

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA



RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Barry Callebaut Brasil S/A

Elíbia Teresa Moreira Colaço

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Cunha Oliveira

Supervisor: Sr. Sandro Emanuel Lima da Silva

Campina Grande - PB
Setembro de 2010

Relatório de Estágio Integrado

Elíbia Teresa Moreira Colaço

Relatório de Estágio Integrado apresentado à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheira Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Cunha Oliveira

Campina Grande - PB
Setembro de 2010

Relatório de Estágio Integrado

Elíbia Teresa Moreira Colaço

Relatório de Estágio Integrado apresentado à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheira Eletricista.

Alexandre Cunha Oliveira, Dr., UFCG
Orientador

Benedito Antônio Luciano, Dr., UFCG
Componente da Banca

Campina Grande - PB
Setembro de 2010

Agradecimentos

À minha família, em especial a minha mãe, pelos seus ensinamentos, carinho e perseverante dedicação e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao Grupo PET-Elétrica por todas as oportunidades e os sucessos alcançados, treinamentos e aprendizados, bem como pelas amizades formadas e experiências vividas.

Aos meus colegas de curso, em especial Abinadabe, Antonio de Paula, Júlio César, Paulo de Tarso, Pedro Merencio, Rafaele e Uian pelas noites de estudos compartilhadas e pelo apoio durante a graduação.

Ao Departamento de Engenharia Elétrica como um todo (coordenações, professores e funcionários) por proporcionar uma boa formação aos seus graduandos.

Ao professor Alexandre Cunha Oliveira pela orientação profissional e amiga durante o estágio.

À Barry Callebaut, em especial a Sandro Silva, pela oportunidade de estágio e aos seus funcionários por toda ajuda e todo apoio prestados diariamente durante meu aprendizado e minhas atividades.

Enfim, a todos que de modo direto ou indireto contribuíram para essa realização.

À minha família, com todo meu amor.

Sumário

Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	x
1 Introdução	1
2 Barry Callebaut Brasil S/A	3
2.1 O Grupo Barry Callebaut	3
2.2 Barry Callebaut Brasil	4
2.2.1 História	4
2.2.2 Gerência	5
2.2.3 Produtos e Especificações	5
2.2.4 Capacidade Produtiva	6
3 Revisão Bibliográfica	8
3.1 Sobre o Cacau	8
3.1.1 História	8
3.1.2 Características e Composição	9
3.2 Sistemas Elétricos	11
3.2.1 Circuitos Trifásicos Equilibrados	11
3.2.2 Triângulo de Potências e Correção do Fator de Potência	12
3.3 Instalações Elétricas	14
3.3.1 Partida de Motores	14
3.3.2 Correção do Fator de Potência	16
3.4 Máquinas Elétricas	19
3.4.1 Introdução às Máquinas Rotativas	19
3.4.2 Máquinas Polifásicas de Indução	20
3.5 Distribuição de Energia Elétrica	23
3.5.1 Carga Instalada	23

3.5.2	Contrato de Fornecimento	24
3.5.3	Energia Elétrica Ativa e Reativa	24
3.5.4	Horários e Períodos	25
3.5.5	Demandas	25
3.5.6	Fator de Carga e de Potência	25
3.5.7	Tarifa Azul	26
4	Etapas do Processo Produtivo	27
4.1	Colheita do Cacau	27
4.2	Logística	28
4.2.1	Recepção do Cacau	29
4.2.2	Manuseio, Armazenamento e Expedição do Produto Acabado	32
4.3	Setor Produtivo	33
4.3.1	Limpeza do Cacau e Silos de Amêndoas	33
4.3.2	Torrefação, Separação de Cascas e Moagem	36
4.3.3	CONIMIX (Tratamento de <i>Nibs</i>)	39
4.3.4	Tratamento de Massa	40
4.3.5	Refino de Massa e Moldagem de Liquor	42
4.3.6	Prensagem de Massa	44
4.3.7	Filtragem, Desodorização e Moldagem de Manteiga	45
4.3.8	Tratamento de Granulado, Moagem e Embalagem de Pós	47
4.4	Laboratórios	49
4.4.1	Laboratório de Suporte Técnico	49
4.4.2	Laboratório de Controle de Qualidade	50
5	Setor da Manutenção e Subestação Elétrica	54
5.1	Setor da Manutenção	54
5.1.1	Rotina da Manutenção	54
5.2	Subestação Elétrica	56
6	Atividades Desenvolvidas	58
6.1	Instalação do Refinador 03	58
6.2	Controle de Demanda na Ponta	61
6.3	Simulações de Consumo de Energia Elétrica	62
6.4	Acompanhamento das Faturas de Energia Elétrica	62
6.5	Melhorias na Parte Elétrica	63
6.6	Projetos Ano Fiscal 09/10	65
6.7	Projeto Geração na Ponta	65

7	Considerações Finais	67
	Referências bibliográficas	68
A	Fluxograma do Processo Produtivo	69
B	Controle de Demanda na Ponta	71
C	Simulações de Consumo de Energia Elétrica	73
D	Acompanhamento das Faturas de Energia Elétrica	77
E	Melhorias na Parte Elétrica	83

Lista de Figuras

2.1	Resultados do Grupo Barry Callebaut.	3
2.2	Barry Callebaut Brasil S/A.	4
2.3	Gráfico da Produção: Ano Fiscal 09/10 (até maio 2010).	7
3.1	Cacau.	10
3.2	Diagrama Fasorial: Sequências de fase em circuitos trifásicos.	12
3.3	Triângulo de Potências.	13
3.4	Triângulo de Potências - Correção do Fator de Potência.	13
3.5	Esquema de ligação tripolar de chave estrela-triângulo.	15
3.6	Funções típicas de chaves estáticas.	16
3.7	Carga consumindo potência ativa e reativa indutiva com capacitor conectado.	17
3.8	Curva típica de conjugado x velocidade de um motor de indução.	20
3.9	Circuito equivalente do estator de um motor de indução polifásico.	22
3.10	Circuito equivalente monofásico de um motor de indução polifásico.	22
3.11	Curvas típicas de conjugado x velocidade para motores de indução 1800 rpm de uso geral.	24
4.1	Colheita do Cacau e Retirada das Sementes.	27
4.2	Fermentação e Secagem das Amêndoas de Cacau.	28
4.3	Testes de Peneira e de Corte.	30
4.4	Fluxograma do processo de amostragem para os testes de corte, de umidade e de contagem de amêndoas.	31
4.5	Moegas de Cacau.	34
4.6	Máquinas Limpadoras de Cacau.	35
4.7	Silos 1-2-3: armazenamento intermediário de cacau em amêndoas.	36
4.8	Torradores de cacau a vapor à esquerda (<i>Nagama</i>) e a gás GLP à direita (<i>Probat</i>).	37
4.9	Torradores de cacau a vapor à esquerda (<i>Nagama</i>) e a gás GLP à direita (<i>Probat</i>).	38
4.10	CONIMIX: Descarga, esteira Live-Bin e Secador de <i>Nibs</i>	39
4.11	Fluxograma do setor Refino de Massa.	42

4.12	Fluxograma do setor Refino de Massa.	43
4.13	Moldagem de Liquor.	44
4.14	Ilustração das painéis e pratos das prensas hidráulicas.	45
4.15	Filtros Horizontais de Manteiga de Cacau.	46
4.16	Moldagem de Manteiga.	47
4.17	Setor de Moagem e Embalagem de Pós.	48
4.18	Fotos do Laboratório de Aplicações.	49
4.19	Foto do Laboratório de Processos: linha piloto.	50
4.20	Equipamentos do Laboratório de Análise Físico-Química.	53
5.1	Modelo de Subestação Elétrica com entrada aérea.	57
6.1	Refinador <i>Drais</i> (REF-03) e instalação física do motor elétrico.	59
6.2	Utilização de chave estática para partida suave - configuração com <i>bypass</i>	60
6.3	Iluminação do Campo/PA.	65
A.1	Fluxograma do Processo de Beneficiamento de Cacau	70

Lista de Tabelas

2.1	Setores da Produção por Área.	6
3.1	Composição do <i>Nibs</i> de Cacau.	10
3.2	Limites de tensão percentual e seus efeitos no sistema.	14
3.3	Potência máxima dos capacitores ligados a motores de indução.	19
4.1	Padronização de Produtos Acabados e Intermediários.	32
E.1	Descrição das Atividades Realizadas na Iluminação da Fábrica.	83
E.2	Descrição das Pendências e o seu estado atual.	84
E.3	Descrição de Atividades Realizadas por Setor.	85

Capítulo 1

Introdução

O presente relatório é referente ao estágio curricular desenvolvido pela aluna do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Elíbia Teresa Moreira Colaço, realizado na Barry Callebaut Brasil S/A, empresa multinacional Belga/Francesa do Grupo Barry Callebaut, localizada na cidade de Ilhéus - BA.

O estágio curricular teve duração de seis meses, no período de 05/01/2010 a 30/06/2010, com carga horária de 40 horas semanais, totalizando cerca de 960 horas.

O direcionamento do estágio foi realizado a partir de um cronograma de atividades elaborado pela gerência, abordando os seguintes tópicos do beneficiamento de cacau realizado na empresa:

- Plantio e Colheita do Cacau;
- Recebimento do Cacau na Fábrica;
- Processo Produtivo;
- Manutenção;
- Logística (embarque de produtos);
- Laboratórios (análises dos produtos).

O principal objetivo do estágio é agregar à aluna o conhecimento de todos os setores da empresa, desde o cultivo de cacau na fazenda até o produto final, familiarizando-a com a rotina diária de cada setor. Por consequência deste treinamento, a aluna torna-se apta a atuar diretamente no processo produtivo ou em equipamentos, visando melhorias. Em paralelo a esses trabalhos, foi acompanhado o planejamento dos projetos de investimento da empresa no ano fiscal 09/10.

A estagiária participou ainda de treinamentos sobre Boas Práticas de Fabricação (BPF), Segurança no Trabalho, Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (qualidade e segurança

dos produtos), além do acompanhamento de atividades relacionadas ao setor produtivo e ao setor de manutenção (instalação de motores, desligamento e religamento da subestação elétrica, intervenções em painéis elétricos de força e de comando, entre outras atividades).

Neste documento são apresentadas as informações gerais sobre a empresa (história, estrutura e capacidade produtiva) e a descrição das atividades desenvolvidas pela estagiária ao longo dos meses.

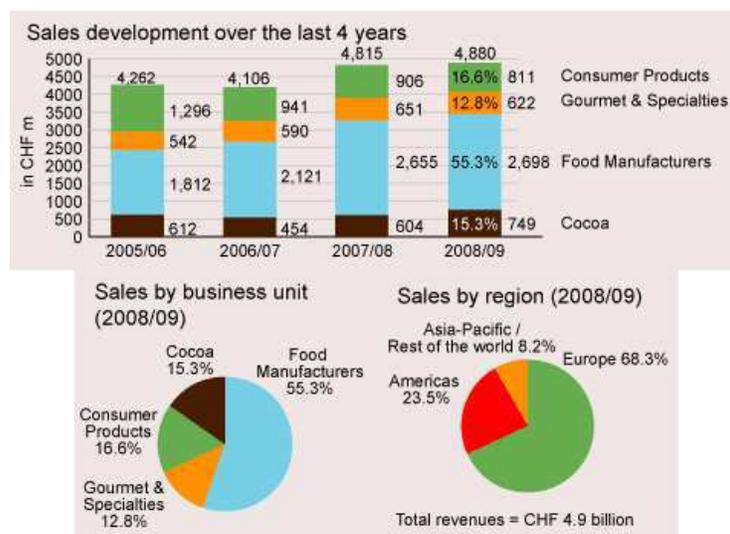
Capítulo 2

Barry Callebaut Brasil S/A

2.1 O Grupo Barry Callebaut

O grupo Barry Callebaut foi criado em 1996, a partir da união de duas empresas: os produtores de chocolate Callebaut (belga) e a Cacao Barry (francesa). As duas empresas já tinham excelente reputação no mercado e com a fusão, aliou-se o conhecimento da Cacao Barry na área de compras e nos estágios iniciais de processamento da semente de cacau com a ampla experiência da Callebaut na produção de chocolate processado.

Com sede na Suíça, a Barry Callebaut é hoje líder mundial na fabricação de alta qualidade de produtos de cacau e chocolates. Atualmente, o grupo conta com 40 empresas situadas em 26 países, em quatro continentes: Europa, África, América e Ásia.



FONTE: Barry Callebaut [2010]

Figura 2.1: Resultados do Grupo Barry Callebaut.

2.2 Barry Callebaut Brasil

2.2.1 História

A Chadler Brasil, uma indústria familiar que fabricava produtos derivados de cacau e chocolate, foi fundada em 1944 e localizava-se na cidade de Salvador - BA até 1994. Em 1995, com a forte pressão da comunidade que se estabeleceu em torno da fábrica ao longo dos anos, a Chadler transferiu suas atividades operacionais para Ilhéus - BA. Para tanto, foram arrendadas as instalações de uma antiga planta de semiacabados, que pertencia a empresa Berkau e encontrava-se desativada.

Em outubro de 1999, o grupo Barry Callebaut adquiriu as companhias Chadler Brasil e Chadler USA. Entretanto, as atividades da Barry Callebaut aqui no Brasil foram iniciadas apenas em maio de 2001, quando a Chadler passou a chamar-se Barry Callebaut Brasil S/A após compra da planta que fora arrendada, em fevereiro de 2000.

Hoje a empresa Barry Callebaut Brasil S/A possui uma planta para beneficiamento de cacau (Ilhéus - BA), uma fábrica de chocolate recém-inaugurada (Extrema - MG) e uma sede administrativa (São Paulo - SP), além de oito escritórios de filiais de compra (7 na Bahia e 1 no Pará).



(a) Beneficiamento de cacau (Ilhéus-BA)



(b) Fábrica de chocolate (Extrema-MG)

Figura 2.2: Barry Callebaut Brasil S/A.

A indústria de Ilhéus, gerenciada pelo Sr. André Vieira, Gerente Industrial da Barry Callebaut Brasil, e pelo Sr. Sandro Silva, Coordenador de Operações, apresenta operação contínua e destina-se à produção dos derivados do cacau: liquor, torta, pó e manteiga; produtos estes fornecidos como matéria-prima para as indústrias de chocolates e derivados (biscoitos, sorvetes, essências, ingredientes e farmacêutica).

No Brasil, alguns clientes da planta de beneficiamento de cacau são: Kraft Foods, Nestlé, Arcor, Pepsico, Cacau Show e Barry Callebaut (Extrema - MG). Já no mercado externo, a

fábrica atende a todo o grupo Barry Callebaut.

2.2.2 Gerência

A coordenação da empresa é desenvolvida basicamente por dois programas: Gerenciamento pelas Diretrizes e Gerenciamento da Rotina. O planejamento anual é construído conforme o ano fiscal europeu: de setembro de um ano a agosto do ano seguinte.

O Gerenciamento pelas Diretrizes consiste no desdobramento das metas da diretoria (diretrizes) nos diversos níveis hierárquicos da empresa, atingindo até o nível operacional. Estas metas devem ser atingidas ao longo do ano fiscal. Já o Gerenciamento da Rotina busca uma melhoria da rotina diária e aumento da produtividade através da padronização, utilizando procedimentos operacionais, itens de controle, tratamento de anomalias, entre outros.

O acompanhamento da gerência é realizado por meio de reuniões diárias de produção, de embarque (com o setor da logística) e de controle de qualidade. Nestas reuniões são discutidas a produção do dia anterior e a avaliação do cumprimento de metas diárias, além da previsão da meta mensal, bem como a ocorrência de anomalias e a solução de problemas. Além da reunião diária de produção, os líderes dos setores de produção e manutenção reúnem-se também em uma reunião mensal.

Semestralmente é realizada a Reunião de Análise Crítica, com todos os setores representados pelos seus líderes. Neste encontro, cada setor apresenta seus resultados e suas ações realizadas, respondendo perguntas da platéia e recebendo sugestões. Esta reunião é considerada uma importante ferramenta de alinhamento e integração dos setores.

2.2.3 Produtos e Especificações

Na planta de beneficiamento de cacau (Ilhéus - BA), são produzidos os seguintes produtos:

- Liquor (massa de cacau);
- Manteiga de Cacau;
- Torta (produto intermediário);
- Granulado (produto intermediário);
- Cacau em pó.

Para cada produto, existem diversas especificações, sendo estas definidas de acordo com a forma de embarque e de alguns parâmetros da composição físico-química, como por exemplo: teor de gordura, pH, umidade, granulometria, cor. As especificações de cada produto processado na linha de produção são as seguintes:

- Liquor (massa de cacau):
 - Liquor Natural (LN30, LN31, LN38 - orgânico);
 - Liquor Alcalino (LA31).
- Manteiga de Cacau:
 - Manteiga Desodorizada (MD10, MD11, MD19, MD38 - orgânico).
- Torta:
 - Torta Natural (TN20, TN28 - orgânico, TN80);
 - Torta Alcalina (TA20, TA28 e TA78 - orgânico, TA60, TA70).
- Pós:
 - Pó Preto (PP11, PP12, PP21, PP22, PN90, PP90 - granulado);
 - Pó Natural (PN21, PN28 - orgânico);
 - Pó Alcalino (PA21, PA28 e PA78 - orgânico, PA31, PA71).

2.2.4 Capacidade Produtiva

O setor produtivo da Barry Callebaut (Ilhéus - BA) é dividido basicamente em duas grandes áreas: Área Sólida e Área Líquida. De acordo com as várias etapas do processo produtivo, a produção é ainda subdividida segundo os setores apresentados na Tabela 2.1. O processo produtivo é contínuo e o funcionamento da fábrica é integral (24 horas por dia).

ÁREA	SETOR
SÓLIDA	Limpeza do Cacau (corte de cacau)
SÓLIDA	Torrefação, Separação de Cascas e Moagem
SÓLIDA	CONIMIX (Tratamento de Nibs)
LÍQUIDA	Tratamento de Massa
LÍQUIDA	Refino de Massa e Moldagem de Liquor
LÍQUIDA	Prensagem
LÍQUIDA	Filtragem, Desodorização e Moldagem de Manteiga
LÍQUIDA	Tratamento de Granulado
LÍQUIDA	Moagem e Embalagem de Pós

Tabela 2.1: Setores da Produção por Área.

A capacidade de produção da Área Sólida como um todo é avaliada segundo a quantidade de corte de cacau. Atualmente, a Barry Callebaut apresenta aproximadamente uma média de corte de 72.000 sacos/mês, onde cada saco pesa 60 kg. Os demais setores são avaliados segundo a produção em toneladas de cada produto relacionado ao setor (liquor, manteiga, torta, granulado e pó). Na Figura 2.3, é apresentado o gráfico da produção do ano fiscal vigente até o mês de maio.

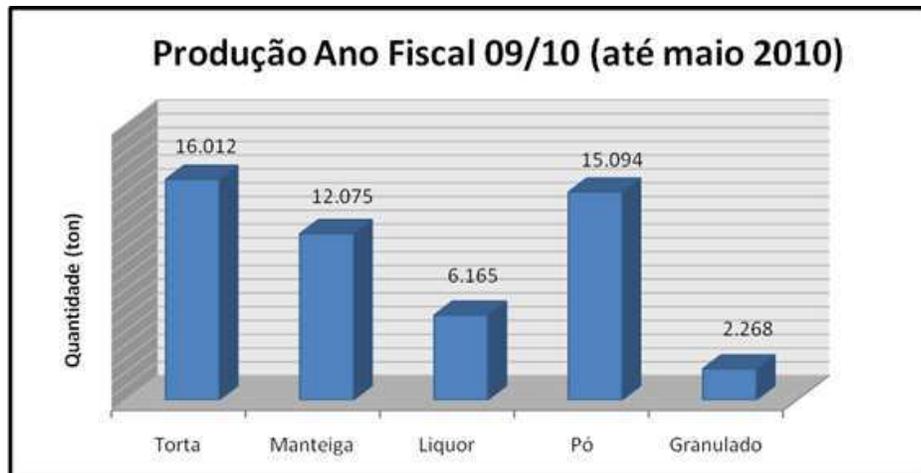


Figura 2.3: Gráfico da Produção: Ano Fiscal 09/10 (até maio 2010).

Capítulo 3

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão abordados os principais tópicos da teoria utilizada para a execução das atividades durante o estágio curricular, que foram lecionados nas disciplinas ofertadas no curso de graduação em Engenharia Elétrica da UFCG.

Com caráter informativo, também será apresentado um resumo teórico sobre o cacau, principal matéria-prima do processo produtivo da empresa, e sua história.

Após uma análise, pode-se concluir que os conhecimentos gerais adquiridos ao longo do curso possuem forte influência na atuação do aluno no estágio, como por exemplo, têm-se as seguintes disciplinas:

- Expressão Gráfica - na análise e compreensão de desenhos técnicos;
- Instituições do Direito - no entendimento dos direitos e deveres do contratante e da contratada, durante a análise de contratos;
- Administração - no planejamento de atividades (cronogramas), no orçamento de serviços e na gerência de pessoas.

