

MARCUS VINÍCIUS MARTINS KAYO

**Controle de peso em uma fábrica de chocolates:
Utilização de ferramentas da qualidade**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção

São Paulo - SP

2010

MARCUS VINÍCIUS MARTINS KAYO

**Controle de peso em uma fábrica de chocolates:
Utilização de ferramentas da qualidade**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. Doutor Gregório Bouer

São Paulo - SP

2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Kayo, Marcus Vinicius Martins

Controle de peso em uma fábrica de chocolate: utilização de ferramentas da qualidade / M.V.M. Kayo. -- São Paulo, 2010. p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Controle estatístico do processo 2. Chocolate 3. Engenharia de produção 4. Qualidade da produção I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo apoio irrestrito em todos os momentos de minha vida.

Ao meu irmão pelo companheirismo e amizade nos momentos difíceis.

Ao professor Gregório pela paciência e conhecimento na orientação deste trabalho

Aos meus colegas de trabalho pelo auxílio nas informações necessárias.

À minha namorada Thaís que soube tão bem compreender os meus momentos de ausência em função da elaboração deste trabalho.

RESUMO

KAYO, M V M. Controle de peso em uma fábrica de chocolates: Utilização de ferramentas da qualidade. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Produção da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

O problema abordado neste trabalho é o sobrepeso dos produtos da Harald. Como consequência, pode-se citar a perda de matéria prima, pois o cliente recebe esta parcela sem pagá-la, além de problemas com gastos no transporte. Para solucionar este problema utilizou-se o Controle Estatístico do Processo (CEP), que se demonstrou uma ferramenta eficaz neste âmbito. Para isso, foram desenvolvidos estudos de estabilidade, capacidade e foram investigadas as possíveis causas do sobrepeso. Demonstrando a aplicabilidade, foram descritos três estudos de caso e analisados os seus impactos. Por fim foram sugeridas propostas de trabalhos futuros de continuidade ao CEP. As ferramentas utilizadas neste trabalho foram o Controle Estatístico de Processos, Delineamento de Experimentos, diagrama de Ishikawa, testes de hipótese e o FMEA

Palavras-Chave: Controle Estatístico do Processo, Chocolate, Engenharia de Produção, Qualidade da Produção.

ABSTRACT

KAYO, M V M. Weight Control in a chocolate factory: Quality tools usage. 2010. Final paper (Graduation) – Engenharia de Produção da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

The problem approached in this paper is the Harald's products over weight. As a consequence of it is the raw material lost, since the client receives the extra amount however does not pay for it. Besides of that, there are others expenses in transport. The Statistical Quality Control (SQC) was used to solve this problem, which is shown as the most effective tool. With this propose, stability and capability studies were done and the main over weight causes explored. To show de applicability, three cases were described and their impacts analyzed. Finally, others potential works in the SQC were suggested. The tools used in this paper are Statistical Quality Control, Design of Experiments, Cause and Effect Diagram, hypothesis testing and FMEA.

Keywords: Statistical Quality Control, Chocolate, Production Engineering, Production Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Fluxograma do Processo (Chocolate e Cobertura)	31
Figura 3.2 - Procedimento do envase de baldes e barricas	34
Figura 4.1 - Preenchimento Formulário Antigo	38
Figura 5.1 - Cronograma do Trabalho	45
Figura 6.1 - Planejamento	46
Figura 6.2 - Posição das Balanças	47
Figura 6.3 - Análise de Causa e Efeito	61
Figura 6.4 - Planilha CEP (Entrada dos Dados)	64
Figura 6.5 - Planilha CEP (Relatórios Diários)	65
Figura 6.6 - Planilha CEP (Cálculos)	65
Figura 7.1 - Efeitos do DOE	71
Figura 8.1 - Vista lateral (à esquerda) e superior (à direita) Embaladora Granulado... 73	
Figura 8.2 - Procedimento de preparo para a parada	75
Figura 8.3 - Procedimento de volta da parada	76
Figura 8.4 - Procedimento para ajuste de peso (TB1)	77
Figura 8.5 - Proposta de solução na Linha Balde	78
Figura A.1 - Teorema do Limite Central	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Porcentagem de Perda	40
Tabela 4.2 - Impacto do sobrepeso	40
Tabela 4.3 - Valor Presente	41
Tabela 5.1 - Seleção do Escopo	44
Tabela 6.1 - Peso Líquido na saída de cada linha.....	47
Tabela 6.2 - Balanças atuais em cada linha	48
Tabela 6.3 - Precisão ideal das balanças nas linhas.....	49
Tabela 6.4 - Índices de capacidade para tolerância de 0,5%	59
Tabela 6.5 - Índices de capacidade para tolerâncias propostas.....	60
Tabela 7.1 - Amostragem R&R	67
Tabela 7.2 - Dados e Níveis para DOE.....	71
Tabela 7.3 - Análise de Variância do DOE	72
Tabela 9.1 - Tabela Resumida do FMEA no produto.....	81

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 - Histograma com 3 médias	39
Gráfico 4.2 - Histograma com equipamento mal dimensionado	39
Gráfico 4.3 - Fluxo de caixa das Perdas Atuais	41
Gráfico 6.1 - Histograma da Linha TB1 com os dados de estudo	52
Gráfico 6.2 - Diagrama de dispersão na Linha TB1 com os dados estudo.....	53
Gráfico 6.3 - Histograma TB1 com os dados separados.....	53
Gráfico 6.4 - Papel de Probabilidade Normal para a linha TB1	54
Gráfico 6.5 - Histograma com os dados de estudo linha TV2.....	54
Gráfico 6.6 - Papel de Probabilidade Normal para a Linha TV2.	55
Gráfico 6.7 - Histograma com os dados de estudo na linha de Granulados	55
Gráfico 6.8 - Papel de Probabilidade Normal para a linha de Granulados.....	56
Gráfico 6.9 - Histograma de estudo Linha Balde	56
Gráfico 6.10 - Histograma das Médias na Linha de Baldes	57
Gráfico 6.11 - Papel de Probabilidade Normal para a Linha de Baldes	58
Gráfico 6.12 - Gráfico do ARL para $n = 5$	62
Gráfico H.1 - Curvas CCO para a carta de controle X com limites 3σ (Montgomery, 2004, p.146).....	98
Gráfico H.2 - Curvas CCO para a carta de controle R com limites 3σ (Montgomery, 2004, p.146).....	99
Gráfico H.3 - ARL para a carta X com limites 3σ (Montgomery, 2004, p.147).....	100

LISTA DE SIGLAS

ARL – Average run lenght (comprimento médio da sequência)

CCO – Curva característica de operação

CEP – Controle estatístico de processos

C_p – Índice de capacidade potencial do processo

C_{pk} – Índice de capacidade real do processo

DOE – Design of experiments (Planejamento estatístico de experimentos)

FMEA – Failure mode and effect analysis (Análise do modo e efeito da falha)

LIC – Limite inferior de controle

LIE – Limite inferior de especificação

LSC – Limite superior de controle

LSE – Limite superior de especificação

NPR – Número de prioridade de risco

R – Amplitude amostral

R&R – Repetitividade e Reprodutibilidade

s - Desvio padrão populacional

S – Desvio padrão amostral

$\bar{s}$ - Média dos desvios padrão amostral

TB1 – Túnel Bindler 1

TV2 – Túnel Vertical 2

X – valor individual de uma medida qualquer em uma carta de controle

$\bar{X}$ - Média amostral

$\bar{\bar{X}}$ - Média das médias amostrais

SUMÁRIO

1	Introdução.....	25
2	Descrição da Empresa	26
2.1	História.....	26
2.2	Mercado	26
2.3	Produtos	27
2.3.1	Chocolates	27
2.3.2	Coberturas	27
2.3.3	Gel.....	28
2.3.4	Confeitos e Granulados	29
2.3.5	Pós.....	29
3	Processo Produtivo Chocolates e Coberturas.....	30
3.1	Processo tradicional	30
3.1.1	Mistura	31
3.1.2	Pré-refino.....	32
3.1.3	Refino.....	32
3.1.4	Conchagem.....	32
3.1.5	Armazenagem	33
3.1.6	Têmpera.....	33
3.1.7	Envase	33
3.1.8	Túnel de Resfriamento	35
3.1.9	Embalagem.....	36
4	Descrição do Problema.....	37
4.1	Visão Geral	37
4.2	Controle anterior	37
4.2.1	Problemas do Formulário Atual	38
4.2.2	Problemas na linha de baldes e barricas.....	40
4.3	Custo do Sobre peso	40
4.4	Possíveis Soluções	41
4.4.1	Controle Estatístico de Processos.....	41
4.4.2	Inspeção 100%	42
4.5	Escolha da Solução	43
5	Escopo do Projeto.....	44
5.1	Cronograma do Trabalho	44

6	Implantação do CEP	46
6.1	Planejamento de Implantação	46
6.2	Instrumentos de medição	46
6.2.1	Quadro atual	46
6.2.2	Mudanças	48
6.3	Documentação Necessária	49
6.3.1	Amostragem de Estudo	50
6.3.2	Gráficos de Controle	50
6.3.3	Formulário de Registro de Melhorias, Ações Corretivas e Preventivas ..	51
6.4	Estudo Inicial	52
6.4.1	TB1.....	52
6.4.2	TV2	54
6.4.3	Granulado	55
6.4.4	Linha de Baldes	56
6.4.5	Estabilidade do Processo.....	58
6.4.6	Capacidade do Processo	58
6.4.7	Análise de Causa e Efeito	60
6.4.8	Tamanho da amostra e Frequência de Amostragem	61
6.5	Treinamento	62
6.6	Acompanhamento do processo	63
6.6.1	Pessoas envolvidas diretamente	63
6.6.2	Rotina do CEP.....	63
6.6.3	Armazenagem dos dados.....	64
7	Fatores que Influenciam no Peso	67
7.1	Estudo de R&R	67
7.1.1	Repetitividade	68
7.1.2	Reprodutibilidade	68
7.2	Problemas na matéria prima	68
7.2.1	Diferenças no chocolate e cobertura	69
7.2.2	DOE.....	70
8	Estudos de Caso	73
8.1	Linha Granulado	73
8.2	Linha TB1	74
8.3	Linha Balde.....	78
9	Propostas futuras	79

9.1	FMEA	79
9.1.1	Objetivo.....	80
9.1.2	Desenvolvimento.....	80
9.1.3	Resultados	82
9.2	Automatização	82
10	Dificuldades para a elaboração do trabalho.....	83
10.1	Coleta de Dados	83
10.2	Realização de atividades em série	83
10.3	Informações para o terceiro turno	84
10.4	Paradas na Linha	84
10.5	Implementar soluções.....	84
11	Conclusão	85
12	Referências	86
12.1	Livros	86
12.2	Teses.....	86
12.3	Web Sites.....	87
	Anexo.....	88
	Anexo A - Teorema do Limite Central	89
	Anexo B - Formulário de controle de Peso Anterior	91
	Anexo C - Tabela para coleta de dados para estudo	92
	Anexo D - Carta de controle	93
	Anexo E - Diário de bordo	94
	Anexo F - Formulário de registro de Ações.....	95
	Anexo G – Seleção do tipo de Gráfico de Controle.....	97
	Anexo H – Tamanho da Amostra e Frequencia de Amostragem	98
	Anexo I - Apresentação do treinamento	101
	Anexo J - Amostragem teste hipotese	104
	Anexo K - Carta Granulado	106
	Anexo L - Carta Cristalização.....	107
	Apêndice	108
	Apêndice A - Modelo de carta	109
	Apêndice B - Tabela da distribuição normal Padrão	110
	Apêndice C - Distribuição t de Student	111
	Apêndice D - Constantes para a construção das cartas de controle	112
	Apêndice E - Formulário FMEA	113

1 INTRODUÇÃO

Este é um trabalho de formatura para a obtenção de diploma de Engenheiro de Produção pela Escola Politécnica da USP. O objetivo deste trabalho é a resolução do problema de sobrepeso dos produtos na empresa Harald, que são chocolates e coberturas.

Para solucionar este problema, a ferramenta utilizada foi o Controle Estatístico do Processo (CEP) e para isso, o autor irá desenvolver toda a documentação necessária e formalizar o projeto de implantação do CEP.

O trabalho começa com uma breve descrição da empresa, seus produtos e do processo de fabricação de chocolates e coberturas. Posteriormente fez-se uma descrição detalhada do problema a ser resolvido e verificou-se seu impacto financeiro.

Para a sua implantação, foram escolhidas 4 linhas de produção como projeto piloto e futuramente será generalizado para a fábrica inteira.

Iniciou-se o projeto com o levantamento do quadro antigo de coleta e análise dos dados de peso e assim foram propostas melhorias neste modelo. Feito isto, estudou-se o comportamento dos dados de peso, encontrando quais são suas distribuições para assim determinar a capacidade do processo.

Depois de determinados todos os parâmetros do controle estatístico e as rotinas de armazenagem dos dados, colocou-se as cartas em prática. Com as cartas, realizaram-se três estudos de casos com as causas especiais.

Por fim foram feitas propostas de trabalhos futuros relacionados ao CEP e foram citadas as dificuldades para a elaboração deste trabalho.

2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

2.1 História

A Harald Industria de Alimentos Ltda foi fundada em 1982 pelo Sr. Ernesto Harald Neugebauer na cidade de Porto Alegre/RS. Inicialmente atuava somente no ramo de coberturas sabor chocolate e posteriormente iniciou-se a produção de chocolates.

A família Neugebauer é uma família tradicional neste ramo e foi a pioneira a produzir chocolates no Brasil. Em setembro de 1891 os irmãos Franz, Ernest e Max Neugebauer fundaram a empresa que levava o nome da família em Porto Alegre, a qual foi vendida em 1981. Posteriormente, Ernesto Harald Neugebauer, neto dos pioneiros, decidiu voltar ao ramo e fundou a empresa Harald.

Em 1991, visando uma redução de custos, foi inaugurada uma nova planta em Santana de Parnaíba/SP. A principal vantagem desta ação foram os ganhos logísticos, pois a maior entrada e saída de produtos do país é o Porto de Santos localizado no estado de São Paulo. Com esta mudança surgiram grandes economias em transporte nas importações de matéria prima e nas exportações dos produtos acabados.

Como dito anteriormente, a Harald atuava somente no ramo de coberturas, porém em 2001 iniciou-se a produção de chocolates, lançados com a marca Melken. Pela legislação brasileira, o que diferencia as coberturas dos chocolates é a porcentagem de sólidos de cacau, onde os chocolates devem apresentar 25% ou mais deste componente em sua composição ¹. Outro marco importante neste ano foi o encerramento das atividades na planta de Porto Alegre e total transferência para Santana de Parnaíba. Atualmente a empresa conta com aproximadamente 500 colaboradores.

2.2 Mercado

O principal mercado em que a Harald está inserida é o industrial, ou seja, seus produtos são utilizados como matéria prima para outros, podendo-se citar bolos, biscoitos e sorvetes. A Harald, atualmente, possui uma fatia de aproximadamente 65% deste mercado.

¹ RESOLUÇÃO - RDC Nº 227, DE 28 DE AGOSTO DE 2003 da ANVISA

Mais da metade de seu faturamento é obtido por sku's² de 1kg a 5kg. Estes são comprados por pessoas físicas, em sua grande maioria donas de casa, através de um vendedor intermediário (supermercados atacadistas), para a fabricação caseira de doces. A outra parte do faturamento é a venda a granel, na qual não é necessária a fase de embalagem.

