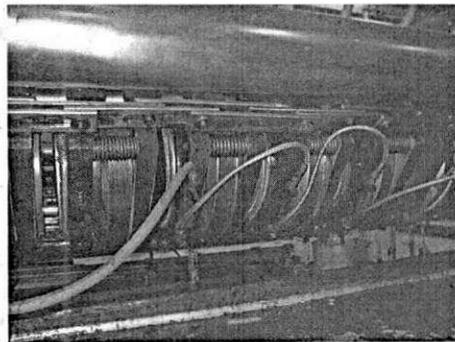
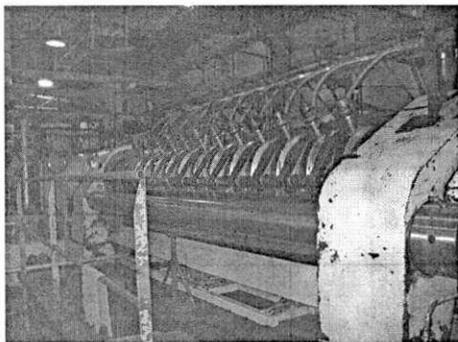


Fig. 4.21 – Prensa Hidráulica

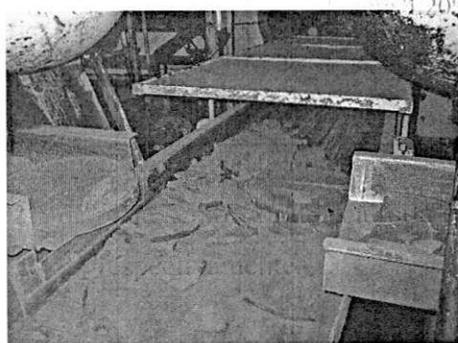


Fig. 4.22 – Torta

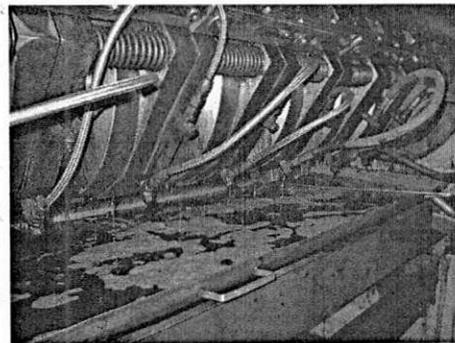


Fig. 4.23 – Manteiga

A manteiga proveniente das prensas é armazenada em tanques, como os mostrados na Fig. 4.24.

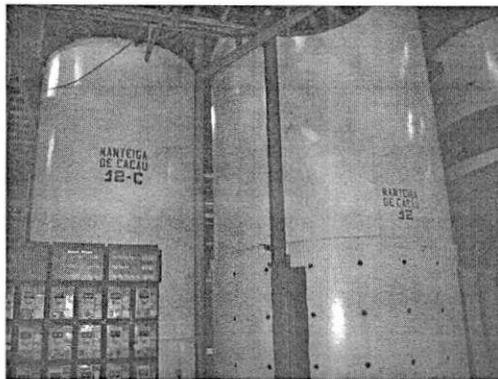


Fig. 4.24 Tanques de armazenamento de manteiga

As tortas, também resultantes da prensagem da massa, são quebradas no quebrador, mostrado na Fig. 4.25, e posteriormente, armazenadas em *big bags* ou embaladas em sacos de papel, para comercialização, como mostrado na Fig. 4.26.



Fig. 4.25 – Quebrador de torta



Fig. 4.26 – Big bags e pallet

### Resultados Esperados

Obtenção de torta e manteiga de cacau, de acordo com as especificações de esterilização, alcalinização e granulometria.

#### 4.4 Filtragem, Desodorização e Embalagem de Manteiga

##### Objetivo do Setor:

Tratar e embalar a manteiga de cacau de forma a obter um produto pronto para comercialização.

##### Estrutura da Área:

- 3 Filtros;
- 1 Desodorizador de Manteiga (Desmet);
- 2 Trocadores de Calor;
- Tanque de Ácidos Graxos;
- Tanques Intermediários.

##### Fluxograma do Processo:

- Conforme fluxograma Filtragem, Desodorização e Embalagem de Manteiga do Anexo A.

##### Descrição do Processo:

###### 1) Filtragem

A manteiga, obtida a partir dos tanques, é filtrada com filtros de lona, como os mostrados na Fig. 4.27, e novamente armazenada em tanques. Os filtros consistem de placas revestidas por lonas por onde a manteiga é forçada a passar, ao ser bombeada a uma pressão de  $8\text{kgf/cm}^2$  proveniente de bombas.

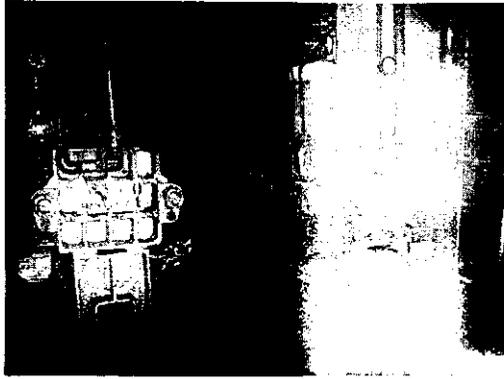


Fig. 4.27 – Filtros de lona

## 2) Desodorização

De acordo com a programação da produção, a manteiga é enviada para o Desodorizador, mostrado na Fig. 4.28, onde passa por um processo de retirada de ácidos, por meio de agitação, temperaturas elevadas e aplicação de vácuo. A injeção de vapor é que faz com que a manteiga se agite e libere os ácidos graxos que serão armazenados em um tanque mostrado na Fig. 4.29.



Fig. 4.28 - Desodorizador



Fig. 4.29 – Tanque de ácido graxo

O desodorizador apresenta os seguintes dados técnicos:

- O tanque de que receberá o ácido graxo deverá estar a uma temperatura de no mínimo 40° C e no máximo de 60° C;
- A pressão de vácuo no desodorizador deve estar na faixa de 25 a 30 mm de Hg;
- A capacidade do desodorizador é de, no máximo, 2000 l/h;

- A pressão de vapor para desodorização da manteiga é de 500 a 600 g/cm<sup>2</sup>;
- A temperatura desejável da manteiga é, aproximadamente, 130° C à 150° C;
- A duração do processo varia entre 2 a 4 horas;

A manteiga desodorizada passa por um resfriador, mostrado na Fig. 4.30 e na seqüência por mais um filtro, como mostrado na Fig. 4.31, atingido temperaturas próximas à 40° C;

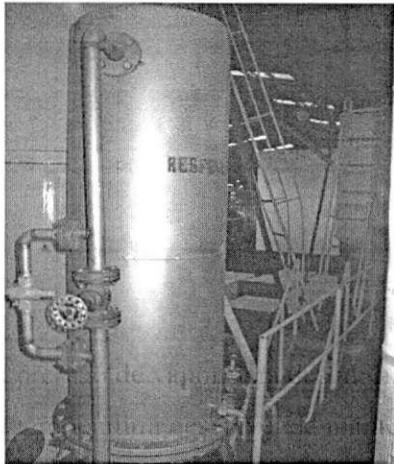


Fig. 4.30 - Resfriador



Fig. 4.31 - Filtro

### 3) Moldagem

Com a manteiga resfriada é realizada a moldagem. Portanto, o operador enche a caixa (molde), previamente forrada internamente com saco de polietileno, através do bico de saída de um trocador de calor. A balança, mostrada na Fig. 4.32, possui um dispositivo que desliga o enchimento, automaticamente, quando o peso líquido definido (25 kg) é atingido. A temperatura da manteiga para moldagem em caixa é de 20 a 25°C.

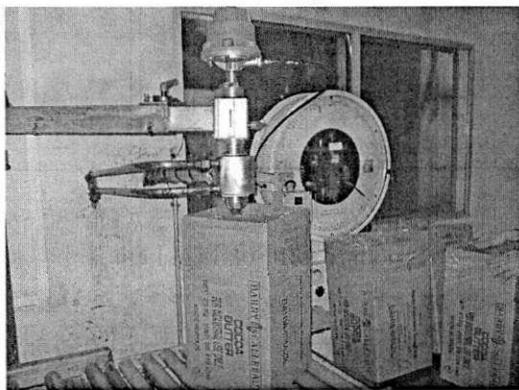


Figura 4.32 – Embalagem de Manteiga.

Depois de preenchida com o peso correto, a caixa com a manteiga moldada é conduzida à máquina seladora por uma esteira rolante, para selagem e identificação via impressora a jato de tinta.

#### 4) Estocagem

As caixas moldadas são levadas à câmara frigorífica, mostrada na Fig. 4.33 por meio de esteiras rolantes e são paletizadas, e lá permanecem por, aproximadamente, 24 horas para solidificação. Após esse tempo, a manteiga é transferida para o depósito de produto acabado.

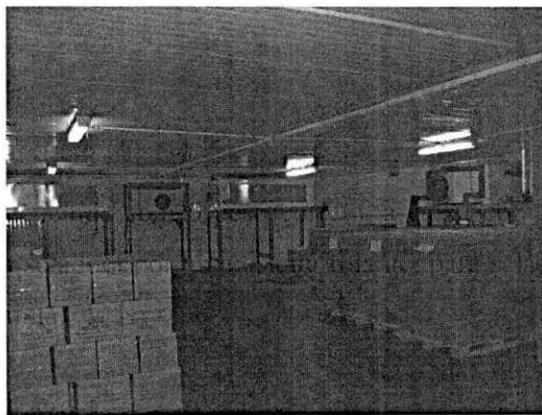


Figura 4.33 – Câmara frigorífica

#### Resultados Esperados:

Manteiga pronta para comercialização totalmente livre de sabores e odores indesejáveis, resultantes do processamento.

## 4.5 Tratamento de Granulado, Moagem e Embalagem de pós

Objetivo do Setor:

Moer apenas ou tratar e moer o granulado (torta quebrada), de forma a obter pós de cacau, prontos para a comercialização, efetuando ainda misturas para atingir as especificações adequadas de cada produto.

Estrutura da Área:

- 3 Quebradores;
- 10 Misturadores;
- 3 Moinhos de pó;
- 3 Ensacadeiras de pó.

Fluxograma do Processo:

- Conforme fluxograma Tratamento de Granulado, moagem e embalagem de pós do Anexo A.

Descrição do Processo:

### 1) Mistura e moagem

As tortas, embaladas em *big bags*, são recebidas para serem misturadas, como indicado na Fig. 4.34, e moídas em moinhos, como o apresentado na Fig. 4.35, até atingirem a granulometria correta, correspondente a especificação de cada produto que pode ser: pó preto, pó natural e pó alcalino..

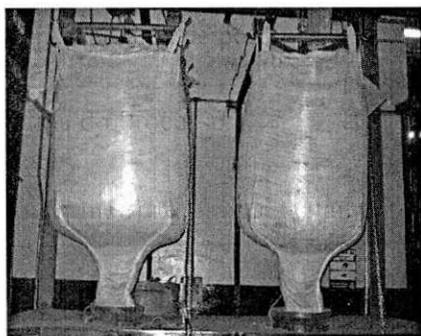


Fig. 4.34 – Blend de torta

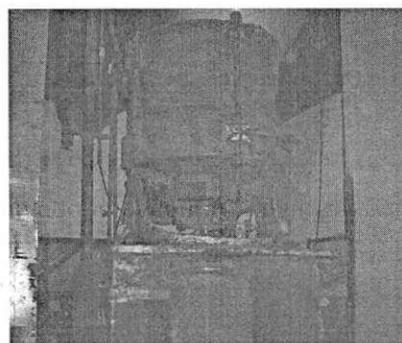


Fig. 4.35 – Moinho

A torta, destinada para a produção do produto conhecido como pó preto é posta em misturadores junto com soluções de carbonato de amônia e soda caustica, e, em seguida, enviada ao moinho de pó;

O pó preto é uma variação de pó utilizada para a fabricação de chocolate onde a característica desejável é a cor escura, por exemplo, em biscoitos recheados.

## 2) Embalagem

Após passar pelos moinhos de pó, a torta, agora transformada em pó na granulometria correta, é enviada para as ensacadeiras como mostrado na Fig. 4.37 que realizam o empacotamento do pó, resultando em um produto pronto para comercialização.

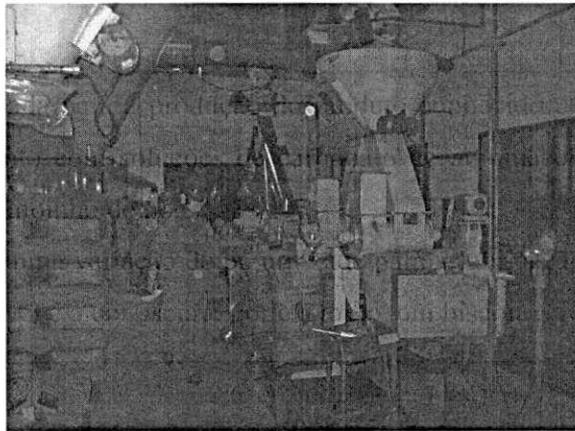


Fig. 4.36 - Ensacadeiras

Resultados Esperados:

Pós prontos para comercialização, embalados em saco de papel e dentro das especificações de cada tipo de produto.

## 5. Estudo do Microcontrolador SIEMENS LOGO

O Controlador Lógico Programável (CLP) é um dispositivo que tem como aplicação a monitoração e controle das variáveis de processos por intermédio de entradas e saídas e da lógica de comando implementada, possuindo várias aplicações na indústria, tais como: automação de manufatura, de linhas de montagem, etc.