De forma a tornar o relatório mais objetivo, os assuntos abordados a seguir se referirão especificamente às disciplinas lecionadas pelo Departamento de Engenharia Elétrica. Estes temas foram divididos em seções nomeadas conforme a disciplina equivalente.

3.1 Sobre o Cacau

3.1.1 História

O cacau já era cultivado pelos astecas, no México, muito tempo antes da colonização europeia. As sementes eram utilizadas por esta civilização como moeda, bem como para produção de uma bebida utilizada em cerimônias religiosas.

De acordo com historiadores, o cacauero era considerado sagrado, fato que deve ter influenciado o botânico sueco Carolus Linneu (1707 - 1778) a denominar a planta de *Theobroma cacao* (significado de Theobroma: “alimento dos deuses”).

Após o descobrimento da América, final do século XV, o cacau foi levado a Europa pela primeira vez por Colombo, quando de sua quarta viagem, apenas como uma curiosidade. Em seguida, em 1528, Cortez começou a explorar o cacau comercializando-o como uma nova bebida.

Já no início do século XVII, a bebida feita com cacau tornava-se popular pela Europa Central e do Norte, após adição de açúcares e outros adoçantes. Entretanto, esta bebida ainda era muito amarga e nada familiar ao sabor do chocolate moderno. Desta forma, despertaram-se os estudos dos processos para transformar a semente de cacau no que hoje é conhecido como chocolate.

Um marco importante para o início da produção de chocolate foi a invenção da prensa hidráulica, em 1828, por Van Houten, da Holanda, permitindo a extração da manteiga e da torta de cacau. Outro procedimento no beneficiamento de cacau criado por Van Houten foi a alcalinização. O objetivo inicial era facilitar a solubilidade dos derivados do cacau, entretanto, foi percebido também alterações na cor e no sabor.

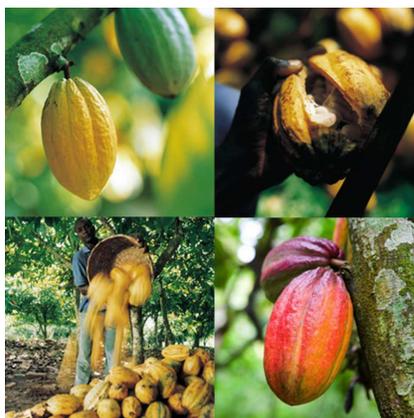
Daí, o desenvolvimento de bebidas achocolatadas foi um passo rápido, ao mesmo tempo em que a mistura com manteiga de cacau permitiu a produção de chocolate em barras. Um chocolate mais saboroso, semelhante ao conhecido nos dias de hoje, foi concebido pela primeira vez pelo inglês John Fry, em 1847(De Zaan [2006]), dando o início a este importante ramo da indústria no campo da alimentação.

3.1.2 Características e Composição

A árvore de cacau, ou cacauero, de nome científico *Theobroma cacao L.*, cresce naturalmente à sombra de florestas tropicais (clima quente-úmido, com alta pluviosidade anual, distribuída regularmente). Tendo sua origem na América Central e do Sul, o cacauero é considerado uma árvore pequena, que pode atingir no máximo 6 metros de altura, cujas flores e frutos (o cacau) nascem no tronco e nos galhos.

O fruto possui casca dura e uma polpa açucarada, envolvendo as sementes. Basicamente, o cacau é dividido em três grandes grupos (tipos):

- *Criollo*: foi o tipo de cacau cultivado pelos povos Maia e Asteca, possui cotilédones (sementes) brancos e devido a sua vulnerabilidade a doenças representa pequena parcela na produção mundial;
- *Forastero*: original da Amazônia, foi o tipo de cacau introduzido na Bahia, possui sementes escuras e achatadas, representando hoje a maior parte da produção mundial.



FONTE: Barry Callebaut [2010]

Figura 3.1: Cacau.

Também é conhecido como Amelonado, devido às semelhanças físicas entre o fruto de cacau e o melão (Beckett [1999], Flower [1999]);

- *Trinitario*: originado pela hibridização entre o *Criollo* e o *Forastero*.

O tempo para maturação do fruto é de 4 a 6 meses, podendo o cacau atingir de 10 a 25 cm de comprimento, com massa de 300 à 350 g. Após a colheita, é realizada a fermentação e a secagem das sementes, obtendo-se as amêndoas de cacau, que são utilizadas para a produção de derivados de cacau e chocolate. A composição química da amêndoa pode variar em função de vários fatores: tipo de cacau, grau de maturação do fruto, condições climáticas e de solo e o manuseio pós-colheita (fermentação e secagem). Na Tabela 3.1, é apresentada a composição do “*nibs*” de cacau (parte interna da amêndoa).

<i>NIBS DE CACAU</i>	<i>PORCENTAGEM (%)</i>
Gordura	48 - 57
Amido	6,5 - 9
Nitrogênio Total	2,2 - 2,5
Água	2,3 - 3,2
Fibra Bruta	2,2 - 3,2
Teobromina	0,8 - 1,3
Cafeína	0,1 - 0,7
Cinzas	2,6 - 4,2

FONTE: Minifie [1989]

Tabela 3.1: Composição do *Nibs* de Cacau.

3.2 Sistemas Elétricos

3.2.1 Circuitos Trifásicos Equilibrados

Em um sistema ou circuito polifásico, cada fonte de tensão consiste em n fases com tensões iguais em módulo e deslocadas entre si por um ângulo de fase de $360^\circ/n$.

Um circuito trifásico equilibrado é, portanto, aquele em que as tensões em todas as fases têm o mesmo módulo e estão defasadas entre si de 120° . As três fases são normalmente denominadas de a, b e c (ou R, S e T, em instalações elétricas), onde a fase a é tomada como fase de referência. A ordem em que se sucedem os máximos das tensões nas fases é denominada “sequência de fases”. Só existem duas relações possíveis: sequência abc ou positiva (Equações 3.1); e sequência acb ou negativa (Equações 3.2).

Em notação fasorial, as duas sequências de fases equilibradas são:

$$\hat{V}_a = \left(\frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} \right) \angle 0^\circ = V_{rms} \angle 0^\circ \quad (3.1a)$$

$$\hat{V}_b = \left(\frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} \right) \angle -120^\circ = V_{rms} \angle -120^\circ \quad (3.1b)$$

$$\hat{V}_c = \left(\frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} \right) \angle +120^\circ = V_{rms} \angle +120^\circ \quad (3.1c)$$

e

$$\hat{V}_a = \left(\frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} \right) \angle 0^\circ = V_{rms} \angle 0^\circ \quad (3.2a)$$

$$\hat{V}_b = \left(\frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} \right) \angle +120^\circ = V_{rms} \angle +120^\circ \quad (3.2b)$$

$$\hat{V}_c = \left(\frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} \right) \angle -120^\circ = V_{rms} \angle -120^\circ \quad (3.2c)$$

Os diagramas fasoriais das sequências positiva e negativa, correspondentes as equações 3.1 e 3.2, são apresentados na Figura 3.2.

As causas de um sistema trifásico desequilibrado podem ser diversas: as tensões da fonte podem estar desequilibradas em magnitude ou em fase; ou as impedâncias de fase podem não ser iguais.

Tanto para sistemas equilibrados, como desequilibrados, a potência trifásica é determinada como a soma das potências de cada uma das fases, seja esta instantânea, aparente, ativa ou reativa. Nos circuitos equilibrados, em especial, a potência total é constante, diferentemente da

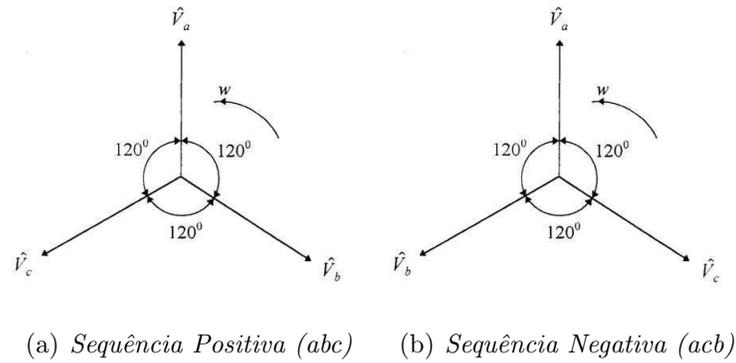


Figura 3.2: Diagrama Fasorial: Sequências de fase em circuitos trifásicos.

natureza pulsante em cada uma das fases, sendo esta uma das vantagens deste tipo de sistema.

$$S = 3V_f I_f \quad (3.3a)$$

$$P = 3V_f I_f \cos \theta \quad (3.3b)$$

$$Q = 3V_f I_f \sin \theta \quad (3.3c)$$

Para sistemas trifásicos equilibrados as expressões para o cálculo das potências aparente, ativa e reativa, são dadas nas Equações 3.3, considerando os valores eficazes de tensão e corrente. Estas expressões, dadas em função das grandezas de linha, são representadas pelas Equações 3.4. Em ambas as equações, o ângulo θ representa a defasagem entre a tensão e a corrente de uma mesma fase.

$$S = \sqrt{3}V_l I_l \quad (3.4a)$$

$$P = \sqrt{3}V_l I_l \cos \theta \quad (3.4b)$$

$$Q = \sqrt{3}V_l I_l \sin \theta \quad (3.4c)$$

3.2.2 Triângulo de Potências e Correção do Fator de Potência

Potência complexa é a soma da potência média com a potência reativa multiplicado por j (Equação 3.5) (Nilsson and Riedel [1999]), em que o módulo da potência complexa é a potência aparente. A vantagem do uso da potência complexa é sua interpretação geométrica: o triângulo de potências, onde P , Q , e $|S|$ são os lados de um triângulo retângulo e o ângulo θ representa o ângulo do fator de potência (Figura 3.3).

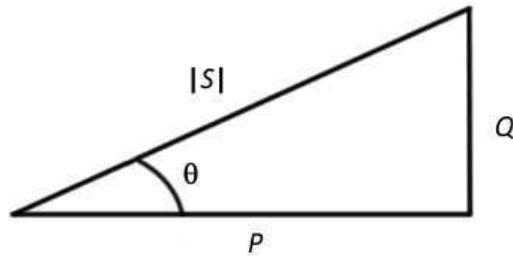


Figura 3.3: Triângulo de Potências.

$$S = P + jQ \quad (3.5)$$

Como o dimensionamento de geradores, transformadores e demais equipamentos são dados em termos de potência aparente, a situação ideal é aquela em que consumidores operam com fator de potência unitário. As cargas industriais são normalmente de caráter indutivo e, portanto, para garantir o fator de potência exigido pelas concessionárias de energia elétrica (por lei, maior ou igual a 0,92), é preciso realizar a correção do fator de potência. A partir da análise trigonométrica do triângulo de potências (Figura 3.4), é possível determinar a potência necessária do banco de capacitores para se atingir um determinado fator de potência a partir das informações da configuração atual, dada pela Equação 3.6.

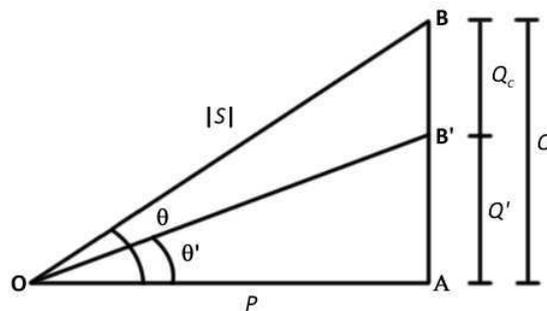


Figura 3.4: Triângulo de Potências - Correção do Fator de Potência.

$$Q_C = P (\tan \theta - \tan \theta') \quad (3.6)$$

3.3 Instalações Elétricas

A disciplina Instalações Elétricas, juntamente com a disciplina de Laboratório, faz parte dos conteúdos profissionais essenciais da grade curricular do curso de Engenharia Elétrica da UFCG. Dentre os temas descritos na ementa da disciplina, os assuntos mais abordados durante o estágio foram: introdução às instalações e normas técnicas (NBR 5410 - ABNT [2004]); luminotécnica; partida de motores; e projeto de instalações industriais.

3.3.1 Partida de Motores

Durante a partida, os motores elétricos solicitam da rede de alimentação uma corrente de 6 a 10 vezes sua corrente nominal. Como os circuitos, de modo geral, são projetados para suportarem as condições nominais de funcionamento, durante as solicitações do acionamento de motores todo o sistema é submetido a uma queda de tensão, podendo provocar distúrbios operacionais nos equipamentos de comando e proteção, bem como afetar os circuitos de iluminação. Na Tabela 3.2 são apresentados os valores percentuais de tensão nominal sob os quais os motores e outros dispositivos podem operar indevidamente.

Tensão em V_{nom} (%)	Consequências
85	Tensão abaixo da qual os contadores da classe 600 V não operam.
76	Tensão em que os motores de indução e síncronos deixam de operar, quando funcionando a 115% de sua potência nominal.
71	Tensão em que os motores de indução deixam de operar, quando em funcionamento em plena carga.
67	Tensão em que motores síncronos deixam de operar.

FONTE: Mamede Filho [2007]

Tabela 3.2: Limites de tensão percentual e seus efeitos no sistema.

A adoção de um sistema de partida eficiente pode ser considerada uma das regras básicas para se obter do motor uma vida útil prolongada, custos operacionais reduzidos, além de dar à equipe de manutenção da indústria tranquilidade no desempenho das tarefas diárias (Mamede Filho [2007]).

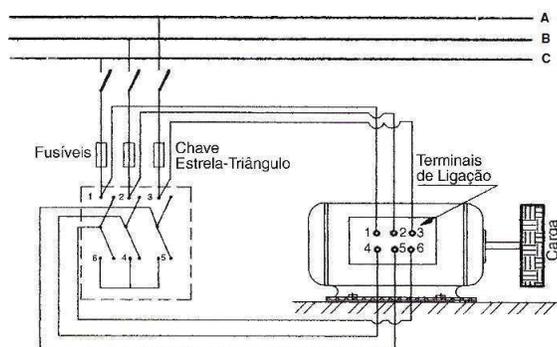
Partida Direta

A partida direta é o método mais simples de acionamento de motores, em que são utilizados apenas contadores e disjuntores. Normalmente, os motores só são partidos diretamente quando:

a corrente nominal da rede é muito superior a corrente de partida do motor ou o motor é pequeno (baixa potência); e sua partida é feita sem carga.

Partida Chave Estrela-Triângulo

O uso de chaves tipo estrela-triângulo é uma forma de suavizar os efeitos elétricos da partida de motores. Neste método, inicialmente o motor é ligado na configuração estrela e após atingir uma velocidade próxima da nominal, esta conexão é desfeita e é realizada a ligação em triângulo (Figura 3.5). Para tanto, é necessário que o motor disponha de dupla tensão nominal e os seis terminais disponíveis.



FONTE: Mamede Filho [2007]

Figura 3.5: Esquema de ligação tripolar de chave estrela-triângulo.

Durante a partida em estrela, o conjugado e a corrente ficam reduzidos a $1/3$ de seus valores nominais (Mamede Filho [2007]).

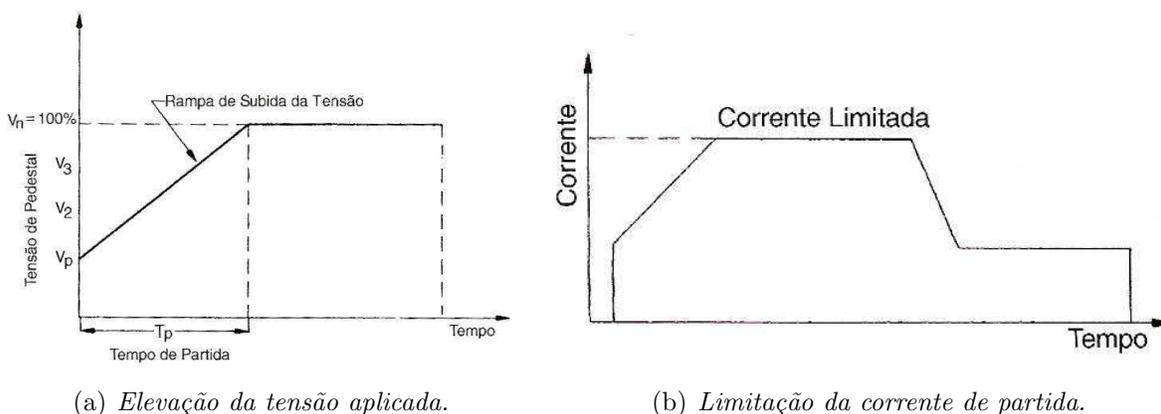
Partida Suave (*softstarter*)

As chaves estáticas, ou *softstarters*, são dotadas de um circuito eletrônico associado a microprocessador que controla um conjunto de tiristores, responsáveis pelo ajuste de tensão aplicada aos terminais do motor.

A principal função da chave estática é o acionamento do motor por rampa de tensão (Figura 3.6(a)). Outras funções típicas dos *softstarters* são:

- Desaceleração em rampa de tensão - as chaves estáticas possuem duas formas de desaceleração: roda livre (a tensão nos terminais torna-se nula repentinamente); e em rampa de tensão (a chave controla a desaceleração a partir do decrescimento da tensão);
- Corrente limitada de partida (Figura 3.6(b)) - as chaves estáticas permitem que a corrente durante a partida seja mantida em um valor ajustado;

- Proteção do motor - normalmente as chaves estáticas são dotadas de um conjunto de proteções que visam garantir a integridade do motor em certas situações, tais como: rotor bloqueado; sequência de fase; final de rampa de tensão; tempo de partida excedido; entre outros;
- Tipos de ligação - ligação normal, ligação com contator em paralelo, ligação com partida seqüencial ou simultânea de vários motores.



FONTE: Mamede Filho [2007]

Figura 3.6: Funções típicas de chaves estáticas.

3.3.2 Correção do Fator de Potência

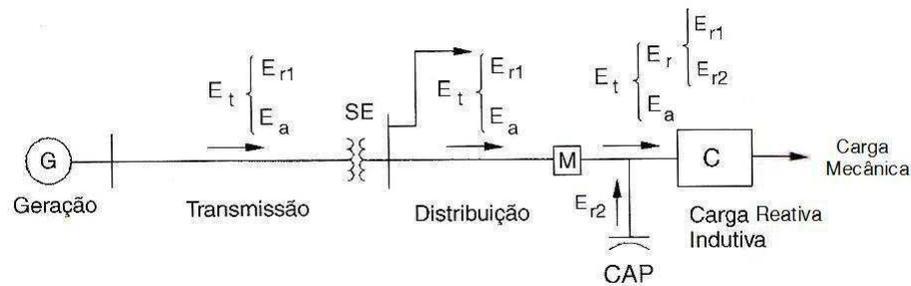
É de suma importância para o industrial manter o fator de potência de sua instalação dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Não só para evitar o faturamento de energia reativa excedente, mas também devido aos aspectos operacionais internos à instalação da unidade consumidora, tais como: liberação de capacidade de transformadores e cabos; redução de perdas; melhoria do nível de tensão; etc.

O fator de potência deve se manter igual ou superior a 0,92 e igual ou inferior a 1 após a instalação dos equipamentos de correção (Mamede Filho [2007]).

Causas do Baixo Fator de Potência

As principais causas de um baixo fator de potência em uma instalação elétrica industrial podem ser as seguintes:

- Motores de indução trabalhando a vazio durante um longo período;
- Motores superdimensionados para as máquinas a eles acoplados;



FONTE: Mamede Filho [2007]

Figura 3.7: Carga consumindo potência ativa e reativa indutiva com capacitor conectado.

- Transformadores em operação a vazio ou em carga leve;
- Grande número de reatores de baixo fator de potência suprindo lâmpadas de descarga (fluorescentes, vapor de sódio, vapor metálico, etc);
- Fornos a arco ou de indução eletromagnética;
- Máquinas de solda a transformador;
- Equipamentos eletrônicos;
- Grande número de motores de pequeno porte operando em regime contínuo ou durante um longo período.

Correção do Fator de Potência para Cargas Lineares

A correção do fator de potência para cargas lineares pode ser efetuada basicamente de três formas: modificação da rotina operacional; instalação de motores síncronos superexcitados; e instalação de capacitores-derivação.

A modificação da rotina operacional atua no sentido de aperfeiçoar o uso racional de energia elétrica, por exemplo, através da operação de motores em plena carga, evitando o funcionamento a vazio. Os motores síncronos superexcitados podem ser instalados também acoplados a alguma carga, e não só para a correção do fator de potência, entretanto, esta solução é pouco praticada por apresentar custos elevados e dificuldades operacionais. Já a instalação de capacitores-derivação constitui a solução mais empregada na correção do fator de potência de instalações industriais, comerciais e dos sistemas de distribuição de potência.

Os bancos de capacitores podem ser dimensionados para operação fixa e controlada. Os capacitores fixos são bastante utilizados quando a carga da indústria praticamente não varia ao longo de uma curva de carga diária (Mamede Filho [2007]).