No mercado nacional, as vendas da Harald cobrem todas as regiões brasileiras, enquanto que no internacional seus produtos são exportados principalmente para os países da América do Sul, podendo-se citar a Argentina, e para alguns países asiáticos. As exportações representam apenas 6% de sua receita atual.

O faturamento de 2009 foi de R\$350 milhões e estima-se um faturamento de R\$440 milhões para 2010.

2.3 Produtos

2.3.1 Chocolates

No segmento de chocolates tem-se o Melken, um produto indicado para a produção de ovos de páscoa, bombons, bolos, etc. Como foi dito no Item 2.1, para ser considerado chocolate é preciso que 25% ou mais da composição do produto seja derivada do cacau. Nesta linha de produtos estão o chocolate ao leite, chocolate meio amargo, dark (amargo), chocolate branco e blend (sabor intermediário entre o meio amargo e o ao leite).

Estes podem ser embalados na forma de barras de 400g, 1kg, 2,3kg e sacarias de 25kg.

2.3.2 Coberturas

2.3.2.1 Cobertura Top

Neste produto, a manteiga de cacau é substituída por uma gordura vegetal, tornando-o mais barato com relação ao chocolate. Possuem os sabores chocolate ao leite, meio amargo e chocolate branco. Podem ser utilizados para a produção de pães de mel, alfajores e bombons.

² sku = unidade de manutenção de estoque

Este tipo de cobertura pode ser embalado na forma de barras de 1kg, 2,3kg e sacarias de 25kg e gotas em sacos de 400g, 1kg, 2,1kg.

2.3.2.2 Cobertura Fracionada

Um produto similar a cobertura top e com as mesmas utilizações, porém neste a gordura vegetal utilizada passa por uma etapa de fracionamento em que se obtém uma gordura com características mais semelhantes à manteiga de cacau. As opções de envase são as mesmas da cobertura top.

2.3.2.3 Confeiteiro

Produto da linha de coberturas utilizado para cobrir doces que necessitam maior resistência ao calor, evitando o seu derretimento. Neste são utilizadas gorduras vegetais hidrogenadas, resultando em um produto com 0% de gorduras trans. Seus sabores são chocolate ao leite, meio amargo e chocolate branco. O envase deste produto pode ser em barras de 1kg, 2,3kg, 5kg e sacarias de 25kg.

2.3.2.4 Raspar e Cobrir

Um produto de fácil aplicação, pois possui uma textura que facilita o processo de fazer raspas para cobrir bolos e tortas barateando o processo do cliente. É fabricado com uma gordura hidrogenada e nos sabores chocolate ao leite, meio amargo e branco. É envasado somente na forma de barras e nos pesos de 1kg, 2,3kg e 5kg.

2.3.3 Gel

São utilizados para a decoração e recheios de bolos e tortas. Podem ser fabricados nos sabores morango, maracujá (com ou sem sementes), laranja, chocolate ao leite e recheio forneável. São envasados em mangas plásticas de 1kg.

2.3.4 Confeitos e Granulados

Nesta linha de produtos são encontrados o granulado macio, granulado crocante (chocolate e colorido), chips e miçangas. O granulado macio é utilizado principalmente para a produção de brigadeiros, o crocante é utilizado na produção de bolos e tortas forneáveis, os chips e as miçangas (flocos de arroz cobertos de chocolate) são utilizados em biscoitos. Esses produtos são embalados em embalagens de 1kg, 8kg e 10 kg.

2.3.5 Pós

Seguimento de produtos que possui o chocolate em pó 33% de cacau, açúcar e impalpável mais conhecido como açúcar de confeitiro. São embalados em sacos de 300g, 500g, 1kg e 25kg.

3 PROCESSO PRODUTIVO CHOCOLATES E COBERTURAS

O processo começa com a adição das matérias primas em “*buffers*”³ para que posteriormente sejam pesadas e adicionadas na receita. Dentre estas estão o açúcar, cacau em pó, leite em pó (integral e desnatado), gorduras, manteiga de cacau e liquor de cacau. Depois de adicionados nestes “*buffers*”, todo o seu transporte é automático e realizado através de tubulações e bombas à vácuo. Quando é necessária uma temperatura elevada, como no caso das gorduras ou produtos que as contêm, estas tubulações são envoltas em água quente na temperatura de 40°C (suficiente para manter a gordura derretida e não danificá-la) .

O escopo deste trabalho abordará apenas algumas linhas, nas quais utiliza-se o processo tradicional, que será apresentado e detalhado a seguir.

3.1 *Processo tradicional*

O que caracteriza este processo é a fase de conchagem a seco, ou seja, sem a adição ou com uma quantidade ínfima de gordura. Na Figura 3.1 há um fluxograma das etapas de produção e os itens 3.1.1 ao 3.1.8 detalham esse processo.

³ *Buffer* = tanque de armazenagem temporária.

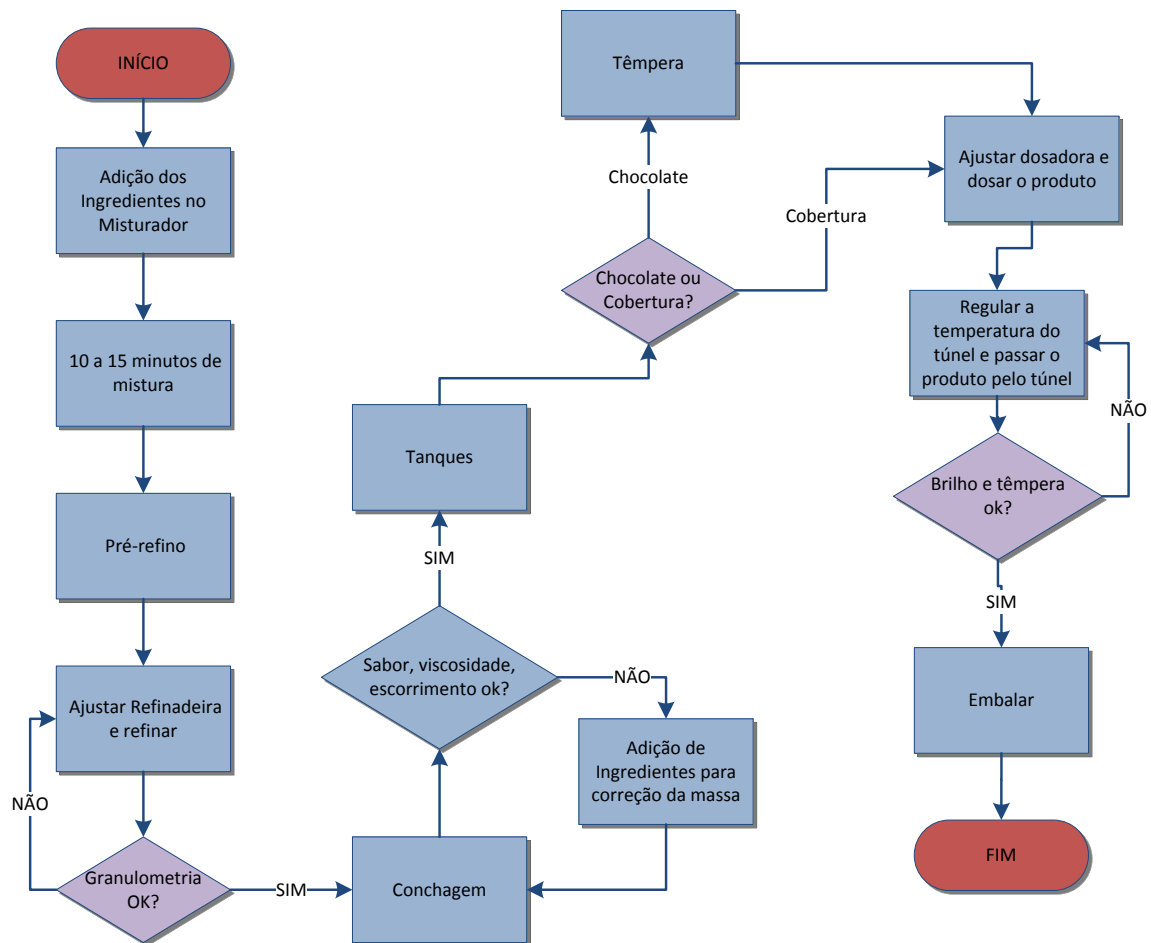


Figura 3.1 - Fluxograma do Processo (Chocolate e Cobertura)

3.1.1 Mistura

De acordo com cada receita, uma determinada porcentagem de cada ingrediente é adicionada em um misturador. Para atingir a quantidade correta de cada ingrediente, estes são pesados através de balanças.

Nesta etapa, são adicionados o açúcar, leite em pó e cacau em pó. Também é adicionada uma pequena quantidade de gordura para que a massa fique na consistência ideal.

Esta é uma etapa rápida com duração de 10 a 15 minutos cujo objetivo é homogeneizar a massa, para que seja possível iniciar a próxima etapa, de pré-refino.

3.1.2 Pré-refino

Nesta etapa reduz-se a granulometria dos cristais da massa de forma a facilitar o processo de refinamento nas refinadeiras de rolos, visto que estes equipamentos são mais sensíveis e mais caros. Após este processo, a massa deverá ter uma consistência similar à da argila.

3.1.3 Refino

O refino é realizado nas refinadeiras de rolos, que devem reduzir a granulometria da massa para o intervalo de 20 a 25 microns no chocolate e entre 30 e 35 microns para coberturas. No chocolate, este valor faz com que os grãos tornem-se imperceptíveis ao paladar humano, proporcionando uma maior qualidade ao produto. Já na cobertura este quesito não é tão rigoroso.

No início do processo, a massa possui uma consistência de argila, porém após o refino passa a ser um pó. Isto ocorre pois a quebra das partículas aumenta superfície de contato total dos sólidos e não há gordura suficiente para cobrir esta superfície.

3.1.4 Conchagem

No processo tradicional, a conchagem é feita a seco, ou seja, o pó obtido após o refino será conchado sem a adição de gordura. O objetivo principal desta etapa é reduzir a umidade, oxidar os ácidos e evaporar os voláteis presentes na massa, pois estas substâncias prejudicam o sabor do chocolate. Para isso, as conchas possuem pás que irão rotacionar e movimentar a massa visando um maior contato desta com o ar, facilitando a oxidação.

Uma hora antes de finalizar esse processo, são adicionados os ingredientes finais da massa: gordura, lecitina e aroma. A conchagem pode durar de 8 a 12 horas, dependendo da qualidade desejada. Quanto maior o tempo de conchagem, melhor será o sabor do chocolate obtido.

3.1.5 Armazenagem

Finalizado o processo de conchagem, a massa será armazenada para posteriormente ser envasada. Esta espera pode durar até 3 meses.

A armazenagem exige certas condições como temperatura entre 45°C e 50°C e uma agitação constante, uma vez que a massa do chocolate é uma emulsão de partículas sólidas (açúcar, cacau e leite) em gordura.

3.1.6 Têmpera

Esta etapa somente é necessária em produtos que possuem manteiga de cacau em sua composição, pois esta se cristaliza em 5 cristais diferentes e cada um em uma temperatura diferente. Para evitar isto, realiza-se a têmpera, ou seja, é aplicado um choque térmico na massa, resfriando-a de 40°C para 27°C e reaquecendo-a a uma temperatura de 30°C, e assim forçando a sua cristalização no cristal desejado.

O cristal desejado é aquele que derrete em um *range* de 29°C a 33,5°C proporcionando um fácil derretimento na boca, liberando rapidamente o sabor, porém garantindo que não ocorra o derretimento nas gôndolas dos supermercados.

Outro ganho importante da têmpera é o brilho do produto e a facilidade de desenformar a barra.

3.1.7 Envase

3.1.7.1 Visão Geral

Os diferentes tipos de envase atualmente realizados na Harald são na forma de barras, baldes, barricas, gotas ou a granel. Como o escopo deste trabalho aborda apenas 4 linhas, serão estudados os envases do tipo barras, baldes e barricas e granulado.

A temperatura das formas deverá estar próxima a temperatura da massa após a têmpera, a fim de evitar uma cristalização indesejada.

3.1.7.2 Barras

Para que os chocolates e coberturas estejam na forma de barras, o envase é feito através de uma dosadora, que despeja o produto em formas que podem ser de 5kg no TV2 e 400g, 1kg ou 2,3kg no TB1.

Cada túnel possui uma dosadora. No TV2, a dosadora é mais antiga e isso resulta em uma grande variação no peso do produto final enquanto que no TB1, esta é mais moderna e de melhor qualidade, resultando em um controle melhor do peso.

Vale lembrar que ambas dosadoras são volumétricas e variações nas características do envasado, como temperatura e densidade, geram mudanças no peso do produto final.

3.1.7.3 Baldes e Barricas

Diferentemente do processo de barras, o envase dos baldes e das barricas é manual. Primeiramente, o operador coloca a embalagem sobre uma balança e tara a mesma. Depois, um fluxo contínuo de cobertura líquida é despejado dentro do recipiente e ao atingir o peso desejado, a embalagem é trocada rapidamente para que não seja interrompido o fluxo e não haja perda de produtividade. Na Figura 3.2 encontra-se um esboço de como este processo é feito.

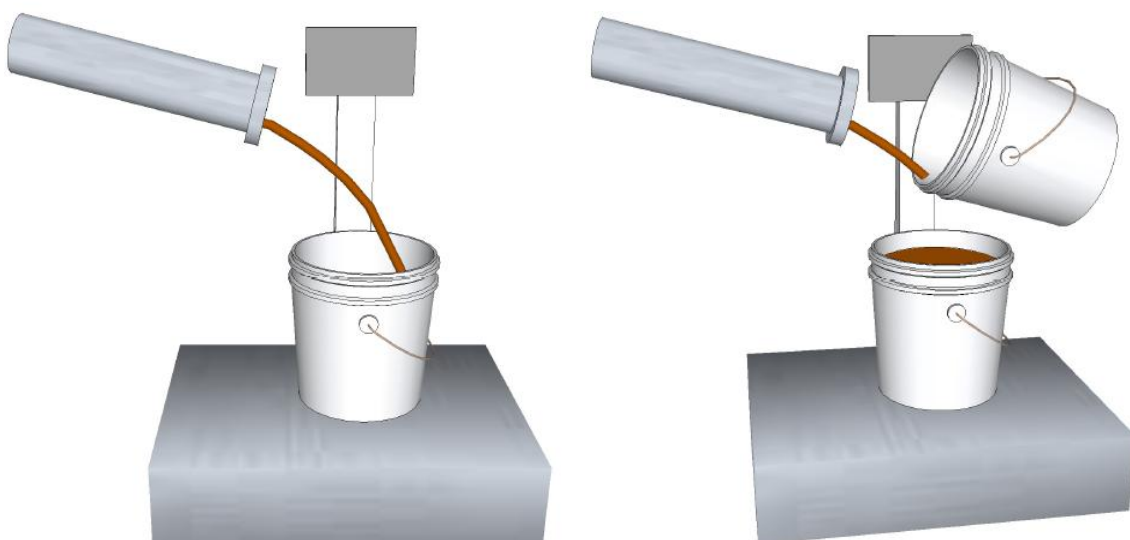


Figura 3.2 - Procedimento do envase de baldes e barricas

Através deste esboço fica visível que não é possível que o operador realize um ajuste fino no controle de peso e visto que o fluxo de produto é contínuo, torna-se humanamente impossível o operador dosar no nível do peso líquido. Atualmente, ao ultrapassar o limite superior de controle não existe um método para retirar o produto e este sobrepeso é corrigido.