O **LOGO** é um micro CLP fabricado pela **Siemens** e pode controlar uma variedade de aplicações em automação de pequeno e médio porte. Para tanto, são disponíveis o módulo principal e módulos de entrada/saída adicionais. Um sistema **LOGO**, constituído por um módulo principal e dois módulos de E/S é apresentado na Fig. 5.1. O acoplamento é realizado por um sistema de encaixe e por meio de um dispositivo deslizante com trava, é realizada a conexão destinada à comunicação entre o módulo principal e os módulos de E/S. Os módulos possuem as seguintes características:

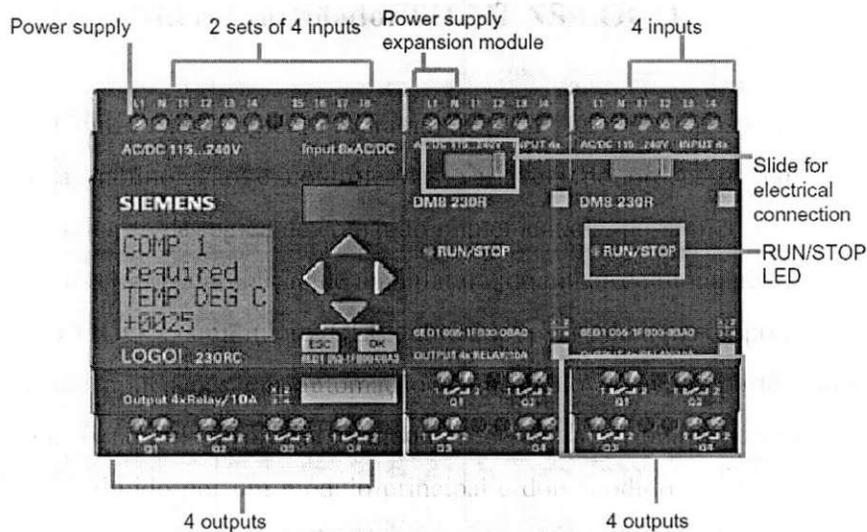


Fig. 5.1 – Sistema LOGO: 1 módulo principal e 2 módulos de E/S.

- O módulo principal possui oito entradas e quatro saídas a relé;
- Os módulos de E/S possuem quatro entradas e quatro saídas, sendo possível adicionar, no máximo três módulos;
- Nas entradas, o nível lógico 1 corresponde a tensões acima de 79VAC e o nível lógico 0, a tensões abaixo de 40VAC;

- As saídas a relé possuem capacidade máxima de corrente de 10A para cargas resistivas e 2A para cargas fortemente indutivas;
- A alimentação deve ser na faixa 115-240VAC;

A programação do **LOGO** é feita pela interligação de blocos funcionais, de modo a processar as entradas e produzir as saídas, e pode ser realizada por meio da inserção do programa diretamente no módulo principal. Para tanto, esse módulo possui um conjunto de teclas e um mostrador de cristal líquido.

Durante a inserção do programa, todos os passos são indicados por esse mostrador, na forma de diagrama de blocos funcionais. Durante a operação do sistema, são indicados, nesse mostrador, os estados das entradas e saídas e, opcionalmente o dia da semana e a hora. É possível, ainda, programar a visualização de informações sobre o processo.

Para auxiliar o desenvolvimento, testes e depuração de programas, é disponível um programa aplicativo denominado **LOGO!Soft Comfort**. Para tanto o módulo principal possui um conector que permite a interconexão, via cabo de comunicação serial, a um computador tipo PC, permitindo a transferência do programa do PC para o **LOGO** e do **LOGO** para o PC.

A área de trabalho do **LOGO!Soft Comfort** é mostrada na Fig. 5.2, é dividida da seguinte forma: menu de funções, janela de informações e janela de edição. A programação é realizada por meio de uma interface gráfica. Os programas são editados e simulados na janela de edição. Para tanto, o *mouse* é usado para selecionar a função, para arrastar o bloco correspondente para a janela de edição e para conectar entradas e saídas com segmentos de linha.

Como exemplo, na janela de edição mostrada na figura 5.2, há um pequeno programa composto por duas entradas (I1 e I2) um bloco lógico *and* e uma saída Q1. Linhas energizadas são mostradas na cor vermelha enquanto as não energizadas são mostradas em azul. A saída Q1 apenas será energizada quando ambas as entradas o forem, a Fig. 5.2 mostra apenas a entrada I1 energizada e conseqüentemente a saída Q1 não está energizada.

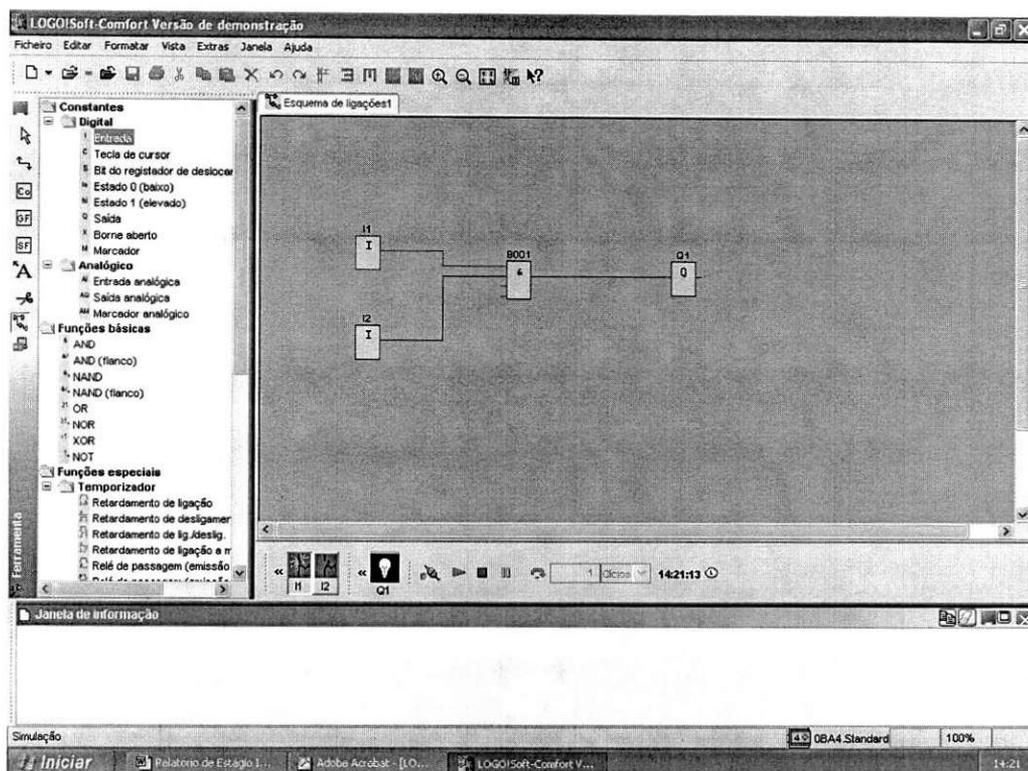


Fig. 5.2 - Área de trabalho do LOGO! Soft Comfort

O programa pronto pode ser simulado no PC ou pode ser transferido para o módulo principal, por cabo de comunicação, e sua execução acompanhada na janela de edição, seguindo os padrões de identificação de energização já citados.

Além da porta *and* mostrada, são disponíveis diversas outras funções, tais como portas, *latchers*, e temporizadores. Cada uma dessas funções é caracterizada por um bloco funcional e por uma tabela-da-verdade ou por um diagrama de tempo, como por exemplo:

**AND** – Este bloco, como especificado na Fig. 5.3, implementa a condição lógica “e”. A saída H1 será energizada se S1 e S2 estiverem energizados. Caso alguma entrada do bloco não seja associada a uma entrada real o valor 1 é atribuído a referida entrada, não alterando a lógica do bloco para as demais.

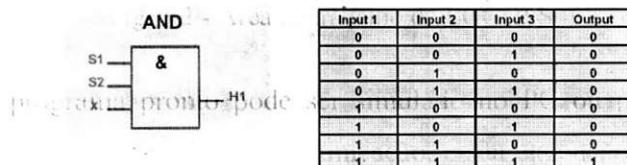


Fig. 5.3 – Bloco “And”

**OR** – Este bloco, como especificado na Fig. 5.4, implementa a condição lógica “ou”. A saída H2 será energizada se S3, S4 ou ambas estiverem energizadas. Caso alguma entrada do bloco não seja associada a uma entrada real o valor 0 é atribuído a referida entrada, não alterando a lógica do bloco para as demais.

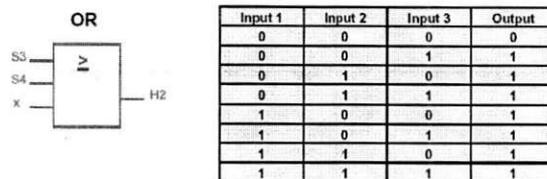


Fig. 5.4 – Bloco “OR”

**RS (Relé de auto retenção)** – Este bloco, funciona como especificado na Fig. 5.5. A entrada “S” energiza (*seta*) a saída “Q” e mantém seu estado energizado mesmo depois de retirado o sinal em “S”. A entrada R desenergiza (*reseta*) a saída “Q”. Em caso de conflito prevalece a ação de “R”.

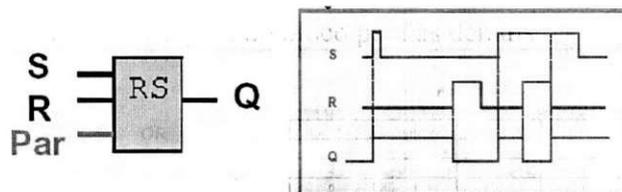


Fig. 5.5 – Bloco “RS”

**Retardamento de ligação** – Este bloco, funciona como especificado na Fig. 5.6. A saída “Q” é energizada apenas um tempo “T” (programável) após “Trg” ter sido energizado e é desenergizado no mesmo instante que “Trg”. Caso o intervalo tempo que “Trg” permanece energizado seja inferior ao tempo “T”, a saída não é energizada.

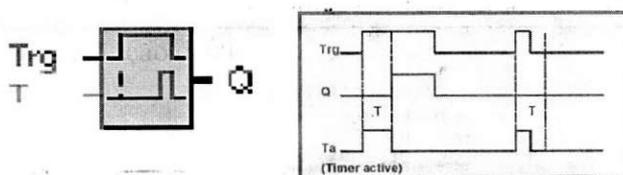


Fig. 5.6 – Bloco “Retardamento de ligação”

**Retardamento de desligamento** – Este bloco, funciona como especificado na Fig. 5.7. A saída “Q” é energizada no instante em que “Trg” é energizado porém é desenergizada apenas após um tempo “T” (programável) ter decorrido após “Trg” o ter sido desenergizado. A entrada “R” desabilita a saída “Q”, independentemente do estado de “Trg” e do tempo transcorrido.

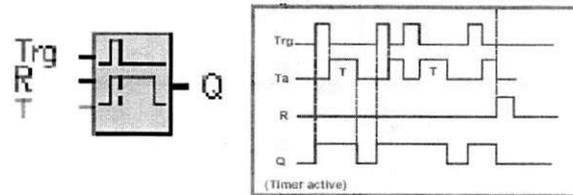


Fig. 5.7 – Bloco “Retardamento de desligamento”

**Retardamento de lig./deslig.** – Este bloco, funciona como especificado na Fig. 5.8 É uma combinação dos blocos “Retardamento de ligação” e “Retardamento de desligamento”, com a exceção de não possuir a entrada “R” presente no bloco “Retardamento de desligamento”.

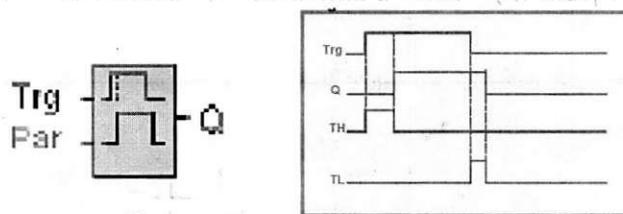


Fig. 5.8 – Bloco “Retardamento de lig./deslig.”

**Gerador de impulsos assíncronos** – Este bloco, funciona como especificado na Fig. 5.9. A habilitação da entrada “En” produz na saída “Q” um sinal periódico, tipo pulso, com as larguras do nível alto e do baixo programáveis. A entrada “Inv” inverte os tempos atribuídos aos níveis lógicos alto (1) e baixo (0).

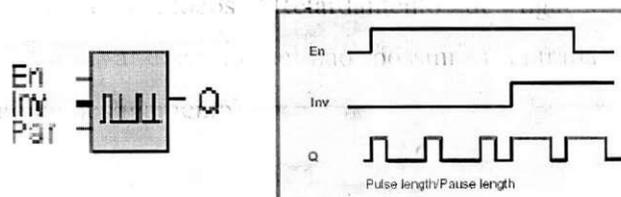


Fig. 5.9 – Bloco “Gerador de impulsos assíncronos”

## 6. Projeto de Automação

O projeto de automação foi dividido da seguinte forma:

- Descrição geral do processo (Sistema de Controle Manual) – Apresenta o funcionamento anterior à implementação da automação, os problemas da operação manual e as soluções sugeridas.
- Redução do tempo de prensagem – Apresenta detalhes da técnica utilizada para atingir um tempo de prensagem menor.
- Redução do tempo ocioso – Descreve as soluções para os problemas que impediam a automação do processo. Apresenta
- Sistema de Controle Automático – Descreve a utilização do Microcontrolador **Siemens LOGO** para realizar a automação do processo, apresentando o programa em linguagem de blocos e sua descrição.

### 6.1 Descrição geral do processo

A prensa hidráulica, mostrada na Fig. 6.1, é utilizada para extração de manteiga (parte líquida) e torta (parte sólida) a partir da massa resultante da moagem da amêndoa do cacau. Essa prensa possui doze painéis (cavidades) que devem ser enchidas com massa de cacau através de válvulas de carregamento, que estão posicionadas no lado superior dessas cavidades. As válvulas são de acionamento pneumático e controlam a passagem da massa através de orifícios existentes nas painéis. O enchimento é iniciado com o acionamento da Bomba de Massa.

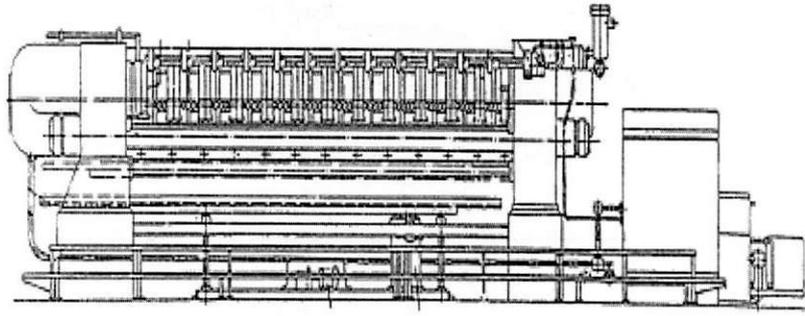


Fig. 6.1 - Prensa Hidráulica

As panelas são móveis e acoplam-se de tal forma que o deslocamento de um único pistão produz uma compressão em cascata. O movimento do pistão é obtido por meio de duas bombas: a Bomba de Alta Pressão (e Baixa Vazão) e a Bomba de Alta Vazão (e Baixa Pressão), que injetam óleo em um cilindro. Por meio da transferência de pressão o pistão é deslocado para fora do cabeçote (cavidade). O deslocamento máximo é de 650 mm e a pressão máxima atingida 500 bar.