Já os bancos de capacitores automáticos são utilizados em instalações onde existe uma razoável variação da curva de carga reativa diária. Entretanto, algumas recomendações devem ser seguidas:

- A potência máxima capacitiva a ser chaveada, por estágio do controlador, não deve ser superior a 25 kvar para bancos de 380 V - esta limitação visa reduzir as correntes de surto que ocorrem durante a energização de cada célula capacitiva;
- Dimensionar um capacitor com a potência igual à metade da potência máxima a ser manobrada, permitindo o ajuste fino;
- Utilizar controladores de fator de potência para realizar a varredura das unidades chaveadas permitindo a melhor combinação de inserção.

A potência capacitiva necessária para correção do fator de potência pode ser calculada a partir da resolução do triângulo de potências.

Localização de Capacitores-Derivação

Os pontos indicados para a localização dos capacitores numa instalação industrial são: no sistema primário; no secundário do transformador de potência; e nos terminais de conexão de cargas específicas (Mamede Filho [2007]).

Deve-se atentar, entretanto, que os capacitores só corrigem o fator de potência no trecho entre a fonte geradora e o seu ponto de instalação. Sendo assim, a primeira opção restringe-se apenas a correção do fator de potência, uma vez que sua instalação é imediatamente após a medição, não permitindo a liberação de carga do transformador.

No caso da segunda opção, a localização dos capacitores ocorre geralmente no barramento do quadro geral de força. Por apresentar menores custos e a liberação de carga do transformador, esta solução é bastante utilizada. No entanto, do ponto de vista puramente técnico, os bancos devem ser instalados junto às cargas consumidoras e, portanto, a terceira opção é a mais recomendada.

No caso de motores elétricos, o banco de capacitores a ser instalado nos seus terminais deve ter sua potência limitada, aproximadamente 90% da potência do motor sem carga. O objetivo desta recomendação é evitar que na operação do motor a vazio estabeleça-se um fenômeno de ferro-ressonância (impedância indutiva do motor igual à reatância do capacitor), de tal modo que a única impedância à corrente seria a resistência do bobinado do motor e do circuito de ligação entre motor e capacitor. Na Tabela 3.3 são apresentados os valores de potência máxima para capacitor ou banco de capacitores a ser ligado aos terminais de um motor de indução polifásico.

Potência do Motor (cv)	Velocidade Síncrona do Motor em rpm			
	3600	1800	1200	900
	kVAr			
5	2,0	2,0	2,0	3,0
10	2,0	2,0	2,0	3,0
15	3,0	3,0	3,5	5,0
20	4,0	4,0	5,0	6,5
30	7,0	7,0	9,0	10,0
50	12,0	11,0	13,0	15,0
100	22,0	21,0	25,0	27,0
150	32,5	30,0	35,0	37,5
200	40,0	37,5	42,5	47,5

FONTE: Mamede Filho [2007]

Tabela 3.3: Potência máxima dos capacitores ligados a motores de indução.

3.4 Máquinas Elétricas

3.4.1 Introdução às Máquinas Rotativas

Nas máquinas rotativas, as tensões são geradas nos enrolamentos ou grupo de bobinas quando esses giram mecanicamente dentro de um campo magnético, ou quando um campo magnético gira mecanicamente próximo aos enrolamentos, ou ainda quando o circuito magnético é projetado de modo que a relutância varie com a rotação do rotor (Fitzgerald et al. [2006]).

De acordo com a Lei de Faraday e por meio de um desses métodos, o fluxo concatenado nas bobinas é alterado ciclicamente, gerando uma tensão variável no tempo.

O enrolamento de armadura de uma máquina rotativa refere-se ao conjunto de bobinas que conduz corrente alternada. Em máquinas CA (corrente alternada), os enrolamentos de armadura alojam-se normalmente no estator do motor, sendo por isto também conhecidos como enrolamentos de estator. Já em uma máquina CC (corrente contínua), a armadura encontra-se na parte rotativa, ou rotor.

As máquinas síncronas e de corrente contínua possuem tipicamente um segundo enrolamento, que conduz corrente contínua, denominado enrolamento de campo. Na máquina CC, este enrolamento localiza-se na parte estacionária, enquanto que nas síncronas o enrolamento de campo é alimentado por meio de um contato mecânico rotativo. Como os ímãs permanentes também produzem fluxo magnético constante, estes podem ser utilizados no lugar dos enrolamentos de campo.

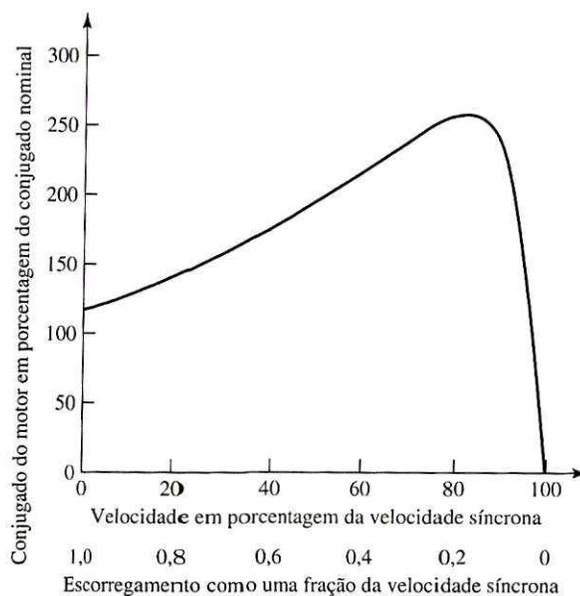
As máquinas CA tradicionalmente classificam-se em duas categorias: síncronas e de indução. Usualmente, as máquinas síncronas são utilizadas como geradores: conversão de energia mecânica em energia elétrica. O enrolamento de campo, de baixa potência e normalmente localizado

no rotor, é o responsável pelo fornecimento do fluxo magnético que através do movimento mecânico gera tensões alternadas nos enrolamentos de armadura, geralmente trifásicos e de maior potência elétrica.

A máquina de indução, por sua vez, é o mais comum de todos os motores. Neste tipo de máquina CA, as correntes do rotor são produzidas por indução, isto é, por ação de transformador, pelas correntes alternadas que circulam no enrolamento de armadura (estator). Desse modo, a máquina de indução pode ser vista como um transformador generalizado em que potência elétrica é transformada entre o rotor e o estator juntamente com uma mudança de frequência e um fluxo de potência mecânica (Fitzgerald et al. [2006]).

Contrastando com a máquina síncrona, onde as correntes que circulam no enrolamento de campo são contínuas, as correntes de campo das máquinas de indução são alternadas.

Há um sincronismo entre os fluxos do rotor e do estator de uma máquina de indução, entretanto, diferentemente da máquina síncrona, devido a um “escorregamento”, o rotor em si de uma máquina de indução não gira na velocidade mecânica síncrona, dando origem às correntes induzidas no rotor e, portanto, ao conjugado.



FONTE: Fitzgerald et al. [2006].

Figura 3.8: Curva típica de conjugado x velocidade de um motor de indução.

3.4.2 Máquinas Polifásicas de Indução

O rotor de uma máquina de indução pode ser de dois tipos: bobinado; ou gaiola de esquilo. O rotor enrolado ou bobinado é constituído de um enrolamento polifásico semelhante ao estator.

Seus terminais são disponíveis externamente ao motor devido a escovas de carvão apoiadas sobre anéis deslizantes, que estão conectados aos enrolamentos. Já o rotor de gaiola de esquilo, mais comum e robusto, consiste em barras condutoras encaixadas em ranhuras de ferro e curto-circuitadas.

Escorregamento

Considere um rotor girando na velocidade constante de n rpm no mesmo sentido que o campo girante do estator. Se n_s rpm é a velocidade síncrona do campo do estator (Equação 3.7), a diferença entre a velocidade síncrona e a do rotor é denominada escorregamento do rotor ($n_s - n$). Normalmente, o escorregamento é expresso como uma fração da velocidade síncrona (escorregamento fracionário), dado pela Equação 3.8.

$$n_s = \left(\frac{120}{\text{polos}} \right) f_e \quad (3.7)$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (3.8)$$

Desta forma, a velocidade do rotor em rpm pode ser expressa em termos do escorregamento, sendo dada pela Equação 3.9.

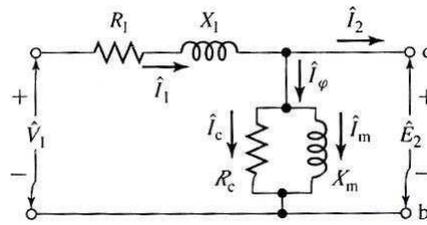
$$n = (1 - s) n_s \quad (3.9)$$

Circuito Equivalente do Motor de Indução

O circuito equivalente do motor de indução é desenvolvido considerando-se a ligação da máquina em Y, de modo que as correntes e tensões sejam expressas por fase. Desse modo é possível determinar as demais tensões e correntes por meio de um simples deslocamento.

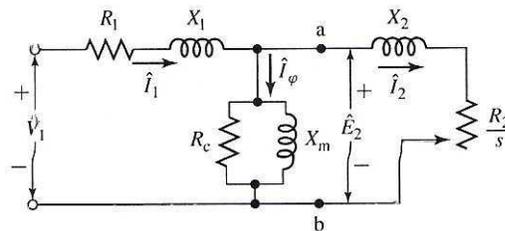
O circuito equivalente que representa o estator de um motor de indução polifásico é igual ao usado para representar o primário de um transformador (Fitzgerald et al. [2006]). Para completar o modelo, os efeitos do rotor devem ser incluídos.

O rotor pode ser representado por uma impedância Z_2 , correspondente à impedância de dispersão de um secundário equivalente estacionário. Para determinar esta impedância, leva-se em consideração o movimento relativo entre o estator e o rotor, determinando-se a impedância de dispersão do rotor na frequência de escorregamento. Na Figura 3.10 é apresentado o circuito equivalente do motor de indução, baseado nas grandezas do rotor. Este circuito pode ser usado para representar ambos os rotores: bobinado e de gaiola de esquilo.



FONTE: Fitzgerald et al. [2006].

Figura 3.9: Circuito equivalente do estator de um motor de indução polifásico.



FONTE: Fitzgerald et al. [2006].

Figura 3.10: Circuito equivalente monofásico de um motor de indução polifásico.

Ensaio a Vazio e Perdas

Os parâmetros do circuito equivalente de uma máquina de indução podem ser determinados a partir de ensaios a vazio, a rotor bloqueado e das medidas das resistências CC dos enrolamentos do estator. O ensaio a vazio, assim como o ensaio em circuito aberto de um transformador, fornece informações sobre a corrente de excitação e as perdas a vazio.

O ensaio a vazio é realizado em frequência nominal e tensões equilibradas. As leituras devem ser executadas após o motor estar em operação por um tempo suficiente para a lubrificação dos mancais.

A vazio, a corrente de rotor é mínima, apenas a necessária para produzir conjugado suficiente para superar as perdas por atrito e ventilação. Diferentemente do transformador, devido ao entreferro, as perdas no estator não são desprezíveis. Deste modo, as perdas rotacionais são determinadas a partir da diferença entre a potência total consumida pelo motor no ensaio e as perdas no estator (por efeito *Joule*).

$$P_{rot} = P_{VZ} - n_{fases} I_{1,VZ}^2 R_1 \quad (3.10)$$

Durante o ensaio, o escorregamento e o fator de potência são baixos, e praticamente toda a corrente é para magnetização. Conseqüentemente, a reatância aparente X_{VZ} estará muito próxima da reatância própria do estator, X_{11} .

$$X_{VZ} = X_{11} + X_m \quad (3.11)$$

Categorias de Motores

Para atender às necessidades dos industriais, os motores de gaiola trifásicos de grande porte são disponibilizados pelos fabricantes em uma faixa de especificações nominais padronizadas até 200 cv, com várias frequências, velocidades e tensões. Diversos modelos padronizados são disponíveis também para atender diversas exigências de partida e funcionamento. Os quatro tipos mais comuns seguem:

- Classe A: conjugado de partida normal, corrente de partida normal e escorregamento baixo - tipo básico padrão (categoria N - ABNT), mesmo campo de aplicação da classe B;
- Classe B: conjugado de partida normal, corrente de partida baixa e escorregamento baixo - aplicado em situações em que as exigências do conjugado de partida não são severas (bombas, sopradores, ventiladores);
- Classe C: conjugado de partida alto, corrente de partida baixa - possui rendimento um pouco inferior e escorregamento mais alto do que os motores classe A e B (categoria H - ABNT), com aplicações típicas em compressores e transportadores;
- Classe D: conjugado de partida alto, escorregamento alto - seus principais usos estão no acionamento de cargas intermitentes, com acelerações elevadas, e no acionamento de cargas de alto impacto (categoria D - ABNT).

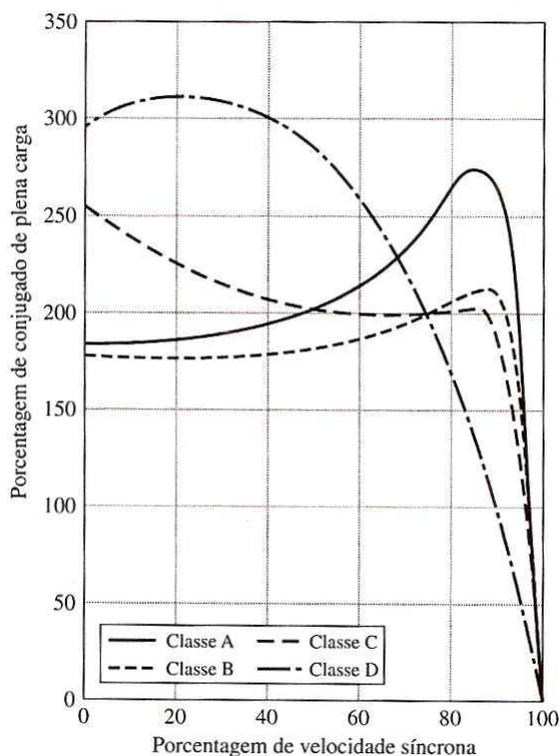
3.5 Distribuição de Energia Elétrica

A disciplina Distribuição de Energia Elétrica faz parte dos conteúdos profissionais específicos da ênfase Eletrotécnica do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UFCG. Dentre os vários temas abordados nesta disciplina, os utilizados durante as atividades do estágio foram sobre tarifação de energia elétrica e caracterização de cargas.

As definições mencionadas a seguir, foram retiradas da Resolução ANEEL N^o 456, de 29 de novembro de 2000 (ANEEL [2000]).

3.5.1 Carga Instalada

Carga instalada é a soma das potências nominais dos equipamentos elétricos na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).



FONTE: Fitzgerald et al. [2006]

Figura 3.11: Curvas típicas de conjugado x velocidade para motores de indução 1800 rpm de uso geral.

3.5.2 Contrato de Fornecimento

É o instrumento contratual em que a concessionária e o consumidor responsável por unidade consumidora do Grupo “A” ajustam as características técnicas e as condições comerciais do fornecimento de energia elétrica.

3.5.3 Energia Elétrica Ativa e Reativa

A energia elétrica ativa é a energia que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora (kWh). Energia elétrica reativa é a energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kvarh).

3.5.4 Horários e Períodos

O horário de ponta é o período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira de Paixão, “Corpus Christi”, dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico.

Já o horário fora de ponta é o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta. O horário de ponta definido pela concessionária de energia elétrica local (COELBA) é das 17h30min às 20h30min.

O período úmido é definido como o período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte. O período composto de 7 (sete) meses consecutivos de maio a novembro é denominado período seco.

3.5.5 Demandas

Por definição, demanda é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.

A demanda contratada é a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

A demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos, é denominada de demanda medida. Já a demanda de ultrapassagem, é a parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada durante o período de faturamento.

3.5.6 Fator de Carga e de Potência

O fator de carga é a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora, ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado. Já o fator de potência é a razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa.

3.5.7 Tarifa Azul

A Tarifa Azul é uma modalidade da estrutura tarifária horo-sazonal, estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia.

Capítulo 4

Etapas do Processo Produtivo

Neste capítulo são apresentadas as etapas do processo de beneficiamento do cacau, realizado pela empresa Barry Callebaut - Ilhéus-BA, para geração de produtos com finalidades industriais, ainda não preparados para consumo. O fluxograma do processo de beneficiamento de cacau é apresentado no Anexo A.

4.1 Colheita do Cacau

O processo de colheita do cacau é ainda toda artesanal, sem presença de mecanização, até pela dificuldade de acesso às plantações: o cacauzeiro geralmente desenvolve-se por baixo de vegetações densas, com relevo diversificado. Depois do período de maturação, o cacau é colhido pelos agricultores que o cortam e retiram as suas sementes. A casca do cacau é jogada ao solo, servindo como adubo orgânico, enquanto que as sementes são colocadas em cima de uma lona plástica.



(a) *Colheita do Fruto*

(b) *Casca do Fruto*

(c) *Sementes*

Figura 4.1: Colheita do Cacau e Retirada das Sementes.

As sementes são transportadas até os coxos para armazenamento e fermentação, com duração de 5 a 7 dias. Depois da fermentação, é realizada a secagem das amêndoas, nas

barcaças: casas construídas com tetos móveis, típicas em regiões de plantio de cacau. Quando a estação está chuvosa, usa-se os secadores a lenha.

(a) *Coxos*(b) *Barcaça*

Figura 4.2: Fermentação e Secagem das Amêndoas de Cacau.

Após a colheita, a fermentação e a secagem, as amêndoas estão prontas para serem comercializadas em sacos de 60 kg em filiais de compra de cacau. A Barry Callebaut possui filiais de compra na Bahia e no Pará, para realizar a compra da matéria-prima para a empresa, obedecendo as taxas pagas pelo mercado e a oscilação do Dólar. As cidades são estas:

- Na Bahia - Camacan, Coaraci, Gandu, Ilhéus, Ipiaú, Itabuna e Ubaitaba;
- No Pará - Altamira.

4.2 Logística

O setor de Logística tem como responsabilidades:

- Inspeção e recebimento do cacau;
- Manuseio, armazenamento e proteção do cacau;
- Manuseio, embalagem, armazenamento, proteção e expedição de produto acabado.

O quadro do setor é composto por: 40 funcionários terceirizados (SINTRAM), responsáveis pelo carregamento e descarregamento de cacau na fábrica e nos galpões, bem como no manuseio de produto acabado; e 15 colaboradores Barry Callebaut.

4.2.1 Recepção do Cacau

O setor de recepção do cacau tem como responsabilidade: inspecionar e ensaiar o cacau no seu recebimento; classificar, manusear, armazenar e proteger o cacau.

O processo de recepção do cacau começa na pesagem dos caminhões na balança rodoviária, sendo as cargas dos caminhões padronizadas em 250 sacos. No galpão, são realizados experimentos para a classificação do cacau e em seguida, inicia-se o processo de pilhagem.

Estrutura do Setor

O setor de recepção de cacau dispõe de um galpão central de aproximadamente 10.000 m² localizado em frente à fábrica da Barry Callebaut (Ilhéus-BA), com capacidade para armazenamento de 300 a 350 mil sacos. Todo o cacau destinado ao processo produtivo é armazenado neste galpão, que é de propriedade de outra empresa, sendo o usufruto garantido por intermédio de contrato de aluguel.

O armazém possui uma área de escritório onde é feita a documentação de recebimento de cacau, além dos testes de conformidade e de classificação do produto. Encontram-se no galpão as seguintes máquinas: esteiras (em quantidade variável), um quebrador de cacau grudado e duas peneiras mecânicas (Figura 4.3(a)).

Manuseio e Estocagem

O manuseio do cacau em amêndoas é feito em sacos de aniagem ou de polipropileno, cada um com aproximadamente 60 kg, podendo chegar até 70 kg, a depender da origem do cacau (fornecedor). O manuseio é manual com o auxílio de caminhões e esteiras, sendo esta atividade executada por uma prestadora de serviços (SINTRAM).

O processo de estocagem é realizado segundo um *layout* feito pela equipe de recepção do cacau e segue preferencialmente um padrão de entrada/saída FIFO (*first in, first out*), ou então de acordo com a demanda de tipos de cacau ou com a disponibilidade de acesso as pilhas.

Cada pilha de estocagem possui normalmente entre 5 mil e 7 mil sacos, no entanto, quando uma carga de importação muito grande é recebida ou quando o galpão encontra-se bastante ocupado, o empilhamento é maior para aproveitar o espaço vertical do armazém.

Classificação do Cacau

A classificação visa padronizar o cacau de acordo com os percentuais de defeitos encontrados, obtidos após a realização dos seguintes procedimentos: inspeção, amostragem da carga, teste de peneira, teste de corte, teste de umidade e contagem de amêndoas (*bean count*).

O objetivo da inspeção é analisar as condições higiênico-sanitárias de transporte do cacau ensacado. A inspeção é feita visualmente na hora da retirada da lona do caminhão, de modo a verificar a segurança do enlonamento da carga e a existência de odores estranhos e/ou de insetos.