3.1.8 Túnel de Resfriamento

Após o envase, o produto ainda está na forma líquida e este deve ser cristalizado para que seja embalado. Para isso, as formas atravessam o túnel de resfriamento, que se encontra com uma temperatura média de 3°C. Ou seja, o objetivo principal desta etapa é a cristalização do produto.

Os fatores críticos que devem ser controlados nesta etapa são a velocidade e a temperatura do túnel. Estes devem ser ideais para que haja uma cristalização completa do produto. Se a velocidade do túnel estiver muito alta, mesmo com uma baixa temperatura do túnel não ocorrerá a cristalização completa do produto.

As coberturas líquidas, envasadas em baldes ou barricas, não necessitam passar por esta etapa.

3.1.8.1 TV2

Recebe este nome (Túnel Vertical), pois as barras percorrem o túnel verticalmente. É um dos túneis mais antigos da fábrica, gerando certos problemas com o aumento de temperatura e tendo como consequência barras moles no final do túnel. Na fábrica há dois túneis verticais exatamente iguais, porém apenas será abordado o TV2 neste trabalho. Este túnel tem a capacidade de 1000kg/hora.

3.1.8.2 TB1

Tem este nome (Túnel Bindler) devido ao nome de seu fabricante. É o túnel mais moderno presente na fábrica sendo a Harald a primeira empresa da América Latina a adquirir

este equipamento. Sua variação é muito pequena comparada com a do TV2. A capacidade deste túnel é de 1500kg/hora

3.1.9 Embalagem

Na sala de embalagem, a temperatura e a umidade do ar são controladas para que não haja condensação de umidade na superfície do produto. A temperatura da sala deve ser de 20°C e a umidade relativa máxima de 55%.

No TV2, esta etapa é manual, em que o operador coloca a barra de 5kg em uma embalagem plástica e posteriormente a fecha com uma prensa quente. Enquanto que no TB1, através de esteiras, a barra é direcionada para uma embaladora, onde é embalada.

Nas linhas de baldes e barricas, basta fechá-los e lacrá-los.

Na linha de granulado, a embalagem é feita automaticamente através de uma máquina composta por 19 pequenos recipientes, nos quais é despejada uma quantidade aleatória de granulado. A máquina é capaz de determinar qual combinação destes recipientes apresenta a soma em peso mais próxima do peso desejado para embalagem. Normalmente, são escolhidos 4 ou 5 recipientes que liberam seu conteúdo e este é então embalado.

Como o processo não é volumétrico, a precisão da máquina é melhor, não causando muitos problemas. Outra vantagem é que a máquina não envasa produtos abaixo do peso, a não ser que haja algum problema mecânico, algo que não é garantido nas dosadoras volumétricas.

4 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

4.1 *Visão Geral*

O problema estudado neste trabalho é o sobrepeso, pois dependendo da quantidade acima, o cliente pode não aceitar o produto devido à capacidade de seus equipamentos. Outra questão é o prejuízo por enviar uma quantidade de produto para o cliente que não será paga, ou seja, um desperdício de matéria prima. Além disso, uma cadeia de problemas acaba surgindo como um maior desgaste dos caminhões, consumo maior de combustível e ultrapassar o limite de peso das estradas.

O sobrepeso ocorre com uma gravidade maior nas linhas de envase mais antigas, em que há uma instabilidade no processo e variância dos pesos é muito grande. Para que não sejam embalados produtos abaixo do peso, eleva-se seu peso médio.

As máquinas de envase mais novas possuem uma variabilidade menor porém, devido a variações na temperatura, viscosidade e outras características do produto, a variação do peso também é considerável.

4.2 *Controle antigo*

Em 2008, iniciou-se um processo de controle de peso nas linhas, em que os produtos passaram a ser pesados com uma periodicidade e registrados em forma de histograma pelos próprios operadores. No Anexo B há um exemplo deste formulário para produtos de 1kg. Porém, com este tipo de controle há muita perda de informação o que torna muito difícil encontrar causas especiais, regulagens de máquinas ou tendências. Esses problemas estão melhores detalhados no Item 4.2.1.

A partir de janeiro de 2010, esses dados passaram a ser compilados em uma planilha, mas devido ao volume de dados, esse processo era muito demorado e a pessoa encarregada desta tarefa não conseguia atender a demanda. Como consequência, uma série de formulários foram engavetados.

[illegible]

Figura 4.1 - Preenchimento Formulário Antigo

Na Figura 4.1 encontra-se uma recortagem do formulário antigo e com um exemplo fictício de preenchimento. De hora em hora, o operador deve registrar 5 medidas de peso. Quanto maior o número de dados, mais nítido fica a forma da distribuição, que no caso dos pesos das barras, é uma distribuição normal.

4.2.1 Problemas do Formulário Antigo

4.2.1.1 Registro das causas

Foi estipulado para o operador, em sua rotina de trabalho, que registre neste formulário os pesos dos produtos com uma certa frequência. Ao recolher estes registros, apenas é possível identificar alguma alteração no processo, porém como não foi encontrada a causa raiz do problema no instante em que foram colhidos os dados, em muitos casos torna-se difícil encontrá-las posteriormente.

É importante este registro de causas, pois assim é possível confirmar a sua existência para que possa ser corrigida e prevenida.

4.2.1.2 Presença de duas ou mais médias

Como os dados são preenchidos diretamente na forma de histograma e a hora em que o dado foi coletado é ignorada, há casos em que existem duas ou mais médias em um mesmo histograma. Como o tempo não é levado em consideração não se sabe se essas médias surgiram simultaneamente ou se houve alguma interferência no processo.

No exemplo, pode-se pressupor que na mudança de turno cada operador está acostumado a trabalhar com um determinado parâmetro.

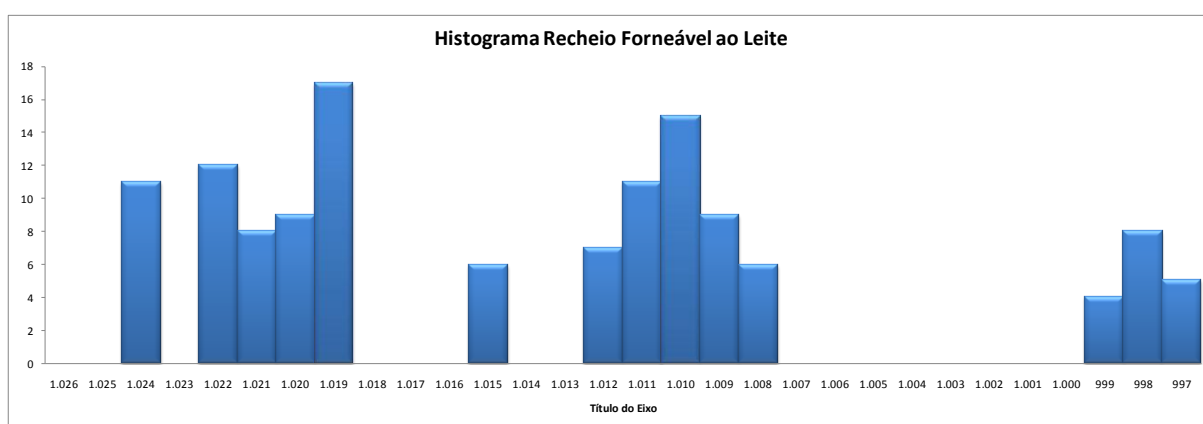


Gráfico 4.1 - Histograma com 3 médias

4.2.1.3 Equipamento mal dimensionado

Há casos em que a precisão dos equipamentos de medição não é compatível com a necessária para o controle do processo. Quando isto ocorre, surgem *gaps* no histograma e não é possível visualizar uma distribuição conhecida.

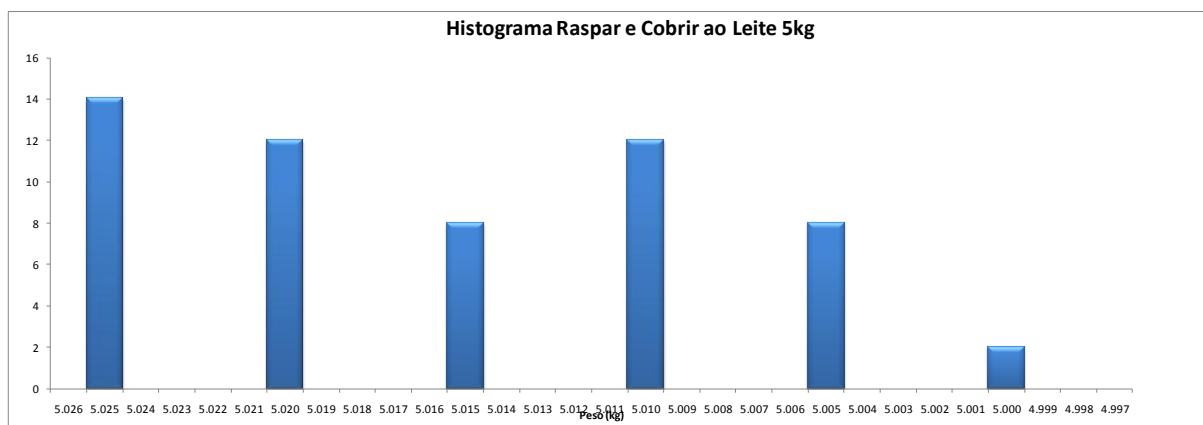


Gráfico 4.2 - Histograma com equipamento mal dimensionado

4.2.2 Problemas na linha de baldes e barricas

O procedimento de envase descrito no Item 3.1.7.3 gera uma grande perda por sobrepeso, pois não é possível que o operador realize um ajuste fino para o controle do peso e também é humanamente impossível o operador acertar o peso líquido em todos os produtos.

Outro problema, mas de caráter ergonômico, é o fato de que o visor da balança não possui uma altura regulável, fazendo com que operadores com uma estatura baixa tenham que ficar com o pescoço inclinado, olhando para cima.

4.3 Custo do Sobrepeso

Através de amostragens realizadas no período de março e início de abril de 2010, e dos pesos registrados no ano de 2009, encontrou-se a uma perda média por sobrepeso de 1,53% em cada produto.

Perda média por Sobrepeso = 1,53%

Tabela 4.1 - Porcentagem de Perda

Posteriormente, foi levantada a quantidade produzida em cada mês de 2009 para que seja calculado o impacto desta perda. Este está na Tabela 4.2.

Mês	Qtde Produzida (t)	Qtde Perdida (kg)	Prejuízo Mensal
Janeiro	5184,90	79328,92	R\$ 317.315,68
Fevereiro	5345,23	81782,09	R\$ 327.128,37
Março	4694,34	71823,44	R\$ 287.293,74
Abril	2275,49	34814,93	R\$ 139.259,72
Mai	4108,76	62864,10	R\$ 251.456,39
Junho	4598,31	70354,18	R\$ 281.416,73
Julho	4376,20	66955,92	R\$ 267.823,66
Agosto	4159,83	63645,47	R\$ 254.581,89
Setembro	5011,29	76672,76	R\$ 306.691,05
Outubro	5568,64	85200,14	R\$ 340.800,56
Novembro	5079,55	77717,11	R\$ 310.868,42
Dezembro	5423,40	82977,97	R\$ 331.911,90

Tabela 4.2 - Impacto do sobrepeso

Para encontrar o custo desta perda utilizou-se um CPV médio de R\$4,00 e a partir destes dados, foi feito o fluxo de caixa e encontrou-se o Valor Presente do lucro perdido no final do ano de 2009. Os resultados estão representados no Gráfico 4.3 e na Tabela 4.3.

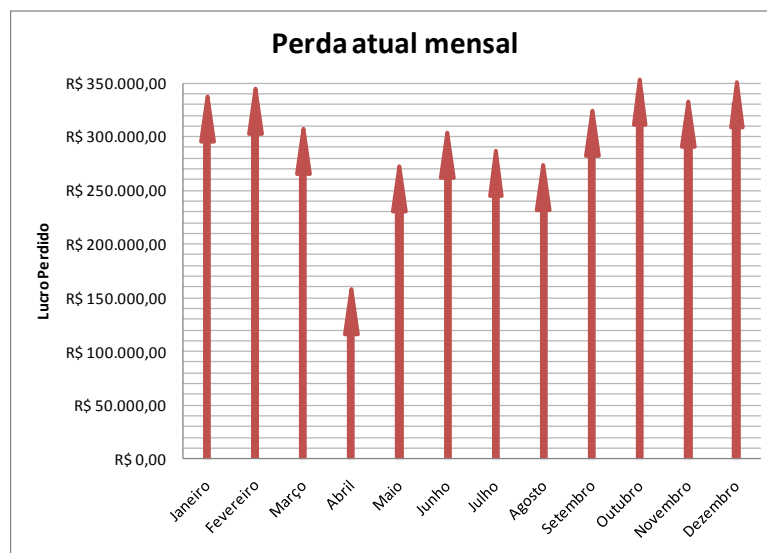


Gráfico 4.3 - Fluxo de caixa das Perdas Atuais

Custo de Oportunidade:	13,68% a.a.
	1,074% a.m.
Valor Presente:	R\$ 3.416.548,11

Tabela 4.3 - Valor Presente

O custo de oportunidade de 13,68% a.a. representa a taxa do CDI+5,03% e a partir disto foi calculado o custo de oportunidade ao mês. O valor presente encontrado foi de R\$ 3.416.548,11.

4.4 Possíveis Soluções

4.4.1 Controle Estatístico de Processos

Para minimizar esse problema, uma solução adequada seria o CEP, o controle estatístico de processos, visando monitorar a alteração no processo. Ao ser detectada alguma alteração na média ou variação do processo, as causas desta variação deverão ser encontradas e ações corretivas e preventivas deverão ser estipuladas.

4.4.1.1 Vantagens

- Não é necessário grandes investimentos para a implantação;
- As causas dos problemas são encontradas e mitigadas;
- O uso da estatística permite que sejam analisadas apenas algumas amostras.

4.4.1.2 Desvantagens

- Como serão estudadas apenas algumas amostras, algumas causas especiais podem não ser identificadas;
- Solução não imediata, pois as melhorias surgem no decorrer do tempo.

4.4.2 Inspeção 100%

Uma outra possível solução é a inspeção de todos os produtos. Para isso, é necessário que seja adotado algum processo que pese todos os produtos (poderia ser um operador ou algum método automatizado). Caso este esteja abaixo de um limite inferior ou acima de um limite superior o produto será reprocessado; caso contrário, poderá ir para o cliente.

4.4.2.1 Vantagens

- Solução mais eficiente no curto prazo, pois depois de implantado a melhoria é imediata.

4.4.2.2 Desvantagens

- São necessários investimentos para que seja feita a inspeção (compra de equipamentos que realizam a inspeção ou contratação de um operador para cada linha que irá realizar essa verificação);
- A fadiga do operador ou problemas no equipamento afetam diretamente a inspeção;

- Não são encontradas e evitadas as causas do problema.