As cavidades são forradas por filtros que permitem a passagem da manteiga e retêm a torta (parte sólida). A torta será retirada apenas após a abertura das cavidades, no final do processo, enquanto que, durante a prensagem, a manteiga escoar através dos filtros, sendo coletada por uma bandeja localizada abaixo das panelas como mostrado na figura. 6.2.

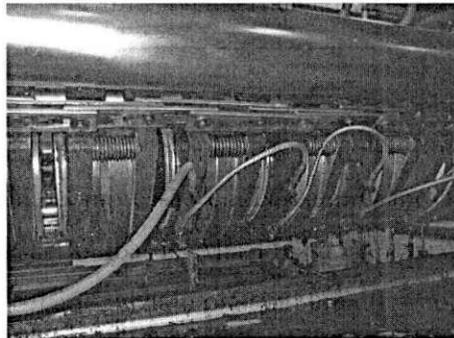


Fig. 6.2 - Bandeja coletora de manteiga

A seqüência ou ciclo de operação consiste de quatro etapas: Prensa “Aberta”, Prensa “Fechada”, Prensa “Carregando” e “Prensando”.

Cada etapa de operação do equipamento é mudada por meio do acionamento de um botão que produz a movimentação de um motor. Esse motor atua, por meio de engrenagens, em uma válvula direcionadora de óleo.

As etapas e as ações que devem ser iniciadas são reconhecidas por sensores, tipo fim de curso, que detectam saliências em um cilindro acoplado ao eixo do motor que atua na válvula direcionadora. O rolo de sinais, os sensores e o código utilizado estão esquematizados na Fig. 6.3.



Figura 6.3 – Rolo de sinais

O tempo de prensagem é, isto é, o tempo real em que a prensa efetua a prensagem, é programado em um temporizador, de acordo com especificações da gerência de produção. O temporizador é energizado no instante em que a Bomba de Alta é acionada e desenergizado na etapa “Fechada”. O temporizador atua enviando um sinal, proveniente de um contato a relé, quando o tempo programado é atingido que desliga a Bomba de Alta.

O Sistema de Controle Manual exigia a presença constante do operador para comandar o início de cada etapa por meio da leitura de indicadores e pelo acionamento de botões individuais disponíveis em um painel de controle, cuja representação esquemática é dada na Fig. 6.4.

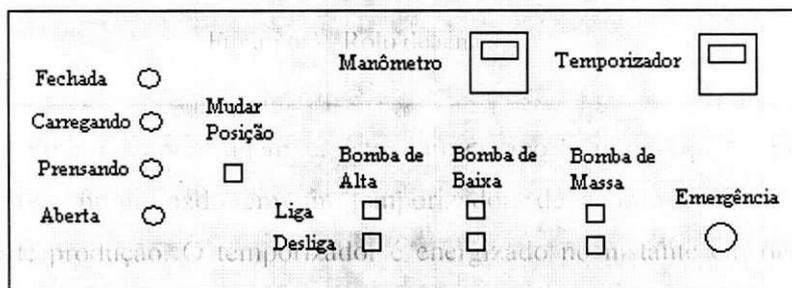


Figura 6.4 – Painel elétrico para comando da prensa

A transição entre essas etapas é ilustrada no diagrama da Fig.6.5.

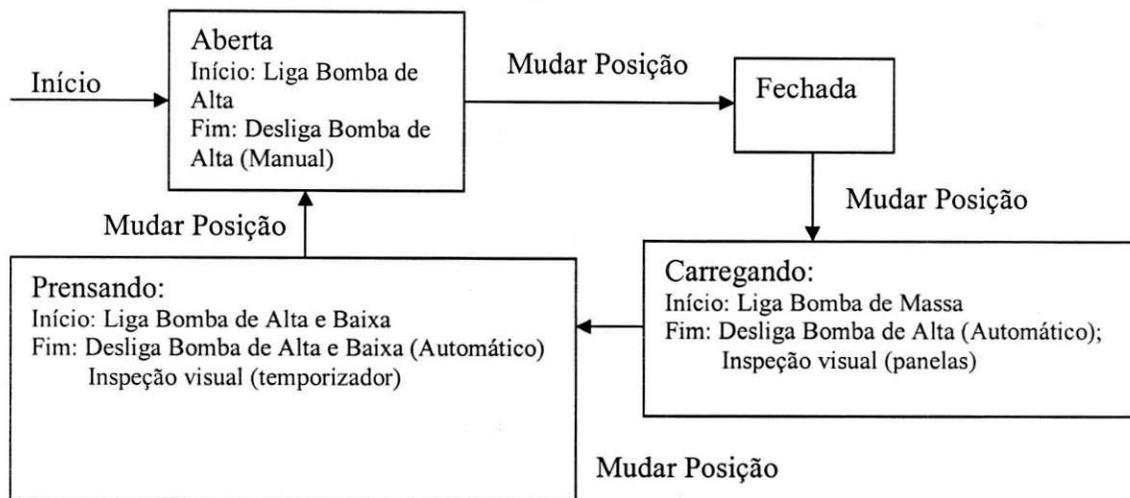


Figura 6.5 – Diagrama de etapas

A seqüência de operações pode ser descrita de uma forma mais detalhada, a partir da etapa “Aberta”, do seguinte modo:

### 1 Aberta

- 1.1 Indicador luminoso “Aberta” está aceso;
- 1.2 Verificar / Atualizar o tempo de prensagem no temporizador;
- 1.3 Acionar o botão “Mudar Posição” para iniciar a ação de fechamento das painelas e passar para a etapa “Fechada”.

### 2 Fechada

- 2.1 Indicador luminoso “Fechada” acende indicando que a prensa está fechada;
- 2.2 Acionar o botão “Mudar Posição” para passar para a etapa “Carregando”.

### 3 Carregando

- 3.1 Indicador luminoso “Carregando” acende indicando que a prensa está pronta para ser carregada;
- 3.2 Aciona o botão “Ligar Bomba de Massa” para iniciar a operação de echer as painelas;
- 3.3 Desligamento da Bomba de Massa automático realizado por um manômetro de contato;
- 3.4 Inspeção visual do resultado do carregamento;
- 3.5 Acionar o botão “Mudar Posição” para passar para a etapa “Prensando”.

#### **4 Prensando**

- 4.1 Indicador luminoso “Prensando” acende indicando que a prensa está pronta para prensar;
- 4.2 Acionar o botão “Ligar Bomba de Alta” e “Ligar Bomba de Baixa”, em qualquer ordem para iniciar a operação de prensagem;
- 4.3 O desligamento da bomba das bombas é automático:
  - 4.3.1 A Bomba de Baixa é desligada por condição de pressão, ao atingir 300 bar;
  - 4.3.2 A Bomba de Alta é desligada por condição de tempo, ao ser atingido o tempo de prensagem programado no temporizador.
- 4.4 Inspeção visual do tempo programado;
- 4.5 Acionar botão “Mudar Posição” para passar para a etapa “Aberta”.

#### **5 Aberta**

- 5.1 Indicador luminoso “Aberta” acende indicando que a prensa está pronta para ser aberta;
- 5.2 Acionar o botão “Ligar Bomba de Alta”, para iniciar a abertura das painelas (óleo bombeado em sentido contrário) e a operação de extração de tortas e retirar a bandeja de manteiga;
- 5.3 Recolocar a bandeja de manteiga após a extração das tortas;
- 5.4 Acionar o botão “Desligar Bomba de Alta”

O Tempo de Ciclo é o intervalo de tempo decorrido desde o momento em que a prensa é fechada até o final da extração de torta, variando normalmente, entre 24 e 32 minutos. Esse tempo é soma das durações de cada etapa com o tempo ocioso no ciclo, que corresponde à soma dos tempos gastos entre cada etapa.

O Tempo de Prensagem é o tempo em que a Bomba de Alta permanece ligada durante a etapa “Prensando”. Equivale ao tempo programado no temporizador, e varia entre 14 e 22 minutos. Essa variação ocorre em função de análise laboratoriais do teor de gordura da torta extraída no início do turno.

Da comparação entre o Tempo de Ciclo e o Tempo de Prensagem, observa-se que a etapa de prensagem é dominante, com sua duração correspondendo à, aproximadamente, 60% do tempo total.

A soma das durações das demais etapas, ou seja, Tempo de Fechamento + Tempo de Enchimento + Tempo de abertura é 3 minutos e 30 segundos. Resultando num tempo ocioso de 6 minutos e 30 segundos.

Uma curva típica do deslocamento e pressão ao longo do tempo para um tempo de prensagem de 14 minutos, é mostrada na Fig. 6.6.

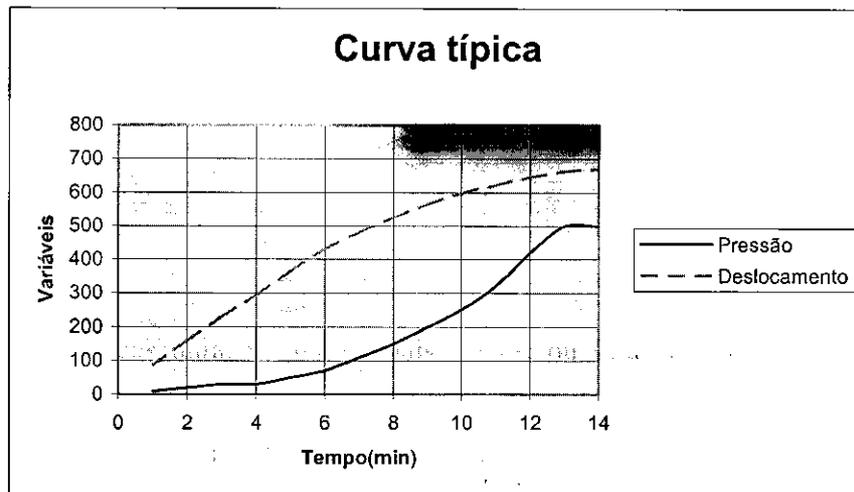


Fig.6.6 – Curvas de prensagem

A curva ideal seria uma que atingisse a pressão máxima em um tempo bastante pequeno, no entanto, limites mecânicos impedem que isso ocorra.

Os principais fatores que limitam o tempo mínimo são os seguintes:

- A vedação das panelas, feita simplesmente por contato entre os lados que compõem a cavidade mais um feltro de interface, composto de lã e outras fibras sintéticas, não é boa o suficiente para reter a massa. Um deslocamento muito rápido do pistão resultará em um vazamento de massa através do feltro;
- A retenção das válvulas de carregamento (pneumáticas) não é forte o suficiente para reter a massa, caso a evolução do pistão ocorra de forma muito rápida. Além do vazamento de massa, pode ocorrer um retorno de massa pelas válvulas de carregamento que resultará no entupimento das mesmas;
- Tendo em vista a configuração e estado do equipamento, níveis de pressão elevados não devem ser atingidos em um curto espaço de tempo, de modo a evitar o

risco de aparecimento de trincas, de deformações e de outros danos de natureza mecânica à estrutura.

Cada operador opera três prensas. Tanto o não sincronismo entre máquinas, quanto a própria limitação humana, resultam em uma baixa relação do tempo total de processamento em relação ao Tempo Ocioso total, já que o equipamento exigia a presença do operador a cada nova etapa.

A relação para o tempo de um turno (8 horas), entre o Tempo de Prensagem e o Tempo Ocioso é mostrada na Fig. 6.7, mostrando um tempo útil de apenas 75% da capacidade produtiva da máquina.

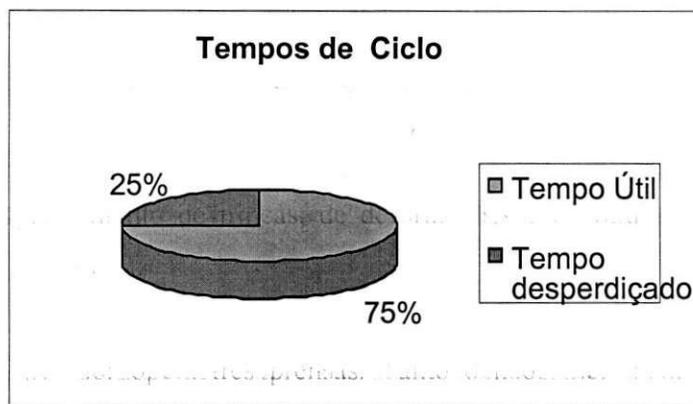


Fig. 6.7 – Eficiência de prensagens

O objetivo do projeto, levando em consideração os dados apresentados, foi estabelecido como sendo aumentar a eficiência do processo pela redução do Tempo de Prensagem e pela redução do Tempo Ocioso total. Com a solução desses problemas, espera-se atingir o objetivo da seguinte forma:

- Redução do Tempo de Prensagem – Como esse tempo é dominante, com sua redução espera-se obter um menor Tempo de Ciclo;
- Redução do Tempo Ocioso – Como esse tempo responde por 25% do tempo do turno, com sua redução espera-se obter uma maior produtividade, uma vez que o número de prensagens realizadas em um turno seria maior.

As técnicas utilizadas na solução desses dois problemas foram as seguintes:

- Controlar a vazão das bombas e, conseqüentemente, a injeção de óleo no pistão principal, de modo a obter o deslocamento desejado;
- Automatizar, todo o processo e incorporar componentes auxiliares (acionamento pneumático), de forma a dispensar, o máximo possível, a intervenção do operador, que é o principal gerador de tempo ocioso. Para tanto foi desenvolvido um Sistema de Controle Automático, com a utilização do controlador lógico programável **Siemens LOGO**.