O teste de peneira tem como objetivo verificar a quantidade de resíduos no saco de cacau, ou seja, todo e qualquer material que não seja cacau em amêndoas. Para este teste, uma amostra do material recebido é colocada na peneira mecânica (Figura 4.3(a)), que realiza a separação e armazena em um saco resíduos e em outro o cacau. A amostra é normalmente de 20 sacos para cada caminhão, podendo ser de até 50 sacos, a depender do histórico do fornecedor (cliente). Por fim, o saco com resíduos é pesado com auxílio de uma balança.

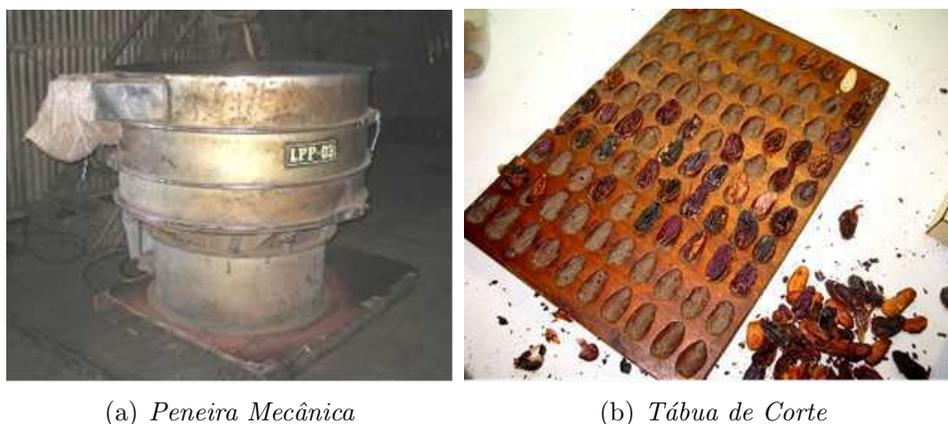


Figura 4.3: Testes de Peneira e de Corte.

O teste de corte visa determinar defeitos na amêndoa do cacau a partir de cem amêndoas de uma amostra de aproximadamente 2 kg, que é feita de forma aleatória com um retirador de amostras próprio, o furão, em pelo menos 30% da carga (75 sacos). Em seguida, as amêndoas selecionadas são cortadas ao meio, para que o cotilédone seja exposto, e colocadas em uma tábua (Figura 4.3(b)), onde é realizada a contagem das que apresentam os seguintes problemas:

- Violeta - fruto verde ou sem fermentação;
- Ardósia - não fermentadas e de coloração cinza-escuro ou roxa;
- Mofo;
- Germinação;
- Insetos - amêndoas cuja parte interna foi danificada por insetos;
- Quebradas ou achatadas (ausência de cotilédones);

- Fumaça - ensaio sensorial.

A medição de umidade do cacau é feita em três amostras aleatórias do montante de 2 kg retirado da carga. As medições são realizadas com o auxílio de um Medidor de Umidade (instrumento eletrônico digital), sendo o resultado final obtido pela média aritmética das três medidas.

A contagem de amêndoas é realizada em 100 g de amêndoas de cacau e visa determinar o peso médio das mesmas. Para este experimento, primeiramente é selecionado 1/4 da amostra de 2 kg, de onde é retirado três montantes iguais. Em seguida, é realizada a limpeza dessas amostras, restando apenas amêndoas de cacau sãs. Realiza-se então a pesagem dos três montantes, descartando-se o excesso para atingir o valor de 100 g, conta-se quantas amêndoas constam em cada grupo. O resultado final de amêndoas/100g é obtido pela média aritmética das três medições realizadas.

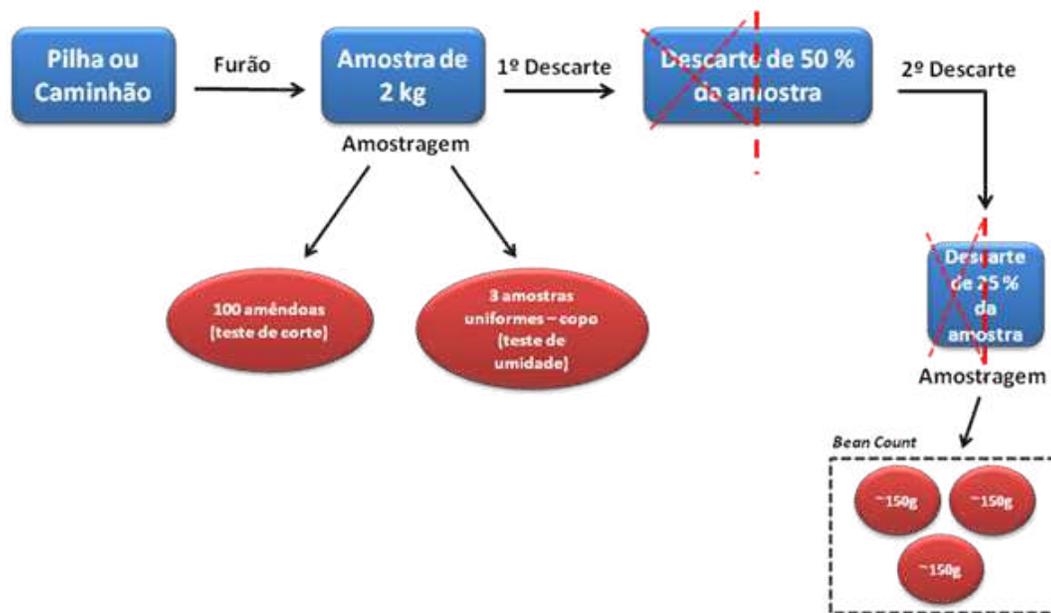


Figura 4.4: Fluxograma do processo de amostragem para os testes de corte, de umidade e de contagem de amêndoas.

A porcentagem de umidade medida, de resíduos, o resultado do *bean count* e do teste de corte são relatados no registro RCC (Recebimento e Classificação do Cacau), sendo o cacau classificado como tipo I, II, III ou IV, de acordo com critérios internos. O cacau que apresentar a porcentagem de resíduos superior a 1% ou de umidade superior a 9% será devolvido, ou o cliente pagará o deságio. Já o cacau que apresentar fumaça será armazenado separadamente, uma vez que alguns clientes exigem a exclusão desse tipo de cacau no processo produtivo.

Procedimentos e experimentos análogos também são realizados nas filiais de compra da Barry Callebaut.

Monitoramento da Classificação do Cacau

Durante o processo de limpeza do cacau, os resíduos separados nas limpadoras e armazenados em *big bags* são pesados. O setor de operações então divulga quanto foi o apurado de resíduos para os responsáveis do setor de recepção do cacau. Caso haja discordância entre o classificado e o obtido durante o processo produtivo, o setor de recepção de cacau realiza os seguintes procedimentos:

1. Verificação dos resultados do setor de operações: erros de digitação ou de fórmulas de planilhas podem produzir dados incorretos;
2. Após confirmação dos dados: rastreamento de lotes e de filiais;
3. Contato com filiais e verificação do motivo da falha.

4.2.2 Manuseio, Armazenamento e Expedição do Produto Acabado

O correto manuseio e embalagem visam preservar as características dos produtos acabados. Para tanto, a empresa adota algumas políticas: o liquor, a manteiga, a torta e o cacau em pó são condicionados sobre paletes e movimentados por empilhadeiras até a área de armazenamento. Na Tabela 4.1 são apresentados os pesos das unidades, paletização e empilhamento dos produtos nos galpões.

Produto	Peso/Unidade	Unidade/Paleta Máximo	Empilhamento Máximo
Liquor de Cacau	25 kg/saco	40 sacos	2
Manteiga de Cacau	25 kg/caixa	40 caixas	2
Manteiga de Cacau	900 kg/caixa	1 caixa	2
Torta de Cacau	1000 kg/ <i>big bag</i>	1 <i>big bag</i>	2
Cacau em Pó	25 kg/saco	40 sacos	3
Granulado Preto	30 kg/saco	40 sacos	2

Tabela 4.1: Padronização de Produtos Acabados e Intermediários.

Todas as etapas de estocagem devem ser realizadas de forma higiênica e padronizada, a fim de ser ter assegurado a qualidade do produto e um fácil rastreamento, em caso de alguma não conformidade, para descoberta das causas. Os armazéns são inspecionados periodicamente para se observar às condições de higiene, limpeza, acesso, iluminação e ventilação. Não deve haver a presença de produtos que emitam odores estranhos aos produtos acabados.

As informações para expedição do produto acabado chegam à logística através da programação mensal de embarques do mercado interno e externo emitida pela área comercial. No momento de embarque, são realizados os seguintes procedimentos:

- Os veículos de transporte são inspecionados de acordo com as características necessárias e, quando aplicáveis, lacrados;
- Todos os produtos são inspecionados no embarque e retidos, em caso de alguma irregularidade, para reprocesso ou descarte;
- Os produtos embarcados paletizados são protegidos por um filme *stretch*.

4.3 Setor Produtivo

4.3.1 Limpeza do Cacau e Silos de Amêndoas

O setor de limpeza do cacau tem como responsabilidade remover qualquer tipo de material que não seja o cacau em forma de amêndoa, sendo, portanto, a primeira etapa do processo de beneficiamento do mesmo.

Estrutura do Setor

O setor de limpeza do cacau é constituído de: uma moega grande (principal); dois elevadores; seis transportadores horizontais (*redlers*); cinco moegas de pequeno porte (secundárias); e cinco máquinas limpadoras.

Após o setor de limpeza existe um setor de armazenamento intermediário (Silos de Amêndoas), onde todo o cacau beneficiado é armazenado antes de seguir no processo produtivo. Este setor é externo ao galpão do setor de limpeza, sendo composto por: três silos; três elevadores; e três transportadores horizontais (*redlers*).

O quadro de funcionários responsáveis pelo funcionamento do setor é composto por: um operador de limpadoras por turno; dois diaristas para limpeza do local; seis funcionários terceirizados para manuseio e corte dos sacos no turno diurno e quatro no noturno.

Descrição do Processo

O cacau é transportado do galpão central até a moega principal (Figura 4.5(a)) em sacos, com auxílio de um caminhão. Próximo ao equipamento, a partir do manuseio manual e com uso de esteiras, os sacos são cortados e o cacau é depositado na moega. Através de *redlers* e elevadores, o cacau é transportado até as moegas secundárias que alimentam as máquinas limpadoras. O fluxo de cacau da moega para as limpadoras (Figura 4.5(b)) é controlado por dois vibradores eletromagnéticos, que de acordo com a variação de um potenciômetro, aumenta ou diminui a vibração da bandeja, aumentando ou diminuindo a vazão de cacau.

(a) *Moega Principal*(b) *Moega Secundária*

Figura 4.5: Moegas de Cacau.

O processo de limpeza é iniciado pela sucção do cacau por uma cortina (Figura 4.6(a)), devido a um exaustor. Nesta etapa, materiais mais pesados (pedras e metais) são depositados em uma bandeja na parte inferior, devido ao efeito natural da gravidade e ao controle da aspiração. O cacau elevado até a parte superior fica retido na eclusa, sendo as impurezas mais leves levadas pelo exaustor até câmaras de resíduos. Já as partículas menores, como a poeira, são retiradas pelo SAF, um exaustor com filtro, que aspira a poeira desde a moega principal.

O material remanescente é processado pelas peneiras com auxílio de vibradores (Figuras 4.6(c) e 4.6(b)). A primeira peneira possui orifícios com o formato da amêndoa do cacau, de modo que outros tipos de material e sementes de maior volume e/ou de diferentes formas sejam separados. Já a segunda e a terceira peneiras possuem orifícios cada vez menores, para que pequenos resíduos ainda presentes possam ser eliminados.

O cacau em amêndoa selecionado pelas limpadoras é transportado até os silos 1, 2 e 3, já os resíduos são armazenados em gavetas que estão abaixo das limpadoras.

O descarte dos resíduos mais leves (cascas de amêndoa de cacau, terra e outros) é realizado periodicamente: o operador para a limpadora e despeja os resíduos das câmaras e das gavetas em uma abertura que dá acesso a um *redler*, que por sua vez os transporta até uma *big bag*, onde os resíduos são colocados para serem vendidos como ração animal ou combustível.

Os resíduos maiores (cordões, cacau grudado) são separados pelo operador (Figura 4.6(d)), que seleciona o cacau grudado e armazena em sacos que estão localizados junto à limpadora.

No processo original, o cacau grudado selecionado seria lançado em uma abertura que dá acesso ao *redler* que alimenta o quebrador de cacau. Após o quebrador, o cacau retornava ao sistema, passando novamente pelas limpadoras. Atualmente, este sistema está desativado, os sacos de cacau grudado e o quebrador estão armazenados no galpão central e o processo é realizado manualmente.

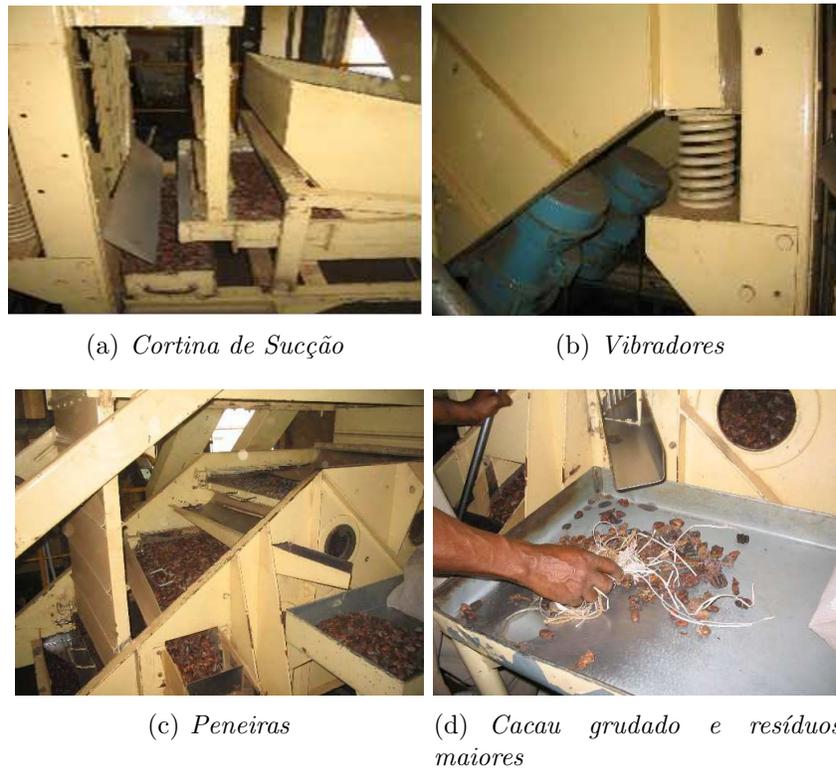


Figura 4.6: Máquinas Limpadoras de Cacau.

Silos de Amêndoas

Para que o processo produtivo opere em regime contínuo, antes de seguir para a torrefação, todo o cacau é armazenado em silos (Figura 4.7). Este setor de armazenamento intermediário (os silos 1-2-3) deve-se ao fato do processo nas limpadoras ser mais rápido do que no setor de torrefação, além do primeiro ser realizado apenas em dois turnos.

Os silos possuem capacidade de cerca de 640 sacos, tendo como base de cálculo sacos de 60 kg. Para o fluxo contínuo de cacau, a capacidade dos silos considerada é de aproximadamente 800 sacos. Em cada silo é armazenado um único tipo de cacau (cacau Bahia, Pará, Orgânico, Marfim, Indonésia, Gana), sendo normalmente dois silos para o cacau Brasil (Bahia e Pará) e um para o cacau africano ou da Indonésia.

Na parte inferior de cada silo existem duas eclusas que controlam o fluxo do cacau para as duas linhas de alimentação do setor de torrefação, através dos *redlers* R-09 (linha sul) e R-08 (linha norte).



Figura 4.7: Silos 1-2-3: armazenamento intermediário de cacau em amêndoas.

Sensores de nível e controle da produção

Na moega secundária da limpadora L-05 existe um sensor de nível para evitar transbordamento de cacau que, quando acionado, opera realizando o desligamento dos equipamentos em sequência e com temporização, para evitar religamento dos motores em carga. Entretanto, devido às características do processo, o motor do *redler* da moega principal (R-01) sempre é acionado em carga. A limpadora L-04 possui sistema semelhante, que é ativado no caso de manutenção na L-05.

Nos silos 1-2-3 (Figura 4.7) existem também sensores de nível para evitar transbordamento. Atualmente, o único sensor em funcionamento é o sensor de 100% do silo 3 que, quando acionado, comanda o desligamento sem temporização das limpadoras e transportadores.

O controle da produção é realizado pelas eclusas dos silos 1-2-3, cujos motores são controlados por inversores, de modo que a velocidade de rotação é utilizada para controlar a vazão e o *blend* do cacau desejado.

O chamado *blend* do cacau é a mistura dos tipos de cacau supracitados em porcentagens diferentes, de modo que o cacau inserido no processo produtivo possua características suficientes para se obter produtos finais com a qualidade desejada pela Barry Callebaut.

4.3.2 Torrefação, Separação de Cascas e Moagem

O setor de torrefação tem como responsabilidade reduzir a umidade da amêndoa do cacau, auxiliando no desenvolvimento de suas características naturais. A separação de cascas e de *nibs* é realizada pelo setor de descascadeiras, bem como o descarte destas e de demais resíduos. O setor de moagem, por sua vez, é responsável pela produção e armazenamento da massa de cacau.

Estrutura do Setor

Os setores de torrefação, de descascamento do cacau e de moagem do *nibs* são compostos por: 5 *redlers* ; 10 elevadores; 2 silos (Silo de Cacau 04 e 06); 2 tanques de massa de cacau (TQ. 1 e 1A); 24 roscas ; 5 torradores de cacau a vapor (*Nagama*); 4 torradores de cacau a gás (*Probat*); 6 descascadeiras de cacau ; e 5 moinhos de pino (MAP).

O quadro de funcionários por turno do setor é composto por três operadores: um para os torradores, um para as descascadeiras e um para os moinhos.

A área sólida possui duas linhas de alimentação que fornecem as amêndoas armazenadas nos silos (1-2-3): a linha sul e a norte. O processo produtivo de ambas são semelhantes, variando apenas a quantidade e a disposição de equipamentos.

Torradores

O processo de funcionamento dos torradores é fundamentado na troca de calor entre ar quente e cacau. O cacau é transportado por roscas e elevadores até os silos, que estão na parte superior dos torradores. O fluxo de cacau dar-se de forma natural (gravidade), de cima para baixo, enquanto que o ar quente segue no fluxo contrário, de baixo para cima. Nos silos 04 e 06 e em alguns elevadores existem imãs, para retirada de resíduos metálicos misturados com o cacau.



(a) *Torradores Nagema*

(b) *Torrador Probat*

Figura 4.8: Torradores de cacau a vapor à esquerda (*Nagama*) e a gás GLP à direita (*Probat*).

Os torradores possuem três áreas: duas para torrefação e a mais inferior para resfriamento do cacau. Nos torradores *Nagama* (TN) o cacau passa por um túnel que possui radiadores (trocadores de calor aletados) dos dois lados, sendo a circulação de ar quente forçada por um ventilador. No caso dos torradores *Probat* (TP), o ar é aquecido em caldeiras próprias e sua circulação é forçada de baixo para cima por meio de uma ventoinha.

Descascadeiras

O funcionamento das descascadeiras (Figura 4.9(a)) é, em parte, semelhante ao das máquinas limpadoras. A principal diferença consiste na existência do quebrador, que tritura o cacau torrado para facilitar a separação da casca e do *nibs*. Outra diferença é a sucção realizada pelo exaustor: no caso das descascadeiras, o material aspirado é composto apenas por cascas e demais resíduos, pois o *nibs* cai em bandejas ou peneiras inferiores. As descascadeiras são ainda dotadas de imãs, para retirar qualquer material metálico misturado com o cacau.

A casca e demais resíduos são transportados por sopradores (transporte pneumático) até um dos silos da Caldeira FAM-10 (caldeira de biomassa).



(a) *Descascadeira*

(b) *Moinho de Pinos*

Figura 4.9: Torradores de cacau a vapor à esquerda (*Nagama*) e a gás GLP à direita (*Probat*).

Moinho de Pinos

O controle do fluxo de *nibs* do silo de alimentação para o interior do moinho (Figura 4.9(b)) é controlado por uma rosca, cujo motor é controlado por inversor. Nesta entrada existem ainda imãs, para retirada de materiais metálicos.

No interior do moinho, duas placas esféricas com pinos e ranhuras, cada uma controlada por um motor, são espaçadas entre si por uma pequena distância, de 3 a 5 mm, por onde passa o *nibs*. Devido ao movimento rotacional das placas (em sentidos contrários) e a pequena distância entre as mesmas, o *nibs* é friccionado e aquecido de modo a formar uma massa líquida homogênea, denominada massa de cacau.

A massa de cacau é recolhida em uma caixa coletora, localizada na parte inferior do moinho, e bombeada até tanques de armazenamento, antes de seguir no processo produtivo.