4.5 Escolha da Solução

Através do levantamento das vantagens e desvantagens no Item 4.4 é possível verificar que o Controle Estatístico é uma ferramenta muito mais completa e poderosa que a inspeção de 100% dos produtos. Apesar dos resultados demorarem mais para tornarem-se visíveis, estes serão muito mais duradouros. Esta e outras metodologias vinculadas ao CEP também serão utilizadas para auxiliar na resolução deste problema. Dentre elas, pode-se citar:

- Diagramas de causa-e-efeito;
- Testes de hipótese;
- Histogramas;
- Estudo R&R;
- Delineamento de Experimentos.

5 ESCOPO DO PROJETO

Para a elaboração deste trabalho foram selecionadas apenas 4 linhas de produção dentre as 15 existentes na fábrica. Primeiramente, escolheu-se apenas as linhas que recebem cobertura/chocolates escuro, pois estes representam a maior fatia da carteira das vendas.

Como segundo critério, optou-se pela linha que possui a maior capacidade produtiva, pois uma pequena variação no peso resulta em uma grande perda de matéria prima em quantidades absolutas.

Outro critério foi a escolha de uma linha com maior variabilidade das saídas, para que assim possa ser comparada com a máquina mais moderna.

Por último escolheu-se linhas que são de mais fácil e rápida aplicação do Controle Estatístico de Processos.

Linha de Produção	Justificativa
TB1	Linha com a maior capacidade produtiva – 1500 kg/h
TV2	Linha mais antiga que produz cobertura/chocolate escuro
Granulado	Linha de fácil implantação com envase automático
Linha Balde	Linha de fácil implantação com envase manual

Tabela 5.1 - Seleção do Escopo

Escolheu-se a linha de baldes e granulado, pois são de fácil implantação e ao mesmo tempo são processos diferentes, um é automático e o outro é manual.

5.1 Cronograma do Trabalho

O desenvolvimento deste projeto foi dividido em duas etapas. A primeira delas consiste na formalização de toda a parte burocrática e teórica envolvida no trabalho, ou seja, o planejamento e as diretrizes. A segunda etapa consiste na implantação do que foi feito na primeira.

Definido isto, elaborou-se o diagrama da Figura 5.1 com as etapas e datas do projeto.

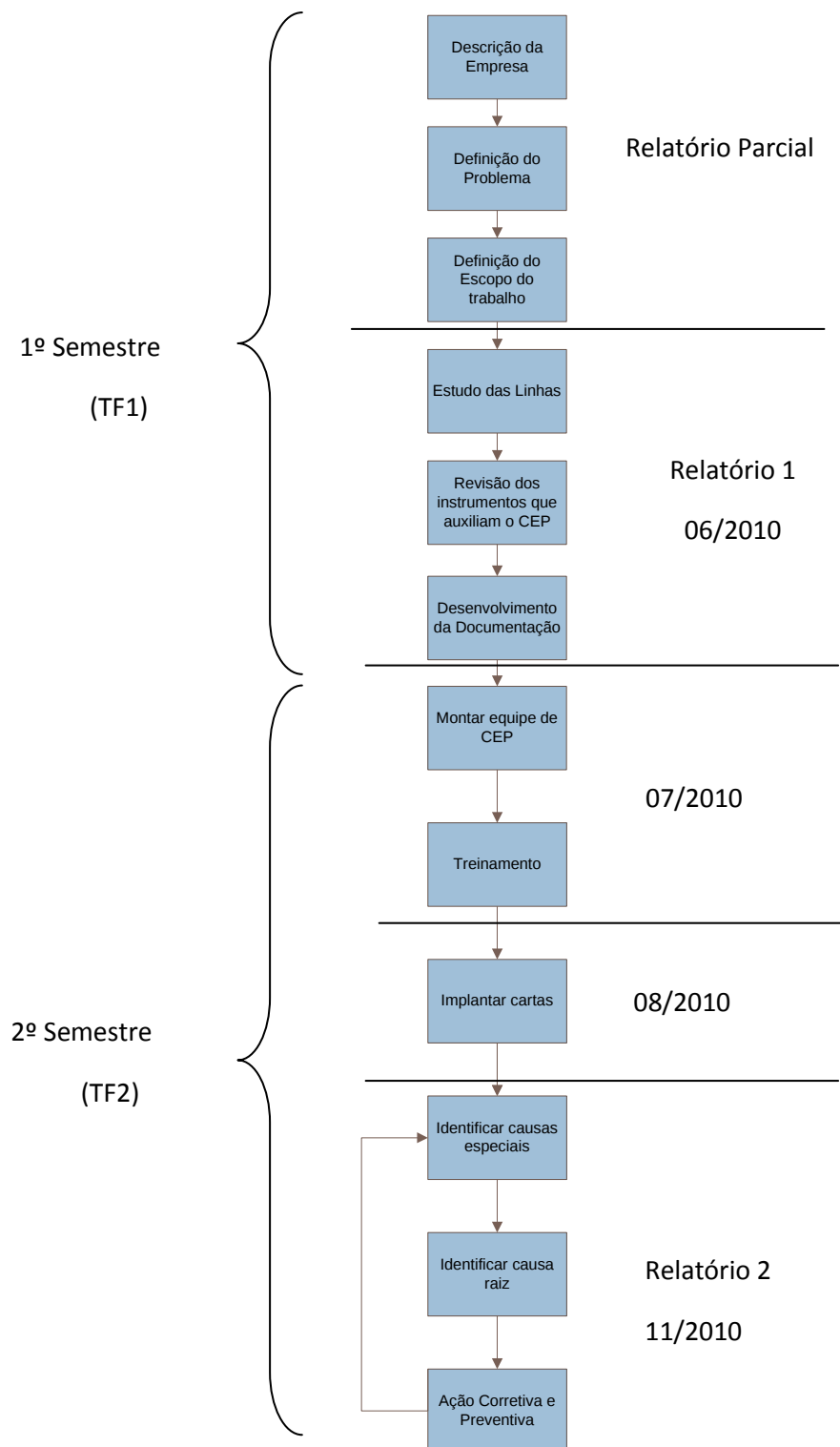


Figura 5.1 - Cronograma do Trabalho

6 IMPLANTAÇÃO DO CEP

6.1 Planejamento de Implantação

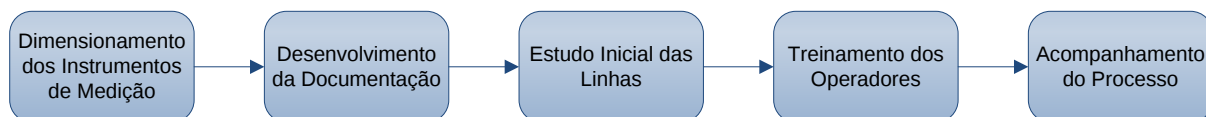


Figura 6.1 - Planejamento

6.2 Instrumentos de medição

6.2.1 Quadro atual

Como descrito no Item 4.2, os pesos coletados são registrados na forma de um histograma. Estes são obtidos através de uma balança no final de cada linha, e para a regulagem da máquina há também uma outra balança próxima à dosadora. A Tabela 6.1 apresenta um resumo dos pesos líquidos que podem ser embalados em cada linha.

Quando o processo de envase é indicado como manual, entende-se que o operador completa a embalagem manualmente, ou seja, a embalagem fica sobre uma balança tarada e esta é fechada ao atingir o peso líquido do produto. Já no automático, o envase é feito por uma máquina, onde não há contato com o operador.

Linha	Processo de envase	Peso dos Produtos (g)
Gel	Automático	500
		1.000
Granulado	Automático	1.000
		10.000
LB1	Manual	4.000
		12.000
		19.000
LB3	Manual	4.000
		12.000
		19.000
		20.000
LB4	Manual	4.000

		12.000
		19.000
TB1	Automático	400
		1.000
		2.300
TB2	Automático	400
		1.000
		2.300
TH1	Automático	400
		1.000
		2.300
TH2	Automático	400
		1.000
		2.300
TV1	Automático	5.000
TV2	Automático	5.000
TK1/TK2	Automático	400
		1.000
		2.100
TK3	Manual	25.000
		8.000
TK4	Manual	8.000
		10.000
Pó	Automático	300
		400
		1.000

Tabela 6.1 - Peso Líquido na saída de cada linha

Os detalhes das balanças presentes em cada linha estão na Tabela 6.2. Na coluna **Local**, há a característica final e dosadora. A última significa que a balança está próxima a balança. Já a primeira localiza a balança no final do túnel, com o produto já embalado. A Figura 6.2 ilustra esse posicionamento.

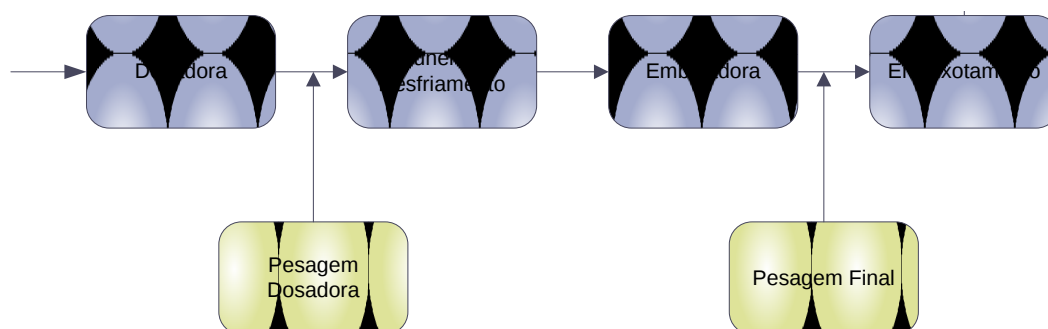


Figura 6.2 - Posição das Balanças

Túnel	Local	Carga Max	Escala Balança (g)
TV01	Final	20	2
	Dosadora	25	5
TH01	Final	3	1
TH02	Dosadora	3	1
TK2	Final	3	1
TV02	Final	15	5
	Dosadora	15	5
GR01	Final	10	2
Pó	Final	3	1
TB01	Dosadora	15	5
	Final	10	2
TB02	Final	15	5
	Dosadora	5	1
TK04	Final	15	5
TK03	Final	50	5

Tabela 6.2 - Balanças atuais em cada linha

6.2.1.1 Problema 1

O problema mais marcante na disposição das balanças é a existência de casos em que a precisão da balança na dosadora é “pior” em relação à balança no final do túnel, sendo que o ajuste fino deveria ser feito na dosadora.

6.2.1.2 Problema 2

Atualmente há balanças com precisão de 5 gramas para o controle de peso de barras de 400g. Isto representa 1,25% do peso líquido do produto e sabendo que nessas máquinas mais novas a amplitude de variação de no máximo 10g, os resultados dos pesos teriam apenas duas classes, dificultando a análise dos dados.

6.2.2 Mudanças

A meta almejada pelo diretor da empresa é um sobrepeso máximo de 0,5% do peso líquido do produto. Cabe à análise de capacidade, realizada no Item 6.4.6, determinar se estes limites podem ser respeitados.

Para solucionar o problema de dimensionamento, foi proposta uma nova distribuição destas balanças. A Tabela 6.3 resume esta distribuição. O critério utilizado para a construção

desta tabela é a necessidade de pelo menos 5 classes para a construção de um histograma passível de análise. Portanto, identificou-se os produtos mais leves envasados em cada linha e determinou-se a escala mínima para que haja 5 classes dentro da margem de tolerância.

Para exemplificar, na linha GEL o produto mais leve envasado é de 500g (Tabela 6.1). Dada a tolerância de 0,5%, o peso máximo aceitável é de 502,5g. Para se obter 5 classes nesta margem, a precisão da balança deve ser de 0,5g.

Linha Produção	Balança Escala (g)
Gel	0,5
GR/TK2	0,5
PÓ	0,5
TB1	0,5
TB2	0,5
TH1	0,5
TK1/TH2	0,5
TV1	2
TV2	2
LB1	5
LB3	5
LB4	5
TK3	5
TK4	5

Tabela 6.3 - Precisão ideal das balanças nas linhas

Portanto, como a Harald almeja a tolerância de 0,5%, este deve ser o quadro futuro de distribuição das balanças. Uma vez que o projeto se encontra na fase piloto, não haverá ações de compra para atender a este quadro e apenas haverá um remanejamento para atender ao máximo as linhas que estão no escopo do projeto.

6.3 Documentação Necessária

Neste item será apresentada toda a documentação desenvolvida em todas as fases para a implantação do Controle Estatístico de Processos.

6.3.1 Amostragem de Estudo

Antes de partir para o preenchimento das cartas de controle, é necessário fazer um estudo do processo e determinar certas características. Dentre estas características pode-se citar o tipo de distribuição, estabilidade, capacidade e a centralização do processo.

Para a realização deste estudo, foi desenvolvido um formulário de coleta de dados. Esta coleta foi feita pelos operadores dos três turnos, durante uma semana e com uma frequência de 1 hora. O formulário se encontra no Anexo C.

6.3.2 Gráficos de Controle

Quando uma máquina ou equipamento é regulado para que as saídas saiam com um padrão, estes valores irão oscilar em torno de uma média aleatoriamente. Esta variabilidade é intrínseca ao processo e sempre existirá, em maior ou menor intensidade. Um dos objetivos dos gráficos de controle é monitorar esta variabilidade para garantir a qualidade das saídas. É interessante ressaltar que é possível diminuir esta variabilidade, porém nem sempre é vantajoso ou necessário.

É possível que o processo não siga um padrão de variabilidade, não oscilando em torno de um ponto. Quando isto ocorre, pode-se dizer que o processo é instável. Como consequência disto, surge uma quantidade muito grande de produtos defeituosos, perda de produção, baixa qualidade dos produtos e perda da confiança do cliente.

Conhecendo as variações de um processo estável, é possível encontrar uma faixa dentro da qual o processo irá variar. Estas variações são chamadas de causas comuns (ou aleatórias). Quando um processo se mantém nesta faixa estável, pode-se dizer que o processo está **sob controle estatístico**. Entretanto, esporadicamente surgirão dados fora desta faixa e estes são chamados de causas especiais. Quando a frequência do surgimento destes pontos aumenta, e se torna instável, o processo é denominado como **fora de controle estatístico**.

Quando são constatadas causas especiais no gráfico de controle, as fontes deste problema devem ser localizadas, documentadas e eliminadas imediatamente. Outra ação necessária é o desenvolvimento de medidas para evitar a reincidência do problema.

Werkema tem uma definição que representa muito bem todos os aspectos que foram mencionados anteriormente:

Os gráficos (cartas) de controle são ferramentas para o monitoramento da variabilidade e para a avaliação da estabilidade de um processo. Permite a distinção entre os dois tipos de causas de variação, ou seja, ele nos informa se o processo está ou não sob controle estatístico. (WERKEMA, 2006, p. 182)

6.3.2.1 Cartas

Para a escolha de quais gráficos serão utilizados na carta de controle, foi utilizado o diagrama de decisão que se encontra no Anexo G.

O desenvolvimento da carta de controle foi baseado no modelo presente no livro de HRADESKY que está presente no Apêndice A. Enquanto que no Anexo D há a carta a ser aplicada na Harald, desenvolvido pelo autor com algumas pequenas mudanças, dentre as quais, pode-se citar:

- Adições de informações de rastreabilidade: Código do produto que está sendo controlado e em qual linha de produção este produto está sendo fabricado;
- Características do processo: foi adicionado também os valores do CP e CPk da carta anterior para que a pessoa que está preenchendo a carta esteja informada da situação do histórico do processo;
- Remoção da linha com as somas das amostras, visto que apenas é preciso o preenchimento da média das amostras;
- Aumento da amplitude de variação do gráfico das médias e da amplitude, visto que há certos processos que esta variação é elevada.
- Inclusão da média alvo e amplitude alvo e dos limites de controle.