## 6.2 Redução do tempo de prensagem

Foi utilizado inicialmente um inversor de freqüência para controle de vazão da Bomba de Baixa Pressão (com vazão fixa), de forma a se obter o avanço da forma desejada. O controle era realizado através do inversor impondo ao motor uma tensão, de freqüência abaixo da nominal (60Hz) com rampa de aceleração de 2min, isto é a freqüência inicial era de 25Hz e esse valor era aumentado linearmente até 60Hz em um intervalo de 2 min. Reduzindo-se a freqüência de alimentação, reduz-se a rotação do motor e, conseqüentemente, a vazão.

Com essa técnica, embora tenha havido melhorias nas curvas de deslocamento e pressão, a relação custo / benefício não mostrou-se satisfatória. Além disso, o motor, ao ser submetido à rotação abaixo da nominal, sofreu grande perda de eficiência, apresentando elevadas correntes. A comparação, da pressão e do deslocamento, com e sem o inversor, é mostrado na Fig. 6.8 e na Fig. 6.9 respectivamente.

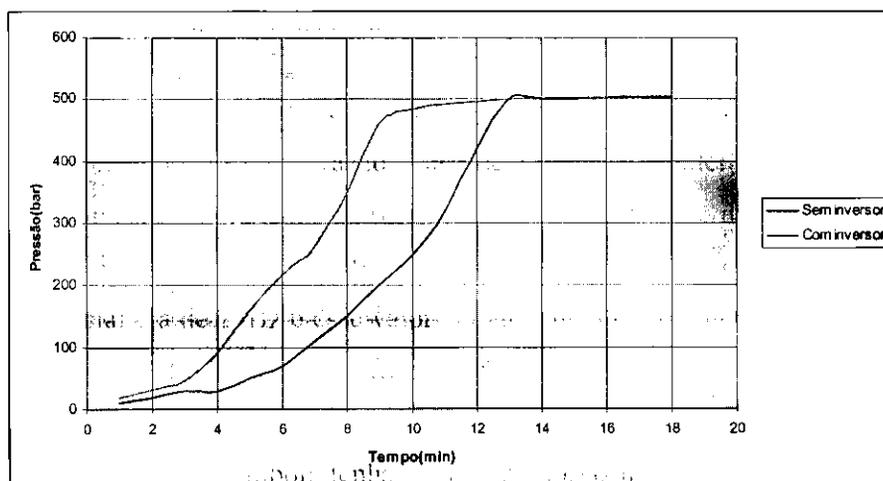


Fig. 6.8 – Comparativo de pressão

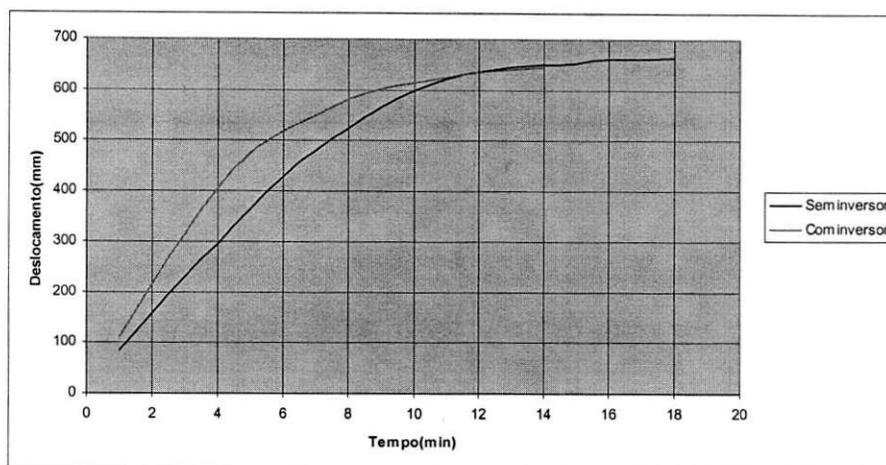


Fig. 6.9 – Comparativo de deslocamento

As curvas indicam uma redução nos tempos com o inversor de frequência. Isto é, para se atingir os mesmos valores de pressão e deslocamento, os tempos necessários foram menores com o inversor de frequência, como pode ser claramente observado.

Apesar disso a solução com a utilização do inversor de frequência foi descartada. Pois a relação custo / benefício não foi satisfatória. O controle de vazão passou a ser realizado apenas por meio de ajustes manuais na vazão das bombas, e na seqüência e no tempo de atuação das bombas. No procedimento manual que estava sendo usado, as bombas eram ligadas ao mesmo tempo, com a vazão na bomba de baixa pressão ajustada no valor médio de sua capacidade, e ao atingir 300 bar, a mesma era desligada e apenas a bomba de alta terminava a prensagem.

A solução para contornar o problema de vazamento da massa, devido ao deslocamento rápido, foi fazer com que apenas a bomba de alta pressão e baixa vazão iniciasse o processo, extraindo parte da manteiga e deixando a massa um pouco mais consistente. Em seguida, após 2 min, a bomba de baixa pressão e alta vazão, agora ajustada para sua máxima vazão, é ligada e, utilizando a própria massa como filtro, é possível impedir o vazamento e o retorno pelas válvulas de carregamento de massa.

As curvas obtidas utilizando a nova técnica proposta são mostradas na Fig. 6.10.

Observa-se que o tempo para atingir a pressão máxima de 500 bar foi reduzido e que a curva de deslocamento tendeu a ficar constante mais rapidamente que em modo de operação normal. Ou seja, a extração de manteiga, que equivale ao deslocamento, foi

a mesma para um tempo menor e, desse modo, é possível uma redução do tempo de prensagem para uma mesma especificação de teor de gordura.

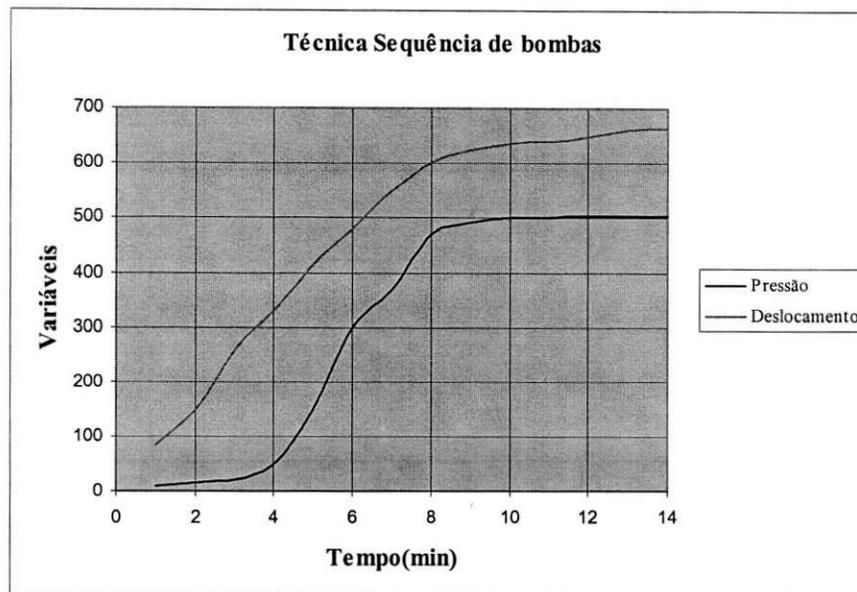


Fig. 6.10 – Curvas de prensagem

### 6.3 Redução do tempo ocioso.

O sistema de controle manual do processo era empregado, principalmente devido a dois fatores que impossibilitavam a total automação do processo:

1. O desarme da bomba de carregamento de massa, realizado por condição de pressão na linha de carregamento, não garante que todas as panelas tenham sido carregadas, pois caso tenha havido um entupimento, a pressão seria atingida sem que todas as panelas estivessem carregadas. É necessária a inspeção visual do operador para liberar a prensagem, após confirmar visualmente que todas as panelas tenham sido completamente carregadas, o que é verificado por meio da verificação do escoamento de manteiga através do feltro das panelas;
2. Ao ser atingido a etapa "Prensando", a retirada manual da bandeja de manteiga exigia a presença do operador durante a abertura das panelas.

A solução do primeiro problema, foi a utilização de uma combinação entre o tempo de carregamento e a indicação de pressão do manômetro, baseada na verificação de que o tempo de carregamento total das panelas é bem regular, aproximadamente

igual a 64 s bastando que uma das panelas não seja carregada para que este tempo seja reduzido para 58 s. Assim, a condição de que o carregamento total implica em um tempo necessário de 64 s foi incorporada ao programa do CLP, utilizada como requisito para que a prensagem fosse iniciada.

A solução para o segundo problema foi automatizar a abertura e fechamento da bandeja, por meio da ação de dois pistões pneumáticos.

Com essas modificações, todas as etapas do processo podem ser executadas automaticamente ficando, praticamente, eliminados os tempos ociosos do processo.

#### 6.4 Sistema de Controle Automático

Para automatizar as operações de cada etapa do processo, foi utilizado o CLP Siemens LOGO, discutido no capítulo 5. Entretanto, é possível selecionar que o controle das operações seja realizado no modo manual.

O projeto do sistema de controle automático está baseado na programação do LOGO e está dividido nas seguintes seções:

- Gira rolo de Sinais – Faz girar o motor responsável pelo acionamento da válvula direcionadora de óleo;
- Para rolo de sinais – Faz parar o motor quando alguma nova posição é atingida;
- Carregamento – Abre válvulas de carregamento e liga bomba de massa;
- Prensagem B.A. – Liga bomba de Alta pressão;
- Prensagem B.B. – Liga bomba de baixa pressão;
- Temporizador – Energiza o temporizador;
- Bandeja – Abre e fecha bandeja automática ;
- Final de processo – Indica término do processo.

Para a aquisição dos vários dados de entrada e para a produção das várias saídas envolvidas, o sistema de controle automático projetado é constituído de um módulo principal e três módulos de E/S, como esquematicamente mostrado na Fig. 6.11.

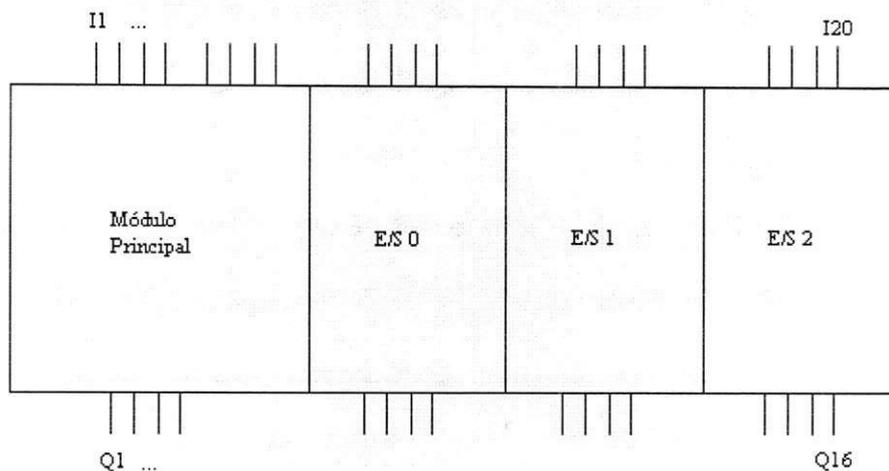


Fig. 6.11 – Diagrama de E/S

A lista com todas as entradas e as saídas utilizadas e seus correspondentes dispositivos, encontra-se no anexo B.

A supervisão e o controle do sistema é realizado por um operador a partir do painel de controle similar ao utilizado anteriormente no controle manual, apenas diferenciado em três novos comandos destacados na Fig. 6.12.

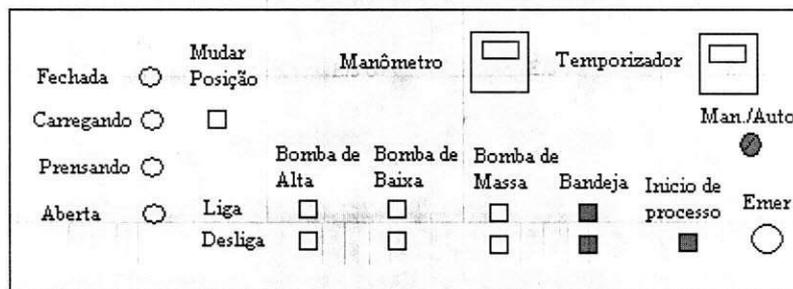


Fig. 6.12 – Painel para operação automática

O programa de controle do sistema de controle automático foi editado, simulado e testado coma utilização do **LOGO! Soft Comfort**, inicialmente no PC e, posteriormente, no próprio sistema implementado.

Esse programa pode ser apresentado em “páginas” numeradas. Cada “página” contem a programação de uma das partes funcionais do processo ou etapas.

As oito “páginas” que constituem o programa são descritas e apresentadas nas seções seguintes.



### 6.4.2 Para Rolo de Sinais (página 2)

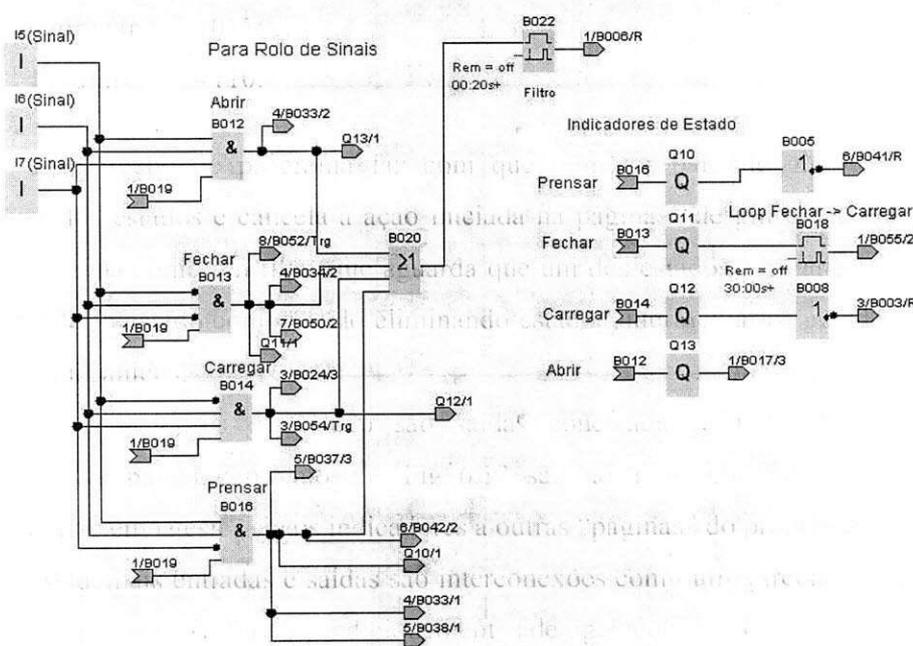
I5, I6 e I7 correspondem aos sinais provenientes de sensores de fim de curso que indicam o estado em que a válvula direcionadora do óleo se encontra. O código usado possui as seguintes palavras:

Abrir	111;
Fechar	010;
Carregar	011;
Prensar	110.