4.3.3 CONIMIX (Tratamento de *Nibs*)

O setor do CONIMIX tem como responsabilidade realizar o tratamento, a secagem e a moagem do *nibs* de cacau, de modo a obter uma massa de cacau que dará origem a um diferente subproduto, o pó “vermelho” PA7. O quadro de funcionários do setor é composto por um único operador por turno.

Estrutura do Setor

O setor é constituído de quatro silos de *nibs*, dois tanques de solução alcalina, um tratador de *nibs* a vácuo (CONIMIX em si), um secador de *nibs*, um moinho de pino (MAP-01) e um tanque para massa de cacau. O setor é controlado com auxílio de um sistema supervisor, com medidores, sensores e válvulas eletropneumáticas.

Processo de Tratamento de *Nibs*

A operação completa do CONIMIX, desde a preparação da solução até a descarga do *nibs* tratado, tem duração de duas horas e dez minutos. Considerando que a solução (água com Carbonato de Potássio) é preparada em grande quantidade no início de um turno e continua sendo agitada continuamente, o tempo prático da operação é de uma hora e trinta minutos, em média. É importante que os mexedores estejam em funcionamento durante todo o processo, para completa homogeneização dos insumos.



(a) Descarga do CONIMIX para a esteira Live-Bin. (b) Secador de *Nibs* (alimentado pela Live-Bin).

Figura 4.10: CONIMIX: Descarga, esteira Live-Bin e Secador de *Nibs*.

Estando disponíveis o *nibs* e a solução alcalina nos valores exatos, inicia-se a operação do CONIMIX. Primeiramente, após a descarga do *nibs* no tratador, é iniciado o processo de vapor

direto, que é o tratamento térmico do *nibs*. Nesta operação tem-se um ponto crítico de controle: durante os quinze minutos de tratamento térmico, a temperatura da camisa do CONIMIX deve ser de no mínimo 105°C. Este controle é automático: quando o sistema detecta a temperatura inferior ao ponto de operação desejado, a válvula do vapor de camisa é acionada pelo sistema de controle e o tempo de processo é zerado; após atingir o valor desejado, a válvula é fechada e o cronômetro é ativado.

Depois do tratamento térmico, a solução é inserida no tratador em uma etapa denominada absorção. Este procedimento dura em torno de dez minutos. Em seguida, estando o *nibs* tratado termicamente e a solução alcalina no interior do CONIMIX, é iniciado o processo de ar quente. A válvula e o filtro de ar quente (banco de resistências), bem como o ventilador, são acionados remotamente pelo operador.

Por fim ocorre o processo do vácuo, cujo sistema é responsável pela retirada do excesso de água do *nibs*, devido à inserção da solução, de modo que este saia do CONIMIX com a umidade solicitada pelo processo.

Secador de *nibs* e Moinho de Pinos

Mesmo após o processo de vácuo, o *nibs* ainda sai bastante umedecido e, portanto, é necessário um processo de secagem do mesmo, para que a umidade final seja a desejada (mínimo 1,5% e máximo 3%). O princípio de funcionamento do secador do *nibs* é o mesmo dos torradores: a secagem do *nibs* ocorre devido troca de calor entre o ar quente e o mesmo.

Após a secagem, o *nibs* alcalinizado e tratado é transportado até o moinho de pinos (MAP-01), localizado na sala ao lado do CONIMIX, para processamento e produção de massa de cacau. Esta massa de cacau é bombeada por um tubulação até um tanque específico para massa vermelha (TQ. 8), antes de seguir no processo produtivo (prensas de cacau).

4.3.4 Tratamento de Massa

O setor do tratamento de massa tem como responsabilidade tratar a massa de cacau proveniente da moagem do *nibs*, estocada nos tanques 1 e 1A, realizando o tratamento térmico (esterilização) e alcalinização da massa, ou apenas esterilização, que dará origem a diferentes produtos: pó natural, pós alcalinos e liquor. O quadro de funcionários do setor é composto por dois operadores por turno.

Estrutura do Setor

O setor é constituído de cinco misturadores a vácuo, sendo três horizontais (MVs) e dois verticais (LPAs), três tanques de massa de cacau (TQs. 03, 03A e B) e três tanques de

solução alcalina. O setor possui ainda um sistema supervisor (em teste) para monitoramento da temperatura dos MVs e LPAs durante o tratamento térmico.

Processo de Tratamento de Massa

As etapas do processo de tratamento da massa de cacau são: carregamento de massa; absorção de solução/água; tratamento térmico; vácuo; e descarga. Durante a etapa do tratamento térmico, também é possível a injeção de ar comprimido, em ambos os misturadores, de modo a obter um produto com características diferentes.

Os MVs possuem capacidade para processamento de três toneladas de massa de cacau. Já os LPAs processam até sete toneladas de massa de cacau natural (sem solução) ou cinco toneladas de massa alcalina. Depois de encerrado o carregamento, o operador liga o mexedor, acionando o botão localizado no painel do MV ou LPA correspondente, para completa homogeneização da massa, deixando este equipamento ligado durante o restante do processo.

Antes de realizar o processo de absorção da solução, é preciso carregar o tanque dosador de MVs localizado no próprio setor. O tanque de preparo da solução alcalina é situado ao lado do tanque de preparo do CONIMIX, em uma sala separada. Assim como na alcalinização do *nibs*, a solução alcalina é composta por água e Carbonato de Potássio em quantidades demonstradas em uma tabela de receitas. A solução para ser utilizada nos LPAs é preparada no próprio local em outro tanque, localizado próximo aos mesmos. Esta solução possui concentração diferente da utilizada nos MVs, ou então, é utilizado apenas água para a produção de massa de cacau natural.

Para início do tratamento térmico e secagem (vácuo), o operador deve acionar a chave do processo automático e ligar o vapor de camisa. Nesta operação tem-se um ponto crítico de controle. Durante todo o tratamento térmico, cerca de sessenta minutos, a temperatura da camisa do misturador deve ser de no mínimo 105°C. O controle da temperatura é automático: um controlador aciona a válvula solenóide para abrir ou fechar caso a temperatura esteja menor que 110°C ou igual a 120°C, respectivamente. O monitoramento, entretanto, é realizado pelo operador: ao término do processo ou durante o mesmo, se for observado que devido a falhas a temperatura da camisa atingiu valores inferiores a 105°C, o operador deverá manualmente reiniciar o processo, desligando e religando a chave no painel. Este monitoramento é realizado por meio do computador com o sistema supervisor.

Após o tratamento térmico, automaticamente é iniciado a etapa do vácuo, para retirada de parte da umidade existente na massa. A duração da etapa de vácuo é de cerca de duas horas para os LPAs e de uma hora e trinta minutos para os MVs. Estes tempos costumam variar de acordo com o nível de umidade identificado na amostra realizada durante a descarga da massa.

A massa tratada pelos MVs é armazenada no tanque 03, que em seguida é bombeada para o

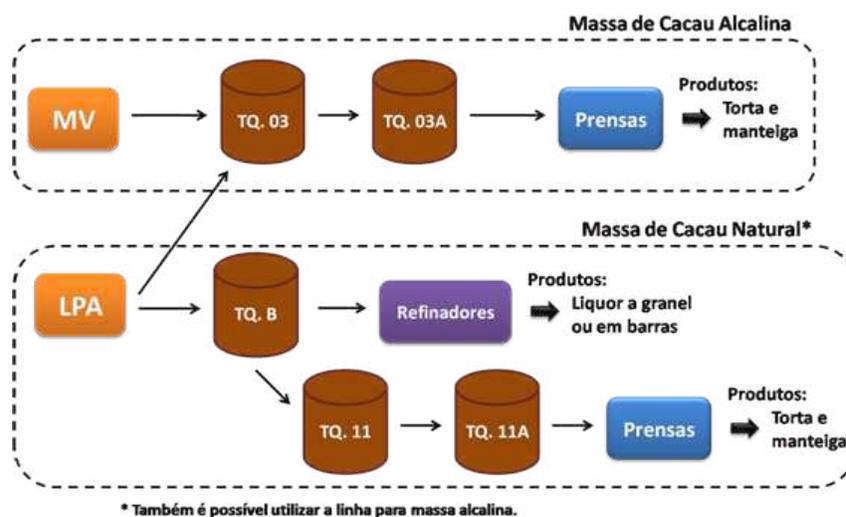


Figura 4.11: Fluxograma do setor Refino de Massa.

tanque 03A. Já a massa tratada pelos LPAs possui duas opções de armazenamento: tanque 03, assim como MVs, no caso de massa alcalina; e tanque B, geralmente massa de cacau natural (apenas esterilização). Do tanque 03A, a massa alcalina é enviada para as prensas. Já o tanque B, possui conexões com os refinadores (produção de liquor) e com os tanques 11 e 11A, que alimentam as prensas (produção de torta e manteiga), sendo a segunda opção utilizada excepcionalmente.

4.3.5 Refino de Massa e Moldagem de Liquor

O setor do refino de massa tem como responsabilidade refinar a massa de cacau proveniente do tratamento de massa (LPAs), estocada no tanque B, para se obter a granulometria correta, dando origem ao produto liquor, que pode ser comercializado a granel ou em barras (após passagem pelo túnel de liquor).

Estrutura do Setor

O setor de refino e moldagem é constituído de nove refinadores (apenas seis estão em funcionamento), duas caixas de massa, quatro tanques (TQ. A, D, F e 9) e um túnel de resfriamento. O quadro de funcionários do setor é o mesmo do tratamento de massa de cacau mais um operador do túnel.

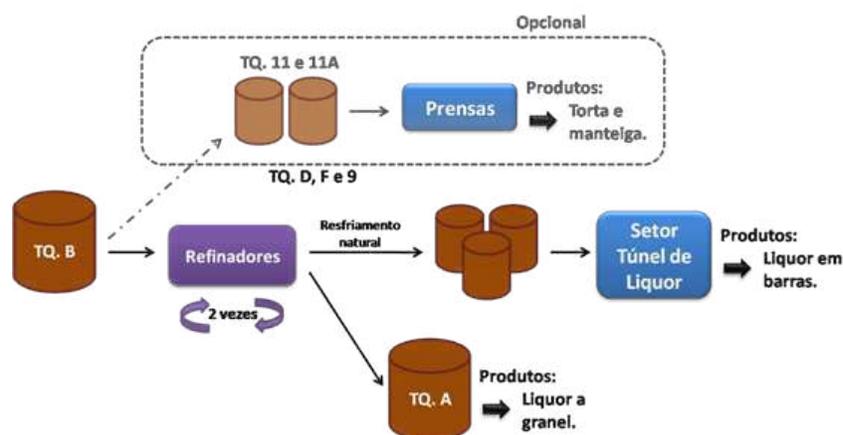


Figura 4.12: Fluxograma do setor Refino de Massa.

Refinador de Esferas

O refinador é um moinho de esferas e possui dois motores: bomba de entrada de massa e motor agitador (ou da árvore). A bomba impulsiona a massa proveniente do tanque B para passar pela árvore do refinador, que é o eixo com esferas e placas. Devido ao aquecimento e ao atrito das esferas, a massa torna-se mais fina. O motor agitador é responsável pelo movimento do eixo da árvore, proporcionando a fricção e refino da massa.

Durante o refinamento, o equipamento deve estar devidamente aquecido, para evitar endurecimento da massa e, por consequência, o entupimento do refinador. Para isto, antes do acionamento dos refinadores, é preciso abrir as válvulas de entrada e retorno de vapor. Quando em funcionamento, o vapor é desligado, sendo as válvulas de entrada e retorno de água natural da camisa abertas para refrigeração do refinador.

Para se alcançar a granulometria desejada, a massa é refinada duas vezes. Por fim, as bombas das caixas coletoras dos refinadores são acionadas para transferência de massa para: os tanques D, F e 9, para moldagem de liquor; o tanque A, para venda a granel.

Moldagem de Liquor

A moldagem de liquor em barras é obtida pela passagem do liquor por um túnel de resfriamento. No túnel, através de bicos o liquor é depositado sobre uma esteira que transporta o material até o quebrador, por uma câmara de resfriamento. Por fim, o liquor quebrado em barras é depositado em sacos que são pesados, lacrados e paletizados por funcionários terceirizados.

(a) *Túnel de Liquor.*(b) *Bicos e Esteira.*

Figura 4.13: Moldagem de Liquor.

4.3.6 Prensagem de Massa

O setor das prensas de cacau tem como responsabilidade realizar a prensagem da massa de cacau, de modo a obter os seguintes subprodutos: torta e manteiga de cacau. A massa de cacau prensada pode ser natural ou alcalina. O quadro de funcionários do setor é composto por quatro operadores e um auxiliar por turno.

Estrutura do Setor

O setor das prensas é constituído por dez prensas hidráulicas, duas calhas vibratórias centrais, quebradores de torta, transportadores horizontais e verticais, dois tanques de massa de cacau (TQs. 11 e 11A) e dois tanques de manteiga (TQs. 10 e 15). As prensas H-11 e H-12 são controladas com auxílio de um sistema supervisor, com medidores, sensores e válvulas eletropneumáticas.

Prensas Hidráulicas

Cada prensa hidráulica é composta por doze painéis, local onde a massa de cacau é retida e prensada. O funcionamento das prensas é composto pelas seguintes etapas: fechamento das painéis; carregamento das painéis; prensagem da massa; e descarga de tortas.

O fechamento das painéis ocorre de forma natural, pela liberação da energia armazenada em molas que são comprimidas pela força de um pistão, impulsionado pela bomba de alta pressão durante a descarga das tortas (abertura). Em seguida, é iniciado o carregamento das mesmas: a bomba de massa é acionada alguns segundos após uma válvula pneumática ser aberta (sistema de ar comprimido), permitindo a passagem de massa para o interior das painéis.

Durante o carregamento das prensas, o operador visualiza o escoamento de manteiga das painéis como comprovação de que todas estão sendo carregadas. O fim do carregamento é

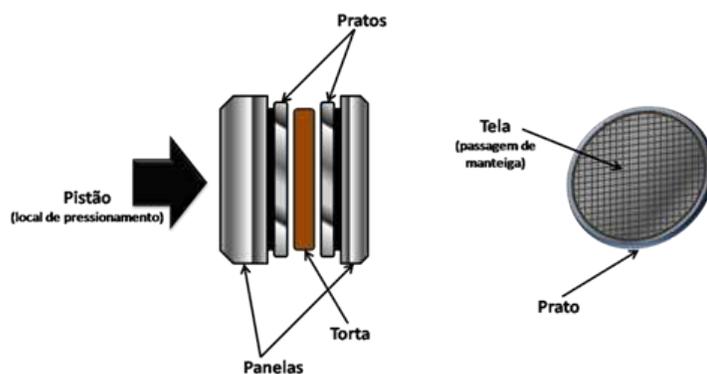


Figura 4.14: Ilustração das panelas e pratos das prensas hidráulicas.

observado por um pequeno mostrador acima das válvulas de entrada de massa (prensas H1-6 e H7-10).

Após o carregamento, as válvulas são fechadas e então, começa a prensagem. Nesta etapa, as bombas de baixa e alta pressão são acionadas para bombeamento de óleo, responsável pela movimentação do pistão. Durante a prensagem, a manteiga é liberada e naturalmente transportada para as caixas de manteiga, onde são armazenadas e bombeadas para os tanques. O tempo de prensagem depende do tipo de massa e da prensa, sendo controlado por temporizador.

4.3.7 Filtragem, Desodorização e Moldagem de Manteiga

O setor de filtragem, desodorização e moldagem de manteiga tem como responsabilidade tratar e embalar a manteiga de cacau proveniente do processo de prensagem hidráulica, de forma a obter um produto pronto para comercialização. O quadro de funcionários é composto por dois operadores de filtros, um operador de DESMET, um operador de embalagem e um colaborador na câmara frigorífica.

Estrutura do Setor

O setor é constituído de três filtros horizontais, sendo dois de pré-processamento, um desodorizador de manteiga (DESMET), trocadores de calor, tanques de ácidos graxos e vários tanque intermediários, para armazenamento de manteiga.

O DESMET é controlado e monitorado remotamente pelo operador com auxílio de um sistema supervisor, com interface homem-máquina (IHM) via computador.

Filtragem de Manteiga

A manteiga proveniente das prensas armazenadas nos tanques TQ. 10 e TQ. 15 é pré-filtrado pelos filtros 1 e 2, sendo armazenada nos tanques TQ. 12 e TQ. 12-C. Em seguida, toda a manteiga é refiltrada pelo filtro 3 e armazenada no TQ. 12 A. Após o fim do processo de filtragem, a manteiga é transportada até os tanques TQs. 16-19, onde são armazenadas separadamente de acordo com sua classificação (natural, alcalina).

Os filtros horizontais (Figura 4.15) consistem em placas revestidas por lonas por onde a manteiga é forçada a passar quando submetida a uma pressão de 8 kgf/cm^2 . Os resíduos depositados na parte inferior (a borra) é bombeada para o tanque de reprocessamento de massa de cacau, localizado em uma sala a parte. Estes filtros deverão ser substituídos por um filtro vertical (projeto de investimento), em breve.



Figura 4.15: Filtros Horizontais de Manteiga de Cacau.

Desodorização da Manteiga

A manteiga é enviada ao desodorizador (DESMET) de acordo com a programação da produção. O processo de desodorização consiste na retirada de ácidos graxos liberados pela agitação da manteiga, ocasionada por injeção de vapor. Dependendo do tipo da mistura, da origem da manteiga e da vazão, o produto final resulta em uma manteiga com diferentes tipos de sabor, cor e odor, entre outros parâmetros de avaliação.

Após o DESMET, a manteiga passa por um resfriador (trocador de calor) e então pode ser armazenada nos TQs. 20-22 para ser vendida a granel, ou então para o TQ. 14, para ser moldada e embalada, sendo vendida em caixas.

Moldagem da Manteiga

Toda a manteiga armazenada no TQ. 14 é enviada para o setor de moldagem de manteiga. Na sala de moldagem, o operador aciona o bico de saída do *Votator* (equipamento responsável pelo resfriamento da manteiga) para encher a caixa previamente preparada com saco de polietileno dentro. O sistema desliga automaticamente quando atinge o peso líquido definido (25 kg), devido ao uso de uma balança eletrônica.

Estando preenchida a caixa corretamente, a mesa é moldada e conduzida por uma esteira rolante à máquina seladora, para selagem e identificação automática. Depois de identificadas e seladas, as caixas moldadas são levadas a câmara frigorífica através de outra esteira rolante, onde são paletizadas e armazenadas por aproximadamente 24 horas para solidificação. Após esse tempo, a manteiga é transferida para o depósito de produto acabado.



(a) Sala de Moldagem.

(b) Câmara Frigorífica.

Figura 4.16: Moldagem de Manteiga.

4.3.8 Tratamento de Granulado, Moagem e Embalagem de Pós

O setor dos *Grantz* tem como responsabilidade tratar o granulado (torta quebrada) de forma a obter o granulado preto, a ser enviado para o setor de moagem para produção de pó preto. O quadro de funcionários do setor é composto de um operador e dois auxiliares (sendo um responsável pela limpeza), além de dois operadores no quebrador, por turno.

O setor de moagem e embalagem tem como responsabilidade moer o granulado (torta quebrada) para produção de pós de cacau, bem como realizar a embalagem dos produtos, já prontos para comercialização. Para atingir especificações adequadas de cada produto, muitas vezes são efetuadas misturas de diferentes tortas. O quadro de funcionários é composto de dois operadores do moinho e 8 operadores de embalagem por turno.

Estrutura do Setor

O setor é constituído por um misturador de torta, um quebrador de torta, dez reatores (*Grantz*), quatro moinhos *Raymond* e quatro ensacadeiras.

Grantz

As tortas quebradas para serem tratadas nos *Grantz* é em geral material a ser reprocessado, sendo armazenadas em *big bags*. A capacidade de processamento de um reator *Grantz* é de 500 kg de granulado de cacau (alcalina ou natural). As etapas do processo de tratamento do granulado são: carregamento do reator; cozimento; resfriamento; amostragem e testes; e descarga.

Durante o tratamento são adicionadas soluções de carbonato de amônia e soda cáustica, para produção do granulado preto, que após passagem pelo setor de moagem, dá origem ao Pó Preto. Antes do descarregamento são realizados testes de umidade e cor, para decidir por mais tempo de processamento ou descarregamento. O descarregamento é efetuado manualmente e embalado em sacos, com cerca de 30 kg cada, que são paletizados.

Moinhos *Raymond*

No setor de moagem os moinhos são alimentados pelos *blends* de granulado determinados pela produção no misturador de tortas, com exceção do moinho *Raymond* 01 (MR-01), que processa apenas granulado preto (PN90). O misturador de tortas é constituído basicamente de duas talhas elétricas que movimentam dois *big bags* com granulado de características distintas até o acesso aos transportadores que alimentam os moinhos (Figura 4.17(a)).

Após os moinhos, a torta agora processada e transformada em pó é enviada para as ensacadeiras (Figura 4.17(c)), sendo embalados em sacos de 25 kg, paletizados e enviados ao galpão de produtos acabados.



(a) *Blends de Torta.*



(b) *Moinho Raymond.*



(c) *Sala de Embalagem.*

Figura 4.17: Setor de Moagem e Embalagem de Pó.