A princípio, a idéia é não engessar a carta, mas sim adaptá-la para que seja compatível com a necessidade de cada processo.

6.3.3 Formulário de Registro de Melhorias, Ações Corretivas e Preventivas

Com o surgimento de causas especiais, ações deverão ser tomadas para que seja corrigido e eliminado o problema. Para isso, foi desenvolvido um Formulário de registro que

se encontra no Anexo F, o qual deverá ser preenchido por quem identificou o problema, com as causas do problema e as correções para o mesmo.

Se por algum motivo a causa não for encontrada, deve-se encaminhar para o facilitador do CEP e assim este irá tomar as devidas providências para encontrar a causa raiz, utilizando as ferramentas citadas aqui neste trabalho e mobilizando as pessoas necessárias no âmbito do problema.

6.4 Estudo Inicial

Para este estudo, foram colhidos dados de peso pelos operadores por cinco dias (17/5 – 21/5). O tamanho da amostra é de 5 unidades e a frequência de amostragem de hora em hora. O autor passou as instruções de preenchimento deste formulário para o primeiro e segundo turno. O terceiro turno recebeu instruções dos operadores do segundo.

A partir destes dados, foram estudadas as distribuições destes dados, a estabilidade e a capacidade do processo. Para o estudo das distribuições, analisou-se os dados unitariamente, pois caso a distribuição seja normal nesta situação, também será normal para amostras maiores (teorema do limite central - Anexo A). Isto garantirá a generalidade e liberdade no tamanho das amostras, pois o CEP exige que as amostras sejam normais.

6.4.1 TB1

O mesmo foi feito para a linha TB1, e o Histograma se encontra no Gráfico 6.1.

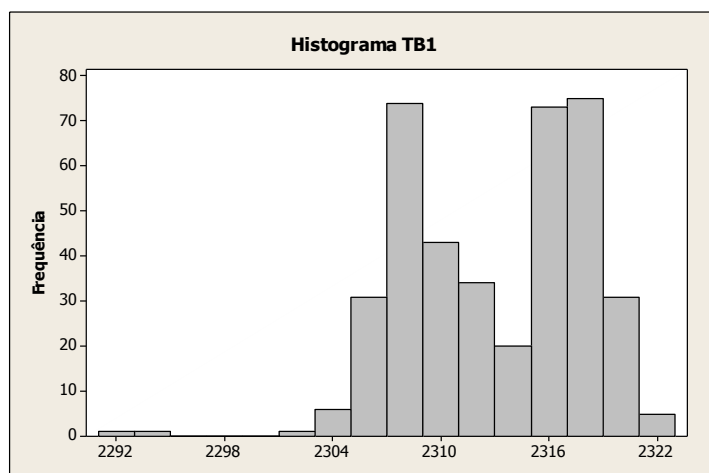


Gráfico 6.1 - Histograma da Linha TB1 com os dados de estudo

Como é possível observar, claramente há duas médias nos dados e possivelmente estes dados seguem a distribuição normal. Para rastrear o porquê da existência destas duas médias foi construído um diagrama de dispersão que se encontra no Gráfico 6.2.

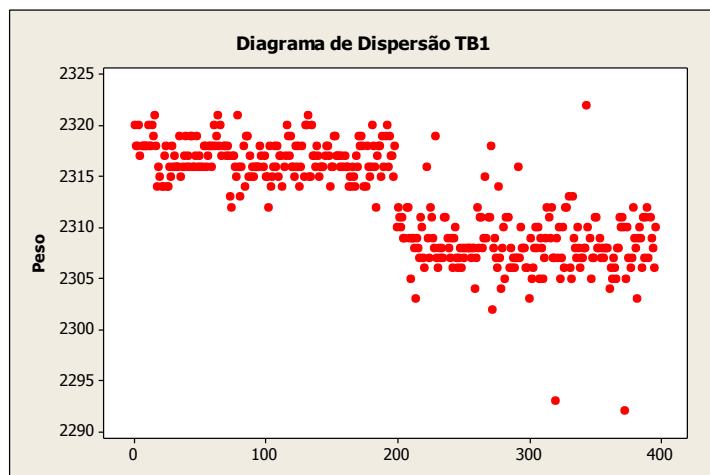


Gráfico 6.2 - Diagrama de dispersão na Linha TB1 com os dados estudo.

A partir do Gráfico 6.2 fica nítido que houve uma alteração na média devido a alguma alteração na máquina ou no produto. Para que seja possível a realização do estudo, estes dados foram separados, para então ser construído o histograma apresentado no Gráfico 6.3.

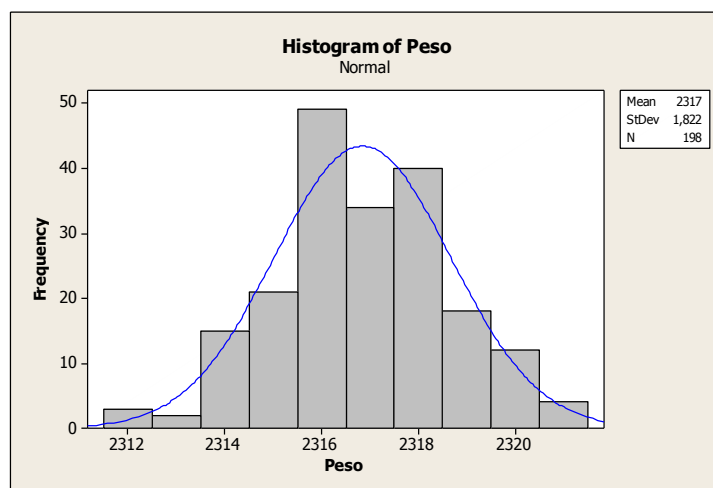


Gráfico 6.3 - Histograma TB1 com os dados separados

Para verificar se os pesos na linha TB1 seguem uma distribuição normal, utilizou-se a ferramenta papel de probabilidade normal do Minitab. Os resultados estão no Gráfico 6.4.

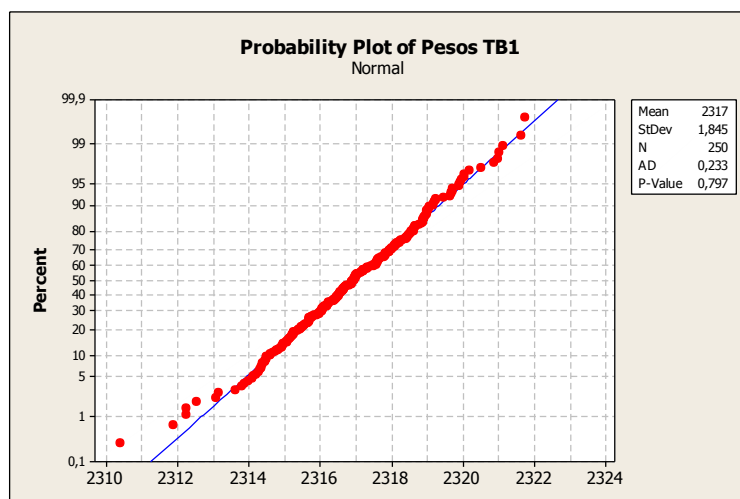


Gráfico 6.4 - Papel de Probabilidade Normal para a linha TB1

Como o P-Value (neste caso igual a 0,797) é maior que 5%, é possível afirmar que os pesos na linha TB1 seguem a distribuição normal. Sendo assim, o CEP é aplicável a esta linha.

6.4.2 TV2

Com os dados obtidos, também foi construído o histograma na linha TV2, com os mesmos objetivos do Item 6.4.1. Este histograma se encontra no Gráfico 6.5.

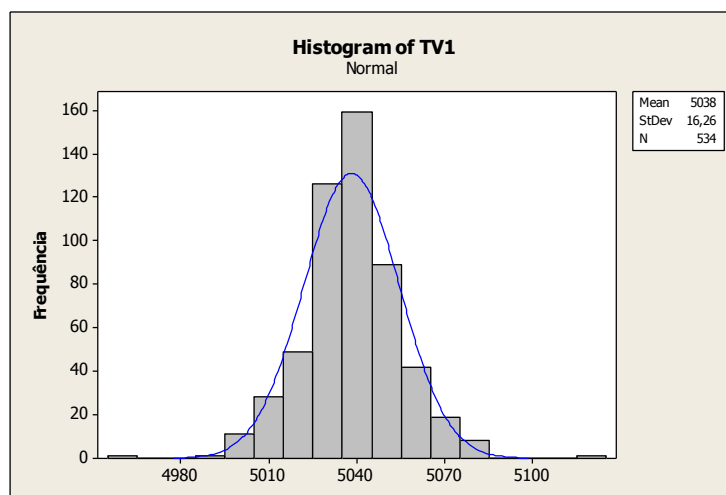


Gráfico 6.5 - Histograma com os dados de estudo linha TV2

A partir do histograma é possível observar que estes dados se assemelham muito com uma distribuição normal, porém para confirmar isto foi feita uma análise de papel de

probabilidade normal juntamente com o software Minitab. Esta análise se encontra no Gráfico 6.6.

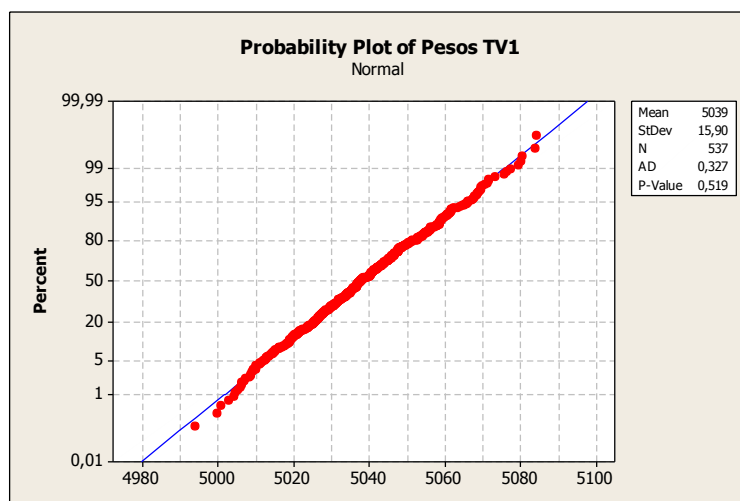


Gráfico 6.6 - Papel de Probabilidade Normal para a Linha TV2.

A partir do P-Value, sendo igual a 0,519 e maior que 5%, é possível afirmar que os pesos desta linha de produção seguem uma distribuição normal e conseqüentemente o CEP é aplicável.

6.4.3 Granulado

Na linha de granulados não foi feito diferente e iniciou-se a análise na linha de granulados com a construção de um histograma que se encontra no Gráfico 6.7.

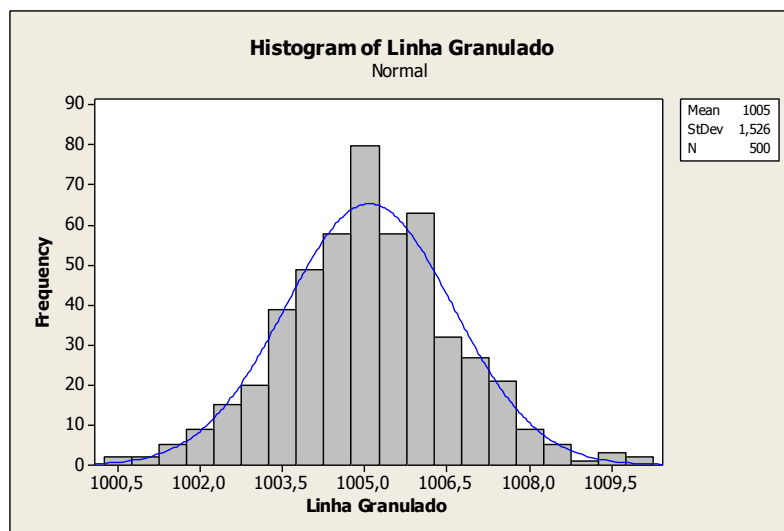


Gráfico 6.7 - Histograma com os dados de estudo na linha de Granulados

Aparentemente estes dados não possuem nenhuma anormalidade e seguem uma distribuição normal. Para confirmar isto foi feita uma análise de papel de probabilidade normal utilizando o software Minitab. Os resultados se encontram no Gráfico 6.8.

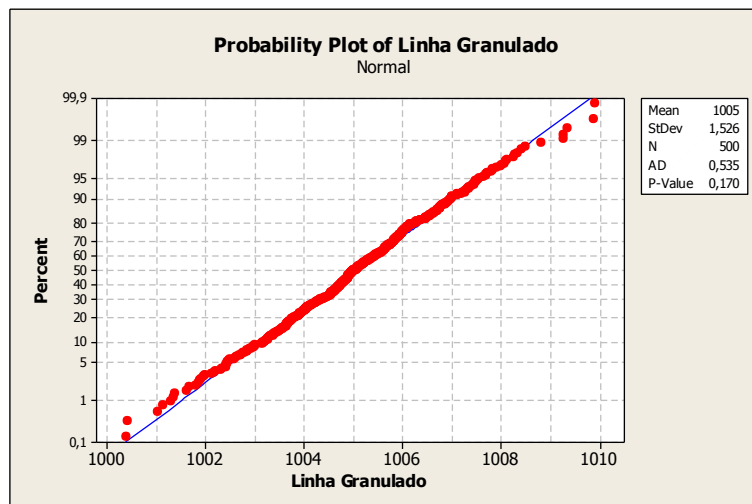


Gráfico 6.8 - Papel de Probabilidade Normal para a linha de Granulados.

Neste caso, o P-Value é igual a 0,170 e maior que 5%, sendo possível afirmar que os pesos desta linha seguem uma distribuição normal.

6.4.4 Linha de Baldes

A partir dos dados, foi construído um histograma que se encontra no Gráfico 6.9. O objetivo é tornar mais fácil a visualização e a distribuição que estes dados seguem.

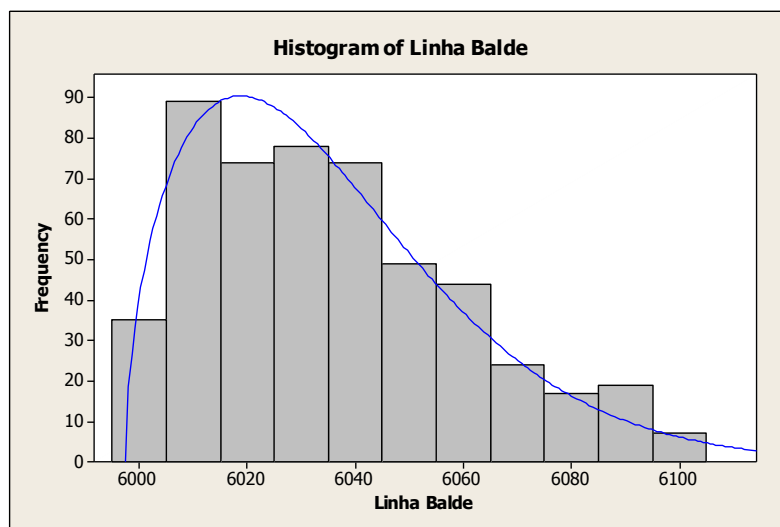


Gráfico 6.9 - Histograma de estudo Linha Balde

Como é possível observar, os dados não seguem uma distribuição normal, mas sim uma distribuição de Weibull, algo que já é esperado, pois o processo é manual, deformando a curva normal e deslocando a sua média. O operador objetiva o peso líquido do produto, mas raramente o atinge, pois o fluxo do produto é contínuo fazendo com que a média seja levemente superior (neste caso 6035g).