Este trecho de programa faz com que o motor pare de girar ao encontrar qualquer dos estados e cancela a ação iniciada na página 1 de girar o motor. O bloco B022 funciona como um filtro que aguarda que um dos estados permaneça, por 0,20 s, até entender o estado como válido eliminando estados intermediários gerados por maus contatos mecânicos.

Os indicadores de estado são saídas conectadas a indicadores luminosos localizados no painel, como mostra a Fig. 6.12, são mostrados em que estado a operação se encontra e envia estes sinais indicadores a outras “páginas” do programa.

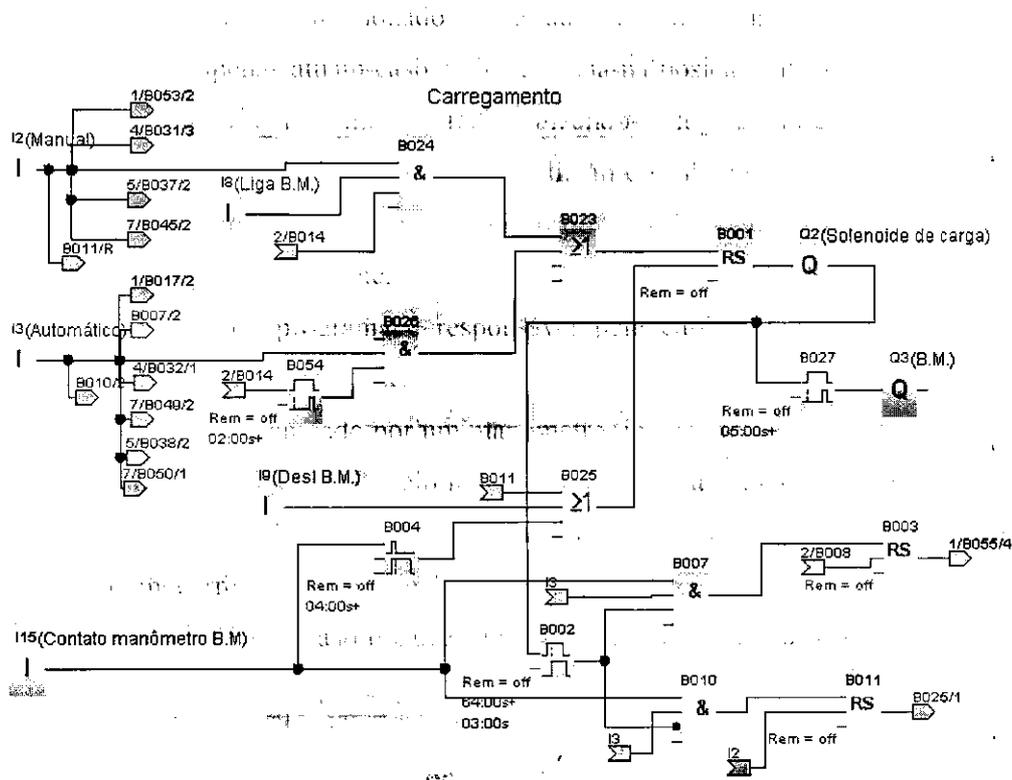
As demais entradas e saídas são interconexões com outros trechos de programa, sobretudo, no que se refere a condicionamentos de operações automáticas.



### 6.4.3 Carregamento (página 3)

O programa é condicionado ao estado de uma chave manual/automático: algumas funções apenas atuam caso a chave esteja na posição manual e outras, apenas no modo automático. Este controle é feito utilizando-se lógica *and* entre as funções e o modo selecionado. No modo manual, botões ligam e desligam todos os equipamentos, enquanto que no modo automático a posição do rolo de sinais é que rege o ligar ou desligar de bombas, válvulas, etc.

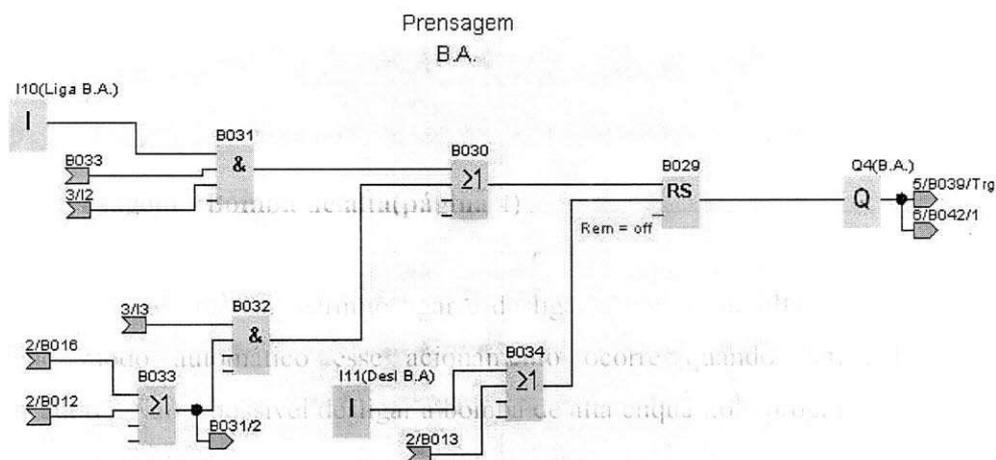
Este trecho de programa é responsável pelo carregamento das panelas, seja manualmente ou automaticamente. Em ambos os casos, a bomba de carregamento é desligada por um sinal enviado por um manômetro, indicando que a pressão na linha de carregamento atingiu 3 kgf/cm<sup>2</sup>. No modo automático, caso essa condição ocorra 64 s após a abertura das válvulas de carregamento, condição que garante que todas as panelas foram carregadas, um sinal é gerado para fazer girar o motor, para que a prensagem seja iniciada. Caso o carregamento ocorra antes dos 64s o programa para a operação, que apenas pode prosseguir no modo manual.



#### 6.4.4 Prensagem - Bomba de alta(página 4)

O controle manual permite ligar e desligar a bomba de alta pressão, enquanto que no modo automático esse acionamento ocorre quando detectada a etapa “Prensando”. Não é possível desligar a bomba de alta enquanto o programa se encontrar no modo automático.

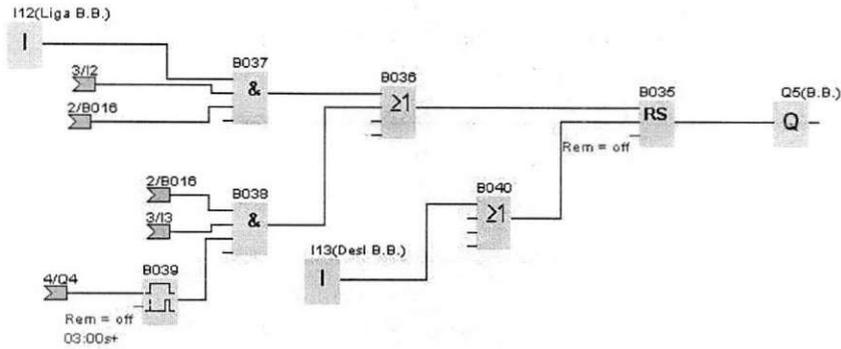
No modo automático não há desligamento da bomba de alta pressão durante a passagem do estado “Prensando” para o estado “Aberta” visto que a mesma se faz necessária em ambos os estados.



#### 6.4.5 Prensagem – Bomba de baixa (página 5)

A lógica para a bomba de baixa pressão é a mesma que a utilizado para a bomba de alta pressão. A bomba de baixa pressão apenas é ligada alguns segundos após o estado “Prensando” ter sido atingido. Este tempo é definido no bloco B039. Na figura o tempo indicado 3 s foi utilizado para simulação, enquanto que, no processo este tempo é de 120 s.

Prensagem  
B.B.

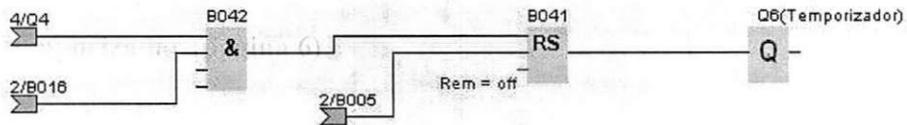


6.4.6 Temporizador (página 6)

O temporizador é utilizado para controlar o tempo de prensagem, sujeito a modificações de acordo com especificações da supervisão de produção. Amostras do produto (torta) são enviadas ao laboratório e, dependendo do percentual de gordura estar acima ou abaixo da especificação, o tempo é aumentado ou diminuído respectivamente.

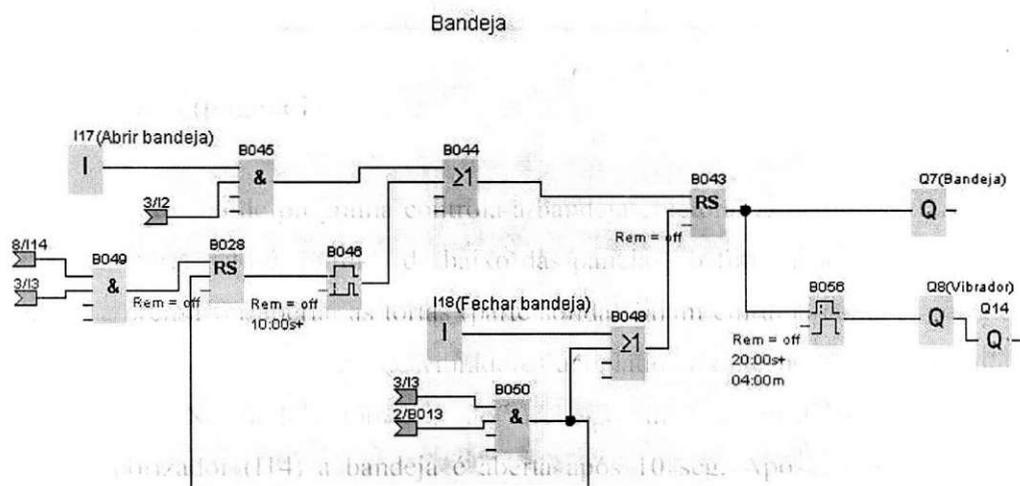
O temporizador é energizado quando for satisfeita a condição: “Bomba de Alta Pressão ligada” e “Rolo de Sinais” indicar estado de “Prensando”. Sendo desligado ao ser atingido o fim da prensagem, isto é feito com o negativo do estado “Prensando”.

Temporizador



### 6.4.7 Bandeja (página 7)

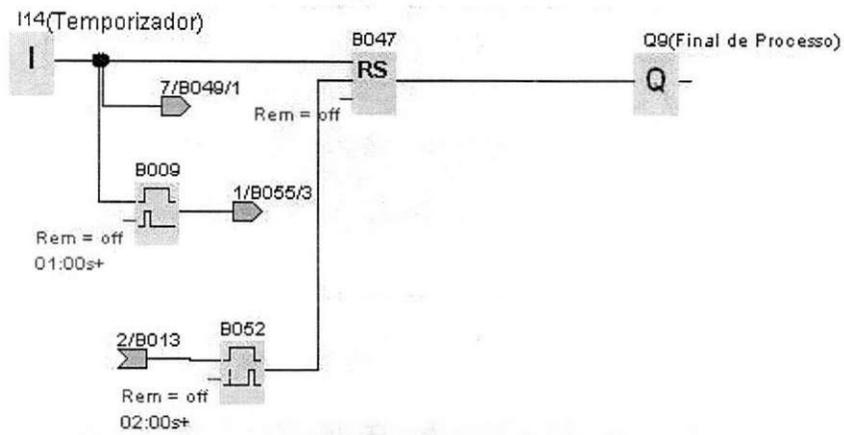
Este trecho de programa controla a bandeja coletora de manteiga. Essa bandeja deve ser aberta, isto é, retirada de baixo das painelas ao fim da prensagem, para que, quando a prensa for aberta, as tortas (parte sólida) caiam em uma calha e, por meio de uma leve inclinação e auxílio de vibradores acoplados na mesma, sejam transportadas ao quebrador. No modo automático, ao receber o sinal de fim de processo produzido pelo temporizador (I14) a bandeja é aberta após 10 seg. Após 20 seg o vibrador é acionado, permanecendo ligado durante 4 min. A bandeja apenas será fechada quando do início do novo ciclo de processo, ou seja, quando a rolo de sinais indicar a etapa “Fechada”.



### 6.4.8 Final de Processo (página 8)

O fim do ciclo ocorre quando o sinal enviado pelo temporizador, ao ser atingido o tempo programado, aciona uma lâmpada situada no alto da prensa, indicando que o processo foi encerrado. Isso é feito para que o operador verifique o estado das painelas observando se houve algum deslocamento ou se algum “prato” (um dos lados da panela) caiu. Na ausência de problemas, o operador por meio do acionamento da botoeira correspondente a entrada “Início de processo”(I1), reinicia o processamento.

## Final de Processo



### 6.4.9 Documentação

O programa completo, tabelas de entradas e saídas e seus respectivos dispositivos associados encontram-se no anexo B. Além de mostrar datas de criação, modificação, nome da empresa e o nome atribuído ao programa.

## 7. Conclusão

O estágio foi de fundamental importância para o conhecimento de aplicações dos conceitos aprendidos ao longo do curso tais como: descrição de processos, seqüência de operações e lógica. Permitiu ainda o conhecimento prático de conceitos de mecânica como pressão, fluxo, tensão de cisalhamento, bomba hidráulica, pistão, etc. E, sobretudo, permitiu a junção de tais conhecimentos e sua aplicabilidade com a finalidade de melhoramento da produtividade e da operacionalidade de equipamentos industriais.