4.4 Laboratórios

4.4.1 Laboratório de Suporte Técnico

O Laboratório de Suporte Técnico tem como atividades: atender a solicitação de clientes; desenvolver novos clientes; desenvolver contratipos de produtos; além da possibilidade de realizar testes de suporte para a produção e a manutenção da fábrica.

Estrutura do Laboratório

O Laboratório de Suporte Técnico é composto por dois laboratórios: o de Aplicações e o de Processos. Um estagiário, com formação em engenharia de alimentos, é o responsável pela parte operacional do laboratório e pela análise de resultados, com supervisão de uma engenheira de alimentos (responsável do setor).

O Laboratório de Aplicações é dotado dos seguintes equipamentos: forno elétrico, fogão, geladeira, batedeira, liquidificador, sorveteira, placa de aquecimento e balança semianalítica, além de utensílios e recipientes de laboratório (exemplos: béquer, proveta).



Figura 4.18: Fotos do Laboratório de Aplicações.

O Laboratório de Processos possui uma linha piloto para produção de massa de cacau natural, com capacidade de 10 kg/h, composta pelos seguintes equipamentos: um torrador e uma descascadeira de cacau em amêndoas; um moinho de facas; e um refinador de rolos. Este laboratório possui ainda um misturador de pós, que não faz parte da linha piloto.

Atualmente, está em processo de aquisição para a linha piloto os seguintes equipamentos: um refinador de esferas (substituição); um moinho de torta, para produção de cacau em pó; e um reator, para realização de tratamento térmico e alcalinização da massa de cacau.



Figura 4.19: Foto do Laboratório de Processos: linha piloto.

Atividades do Laboratório

O Laboratório de Aplicações visa atender solicitações de clientes ou desenvolver novos clientes através da aplicação do cacau em pó em produtos alimentícios. Os resultados são obtidos após análise sensorial. Atualmente, também está sendo realizada neste laboratório uma análise interna de comparação entre os pós de cacau (natural, alcalino e vermelho) da Barry Callebaut e os dos seus principais concorrentes.

Já o Laboratório de Processos está apto a realizar testes de suporte para a produção, de modo a obter resultados prévios sobre os impactos nos equipamentos e na qualidade do produto devido a alguma alteração no processo (exemplo: blends de cacau). Este laboratório também é utilizado como suporte a projetos de inovação/melhoria de produto.

Para o desenvolvimento de contratipos de produtos, ambos os laboratórios são utilizados.

Manutenção

Todos os equipamentos dos laboratórios possuem um plano de manutenção preventiva, estabelecido por procedimento específico (IT - instrução de trabalho).

4.4.2 Laboratório de Controle de Qualidade

O laboratório de Controle de Qualidade tem como responsabilidade realizar diariamente, para cada lote, análises físico-químicas e sensoriais de processo (sobre os produtos intermediários) e de produtos acabados e análise microbiológica sobre os produtos acabados.

As análises de processo são feitas com o objetivo de direcionar possíveis ações corretivas, de modo que a Barry Callebaut possa garantir um alto padrão de qualidade dos seus produtos. Já as análises de produtos acabados servem como garantia de que as correções nos equipamentos surtirão efeito para obtenção do produto final uniforme (padrão) e dentro das especificações. Os lotes de produtos acabados reprovados podem ser enviados para reprocesso ou descarte.

O laboratório de Controle de Qualidade é composto por dois Laboratórios: o de Análise Físico-Química e o de Microbiologia. O quadro de funcionários é composto por: um analista físico-químico por turno; dois auxiliares para limpeza, separação e coleta de amostras; dois assistentes gerais durante o turno administrativo; dois analistas de microbiologia no horário administrativo todos os dias; e um líder do setor.

O laboratório também é responsável pelo envio de amostras para o desenvolvimento de novos clientes/produtos. Alguns clientes exigem amostra prévia para aprovação de produto e liberação do carregamento, por exemplo. As amostras são normalmente de 300 g (pós e liquor) amostrada em lotes com qualidade intermediária, de acordo com as especificações internas, com validade de três meses. O controle das amostras é efetuado por uma planilha de controle do laboratório e pelo programa corporativo interno (*Sample Request*).

Coleta de Amostras

Periodicamente, são realizadas coletas em vários setores ao longo do processo, feita pelo próprio operador ou pelo auxiliar do laboratório. As amostras devem ser representativas o bastante e a separação é realizada em local apropriado e higienizado, de modo que uma fração seja utilizada para análises físico-químicas e a outra para análises microbiológicas.

Análise Físico-Químicas

No Laboratório de Análise Físico-Química, nos 1^o e 3^o turnos são realizadas apenas análises de processo, enquanto que no 2^o são realizadas análises de processo e de produto acabado. Os setores, respectivos produtos e parâmetros analisados são:

- Torradores - amêndoas - umidade;
- Descascadeiras - *nibs*, casca - relação casca/*nibs*;
- Tanques de Massa (antes de prensar) - massa de cacau - pH, gordura e umidade;
- Tanques de Massa (antes de moldar) - liquor - pH, gordura, umidade e granulometria;
- Desmet - manteiga - umidade, acidez, ponto de fusão, índice de refração, índice de saponificação, índice de iodo;
- Quebrador - torta, granulado - umidade, gordura, granulometria, pH e cor;
- Moinho - pós - umidade, gordura, granulometria, pH e cor.

A análise sensorial é realizada apenas por pessoal treinado (preparado) nos seguintes produtos acabados: líquido, manteiga e pós alcalinos e natural. O objetivo é analisar características de cor, sabor e odor. Todos os resultados das análises são lançados no diário de processo, uma planilha de controle disponível para visualização da produção.

Para execução das análises, o laboratório tem a sua disposição alguns equipamentos, como:

- Viscosímetro - para medição de viscosidade de manteiga;
- Colorímetro - para análise de cor de pós e líquido;
- NIR (*NEAR-INFRARED ANALYZER*) - avaliação de pH, umidade e gordura de pós e líquido;
- pHmetro - para medição de pH;
- SOXHLET - determinação da gordura (verificação da eficiência das prensas);
- Medidor de Umidade por Infravermelho;
- Estufas, balança analítica e chapa aquecedora.

Análise Microbiológica

Mesmo estando todos os resultados físico-químicos dentro das especificações, a liberação dos produtos só pode ser efetuada após a conclusão da análise microbiológica. A análise microbiológica visa identificar e quantificar bactérias aeróbias, fungos, leveduras, coliformes e salmonelas presentes nos produtos finais através da retirada de amostras e a cultura em meios apropriados além do uso de equipamentos e exposição a ambientes favoráveis (estufas).

As amostras são postas nos meios de cultura correspondente para o desenvolvimento do que se deseja observar (bactérias, fungos, entre outros) e após o período determinado, as amostras são observadas visualmente para verificação e contagem da presença de colônias ou bolhas, sendo os resultados registrados.

Sistema MOVEST

O sistema MOVEST (Movimentação e Estocagem) é utilizado pelos setores de Qualidade e de Logística. Neste sistema, são inseridos pelo laboratório os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas, mas também estão disponíveis dados da situação do produto (venda, saída do produto, quantidade e lote).

(a) *NIR(NEAR-INFRARED ANALYZER)*(b) *SOXHLET.*(c) *Medidor de Umidade Infravermelho.*(d) *pHmetro.*

Figura 4.20: Equipamentos do Laboratório de Análise Físico-Química.

Quando o produto acabado está sendo embarcado para o cliente, após a análise no laboratório de Controle e Qualidade, é emitido um certificado atestando as condições com as quais o produto está sendo enviado (pH, umidade, acidez, entre outros). Todos esses certificados são também arquivados no MOVEST, para consultas posteriores. Por segurança, a Barry Callebaut possui uma sala de Contra-Amostras dos produtos expedidos, em caso de reclamações. As amostras nesta sala possuem validade de dois anos.

Capítulo 5

Setor da Manutenção e Subestação Elétrica

5.1 Setor da Manutenção

O setor da manutenção tem como responsabilidade manter os equipamentos e as estruturas da fábrica, garantindo o seu correto e contínuo funcionamento a serviço da produção. Atualmente, as metas do setor da manutenção são: adquirir maior confiabilidade nos equipamentos; obter mais índices de análises; reduzir e controlar custos; implementar melhorias e a ferramenta computacional Engeman.

O quadro de funcionários é composto por 22 colaboradores Barry Callebaut e 16 terceirizados. No período administrativo, trabalham 4 eletricitas, sendo 1 instrumentista, 20 mecânicos, sendo 7 terceirizados e destes 1 é torneiro mecânico, e 5 operadores de caldeiras. No plantão, revezam-se 4 eletricitas e 4 mecânicos, de modo que em todos os turnos, trabalhem dois terceirizados: 1 eletricista e 1 mecânico. Todo o setor é de responsabilidade do líder de manutenção.

5.1.1 Rotina da Manutenção

As manutenções adotadas na empresa são do tipo corretiva, preventiva e preditiva. Para tanto, cada uma possui uma rotina de execução.

Manutenção Corretiva

Na rotina de manutenção corretiva, antes de serem iniciadas as atividades diárias, é realizada uma reunião com toda a equipe, onde são discutidas as ocorrências do dia anterior, que foram registradas pelos encarregados da produção e consultadas pelo líder da manutenção no Lotus

Notes (sistema informatizado interno). Após análise e discussão, o líder realiza o planejamento de cada colaborador.

Manutenção Preventiva

Para o planejamento da manutenção preventiva, existe um plano mestre de manutenção mensal, onde para cada equipamento tem-se a data de sua intervenção e a sua periodicidade. Caso a manutenção não possa ser realizada no dia previsto, será reprogramada para outra data, decidida após reunião na própria área e comunicada ao Gerente de Operações e aos líderes de produção.

Após uma análise, a área sólida foi subdividida em áreas de intervenção. Desta forma, de posse do cronograma de limpeza dos equipamentos elaborado pela produção, a manutenção faz a programação de manutenção preventiva dos equipamentos, incluindo os transportadores (*redlers*, elevadores e roscas) que estão na mesma zona de intervenção.

Toda a programação da manutenção preventiva é elaborada na semana anterior da intervenção, como também é providenciado todo o material necessário (peças sobressalentes). Durante as reuniões de produção, ocorre a apresentação do calendário a gerência e aos líderes de produção e, após discussões, o planejamento poderá ser executado.

Manutenção Preditiva

Atualmente, a empresa utiliza serviços terceirizados na área de manutenção preditiva (por exemplo, termografia e análise de vibração), sendo um grande suporte para análise e diagnóstico dos equipamentos. Após a execução do serviço, as prestadoras encaminham para o setor relatórios, que contribuem na tomadas de decisões para melhorias e intervenções.

Estudo dos investimentos / Projetos *Budget*

Ao final de cada ano fiscal (agosto/setembro), é realizado um levantamento de custos que irão ser necessários para a manutenção para o ano seguinte. Realizada a previsão, a mesma é encaminha a diretoria e, só após aprovação, o setor saberá o quanto irá dispor no seu centro de custo mensalmente para investimentos.

Os projetos *Budget* são projetos de investimento em toda área fabril. Após um levantamento de melhorias para fábrica, seja em equipamentos, seja na estrutura física da unidade, orçamentos são elaborados e enviados para a diretoria. Após análise, a diretoria libera o valor total ou parcial do investimento, de acordo com um critério de prioridades.

Ferramenta Engeman

Atualmente, em processo de testes, está sendo implantado a ferramenta computacional Engeman. Basicamente, o sistema funciona da seguinte maneira: a produção gera uma Ordem de Serviço, após alguma ocorrência, e a manutenção executa a ordem. Alguns benefícios da ferramenta são:

- Padronização e informatização do registro de ocorrências da produção;
- Facilidades no planejamento e na organização da manutenção;
- Histórico de equipamentos e colaboradores - ficam registradas no sistema as falhas ocorridas nos equipamentos, suas causas e possível periodicidade, bem como informações de quem executou a ordem e em quanto tempo.

5.2 Subestação Elétrica

A Barry Callebaut é uma unidade consumidora do Grupo “A”, estabelecida compulsoriamente na estrutura tarifária horo-sazonal, com aplicação da tarifa Azul, atendida pelo sistema elétrico da concessionária local (COELBA - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) com tensão de fornecimento de 13,8 kV, por um único ponto de entrada aérea.

A subestação elétrica da empresa possui capacidade de 3500 kVA, com 2 transformadores trifásicos de 1500 kVA de 13,8 kV/380 V e 1 transformador trifásico de 500 kVA de 13,8 kV/220 V (paralelismo de transformadores). De acordo com as tensões secundárias de distribuição da subestação, são formados dois grandes circuitos:

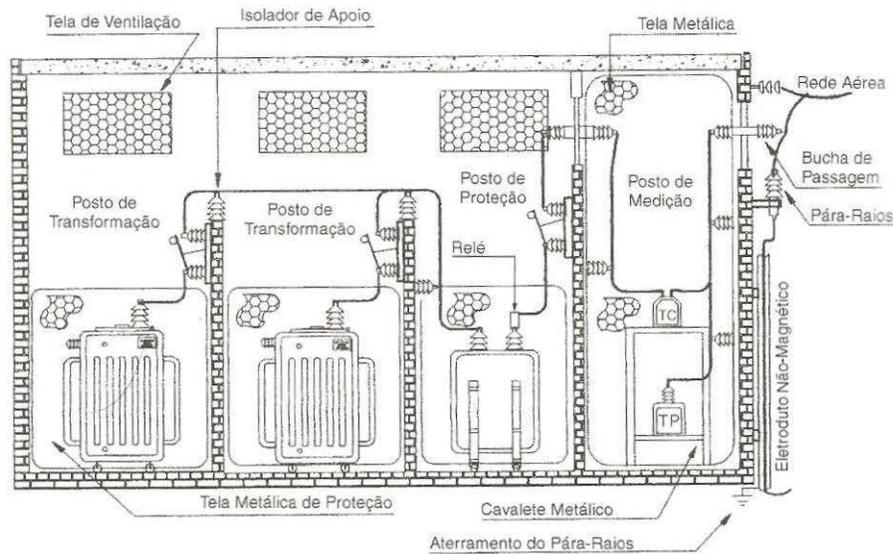
1. 380 V - para alimentação dos circuitos de força motriz;
2. 220 V - para alimentação dos circuitos de iluminação, dos laboratórios, refeitórios, área de lazer e escritório administrativo.

A subestação conta ainda com um grupo gerador de cerca de 400 kVA, atualmente, utilizado para suprir o circuito com tensão secundária de 220 V, após modificações de projeto: a tensão original de fornecimento era de 380 V. Um Quadro de Transferência Automática (QTA) é responsável pelo ligamento ou desligamento do gerador, na ocorrência de falta de energia.

O posto de medição é composto por dois transformadores de potencial e um transformador de corrente, que fornecem informações para o medidor de energia trifásico digital, todos de propriedade da concessionária. O posto de medição está localizado antes do posto de transformação da subestação (medição em tensão primária).

Após os postos de transformação, os circuitos secundários são distribuídos por Quadro Gerais de Baixa Tensão (QGBTs), dotados dos devidos dispositivos de proteção (fusíveis, disjuntores), para Centros de Controle de Motores (CCMs) localizados já no interior da área produtiva da fábrica. Todos os CCMs são estrategicamente concentrados na área líquida, em um setor com acesso restrito e fisicamente próximo da subestação.

O modelo da subestação elétrica da empresa é semelhante ao apresentado na Figura 5.1, com três postos de transformação e uma área lateral para os QGBTs e o QTA.



FONTE: Mamede Filho [2007]

Figura 5.1: Modelo de Subestação Elétrica com entrada aérea.

Capítulo 6

Atividades Desenvolvidas

Durante os seis meses de estágio, os dois primeiros meses foram dedicados a treinamentos, conhecimento do processo produtivo e acompanhamento da rotina da empresa. Nos quatro meses seguintes, houve o direcionamento da aluna para um setor específico (manutenção), para acompanhamento da rotina diária, atuando como suporte técnico, e para elaboração de um projeto de melhoria solicitado pela gerência. Neste mesmo período, a estagiária também foi incorporada a equipe de projetos.

6.1 Instalação do Refinador 03

Com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva do setor do Refino de Massa e, por consequência, aumentar a disponibilidade de liquor, ou seja, de produto final da fábrica, foi solicitada pela gerência a reativação do Refinador 03 (Figura 6.1). Diferentemente dos refinadores *Nagema* (REF-07/12), o refinador *Drais* possui maior vazão de massa de cacau e melhor qualidade: o parâmetro de granulometria é atingido por este em apenas um estágio de refinamento, enquanto que é preciso duas passagens pelos do tipo *Nagema*.

O motor elétrico adquirido pela empresa para o refinador possuía as seguintes características: motor elétrico de indução trifásico de 200 cv, 2 polos e tensões de operação 380/660 V. Entretanto, para instalação mecânica do motor no equipamento foi necessário realizar algumas alterações:

- Mudança do Eixo - o eixo padrão fornecido pela empresa WEG para motores com estas características é de 66mm de diâmetro, entretanto, o diâmetro necessário para instalação do acoplamento hidráulico é de 80mm;
- Mudança de Polos - o motor é fixado ao equipamento pela flange e, devido a estrutura da máquina ser metálica, a velocidade de rotação do motor deve ser inferior a 1800 rpm.



(a) Refinador Drais

(b) Instalação do Motor

Figura 6.1: Refinador *Drais* (REF-03) e instalação física do motor elétrico.

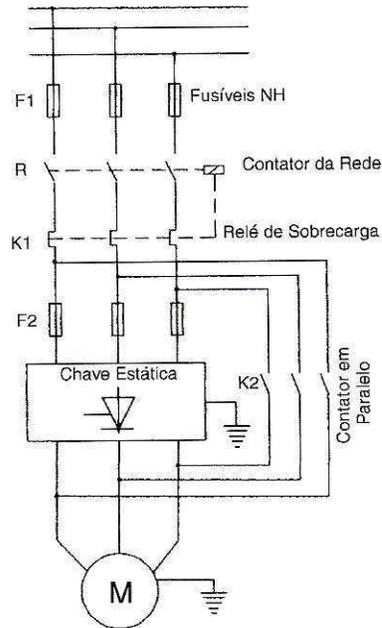
Ambas as alterações foram executadas por prestadoras de serviços, sendo a mudança de eixos realizada antes do início das atividades da estagiária. Para avaliação do processo de mudança de polos, foi exigido um relatório oficial da prestadora com resultados do teste em vazio e com dados dos valores nominais de corrente e rotação, além de um prazo de garantia.

Antes da instalação elétrica do motor, o painel elétrico do refinador fora atingido por um vazamento de água, danificando o dispositivo de partida suave. Após sua recuperação e antes de sua instalação, foram executados testes de bancada no *softstarter* para: verificar seu correto funcionamento; e testar a configuração com *bypass* (Figura 6.2) - onde o dispositivo é desligado do circuito de alimentação do motor após a partida.

Com a conclusão e verificação da instalação mecânica e elétrica, foram realizadas as partidas do motor em vazio, apenas com o acoplamento hidráulico e em carga, nesta ordem. Após o pleno funcionamento do refinador, foram observados os seguintes aspectos:

- A localização da bomba de massa prejudicava a impulsão da massa no refinador e ocasionava entupimentos da linha. Após esta constatação, a bomba foi retirada e reinstalada próximo a saída do tanque B;
- A potência ativa consumida pelo motor e o seu fator de potência, fornecidos pelo *softstarter*, estavam muito abaixo dos valores nominais. Concluiu-se, portanto, que o motor está superdimensionado.

Diante da eminência da reativação do Refinador 04, que será necessária quando for concluído o projeto do novo Túnel de Liquor, e após a análise da instalação atual, foi proposto que seja



FONTE: Mamede Filho [2007]

Figura 6.2: Utilização de chave estática para partida suave - configuração com *bypass*.

realizado um estudo da carga mecânica do equipamento para correto dimensionamento do motor elétrico.

Devido as características do refinador, a carga na partida é superior que quando em regime: no início as esferas da árvore agrupam-se facilmente devido a presença da massa de cacau; em regime, com eixo em plena rotação e aquecimento adequado, a massa de cacau atua como lubrificante entre as esferas. Desta forma, duas soluções foram formuladas:

1. Aquisição de um motor categoria H (classificação ABNT), de modo que um motor de potência menor garanta o torque de partida necessário;
2. Utilização de inversor de frequência para partida do motor elétrico, para que o torque de partida seja o nominal.

Como ação corretiva da instalação atual, foi sugerida a correção do fator de potência, além de informada a potência necessária do banco de capacitores.

Na execução desta atividade, a compreensão sobre motores de indução e sua instalação, em especial o uso de chaves de partida suave, foi fundamental. Para tanto, foram bastante utilizados os conceitos abordados nas disciplinas de Instalações Elétricas e Máquinas Elétricas.

6.2 Controle de Demanda na Ponta

Como alternativa para redução de gastos, o controle de demanda no horário de ponta é prática comum no meio industrial, uma vez que a energia elétrica representa uma parcela considerável nos custos totais de uma fábrica. Na Barry Callebaut, o controle de demanda é realizado pelo próprio setor produtivo com auxílio do sistema SMART SERVER da GESTAL, através da ferramenta SMART 32 instalada em um computador no interior da Área Líquida da produção.