Para que seja possível o uso do CEP é necessário que a distribuição dos dados obedeça o padrão normal e isso ocorre quando utilizamos uma média de 5 unidades⁴. A distribuição se torna normal devido ao teorema do limite central.

Essa nova distribuição pode ser observada no novo histograma construído que se encontra no Gráfico 6.10.

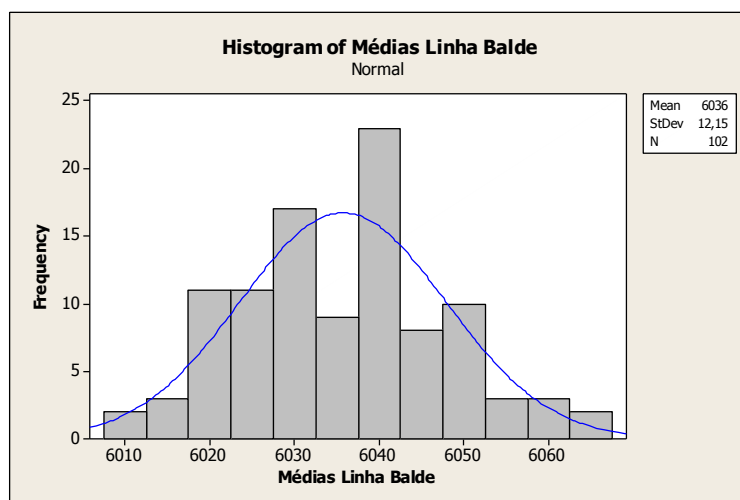


Gráfico 6.10 - Histograma das Médias na Linha de Baldes

Para verificar se os dados realmente seguem a distribuição normal, utilizou-se o papel de probabilidades normal, ferramenta disponível no software Minitab. O resultado se encontra no Gráfico 6.11.

⁴ Obs: Essa amostra de 5 unidades será utilizada no CEP.

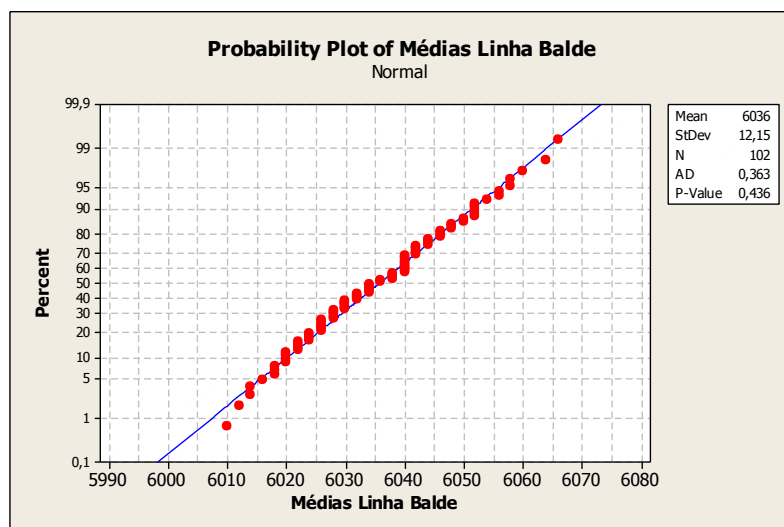


Gráfico 6.11 - Papel de Probabilidade Normal para a Linha de Baldes

Como pode-se observar, P-Value = 0,436 sendo maior que 5%. Com isso, não pode-se rejeitar H_0 . Portanto essa distribuição pode ser considerada normal e podendo assim ser aplicado o CEP nesta linha de produção.

6.4.5 Estabilidade do Processo

A partir da realização dos histogramas e dos testes de normalidade é possível confirmar a estabilidade do processo nas quatro linhas, pois no horizonte de cinco dias, seus dados mantiveram a mesma média, variações e conseqüentemente a mesma distribuição.

Confirmada a validade dos dados, pode-se afirmar que nos casos estudados formaram-se subgrupos racionais de amostras, uma vez que suas variações são provocadas apenas por causas aleatórias e formando as suas distribuições de probabilidade.

6.4.6 Capacidade do Processo

O objetivo deste item é determinar se as linhas no escopo do trabalho têm a capacidade de atender aos limites de especificação determinados pelo diretor. Este passo só pode ser iniciado após ser comprovada a estabilidade dos processos, conforme foi feito anteriormente.

O índice C_p quantifica a capacidade do processo de atender aos limites de especificação. Este é definido por:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Como o desvio padrão do processo é desconhecido, sua aproximação é dada por $\bar{R}/d_2$. O valor mínimo exigido para C_p é de 1,33.⁵

O índice C_{pk} determina a centralização do processo nos limites de especificação. Este é definido por:

$$C_{pk} = \min \left[\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right]$$

Como a média e o desvio padrão do processo não são conhecidos, estes são estimados por $\bar{x}$ e por $\bar{R}/d_2$ respectivamente. Este índice é considerado satisfatório quando resulta maior que 1. O valor máximo que ele assume é o valor de C_p .

A Tabela 6.4 resume os resultados obtidos nesta análise considerando os limites determinados pelo diretor.

Linha	C_p	C_{pk}
TB1	1,51	-1,62
TV2	0,69	-0,78
Granulado	0,55	-0,018
Linha Baldes	0,21	-0,08

Tabela 6.4 - Índices de capacidade para tolerância de 0,5%

Através desta tabela, observa-se que a única linha capaz de atender a especificação de 0,5% é a linha TB1. Todos os valores de C_{pk} resultaram em um número negativo, pois as médias dos processos estavam acima do LSE.

Para a linha TB1, o ajuste da máquina é suficiente para respeitar os dois índices. Porém, para as outras linhas não será possível respeitar as condições de nenhum dos índices.

Como proposta a este problema, sugere-se que aumente os LSE das linhas TV2 e Granulado para 1%. Essa mudança ainda terá impactos positivos, pois a perda média atual

⁵ O coeficiente d_2 pode ser encontrado no Apêndice D.

global é de aproximadamente 1,5% e será possível ao operador atender aos Limites de Especificação.

No entanto, mesmo com um aumento para 1,5% de tolerância (perda atual global), não será possível atingir a meta de 1,33 no índice Cp. Portanto, para reduzir essa perda, deve-se haver uma mudança no processo produtivo.

A Tabela 6.5 resume as mudanças sugeridas.

Linha	Cp	Cpk	Tolerância
TB1	1,51	-1,62	0,5%
TV2	1,38	0,60	1%
Granulado	1,34	1,31	1%
Linha Baldes	0,63	0,50	1,5%

Tabela 6.5 - Índices de capacidade para tolerâncias propostas

6.4.7 Análise de Causa e Efeito

É utilizada para auxiliar na identificação das possíveis causas de um determinado efeito. Como princípio básico são utilizados (não obrigatoriamente), os 6M's nas espinhas grandes e estes são: medida, mão-de-obra, máquina, matéria prima, meio ambiente e método.

Para a sua construção, deve-se reunir uma equipe multidisciplinar com o maior número possível de pessoas envolvidas no processo e posteriormente realizar um *brainstorming*. Dentro desta equipe, deverá haver um líder para que este conduza o debate e ao mesmo tempo registre as idéias no diagrama. Este diagrama deverá estar em um quadro para que todos possam visualizá-lo, pois as idéias de um poderão servir de base para outras idéias.

Feito isto, as causas consideradas mais prováveis deverão ser investigadas e confirmadas ou descartadas através de outras ferramentas como o DOE e testes de hipótese.

Para a realização deste diagrama, reuniu-se uma equipe de 5 pessoas que englobava o autor, três operadores da linha TV-1 e um coordenador de produção.

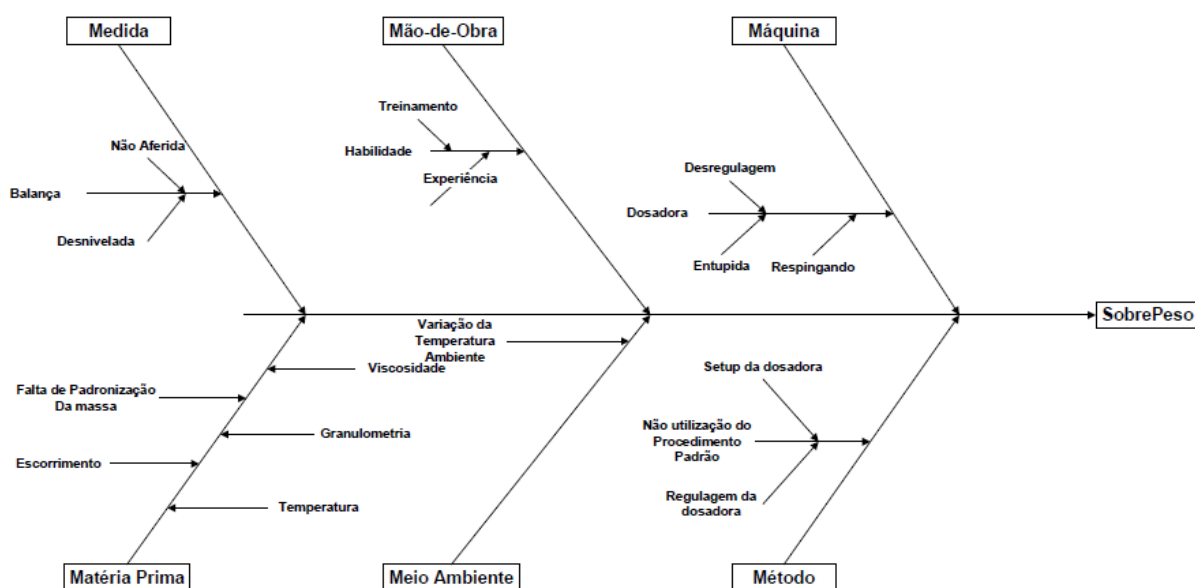


Figura 6.3 - Análise de Causa e Efeito

A partir deste, encontraram-se as fontes potenciais das futuras causas especiais que surgirão nas cartas de controle. No item 1 estes fatores serão investigados.

6.4.8 Tamanho da amostra e Frequência de Amostragem

Do ponto de vista do CEP, quanto maior o tamanho da amostra e quanto maior a frequência de amostragem, mais fácil e rápida será a detecção de qualquer alteração nas características do processo. Já do ponto de vista econômico e financeiro, quanto maiores forem esses parâmetros, maior será o custo da amostragem.

Sabendo disto, para ajustar estes parâmetros será preciso determinar qual será a perda de informação aceitável para que assim seja maximizado o custo-benefício da amostragem. A partir destas informações, pode-se dimensionar corretamente esses parâmetros.

No planejamento do CEP, ambos os parâmetros devem ser definidos simultaneamente, pois eles têm a mesma função, que é detectar alguma mudança no processo.

Para este cálculo, utilizou-se a teoria presente no Anexo H. Como os operadores devem realizar tarefas rapidamente (colocar as barras dentro de caixas, por exemplo), o ideal seria que a coleta de dados fosse rápida. Portando definiu-se uma amostra de 5 unidades onde não demandaria muito tempo para que fossem coletados estes dados, calculadas as médias e

amplitudes e plotados estes dados na Carta. O próximo passo é encontrar a frequência de coleta aceitável.

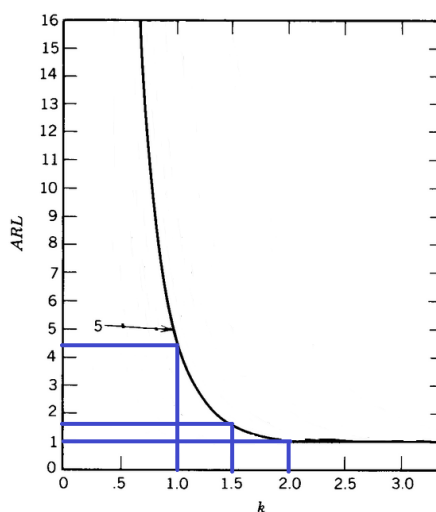


Gráfico 6.12 - Gráfico do ARL para n = 5

A partir do Gráfico 6.12 é possível verificar que se houver uma alteração de 1,5 desvios padrões na média, são necessárias duas amostragens para a sua detecção. Portanto, uma boa frequência de amostragem seria de duas por hora e assim um deslocamento na média de 1,5 desvios padrões seria detectado em apenas 1 hora.

6.5 Treinamento

Uma apresentação foi elaborada para que fosse passado aos operadores o conteúdo necessário e utilizado no CEP e essa apresentação se encontra no Anexo I.

Neste treinamento, os tópicos abordados são:

- O que é o CEP;
- Como deverá ser feito o preenchimento das Cartas;
- Histogramas;
- Cálculo dos Limites de Controle;
- Cálculo do Cp e Cpk;
- Diferenças entre causas comuns e causas especiais;
- Tipos de causas especiais;

6.6 Acompanhamento do processo

6.6.1 Pessoas envolvidas diretamente

Para essa introdução ao Controle Estatístico de Processos na Harald, apenas uma pessoa em cada turno realiza o trabalho de coleta dos dados nas linhas piloto e cabe a ela também identificar e mitigar as causas especiais. O estagiário e autor deste trabalho exerceu a função de auxiliar e coordenador destas três pessoas.

No passo de generalização do projeto e aplicação em todas as linhas, o ideal e proposto seria que os operadores de cada linha realizassem as coletas, registro e identificação das causas especiais. As três pessoas anteriormente citadas (aqui chamadas de analistas) auxiliariam neste processo, ficando responsáveis pela identificação das causas de difícil visualização e por desenvolver procedimentos para mitigar estes problemas.

O interessante deste modelo é que não haverá a necessidade de contratação de outros colaboradores para que seja implantado o CEP, pois os três analistas deverão responder diretamente ao gerente de qualidade. Assim, não serão demandados muitos recursos para a sua implantação.

6.6.2 Rotina do CEP

O CEP está fortemente embasado na melhoria contínua em que a principal idéia é mitigar as causas especiais do processo em estudo. Para isso, são necessários dois documentos, desenvolvidos pelo autor. O primeiro documento é a Carta de Controle e o segundo o formulário de melhorias, presentes no Anexo D e no Anexo F respectivamente.

Primeiramente os operadores deverão colher os dados de meia em meia hora, registrar na carta e construir os gráficos de controle. Estas cartas deverão ser atualizadas mensalmente com os novos limites de controle e índices C_p e C_{pk} . Caberá também ao operador documentar as possíveis melhorias após identificação de causas especiais.

A partir deste último formulário, os analistas do CEP deverão se certificar da existência do problema, encontrar a causa raiz e elaborar ações corretivas e preventivas para evitar que o problema volte a surgir.

6.6.3 Armazenagem dos dados

Todos os dados das cartas serão armazenados fisicamente e digitalmente. Para isso, deixou-se uma pasta para serem arquivadas as cartas finalizadas e uma planilha em Excel para digitalizar os dados. Na pasta, as cartas são separadas por linha e por peso.