Quanto ao conhecimento geral da unidade fabril, o foco dado foi principalmente ao processo produtivo, já que a atividade proposta ao estagiário foi a de melhoramento do processo como um todo, por meio da revisão de procedimentos operacionais, *layout*, troca de equipamentos, automação, etc. Estas atividades que requerem o conhecimento minucioso do funcionamento de todos equipamentos e suas variáveis, bem como da matéria prima e sua influencia no processo.

Além de todo o conhecimento técnico exigido e adquirido, é importante destacar que o mérito nas atividades desenvolvidas deve-se em grande parte, ao ótimo relacionamento alcançado com gerentes, e principalmente, mecânicos, eletricitas, instrumentistas e operadores, sem os quais os trabalhos não teriam tal grau de êxito.

## 8. Referências Bibliográficas

LOGO – Manual do usuário. SIEMENS, 2000;

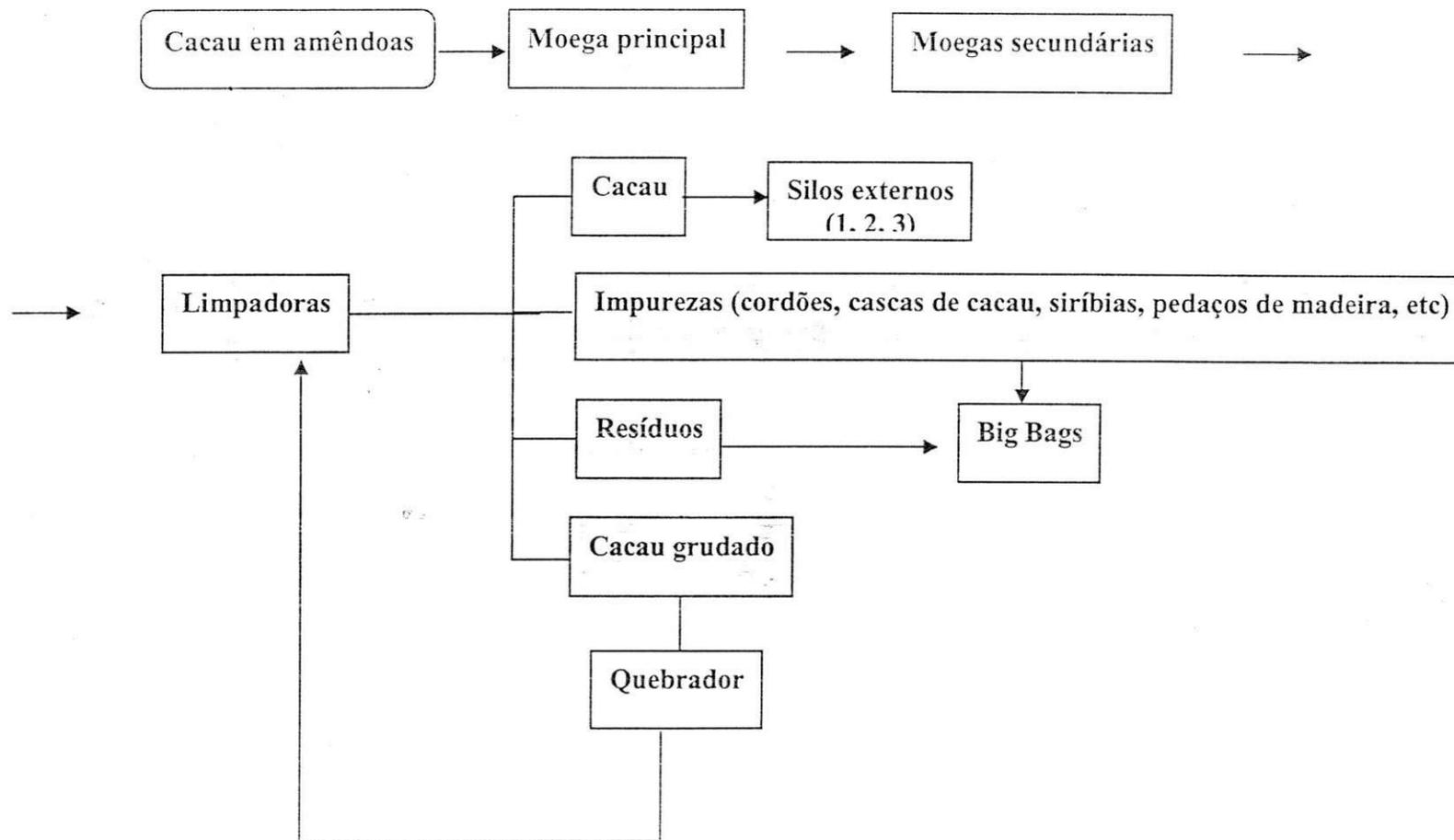
LOGO!Soft Comfort – Manual do usuário. SIEMENS, 2000.

## Anexo A

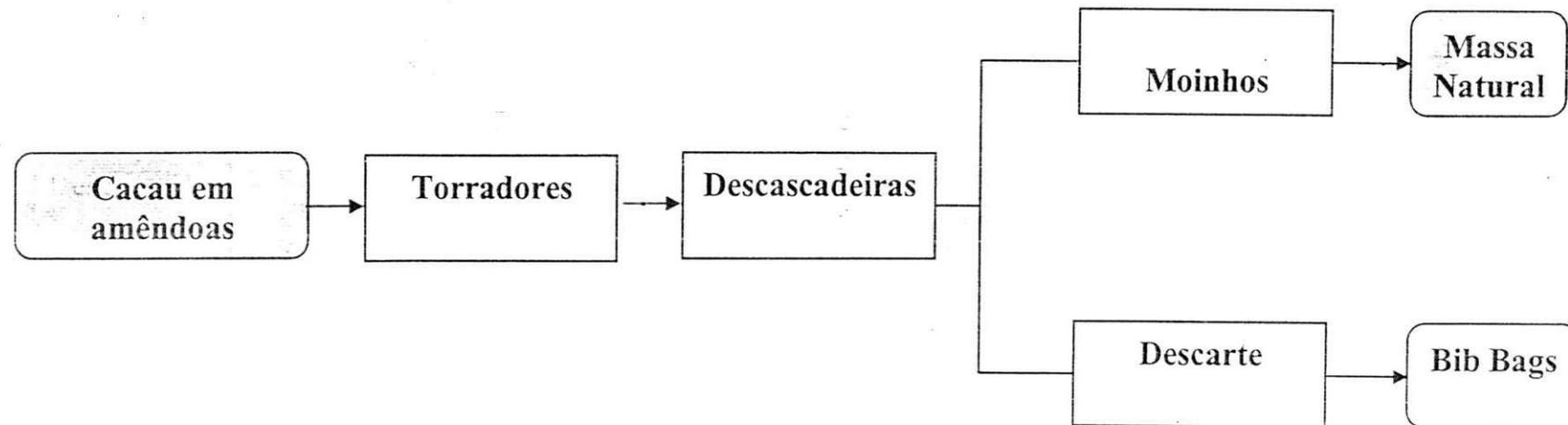
Fluxogramas das etapas do processo produtivo.

1. Limpeza de cacau
2. Torrefação, Separação de cascas e Moagem
3. Tratamento da massa, Refino e Prensagem
4. Filtragem, Desodorização e Embalagem de manteiga
5. Tratamento de Granulado, Moagem e Embalagem de pós

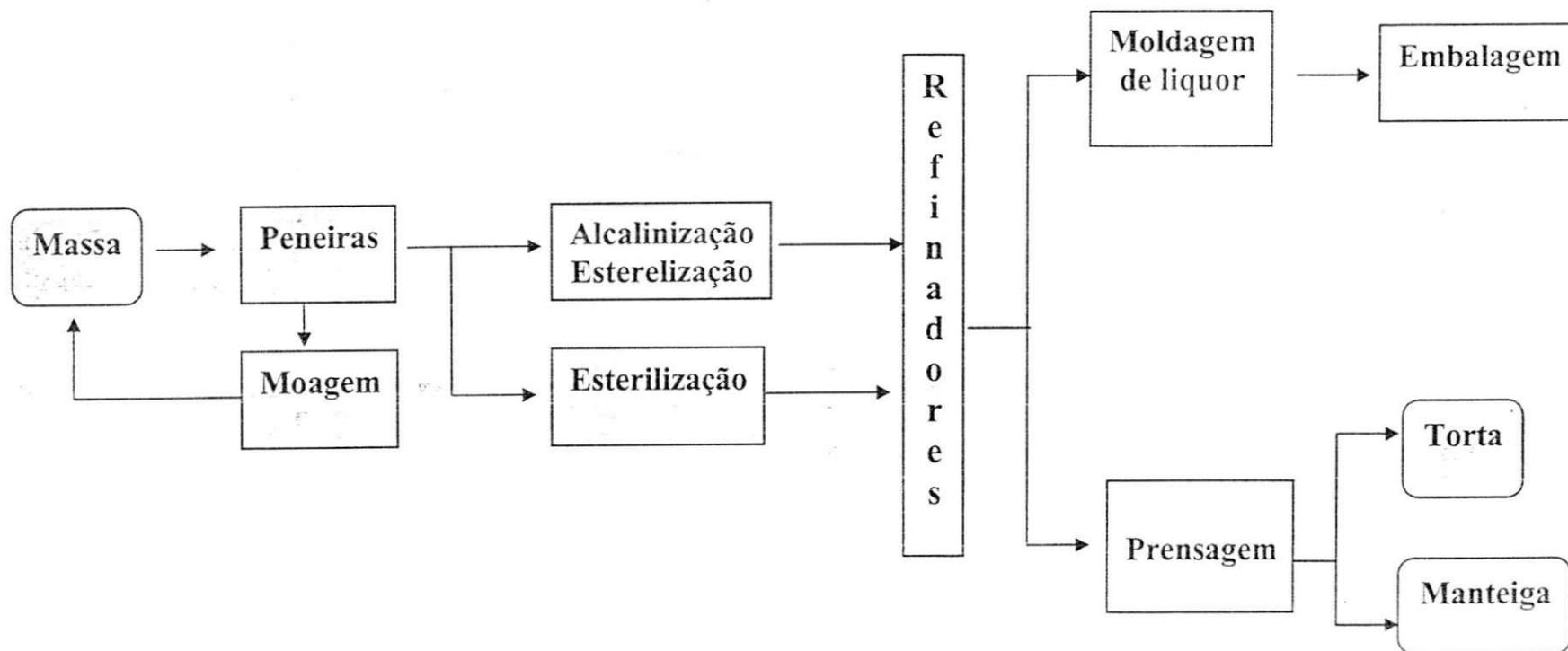
# Limpeza de cacau



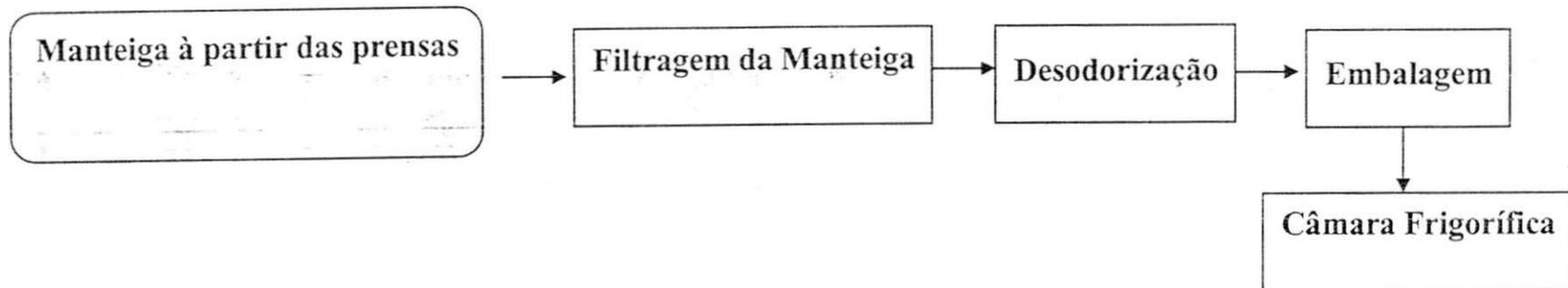
## Torrefação, Separação de Cascas e Moagem