O sistema GESTAL disponibiliza informações em tempo real, obtidas do medidor de energia elétrica da concessionária local, instalado na subestação elétrica da fábrica. No computador, por exemplo, são apresentadas as seguintes informações:

- Consumo de energia elétrica ativa e reativa;
- Demanda instantânea, média e prevista;
- Fator de potência;
- Histórico, demandas máximas nos horários de ponta e fora de ponta;
- Acionamento de banco de capacitores automáticos;
- Entre outros.

O coordenador de PCP (Planejamento e Controle da Produção) determina os equipamentos a serem desligados e os líderes de produção realizam o monitoramento e o controle da demanda no horário de ponta. Entretanto, um dos conversores de protocolo de comunicação fora danificado (módulo RS-485/RS-232), após ser atingido por um vazamento de água. Durante dez dias, a produção esteve sem auxílio do sistema GESTAL e o controle da demanda foi realizado através do acompanhamento de leituras diretas no medidor de energia elétrica da empresa.

As leituras foram efetuadas todos os dias úteis, no período das 17 às 19 horas, e registradas física e eletronicamente de acordo com a Tabela apresentada no Anexo B. A compreensão do modo de faturamento de energia elétrica e do tempo de medição de demanda foram fundamentais nas interpretações das leituras e no controle da demanda, conceitos explanados na disciplina Distribuição de Energia Elétrica.

O sistema foi reativado após intervenção no circuito eletrônico do módulo danificado, antes mesmo da aquisição do novo conversor para substituição.

6.3 Simulações de Consumo de Energia Elétrica

Atualmente, a produção de torta de cacau vem sendo superior que a capacidade do setor de moagem e embalagem de pós (produto acabado). Um dos fatores influenciadores deste “gargalo” da produção é o controle da demanda na ponta, já mencionado na seção anterior.

Como os moinhos de pó são os maiores consumidores de energia elétrica da planta e a descontinuidade do regime produtivo vem ocasionando acúmulo de produtos intermediários (torta de cacau), foi solicitada a realização da análise do contrato de fornecimento de energia elétrica da empresa e a simulação de custos excedentes devido ao aumento do consumo de energia elétrica no horário de ponta, visando aumentar a produção do setor de moagem de pós.

Para tanto, foram realizados estudos da Resolução ANEEL N° 456, de 29 de novembro de 2000 (ANEEL [2000]), e dos contratos estabelecidos entre a empresa e a concessionária de distribuição de energia elétrica local (COELBA). Em seguida, foram elaboradas planilhas para simulação dos custos excedentes para duas situações diferentes de demanda na ponta: capacidade plena da fábrica - demanda no horário de ponta igual a do fora de ponta; e capacidade plena do setor de moagem de pó.

Os resultados foram apresentados de duas formas:

- Relatório - com informações sobre os custos diários atuais e excedentes simulados;
- Demonstrativo - planilha com os resultados da comparação financeira entre a fatura de energia elétrica do mês de fevereiro e a fatura simulada para o mesmo mês, considerando as duas situações supracitadas.

A planilha de simulação de fatura de energia elétrica é apresentada no Anexo C, com valores fictícios de demanda e consumo de energia elétrica.

O conhecimento prévio sobre os principais termos envolvidos nos contratos de fornecimento e nas faturas de energia elétrica foi fator facilitador para a execução da atividade. Estes conceitos são lecionados na disciplina Distribuição de Energia Elétrica, da ênfase Eletrotécnica, do curso de graduação de Engenharia Elétrica da UFCG.

6.4 Acompanhamento das Faturas de Energia Elétrica

O controle de gastos da empresa Barry Callebaut é realizado por meio do controle de despesas por centro de custo, através da correlação entre o orçado (*budget*) e o realizado. Atualmente, o centro de custo de consumo de energia (*energy consumption budget*) representa 33% dos custos totais da fábrica, correspondente aos gastos com o fornecimento dos seguintes

tipos de energia/matéria-prima: energia elétrica; água; gás de petróleo liquefeito (GLP); óleo BPF; e briquete.

Os gastos com energia elétrica (*electrical energy consumption budget*) representam 45% do *budget* de consumo de energia, o que corresponde a aproximadamente 13% dos custos da fábrica (*factory costs*). Desta forma, conclui-se que o controle do consumo de energia elétrica possui influência considerável na rentabilidade da empresa.

Neste contexto, foram elaboradas planilhas para o acompanhamento das faturas de energia elétrica da empresa. As planilhas são as seguintes:

- Mês - apresenta o demonstrativo da fatura de energia elétrica do mês e ano correspondente ao nome da planilha (exemplo: JUN10), conforme documento entregue pela concessionária local (COELBA);
- Controle - apresenta o resumo das informações de interesse para o acompanhamento de todo o ano fiscal, por mês. Os dados são atualizados automaticamente a partir da planilha Mês, sendo o preço da fatura (sem ICMS) e a demanda máxima medida inseridos manualmente;
- Gráficos - apresenta os gráficos construídos a partir dos resultados da planilha Controle, para facilitar a análise e o acompanhamento do consumo de energia elétrica da fábrica.

A análise dos gráficos gerados facilitou a caracterização da carga elétrica que a fábrica representa, bem como auxiliou na detecção de problemas de qualidade de energia (fator de potência baixo, menor que 0,92). O acompanhamento do consumo de energia elétrica hoje é fator determinante na análise da realização de novos projetos. Este estudo também serviu de subsídio auxiliar para o dimensionamento do *budget* de energia elétrica para o próximo ano fiscal (2010/2011).

As planilhas e os gráficos elaborados são apresentados no Anexo D.

Os conceitos envolvidos nesta atividade, mais uma vez, foram lecionados na disciplina Distribuição de Energia Elétrica, da ênfase Eletrotécnica, do curso de graduação de Engenharia Elétrica da UFCG.

6.5 Melhorias na Parte Elétrica

Para atender às expectativas dos visitantes (*top managers of Barry Callebaut*) no dia 26 de maio de 2010, foram executados serviços de melhoria na instalação elétrica da fábrica, conforme exigências dos usuários (pendências). Estas foram relatadas pelos setores da fábrica (produção,

controle de qualidade, segurança, logística, entre outros) por meio de fotos apresentadas em reuniões.

Para tanto, foram contratados três eletricitas por quinze dias de trabalho. Entretanto, esta equipe de eletricitas foi composta no total por seis funcionários terceirizados, sendo que: dois destes atuaram por quinze dias de trabalho, e os demais alternaram-se na terceira vaga. No final, foi realizada análise do ponto de trabalho dos eletricitas para conferência e fechamento do contrato de prestação de serviços.

O gerenciamento dos serviços e da alocação dos eletricitas foi feito de acordo com a prioridade das pendências e com a disponibilidade dos materiais. As atividades foram executadas no período de 07 a 25 de maio de 2010, sendo o primeiro dia apenas para levantamento de materiais.

Ao término do trabalho, foi elaborado um relatório para a gerência da fábrica com a lista de serviços executados separados em três seções:

- Iluminação da fábrica - melhorias executadas na iluminação da fábrica por setores ou áreas (Tabela E.1);
- Pendências: fotos e listas de atividades - apresentação da lista de não-conformidades, com o estado atual (Tabela E.2);
- Outras atividades - lista de serviços prestados que não foram relacionados em nenhuma lista de exigências/atividades (Tabela E.3).

Estas seções são apresentadas em forma de tabelas no Anexo E.

Uma das principais atividades realizadas foi o projeto de iluminação da rua entre o galpão de Produto Acabado e o campo. Este setor da empresa constitui a área de circulação dos funcionários entre oficinas/produção e refeitório/setor administrativo. A importância da execução do projeto deve-se a exigências do setor de segurança (CIPA - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) e da gerência, devido aos acordos sindicais da empresa.

Para este projeto de iluminação, foi realizada uma simulação com auxílio do *software* DI-ALux (DIAL [2010]) para facilitar a execução dos serviços e a cotação de materiais. Na Figura 6.3, o resultado da simulação e a foto da iluminação atual.

Na execução das atividades, de um modo geral, foram bastante utilizados os conceitos abordados nas disciplinas de Instalações Elétricas e Laboratório, para dimensionamento de cabos elétricos e de estruturas para fiação elétrica, bem como para intervenções em painéis elétricos. Em especial, pode-se ressaltar o uso do *software* DI-ALux e os conceitos de fotometria, que foram estudados na disciplina de Laboratório de Instalações Elétricas, durante o curso de graduação.

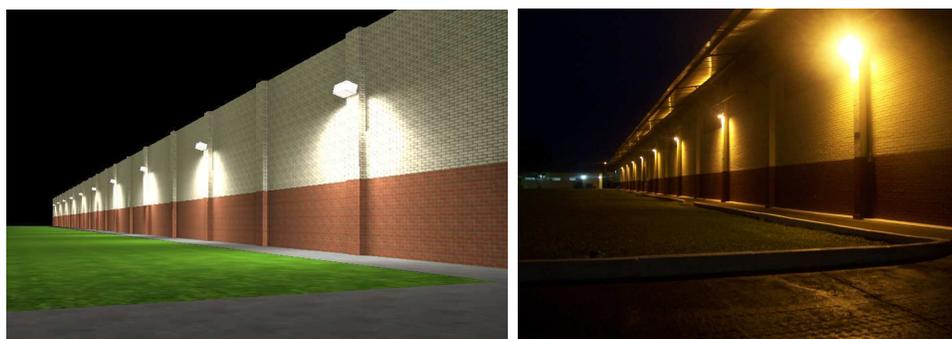
(a) *Resultado da Simulação.*(b) *Instalação real.*

Figura 6.3: Iluminação do Campo/PA.

6.6 Projetos Ano Fiscal 09/10

Como mencionado na introdução deste capítulo, durante os meses de estágio a aluna foi incorporada a equipe de projetos. Dentre os vários projetos aprovados para o Ano Fiscal 09/10, a estagiária teve participação efetiva nos seguintes:

- Projeto Lava Solas - na definição do *layout*, do escopo de serviços e do material elétrico necessário;
- Novo Túnel de Liquor - na definição do *layout* e na descrição parcial do escopo de serviços elétricos;
- Novo Filtro de Manteiga - na definição do *layout*;
- Projeto Massa Vermelha - na definição do *layout*, na pesquisa e avaliação de sensores de nível, no descritivo do projeto sobre acionamentos e controle de nível, e na verificação dos diagramas elétricos para os painéis e da lista de materiais elétricos.

No fim do estágio, foram iniciadas as instalações do projeto Massa Vermelha. Dos demais, alguns ainda estavam em pauta de reuniões e outros aguardavam a chegada de equipamentos e materiais.

6.7 Projeto Geração na Ponta

O projeto Geração na Ponta é um pacote de serviços oferecido pela Petrobrás Distribuidora e a Stemac Energia, que visa proporcionar economia com os custos de energia elétrica em horário de ponta e garantia de seu fornecimento.

Basicamente, a solução proposta é a substituição da fonte de energia elétrica no horário de ponta, a partir do uso de grupos geradores. A central geradora, bem como sua manutenção, e o combustível são fornecidos pelas empresas prestadoras de serviços. Para o pacote ser viável economicamente, o usuário deverá modificar sua estrutura tarifária para o Grupo Verde.

Após duas visitas, reuniões e informações concedidas pela Barry Callebaut Brasil S/A (faturas de energia elétrica, dados da potência instalada e grandes cargas, entre outros), os representantes da Petrobrás e Stamac Energia apresentaram três propostas comerciais. Atualmente, as propostas estão em período de avaliação e, caso sejam consideradas rentáveis, o projeto será encaminhado a diretoria para aprovação e liberação de recursos, pois todo o custo da obra civil é por conta do contratante e não pode ser incluído no financiamento oferecido pela Petrobrás.

Capítulo 7

Considerações Finais

A experiência vivenciada ao longo dos seis meses de estágio na Barry Callebaut S/A possibilitou a consolidação dos conceitos técnicos obtidos na universidade. Observar a teoria lecionada e aprendida durante cerca de cinco anos funcionando na prática é gratificante para qualquer concluinte de um curso de engenharia.

O acompanhamento da rotina industrial, as atividades realizadas e as tomadas de decisões agregam experiências positivas para qualquer engenheiro, mesmo ainda sendo imprescindível uma boa formação acadêmica. Entretanto, no estágio foi possível verificar que a capacidade de trabalho em grupo e de se relacionar com as pessoas, além da compreensão de organizações administrativas e documentações, também são fundamentais para o engenheiro atual.

Desta forma, a disciplina Estágio Integrado apresentou-se como parte fundamental da formação de um Engenheiro Eletricista, por conciliar teoria e prática orientadas por um professor e um supervisor, facilitando o ingresso do aluno no mercado de trabalho.

Referências Bibliográficas

ABNT. *NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão*, 2004.

ANEEL. *Resolução ANEEL N^o456, 29 de Novembro de 2000*, 2000.

Grupo Barry Callebaut. Site Oficial da Barry Callebaut, 2010. URL <http://www.barry-callebaut.com/>. Acessado em agosto de 2010.

S. T. Beckett. *INDUSTRIAL CHOCOLATE - Manufacture and Use*, chapter 1. Tradicional Chocolate Making. Blackwell Science Ltd UK, third edition, 1999.

ADM Cocoa De Zaan. *The De Zaan Cocoa Manual*, chapter Module 1. History and Supply of Cocoa. ADM COCOA NED, 2006.

GmbH DIAL. Site Oficial do *software* DIALux, 2010. URL <http://www.dialux.com/>. Acessado em agosto de 2010.

A. E. Fitzgerald, C. Kingsley Jr., and S. D. Umans. *Máquinas Elétricas*. Porto Alegre: Bookman, sixth edition, 2006.

M. S. Flower. *INDUSTRIAL CHOCOLATE - Manufacture and Use*, chapter 2. Cocoa Beans: From Tree to Factory. Blackwell Science Ltd UK, third edition, 1999.

J. Mamede Filho. *Instalações Elétricas Industriais*. Rio de Janeiro: LTC, seventh edition, 2007.

B. W. Minifie. *Chocolate, cocoa, and confectionery: science and technology*. Aspen US, third edition, 1989.

J. Nilsson and S. A. Riedel. *Circuitos Elétricos*. Rio de Janeiro: LTC, fifth edition, 1999.

Anexo A

Fluxograma do Processo Produtivo

Processo de Beneficiamento de Cacau

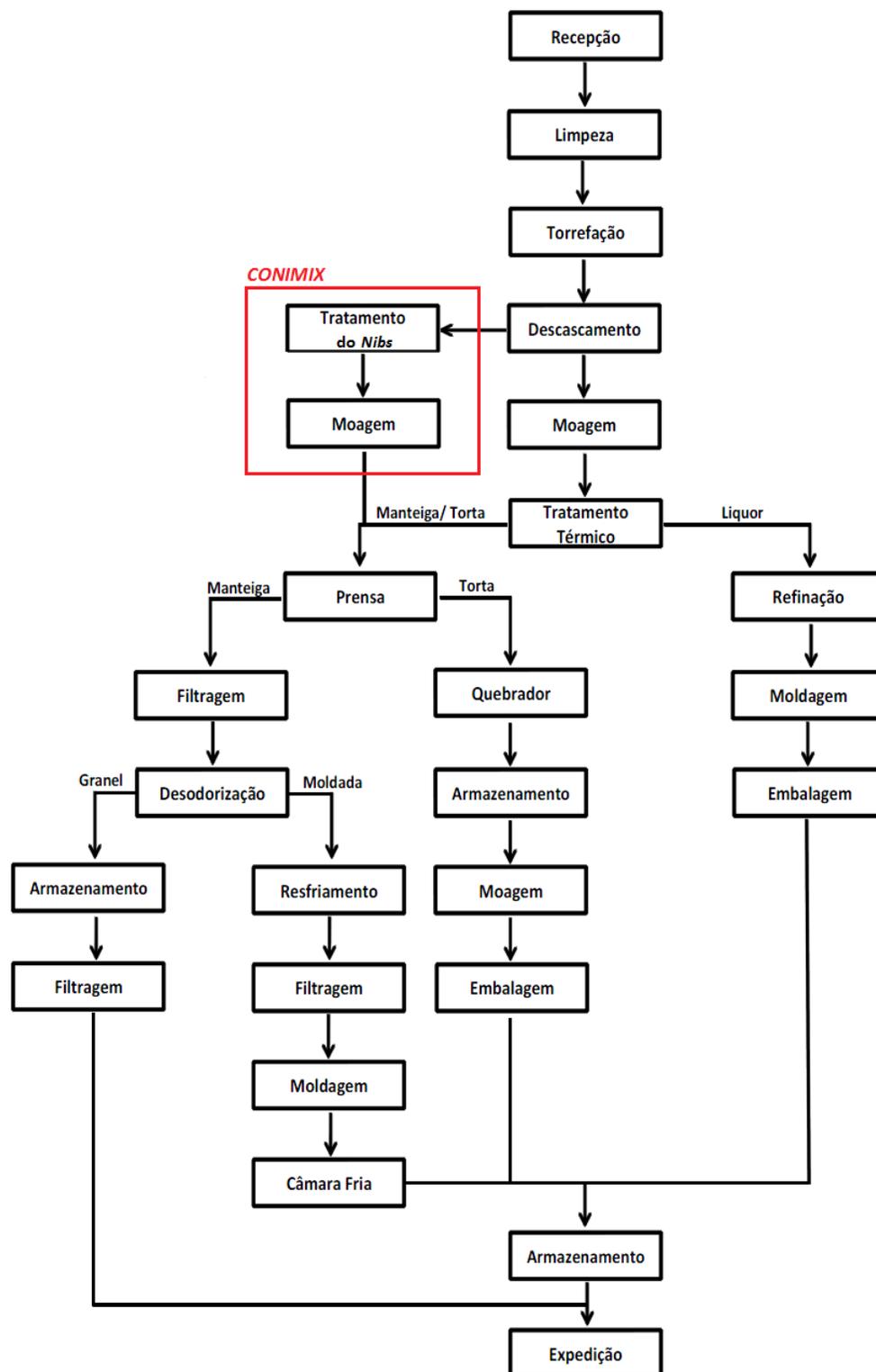


Figura A.1: Fluxograma do Processo de Beneficiamento de Cacau

Anexo B

Controle de Demanda na Ponta

Tabela para Anotação das Leituras

BARRY CALLEBAUT		Controle de Demanda na Ponta - Medições Subestação Medidor de Energia Elétrica COELBA					
HORA	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	X	CONSTANTE	DEMANDA (kW)	f.p.
	10	Demanda Máxima na Ponta		x	2,88	=	
	14	Demanda Máxima Fora de Ponta		x	2,88	=	
	10	Demanda Máxima na Ponta		x	2,88	=	
	14	Demanda Máxima Fora de Ponta		x	2,88	=	
	10	Demanda Máxima na Ponta		x	2,88	=	
	14	Demanda Máxima Fora de Ponta		x	2,88	=	
	10	Demanda Máxima na Ponta		x	2,88	=	
	14	Demanda Máxima Fora de Ponta		x	2,88	=	
	10	Demanda Máxima na Ponta		x	2,88	=	
	14	Demanda Máxima Fora de Ponta		x	2,88	=	
	10	Demanda Máxima na Ponta		x	2,88	=	
	14	Demanda Máxima Fora de Ponta		x	2,88	=	
	10	Demanda Máxima na Ponta		x	2,88	=	
	14	Demanda Máxima Fora de Ponta		x	2,88	=	
	10	Demanda Máxima na Ponta		x	2,88	=	
	14	Demanda Máxima Fora de Ponta		x	2,88	=	

Responsável: _____

Data: ____ / ____ / ____

Anexo C

Simulações de Consumo de Energia Elétrica

Planilha - Aba Fatura de Energia Elétrica

Conta de Energia Elétrica

Fatura: Fevereiro/2010

Classe/Tarifa: Industrial/A4

Demanda contratada:

NPU: 156 kW

FPU: 250 kW

Demonstrativo do Faturamento

Conceito	Quantidade	Unidade	Preço (tarifa+impostos)	Unidade	Valor (R\$)
Demanda de Ponta	156	kW	64,1032	R\$/kW	R\$ 10.000,10
Demanda Fora de Ponta	250	kW	18,04811	R\$/kW	R\$ 4.512,03
Consumo Ativo na Ponta	7757,03	kWh	0,23054	R\$/kWh	R\$ 1.788,31
Consumo Fora de Ponta	126119,88	kWh	0,14088	R\$/kWh	R\$ 17.767,77
Consumo Ativo Temporário	1171,79	kWh	0,93451	R\$/kWh	R\$ 1.095,05
Consumo Reativo Excedente na Ponta	36,13	kvarh-ex	0,23054	R\$/kvarh-ex	R\$ 8,33
Consumo Reativo Excedente Fora de Ponta	3901,61	kvarh-ex	0,14088	R\$/kvarh-ex	R\$ 549,66
Contribuição Iluminação Pública					R\$ 300,00
Total					R\$ 36.021,24

Datas de Leitura

Atual: 23/02/2010

Anterior: 27/01/2010

→ 27 dias, sendo destes 18 dias úteis (com horário de ponta).