Como o CEP ainda não está totalmente implantado na Harald, os diretores não julgaram necessária a compra de um software estatístico e por isso, todos os cálculos deverão ser feitos no Excel. Neste trabalho há cálculos no Minitab, pois o autor está utilizando uma versão *trial*. Para agilizar o trabalho, foi elaborada uma planilha, para que ao serem entrados os pesos, facilmente serão encontrados dados como o LSC e o LIC.

A, Figura 6.5, Figura 6.6 e Figura 6.6 contêm imagens dessa planilha e explicam o seu funcionamento.

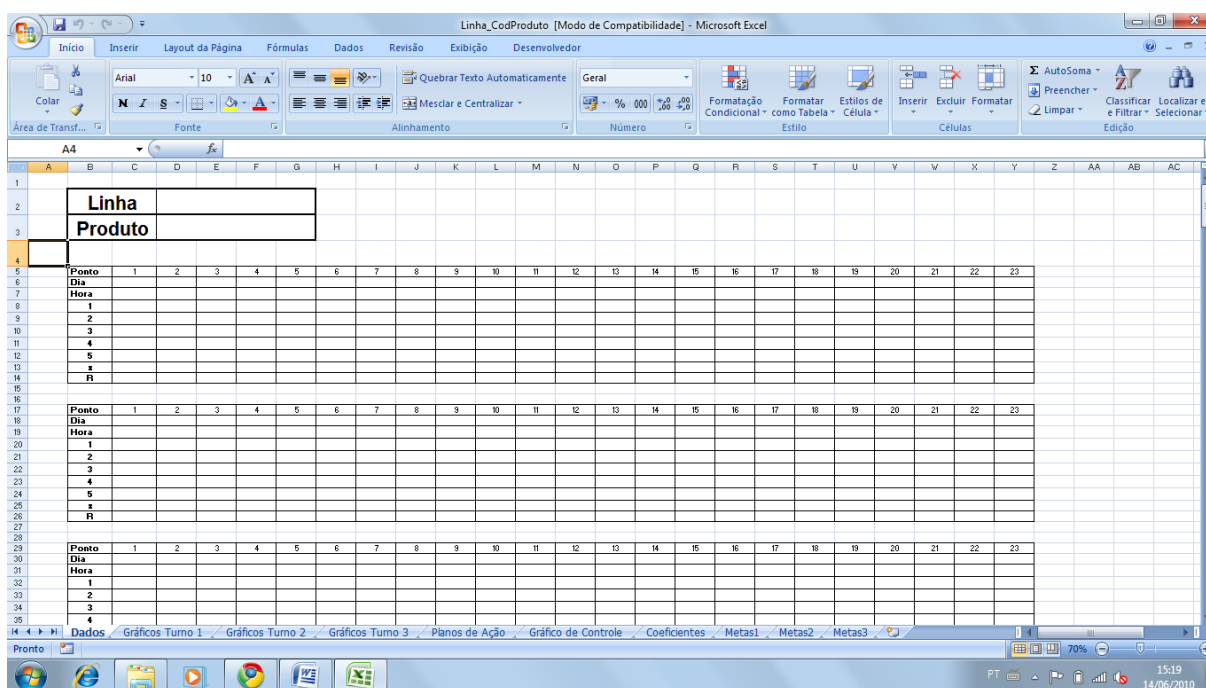


Figura 6.4 - Planilha CEP (Entrada dos Dados)

Para facilitar a entrada dos dados, o *layout* do local de entrada é igual ao da carta de controle sendo computado o dia, hora da coleta e as 5 amostras. A média e a amplitude são calculadas automaticamente. A vantagem disto é a economia de tempo na digitação dos dados e possibilidade de conferência dos cálculos nas cartas.

Esses dados deverão ser apontados no final de cada turno pelos próprios operadores.

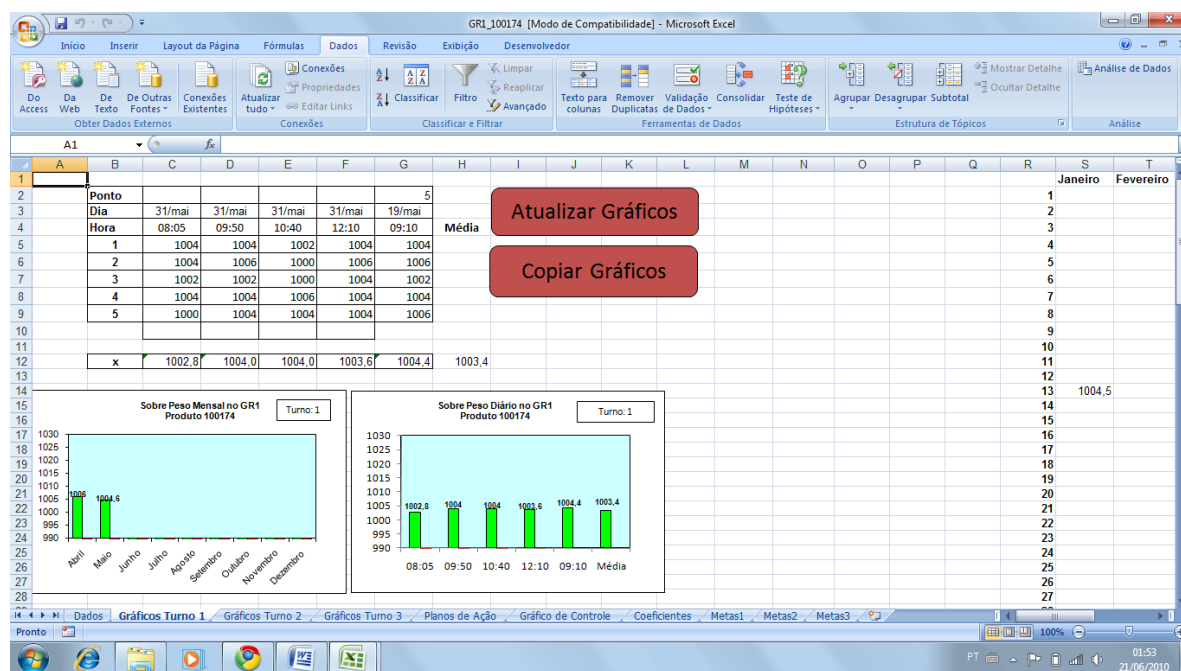


Figura 6.5 - Planilha CEP (Relatórios Diários)

Em outra aba da planilha será possível construir gráficos diários com os dados coletados para que estes sejam mostrados para a direção, permitindo o acompanhamento diário dos pesos dos produtos. Juntamente com os gráfico diários, terão os acumulados no mês e no ano.

Na Figura 6.5 o gráfico de barras da esquerda representa a média dos pesos em cada mês e o da direita o diário.

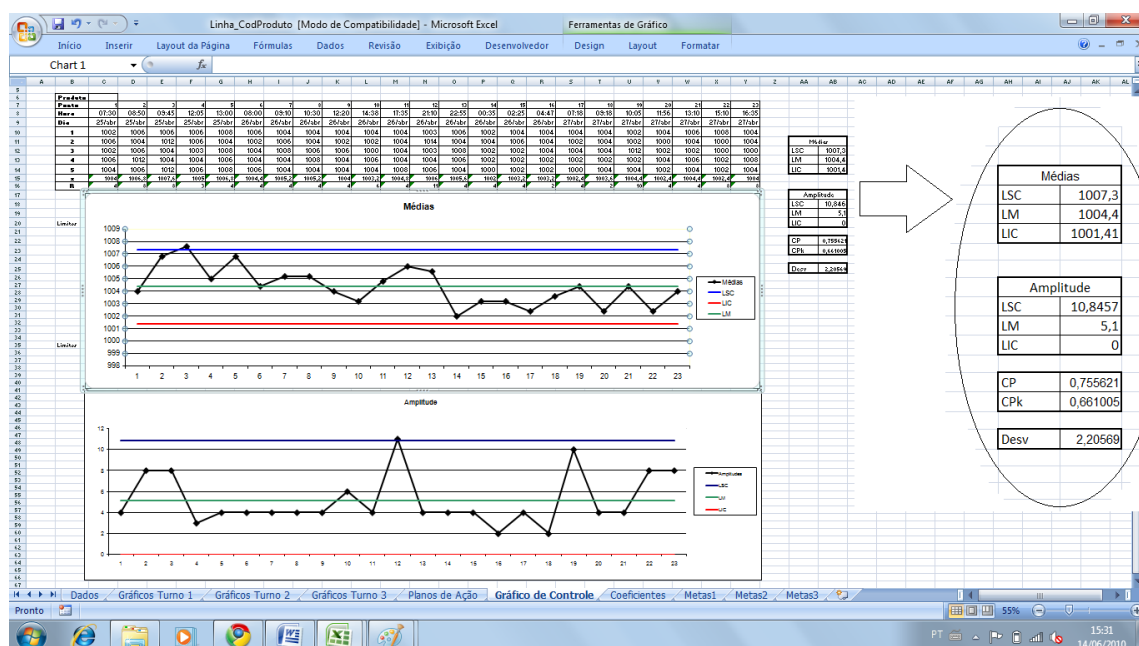


Figura 6.6 - Planilha CEP (Cálculos)

Em uma outra aba, pode-se visualizar o gráfico das médias e das amplitudes. Ao mesmo tempo, serão calculados automaticamente a linha média, os limites de controle da média e da amplitude e os índices Cp e Cpk.

Os dados apresentados nestas figuras são fictícios e apenas auxiliam na visualização da planilha.

7 FATORES QUE INFLUENCIAM NO PESO

No Item 6.4.7 foi feita uma análise de causa e efeito e conseqüentemente as possíveis causas do sobrepeso. Neste item estas causas são estudadas e serão confirmadas ou rejeitadas. A partir de uma conversa com a diretoria e com os operadores das linhas, concluiu-se que as causas mais importantes a serem investigadas são: Medida, Matéria Prima e Método.

Estes são analisados pelo estudo de Repetitividade e Reprodutibilidade, Delineamento de Experimentos (DOE) e revisão/realização de procedimentos respectivamente. Os dois primeiros estão descritos neste Item do trabalho, porém o terceiro é estudado no Item 8.2.

7.1 Estudo de R&R

Este estudo tem como objetivo investigar problemas com os instrumentos de medição ou na metodologia de pesagem através da Repetitividade e da Reprodutibilidade.

A Repetitividade consistirá em uma série de pesagens de uma mesma barra por um mesmo operador. Caso seja notificada alguma alteração, algum problema está ocorrendo com o instrumento de medição.

Já a Reprodutibilidade compara essa sequência de pesagem entre operadores, ou seja, se houver alguma variação, os operadores estarão utilizando metodologias diferentes para a realização desta pesagem.

Nas pesagens serão utilizadas uma barra de 1 kg, uma de 2,3 kg e uma de 5 kg e os operadores que realizarão as pesagens serão os três encarregados de cada turno. O resultado desta amostragem encontra-se na Tabela 7.1.

	Operador1	Operador2	Operador3
1kg	1010	1008	1010
	1010	1008	1010
	1010	1008	1010
2,3kg	2042	2040	2040
	2042	2040	2040
	2042	2040	2040
5kg	5065	5060	5065
	5065	5060	5065
	5065	5060	5065

Tabela 7.1 - Amostragem R&R

Vale ressaltar que para esta análise foi utilizada a mesma balança e o autor acompanhou o procedimento para que seja identificada qualquer irregularidade.

7.1.1 Repetitividade

Como é possível observar na Tabela 7.1, entre as pesagem de um mesmo produto feitas por um mesmo operador, não houve variações. Isso significa que não há problemas com o equipamento de medição.

7.1.2 Reprodutibilidade

Comparando a pesagem de um mesmo produto realizada por operadores diferentes, surtiu uma variação. Considerando o tamanho da escala, qualquer variação pode ser considerada significativa, pois é possível alcançar zero de variação com muita facilidade.

Observando como foram realizadas as pesagens, foi possível observar que certos operadores colocavam a barra lateralmente e outros verticalmente. Após verificação, certificou-se que esta era a causa desta variação.

Para resolver este problema, conversou-se com os operadores e ao mesmo tempo padronizou-se o procedimento, colocando as barras lateralmente. Junto a isto, foram colocadas fitas adesivas com o formato das barras, sinalizando a região onde estas devem ser colocadas nas balanças.

7.2 Problemas na matéria prima

O intuito deste item é investigar, dentre os fatores ligados a matéria prima encontrados no diagrama de Ishikawa, as principais causas do sobrepeso. Para isso, dividiu-se esta tarefa em duas etapas.

Através de observações das cartas é possível verificar que coberturas resultam em uma maior dificuldade para controlar a variação e o peso máximo dos produtos. Para comprovar este fato, na primeira etapa desta tarefa realizou-se um teste de hipóteses. Enquanto que na segunda, foi feito um DOE para encontrar os fatores que realmente influenciam no peso.

7.2.1 Diferenças no chocolate e cobertura

Existe uma maior dificuldade por parte dos operadores de controlar o peso na cobertura do que no chocolate. O impacto disto é um peso maior nas barras de cobertura. Para confirmar isto, foi feito um teste de hipóteses comparando as médias e as amplitudes nos dois casos. Os dados coletados para esta análise estão no Anexo J.

Para ambos os testes utilizou-se a análise para dados não emparelhados onde não são conhecidos os desvios padrões da população. O tamanho das amostras é de 30 unidades e uma significância de 0,5%, sabendo que o teste é unilateral, ou seja, será testado se um valor é maior que outro e não se é diferente.

Portando o valor de t para a rejeição de H_0 é $t_{n-1,\alpha} = t_{29,0,005} = 2,756$.

7.2.1.1 Média

Como H_0 temos a condição de as duas médias serem iguais. Caso não sejam, a hipótese será que o peso médio das coberturas é maior. Nas hipóteses abaixo, $\bar{\bar{x}}_1$ representa a média das médias das amostras de cobertura e $\bar{\bar{x}}_2$ a média das médias das amostras de chocolate. A seguir encontram-se os cálculos desta análise.

$$H_0: \bar{\bar{x}}_1 - \bar{\bar{x}}_2 = 0$$

$$H_1: \bar{\bar{x}}_1 - \bar{\bar{x}}_2 > 0$$

A partir dos dados concluí-se que $\bar{\bar{x}}_1 - \bar{\bar{x}}_2 = 1,9$ e seu desvio padrão (raiz quadrada da soma das variâncias) é 1,789. Portanto:

$$t_{29} = \frac{\bar{x} - 0}{S_x/\sqrt{n}} = \frac{1,9}{1,789/\sqrt{30}} = 62,60$$

Como o valor de $t_{n-1,\alpha}$ é menor que t_{29} , rejeita-se H_0 e com isso pode-se afirmar que o valor de $\bar{\bar{x}}_1 > \bar{\bar{x}}_2$.

7.2.1.2 Amplitude

Nesta análise, H_0 tem como hipótese que as médias das amplitudes são iguais. Caso não sejam, H_1 será que a amplitude das coberturas é maior. Nas hipóteses abaixo, $\bar{R}_1$ representa a média das amplitudes das amostras de cobertura e $\bar{R}_2$ a média das amplitudes das amostras de chocolate. A seguir encontram-se os cálculos desta análise.

$$H_0: \bar{R}_1 - \bar{R}_2 = 0$$

$$H_1: \bar{R}_1 - \bar{R}_2 > 0$$

A partir dos dados concluí-se que $\bar{R}_1 - \bar{R}_2 = 2,1$ e o valor de seu desvio padrão é 6,09. Portanto:

$$t_{29} = \frac{\bar{x} - 0}{S_x/\sqrt{n}} = \frac{2,1}{6,09/\sqrt{30}} = 20,36$$

Como o valor de $t_{n-1,\alpha}$ é menor que t_{29} , rejeita-se H_0 e com isso pode-se afirmar que o valor de $\bar{R}_1 > \bar{R}_2$.