# Tratamento da Massa, Refino e Prensagem



# Filtragem, Desodorização e Embalagem de Manteiga



# Tratamento de Granulado, Moagem e Embalagem de pós



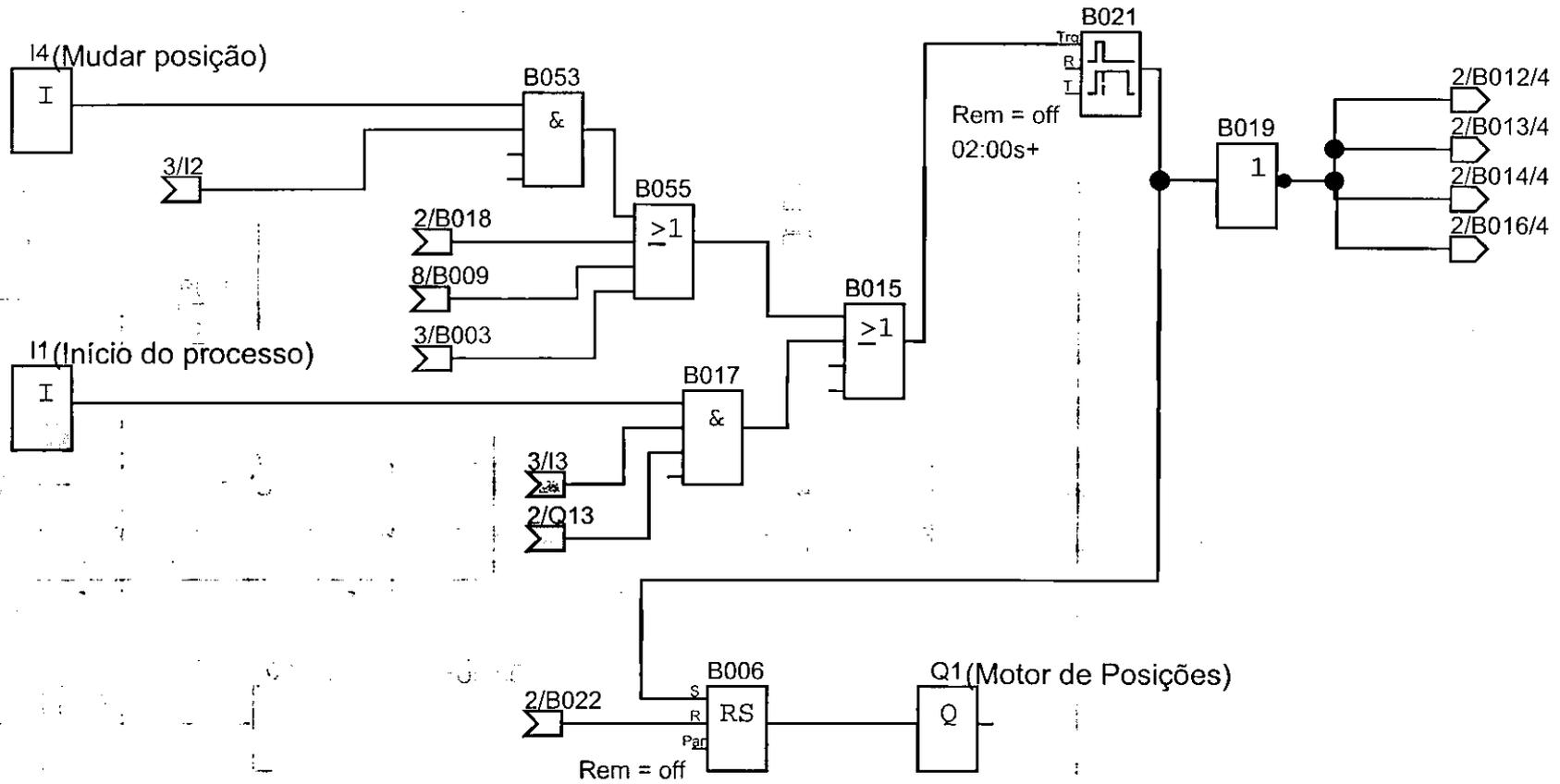
## Anexo B

### Programa de automação da Prensa Hidráulica

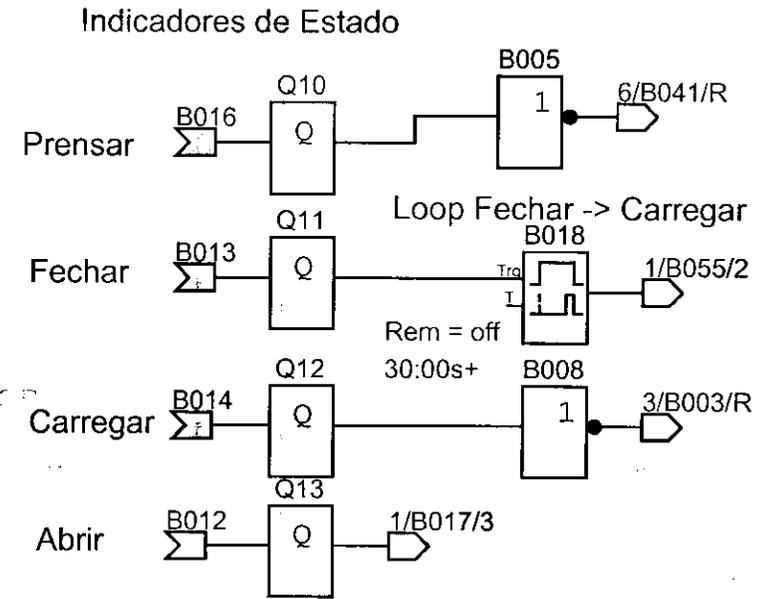
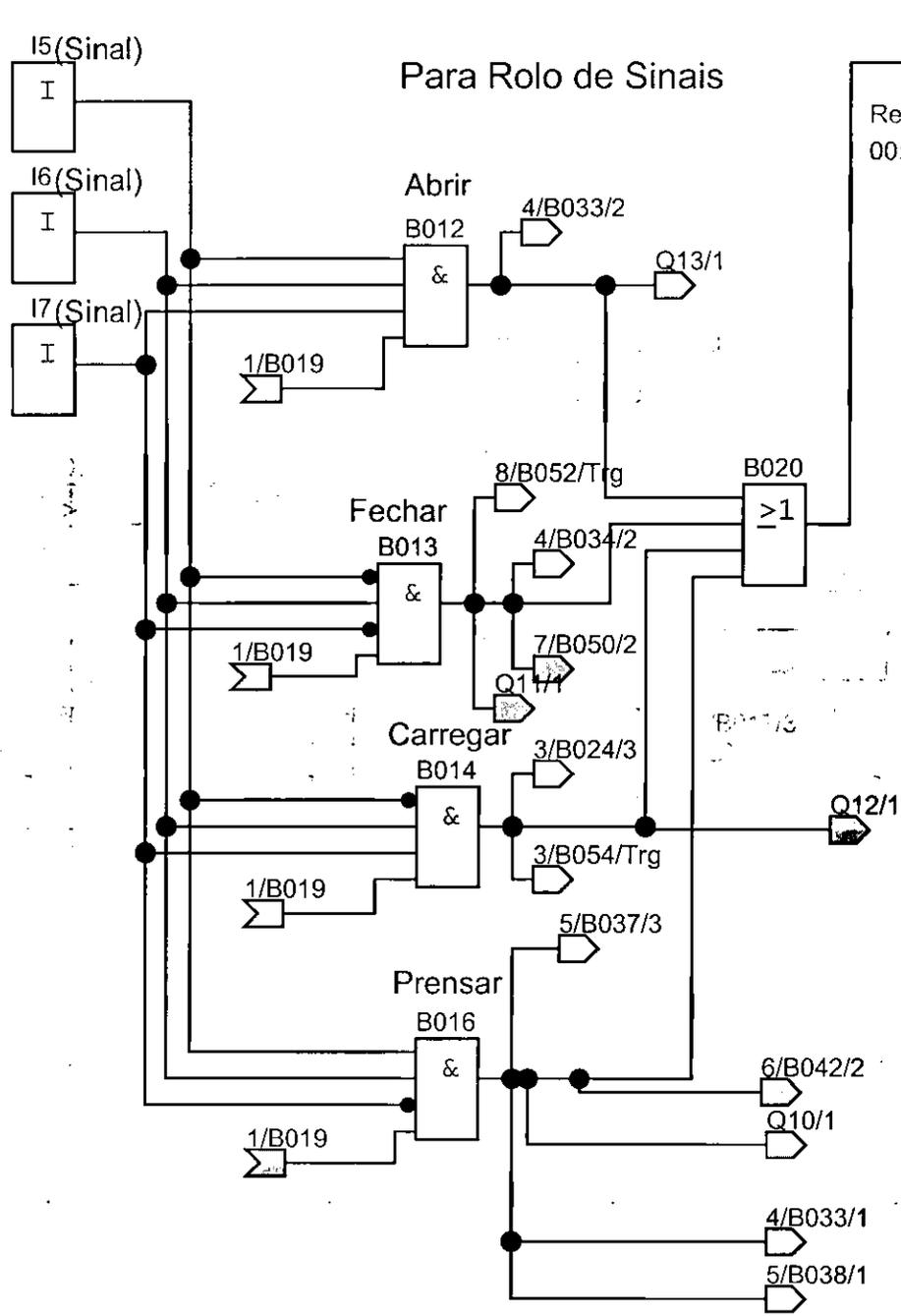
#### Sistema de Controle Automático

1. Gira rolo de Sinais;
2. Para rolo de sinais;
3. Carregamento;
4. Prensagem B.A.;
5. Prensagem B.B.;
6. Temporizador;
7. Bandeja;
8. Final de processo;
9. Tabelas de E/S.

# Gira Rolo de Sinais

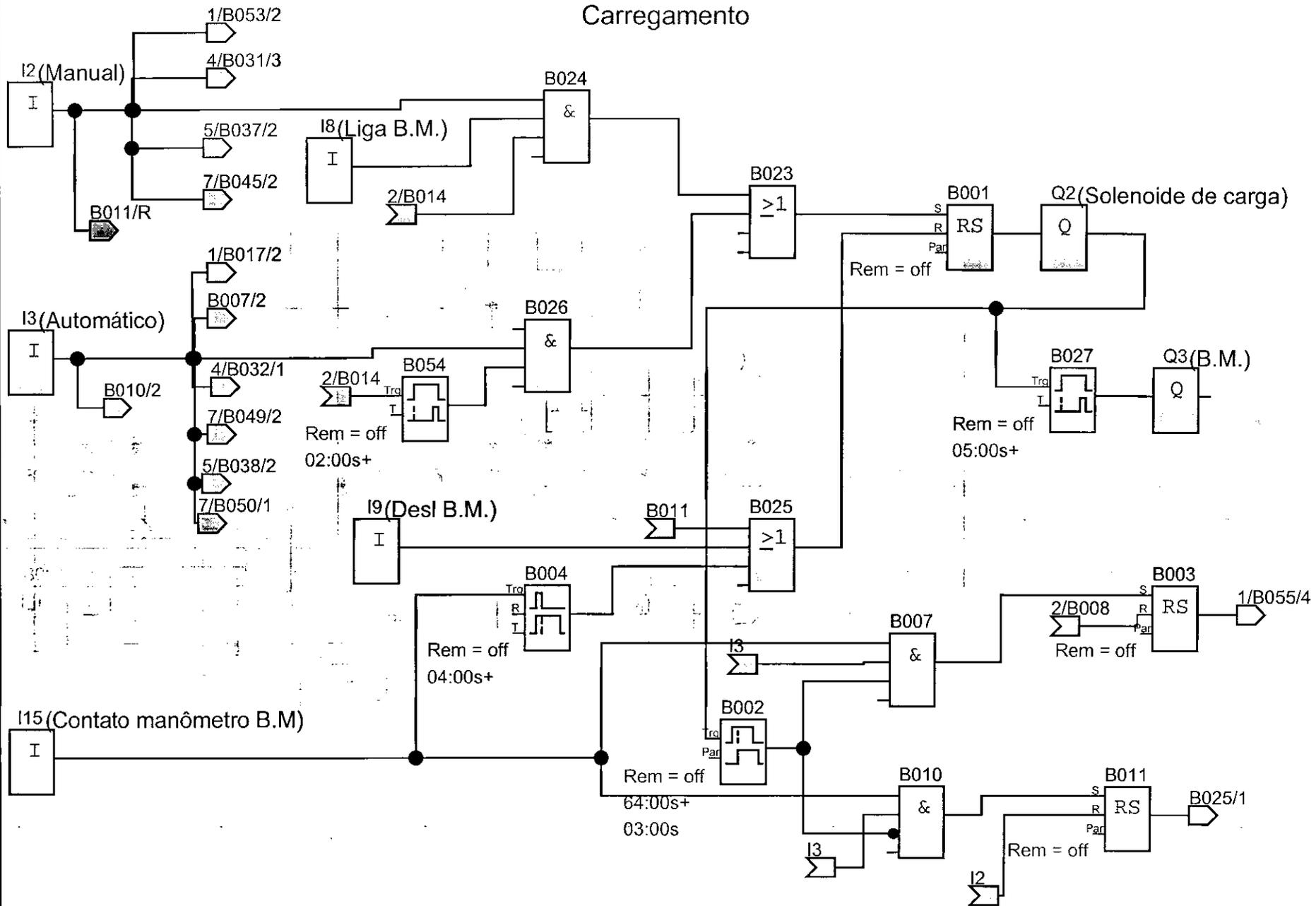


Criado por:		Barry Callebaut	Projeto:	Automação prensa Nagema	Cliente:	
Examinado:			Instalação:		Número do desenho:	
Criado/Alterado:	13-12-2004 7:27/22-03-2005 11:57		Arquivo:	Prensa 09_001.lsc	Página:	1 / 8



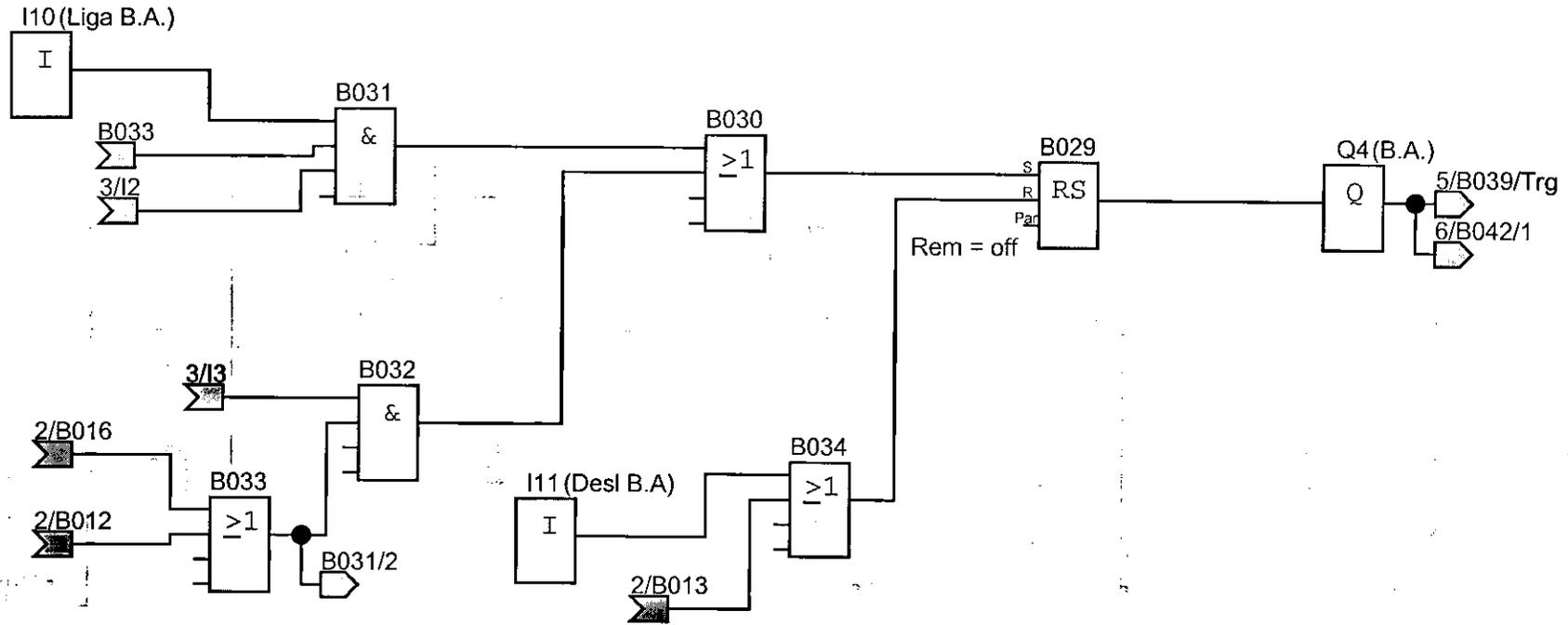
Criado por:		Projeto:	Aulomção prensa Nagema	Cliente:	
Examinado:		Instalação:		Número do desenho:	
Criado/Alterado:	13-12-2004 7:27/22-03-2005 11:57	Ficheiro:	Prensa 09_001.lsc	Página:	2 / 8
	Barry Callebaut				