Consumo Ativo na Ponta Total	8928,82188		Horas FP:	594
Fator de Carga na Ponta	0,95		Horas FP Capacitiva:	162
Demanda Máxima Real (utilizada)	178		Horas NP:	54
Demanda Média	169,1			
Consumo Ativo/Demanda Média	52,80202176	→	17,6 dias úteis	
	horas		17,600674	

Planilha - Aba Simulação 1 (capacidade plena)

Simulação Conta de Energia Elétrica 1
(100% da capacidade)
Fatura: Fevereiro/2010

Classe/Tarifa: Industrial/A4
NPU: 250 kW FPU: 250 kW

Demanda contratada:

Demonstrativo do Faturamento

Conceito	Quantidade	Unidade	Preço (tarifa+impostos)	Unidade	Valor (R\$)
Demanda de Ponta	250	kW	64,1032	RS/kW	RS 16.025,80
Demanda Fora de Ponta	250	kW	18,04811	RS/kW	RS 4.512,03
Consumo Ativo na Ponta	11880,45	kWh	0,23054	RS/kWh	RS 2.738,92
Consumo Ativo Fora de Ponta	126119,88	kWh	0,14088	RS/kWh	RS 17.767,77
Consumo Reativo Excedente na Ponta	540,02	kvarh-ex	0,23054	RS/kvarh-ex	RS 124,50
Consumo Reativo Excedente Fora de Ponta	3901,61	kvarh-ex	0,14088	RS/kvarh-ex	RS 549,66
Contribuição Iluminação Pública					RS 300,00
Total					RS 42.018,67

Consumo Ativo na Ponta Total	11880,45				
Fator de Carga Fora de Ponta	0,88				
Demanda Máxima	250				
Demanda Média	225				
Fator de Potência (pior caso)	0,88	→			
Fator de Potência (exigido)	0,92				
			Consumo Reativo Excedente na Ponta (pior caso)	540,02	kvarh-e
			Consumo Reativo Excedente na Ponta (aproximação)	487,70	kvarh-e

COM MULTA	Valor (R\$)
	RS 28.077,20
	RS 4.512,03
	RS 2.738,92
	RS 17.767,77
	RS 124,50
	RS 549,66
	RS 300,00
Total	RS 54.070,07

PLANO ETAP	Valor (R\$)
	RS 10.000,10
	RS 4.512,03
	RS 1.788,31
	RS 17.767,77
	RS 124,50
	RS 549,66
	RS 300,00
	RS 3.853,38
Total	RS 38.895,73

Planilha - Aba Simulação 2 (capacidade de moagem plena)

Simulação Conta de Energia Elétrica 2 (100% Raymonds)

Fatura: Fevereiro/2010

Classe/Tarifa: Industrial/A4

Demanda contratada:

NPU: 222 kW FPU: 250 kW

Demonstrativo do Faturamento

Conceito	Quantidade	Unidade	Preço (tarifa+impostos)	Unidade	Valor (R\$)
Demanda de Ponta	222	kW	64,1032	R\$/kW	R\$ 14.230,91
Demanda Fora de Ponta	250	kW	18,04811	R\$/kW	R\$ 4.512,03
Consumo Ativo na Ponta	11135,95	kWh	0,23054	R\$/kWh	R\$ 2.567,28
Consumo Ativo Fora de Ponta	126119,88	kWh	0,14088	R\$/kWh	R\$ 17.767,77
Consumo Reativo Excedente na Ponta	506,18	kvarh-ex	0,23054	R\$/kvarh-ex	R\$ 116,69
Consumo Reativo Excedente Fora de Ponta	3901,61	kvarh-ex	0,14088	R\$/kvarh-ex	R\$ 549,66
Contribuição Iluminação Pública					R\$ 300,00
Total					R\$ 40.044,34

Consumo Ativo na Ponta Total 11135,95
 Fator de Carga na Ponta 0,95
 Demanda Máxima 222
 Demanda Média 210,9

Consumo Reativo Excedente na Ponta (por caso) 506,18 kvarh-e

→

Consumo Reativo Excedente na Ponta (aproximação) 457,14 kvarh-e

Fator de Correção 0,937333

COM MULTA	Valor (R\$)
	R\$ 22.692,53
	R\$ 4.512,03
	R\$ 2.567,28
	R\$ 17.767,77
	R\$ 116,69
	R\$ 549,66
	R\$ 300,00
Total	R\$ 48.505,96

PLANO ETAP	Valor (R\$)
	R\$ 10.000,10
	R\$ 4.512,03
	R\$ 1.788,31
	R\$ 17.767,77
	R\$ 116,69
	R\$ 549,66
	R\$ 300,00
	R\$ 3.157,63
Total	R\$ 38.192,18

Anexo D

Acompanhamento das Faturas de Energia Elétrica

Planilha Mês

Conta de Energia Elétrica
Fatura: Mês/2010

Classe/Tarifa: Industrial/A4

Demanda contratada:

NP: 0 kW

FP: 0 kW

Demonstrativo do Faturamento

Conceito	Quantidade	Unidade	Preço (tarifa+impostos)	Unidade	Valor (R\$)
Demanda Ativa na Ponta	0,00	kW	0,00000	R\$/kW	R\$ -
Demanda Ativa Fora de Ponta	0,00	kW	0,00000	R\$/kW	R\$ -
Demanda Reativa Excedente na Ponta	0,00	kvar	0,00000	R\$/kvar	R\$ -
Demanda Reativa Excedente Fora de Ponta	0,00	kvar	0,00000	R\$/kvar	R\$ -
Consumo Ativo na Ponta	0,00	kWh	0,00000	R\$/kWh	R\$ -
Consumo Ativo Fora de Ponta	0,00	kWh	0,00000	R\$/kWh	R\$ -
Consumo Ativo Energia Mais	0,00	kWh	0,00000	R\$/kWh	R\$ -
Consumo Reativo Excedente na Ponta	0,00	kvarh-ex	0,00000	R\$/kvarh-ex	R\$ -
Consumo Reativo Excedente Fora de Ponta	0,00	kvarh-ex	0,00000	R\$/kvarh-ex	R\$ -
Contribuição Iluminação Pública					R\$ -
Total					R\$ -

Dados Complementares do Faturamento	Quantidade
Fator de Potência NP	0,00
Fator de Potência FP	0,00
Fator de Carga na Ponta	0,00
Fator de Carga Fora de Ponta	0,00

Dados de Leitura
Atual: XX/XX/20XX
Anterior: XX/XX/20XX
Nº de dias: XX

Planilha Controle

Controle do Consumo de Energia Elétrica Barry Callebaut Brasil S/A		
--	--	--

MÊS	ANO FISCAL 09/10									
	kWh NP	kWh FP	kWh total	Budget kWh	kvarh NP	kvarh FP	R\$	FC NP	FC FP	
set/09	839603,53	2388744,20	3228347,73	3454270,00	3288,00	3288,00	83960,35	0,89	0,85	
out/09	840236,96	2387424,00	3227661,96	3454270,00	2873,40	2873,40	84023,69	0,90	0,84	
nov/09	879232,72	23288312,00	23397544,72	3454270,00	833,78	31220,00	5338,84	0,91	0,87	
dez/09	77587,00	951176,00	1028763,00	3454270,00	542,32	34542,00	4995,26	0,82	0,67	
jan/10	74388,00	948888,00	1023276,00	3454270,00	248,98	27268,00	5289,65	0,75	0,66	
fev/10	80079,32	2323330,00	2333409,32	3454270,00	324,00	34992,00	5094,37	0,95	0,88	
mar/10	200024,56	2345298,00	2545322,56	3454270,00	283,68	31752,00	4483,53	0,96	0,88	
abr/10	88887,00	2302244,00	2391131,00	3454270,00	1108,08	48728,00	7069,21	0,93	0,85	
mai/10	88458,00	2328088,00	2416546,00	3454270,00	2003,52	39243,00	8733,67	0,90	0,82	
jun/10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
jul/10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ago/10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Demanda FP	Medida MÁX
20332,04	KW
20307,32	KW
20308,80	KW
21862,88	KW
20304,88	KW
21274,40	KW
20303,28	KW
21862,88	KW
20303,28	KW
21862,88	KW
0,00	KW
0,00	KW
0,00	KW

MÊS	ANO FISCAL 09/10	
	Electrical Consumption Budget	Fatura (sem ICMS)
set/09	R\$ 278.689,00	R\$ 302.087,84
out/09	R\$ 278.689,00	R\$ 302.618,35
nov/09	R\$ 278.689,00	R\$ 294.517,38
dez/09	R\$ 278.689,00	R\$ 247.896,81
jan/10	R\$ 278.689,00	R\$ 275.889,34
fev/10	R\$ 278.689,00	R\$ 280.226,01
mar/10	R\$ 278.689,00	R\$ 294.562,38
abr/10	R\$ 278.689,00	R\$ 303.655,29
mai/10	R\$ 278.689,00	R\$ 310.793,00
jun/10	R\$ 278.689,00	R\$ -
jul/10	R\$ 278.689,00	R\$ -
ago/10	R\$ 278.689,00	R\$ -

OBSERVAÇÕES:

PERIODO SECO: DE MAIO A NOVEMBRO PERIODO UMIDO: DE DEZEMBRO A ABRIL

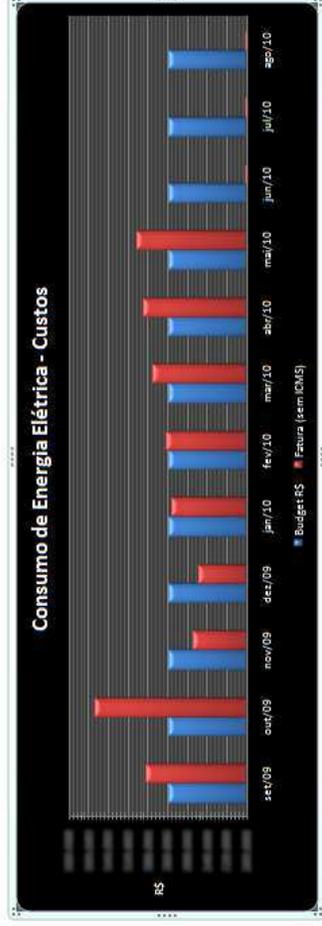
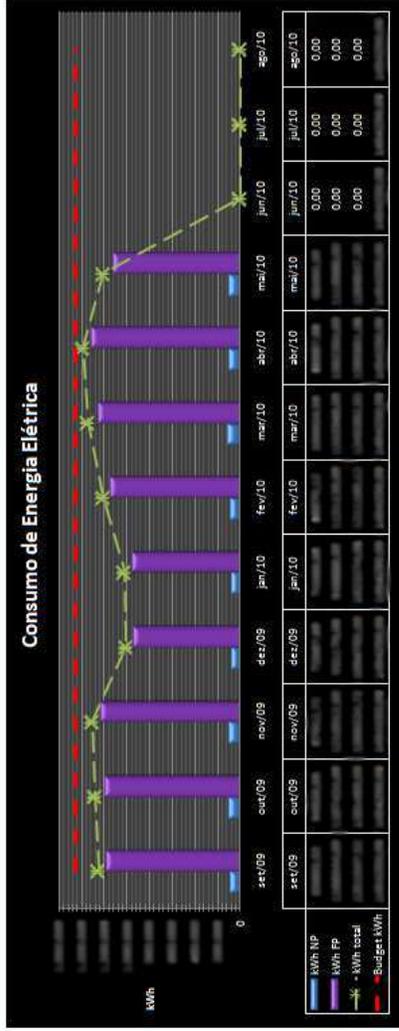
REAJUSTE TARIFARIO COELBA (VIG - 22.04.2010): EM MEDIA 6,07 % (clientes industriais de médio porte/atendidos em alta tensão)

Planilha Gráficos

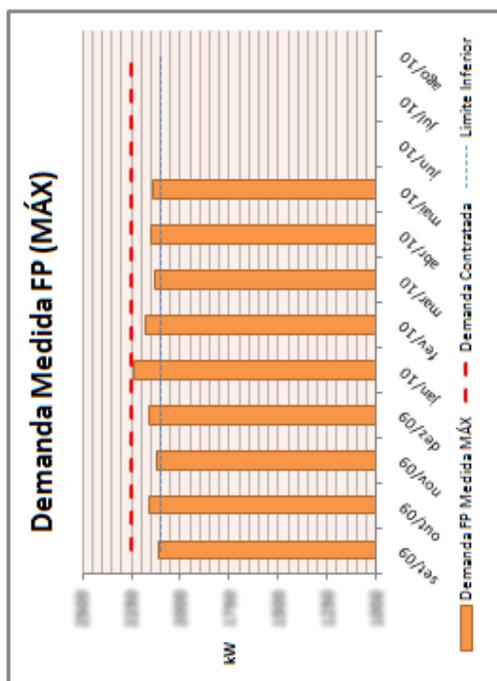
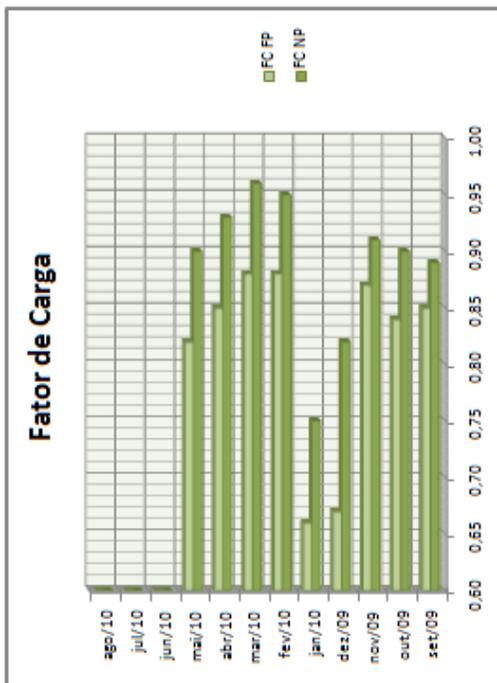


ANO FISCAL 09/10

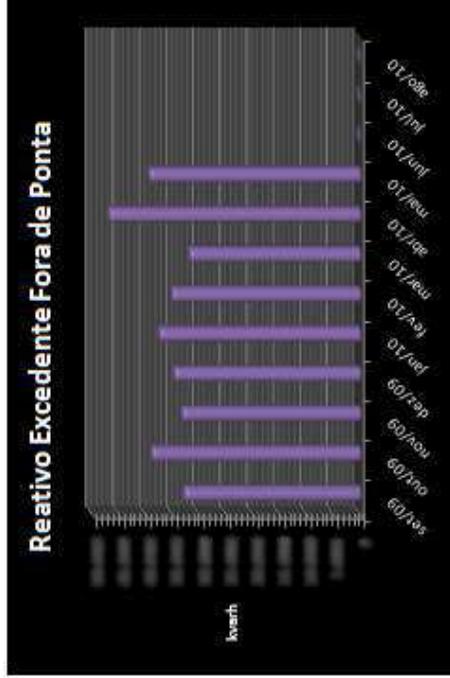
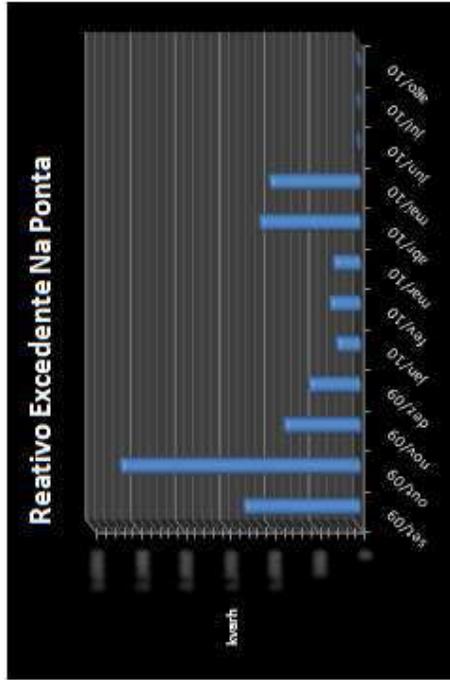
Electrical Energy Consumption Budget



Utilização de Demanda Contratada



Fator de Potência: Consumo de Reativos



Anexo E

Melhorias na Parte Elétrica

Iluminação da Fábrica

Setor	Serviços	Atividade	Status
Área de Lazer	Restauração de toda a iluminação (lâmpadas e reatores) e limpeza de luminárias.	CONCLUÍDA	100 %
Refeitório	Restauração de toda a iluminação (lâmpadas e reatores) e limpeza de luminárias.	CONCLUÍDA	100 %
Área externa do vestiário	Restauração de toda a iluminação (lâmpadas) e limpeza de luminárias.	CONCLUÍDA	100 %
Área Sólida	Restauração de toda a iluminação (lâmpadas e reatores), limpeza de luminárias e troca de proteções acrílicas.	NÃO INICIADA	0 %
Área Líquida	Restauração de toda a iluminação (lâmpadas e reatores), limpeza de luminárias e troca de proteções acrílicas.	PARCIAL	90 %
Rua PA/Campo	Instalação elétrica de dez refletores, retirada de fiação antiga exposta e dos suportes de alumínio (antigo toldo).	CONCLUÍDA	100 %
Área Externa	Restauração de toda a iluminação (lâmpadas e reatores) e limpeza de luminárias.	PARCIAL	50 %

Tabela E.1: Descrição das Atividades Realizadas na Iluminação da Fábrica.

Pendências: fotos e listas de atividades

Setor	Pendência	Status
Sala dos Encarregados	Fiação exposta (tampas da canaleta).	100 %
Prensas H-11/12	Eletrocalha danificada.	100 %
Moldagem de Liquor	Fiação exposta e/ou jogada ao chão.	100 %
Moldagem de Liquor	Iluminação: restauração de duas luminárias.	0 %
Túnel de Liquor (CCM)	Rachadura na proteção de policarbonato.	0 %
Túnel de Liquor (Painel Elétrico)	Etiquetas para identificação do painel elétrico (<i>VOTATOR-01/02</i>).	100 %
MV-01/02/03	Fiação exposta e tubulações tortas.	100 %
MV-03	Substituição de abraçadeiras de nylon na eletrocalha.	0 %
Balança (Solução Alcalina - MVs)	Fiação exposta e/ou jogada ao chão.	100 %
Prensas H-01/06	Fiação exposta e/ou jogada ao chão e tubulações tortas (vibradores da calha central).	PARCIAL
Sala de Embalagem de Torta (H-01/06)	Fiação exposta, desorganizada.	0 %
Moldagem de Manteiga	Fiação exposta e/ou jogada ao chão.	100 %
Moldagem de Manteiga	Fiação solta da armadilha de insetos, próximo ao TQ-14.	100 %
Câmara Fria Pequena	Fiação exposta e desorganizada no teto da câmara fria pequena.	100 %
Balança Granulado	Fiação exposta e/ou jogada ao chão.	100 %
Balança PN-90	Tomada e plugue com problemas e fiação exposta, jogada ao chão.	0 %
Rua Coberta	Restauração de toda a iluminação (lâmpadas e reatores) e limpeza de luminárias.	PARCIAL
Produto Acabado	Revisão das luminárias. Fechamento de caixas elétricas.	0 %
Melhoria em Painéis Elétricos	Etiquetas padronizadas, pintura, organização de fiação e fechamento de painéis elétricos (fotos).	PARCIAL

Tabela E.2: Descrição das Pendências e o seu estado atual.

Outras Atividades

Setor	Atividade
Área Sólida	Tubulação para alocar fiação elétrica das tomadas para o bebedouro e a armadilha para insetos.
Área Sólida	Instalação de nova tubulação flexível para os motores do MAP-03.
Área Sólida	Etiquetas para identificação dos comandos nos painéis elétricos dos seguintes equipamentos: MAPs-03/08; D-01/06; sopradores SUL/NORTE.
Área Sólida	Substituição de botões de comando e organização da fiação exposta dos MAPs.
Área Líquida	Retirada de painel elétrico desativado (refinadores <i>Nagama</i>).
Área Líquida	Etiquetas para identificação dos comandos nos painéis elétricos dos seguintes equipamentos: H-01/06; H-07/10; TQs. 11/11A.
Área Líquida	Tubulação para alocar fiação elétrica da tomada da armadilha para insetos e da alimentação de motor elétrico (portão Rua Coberta/ <i>Raymond</i>). Substituição de tomada 380 V 3P+T (portão Rua Coberta/ <i>Raymond</i>).
Área Líquida	Retirada do termômetro do túnel de liquor do circuito de iluminação e alocação no painel elétrico <i>VOTATOR-01/02</i> .
Área Líquida	Retirada de luminárias utilizadas para visualização de nível nos tanques de massa (TQs. 02, 03, 08, 09, 10). [220 V AC].
Área Externa	Retirada de fiação excedente e alocação de fiação ativa em nova tubulação (tubulação aérea, próximo a entrada da Área Líquida).

Tabela E.3: Descrição de Atividades Realizadas por Setor.