# Carregamento



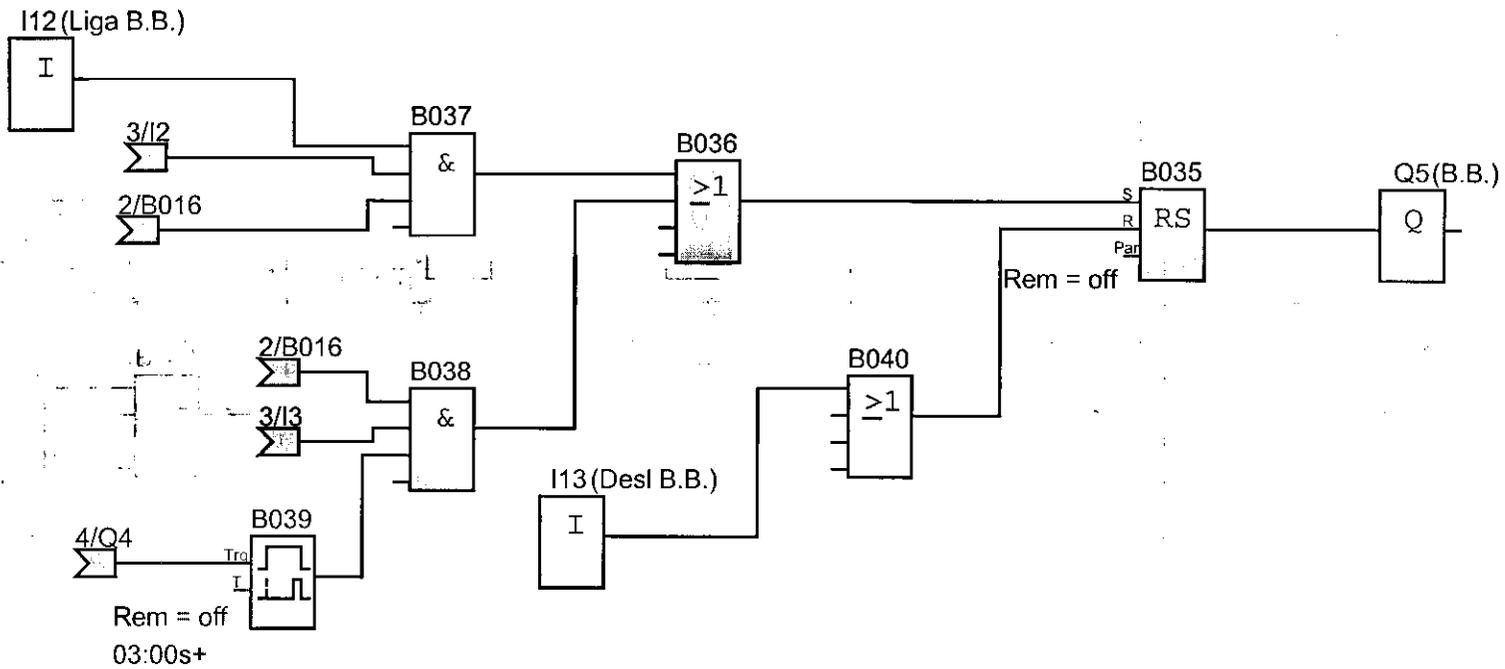
Criado por:		Projeto:	Automação prensa Nagema	Cliente:	
Examinado:	Barry Callebaut	Instalação:		Número do desenho:	
Criado/Alterado:	13-12-2004 7:27/22-03-2005 11:57	Ficheiro:	Prensa 09_001.lsc	Página:	3 / 8

# Prensagem B.A.



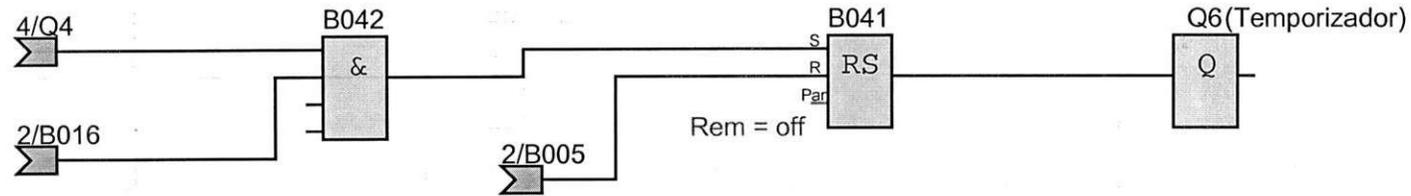
Criado por:		Projeto:	Automação prensa Nagema	Cliente:	
Examinado:		Instalação:		Número do desenho:	
Criado/Alterado:	13-12-2004 7:27/22-03-2005 11:57	Ficheiro:	Prensa_09_001.lsc	Página:	4 / 8
	Barry Callebaut				

# Prensagem B.B.



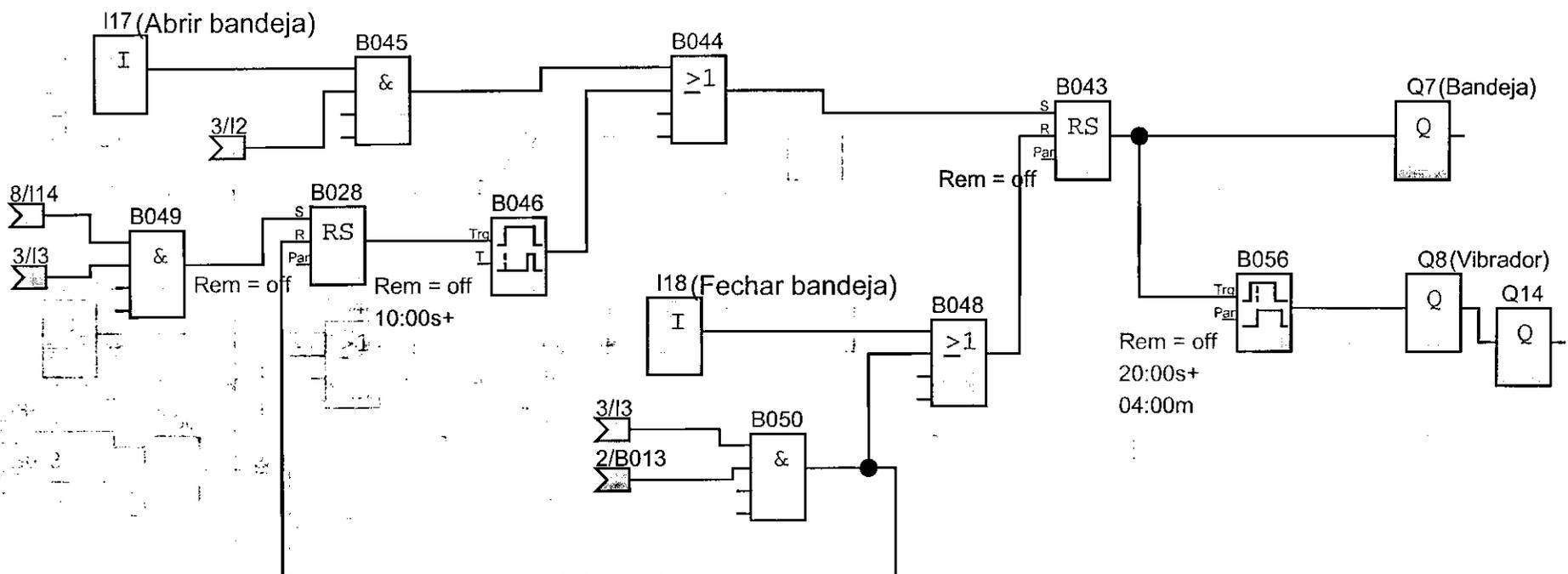
Criado por:		Projeto:	Automação prensa Nagema	Cliente:	
Examinado:		Instalação:		Número do desenho:	
Barry Callebaut		Ficheiro:	Prensa 09_001.lsc	Página:	5 / 8
Criado/Alterado:	13-12-2004 7:27/22-03-2005 11:57				

# Temporizador



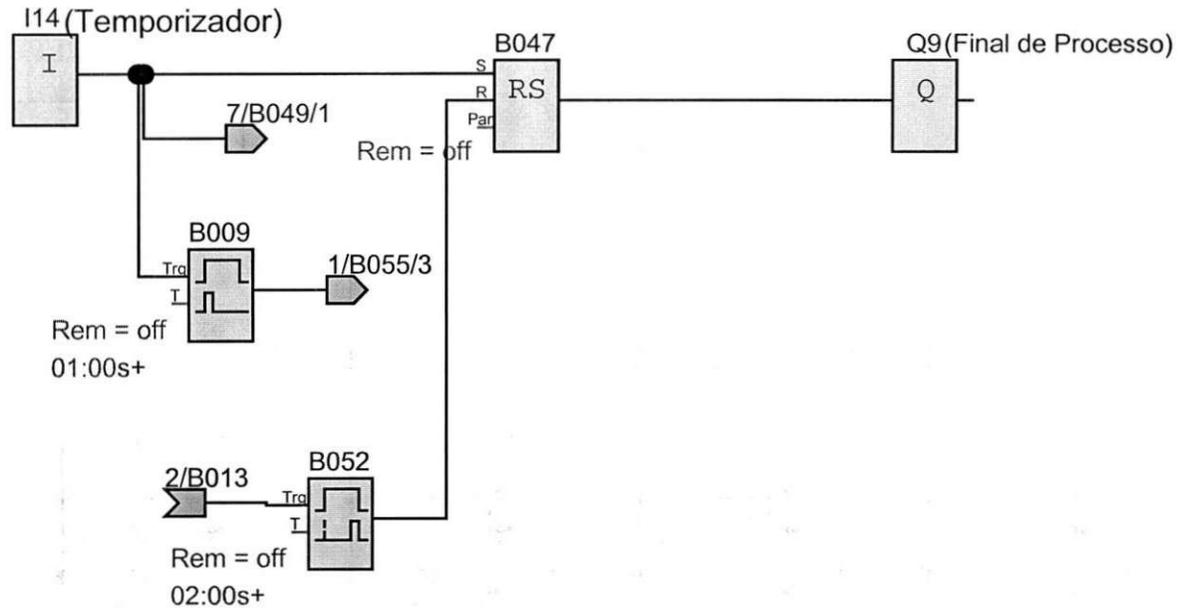
Criado por:		Projeto:	Automação prensa Nagema	Cliente:	
Examinado:		Instalação:		Número do desenho:	
Criado/Alterado:	13-12-2004 7:27/22-03-2005 11:57	Fichário:	Prensa 09_001.lsc	Página:	6 / 8

# Bandeja



Criado por:		Barry Callebaut	Projeto:	Automação prensa Nagema	Cliente:	
Examinado:			Instalação:		Número do desenho:	
Criado/Alterado:	13-12-2004 7:27/22-03-2005 11:57		Fluxograma:	Prensa 09_001.lsc	Páginas:	7 / 8

## Final de Processo



Criado por:		Barry Callebaut	Projeto:	Automação prensa Nagema	Cliente:	
Examinado:			Instalação:		Número do desenho:	
Criado/Alterado:	13-12-2004 7:27/22-03-2005 11:57		Arquivo:	Prensa 09_001.lsc	Página:	8 / 8

Ligação	Marcação					
I1	Início do processo					
I2	Manual					
I3	Automático					
I4	Mudar posição					
I5	Sinal					
I6	Sinal					
I7	Sinal					
I8	Liga B.M.					
I9	Desl B.M.					
I10	Liga B.A.					
I11	Desl B.A					
I12	Liga B.B.					
I13	Desl B.B.					
I14	Temporizador					
I15	Contato manômetro B.M					
I16	Fim de Curso (Fechada)					
I17	Abrir bandeja					
I18	Fechar bandeja					
I19	Térmico B.M.					
I20						
I21						
I22						
I23						
I24						
C1▲						
C2▼						
C3◀						
C4▶						
S1						
S2						
S3						
S4						
S5						
S6						
S7						
Criado por:		Barry Callebaut	Projeto:	Automação prensa Nagema	Cliente:	
Examinado:			Instalação:		Número do desenho:	
Criado/Alterado:	13-12-2004 7:27/22-03-2005 11:57		Ficheiro:	Prensa 09_001.lsc	Página:	8

Ligação	Marcação
S8	
AI1	
AI2	
AI3	
AI4	
AI5	
AI6	
AI7	
AI8	
Q1	Motor de Posições
Q2	Solenóide de carga
Q3	B.M.
Q4	B.A.
Q5	B.B.
Q6	Temporizador
Q7	Bandeja
Q8	Vibrador
Q9	Final de Processo
Q10	
Q11	
Q12	
Q13	
Q14	
Q15	
Q16	
AQ1	
AQ2	
X1	
X2	
X3	
X4	
X5	
X6	
X7	
X8	

Criado por:		Projeto:	Automação prensa Nagema	Cliente:	
Examinado:	Barry Callebaut	Instalação:		Número do desenho:	
Criado/Alterado:	13-12-2004 7:27/22-03-2005 11:57	Ficheiro:	Prensa 09_001.lsc	Página:	9