A partir destas análises, é possível afirmar que as coberturas oferecem maior dificuldade para o controle de peso em relação ao chocolate, pois o primeiro possui média e amplitude maiores.

7.2.2 DOE

O objetivo desta etapa do trabalho é realizar um Delineamento de Experimentos para investigar quais são as variações na matéria prima que influenciam no aumento do peso. Como foi comprovado anteriormente que coberturas resultam em maiores problemas para o controle de peso, optou-se por utilizá-las nesse estudo. As características estudadas são a granulometria, viscosidade e a temperatura.

Como estas características são determinadas no decorrer do processo e não no envase, torna-se muito difícil alterá-las para realizar o DOE. Devido a esta dificuldade optou-se por um DOE de dois níveis com apenas uma repetição. Na fase de amostragem, foi colhida uma série de amostras e estas foram divididas em dois níveis: alto e baixo. Para isso, considerou-se

que o limiar entre esses dois níveis são de 34 microns para a granulometria, 6000 cP para a viscosidade e 33°C para a temperatura. Os dados utilizados nesta análise com seus respectivos níveis estão na Tabela 7.2.

Granulometria		Viscosidade		Temperatura		Peso
32	Baixo	5053	Baixo	37,3	Alto	1009
33		5083		36,8		1006
31	Baixo	5034	Baixo	28,1	Baixo	1003
30		5016		32,6		1003
38	Alto	6039	Alto	32,1	Baixo	1004
39		6030		30,6		1005
31	Baixo	6026	Alto	31,8	Baixo	1005
29		6033		30,5		1001
35	Alto	5064	Baixo	32,1	Baixo	1002
38		5094		29,4		1005
35	Alto	6034	Alto	34,8	Alto	1007
40		6026		37,8		1008
39	Alto	5055	Baixo	33,7	Alto	1008
37		5085		39,2		1007
30	Baixo	6083	Alto	35,1	Alto	1010
33		6067		36,7		1007

Tabela 7.2 - Dados e Níveis para DOE

O software utilizado para este estudo foi o Minitab e os *outputs* desta análise estão na Figura 7.1 e Tabela 7.3.

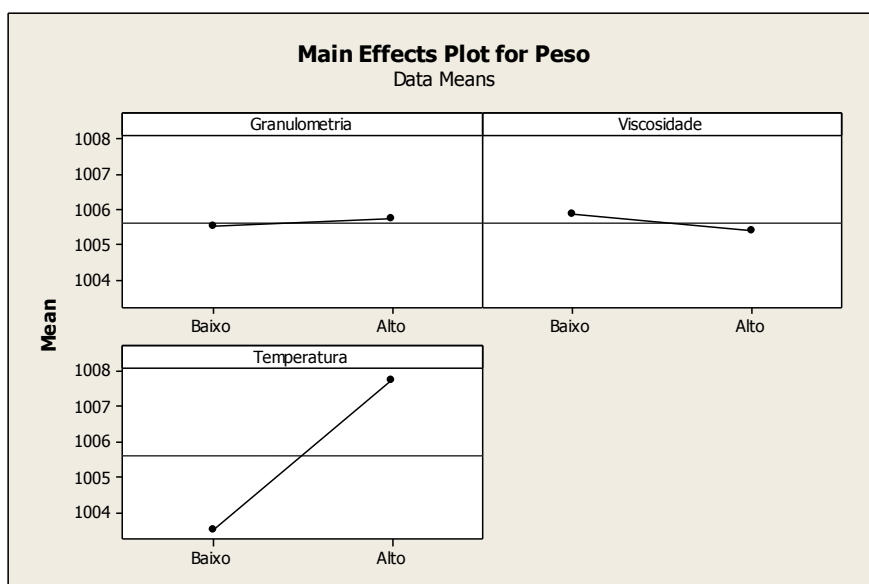


Figura 7.1 - Efeitos do DOE

Analysis of Variance for Peso, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Granulometria	1	0,250	0,250	0,250	0,09	0,776
Viscosidade	1	1,000	1,000	1,000	0,35	0,572
Temperatura	1	72,250	72,250	72,250	25,13	0,001
Granulometria*Viscosidade	1	0,000	0,000	0,000	0,00	1,000
Granulometria*Temperatura	1	2,250	2,250	2,250	0,78	0,402
Viscosidade*Temperatura	1	0,000	0,000	0,000	0,00	1,000
Granulometria*Viscosidade* Temperatura	1	1,000	1,000	1,000	0,35	0,572
Error	8	23,000	23,000	2,875		
Total	15	99,750				

Tabela 7.3 - Análise de Variância do DOE

Através do gráfico de efeitos e da tabela com a análise de variância é possível verificar que a principal e única característica que implica na mudança do peso do produto é a temperatura.

Na figura com os efeitos, pode-se observar que a granulometria e a viscosidade pouco influenciam no peso, já a curva da temperatura possui uma inclinação muito acentuada. Com relação à análise de variância, com um nível de significância de $\alpha=0,5\%$, o que é muito satisfatório, confirma-se o que foi concluído pelo gráfico de efeitos e além disso, descarta-se a possibilidade de interações entre os fatores, pois o único valor de P menor que 0,5% é o da temperatura.

Concluído que o principal e mais relevante fator que afeta na variação do peso das barras de cobertura é a temperatura em que a massa chega na dosadora, procurou-se as diferenças entre os processos de fabricação de chocolates e coberturas relacionados ao controle de temperatura, visto que chocolates não apresentam este problema.

Após esta comparação, verificou-se que os chocolates passam pelo processo de têmpera, o que controla a temperatura da massa quando esta chega na dosadora, algo que o processo de fabricação das coberturas não possui. Portanto, uma possível solução para este problema seria incluir a temperadeira no processo da cobertura, não para realizar a têmpera, mas sim para diminuir a variação da temperatura na entrada da dosadora.

8 ESTUDOS DE CASO

8.1 Linha Granulado

Após a implantação das cartas, identificou-se imediatamente uma causa especial sem causa aparente e esta se repetia aproximadamente duas vezes por dia. Uma dessas cartas está no Anexo K. Depois de diversas investigações e conversas com os operadores, decidiu-se estudar o manual da embaladora.

Para explicar isto é fundamental entender o funcionamento da máquina. Na Figura 8.1 há duas imagens deste equipamento. Através de uma esteira o granulado é despejado na parte superior da máquina. Com a vibração das canaletas identificadas com o número 1, o granulado é despejado nas caçambas, identificadas com o número 2.

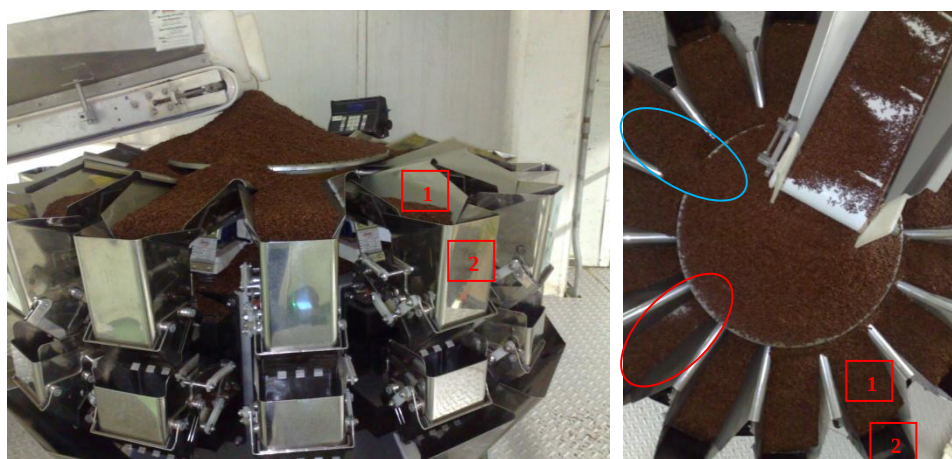


Figura 8.1 - Vista lateral (à esquerda) e superior (à direita) Embaladora Granulado

Em cada caçamba é feita uma pesagem. O equipamento faz a combinação e libera as que a soma mais se aproxima do peso desejado. Caso uma caçamba não seja liberada (por conter pouco ou muito produto) dentro de 20 ciclos, seu conteúdo é despejado obrigatoriamente, fazendo com que o peso de alguns produtos seja elevado.

Pela Figura 8.1, conforme assinalado, é visível (assinalado em vermelho) que há calanetas que despejam menos produtos e outras que acumulam mais (assinalado em azul), podendo ser a possível causa do problema. Outra situação é a descentralização da esteira, resultando na má distribuição do produto.

Foi emitida uma ordem ao departamento de manutenção para que seja centralizada a esteira e imediatamente tal problema foi resolvido.

8.2 Linha TB1

Através da análise das cartas verificou-se que, após um período de aproximadamente 2 horas com a linha fora de funcionamento o peso das barras e a sua amplitude começaram a aumentar gradativamente. Os dados que representam esta tendência estão presentes no Anexo L.

Note que a partir do ponto 16, onde foi registrada essa parada, o peso medido passa a aumentar, juntamente com sua amplitude. Isso acontece, pois com esse tempo de máquina parada, o chocolate começa a cristalizar na dosadora e mesmo que a linha volte a funcionar, a tendência é que a quantidade de chocolate cristalizado aumente.

Para que isto não aconteça desenvolveu-se um procedimento em que caso seja necessária uma parada longa, o operador deverá aumentar a temperatura do “*buffer*” da dosadora de 30°C para 35°C caso o produto seja chocolate. O procedimento antes da parada está na Figura 8.2 e o de volta está na Figura 8.3.

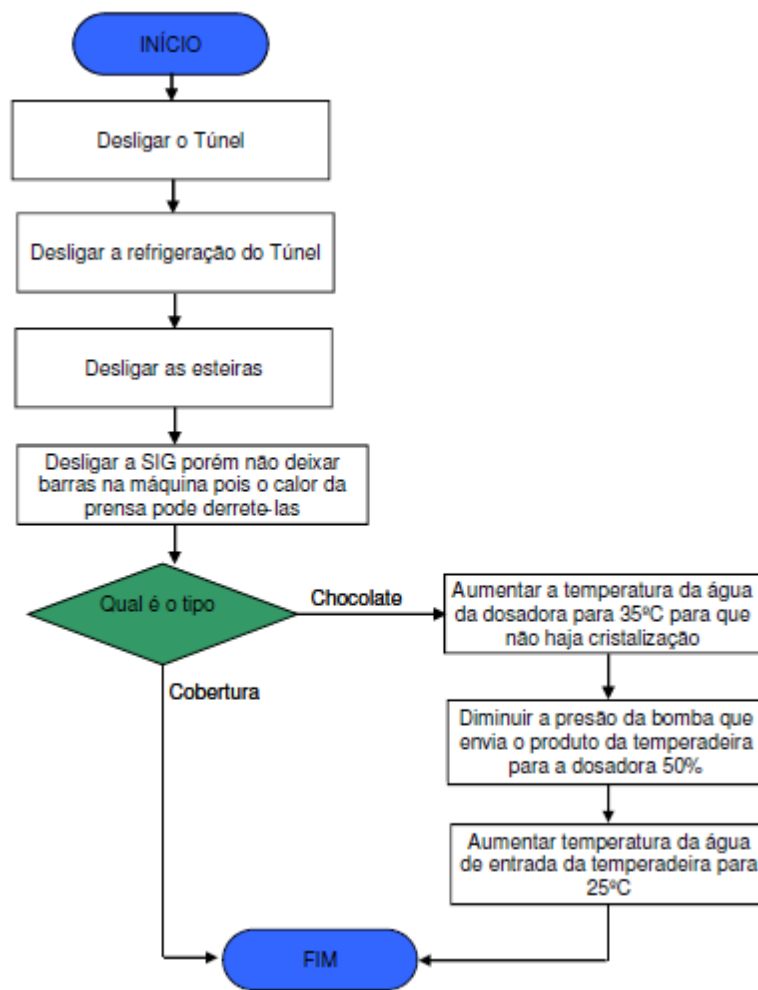


Figura 8.2 - Procedimento de preparo para a parada

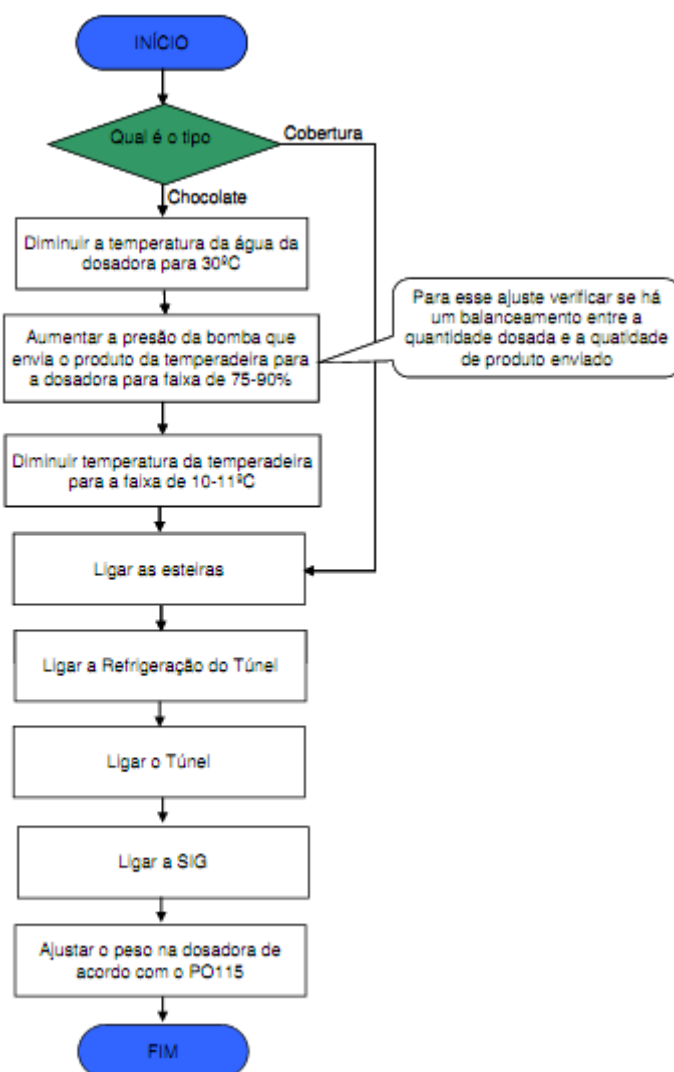


Figura 8.3 - Procedimento de volta da parada

Outro problema detectado nesta linha é a falta de padronização no ajuste do peso das barras na dosadora. Por isso, os operadores de cada turno ajustavam a máquina com parâmetros diferentes.

Para contornar este problema, foi dado um treinamento aos operadores para que estes compreendam cada um dos parâmetros ajustáveis da máquina. Foi feito também um procedimento para o ajuste do peso e este se encontra na Figura 8.4.

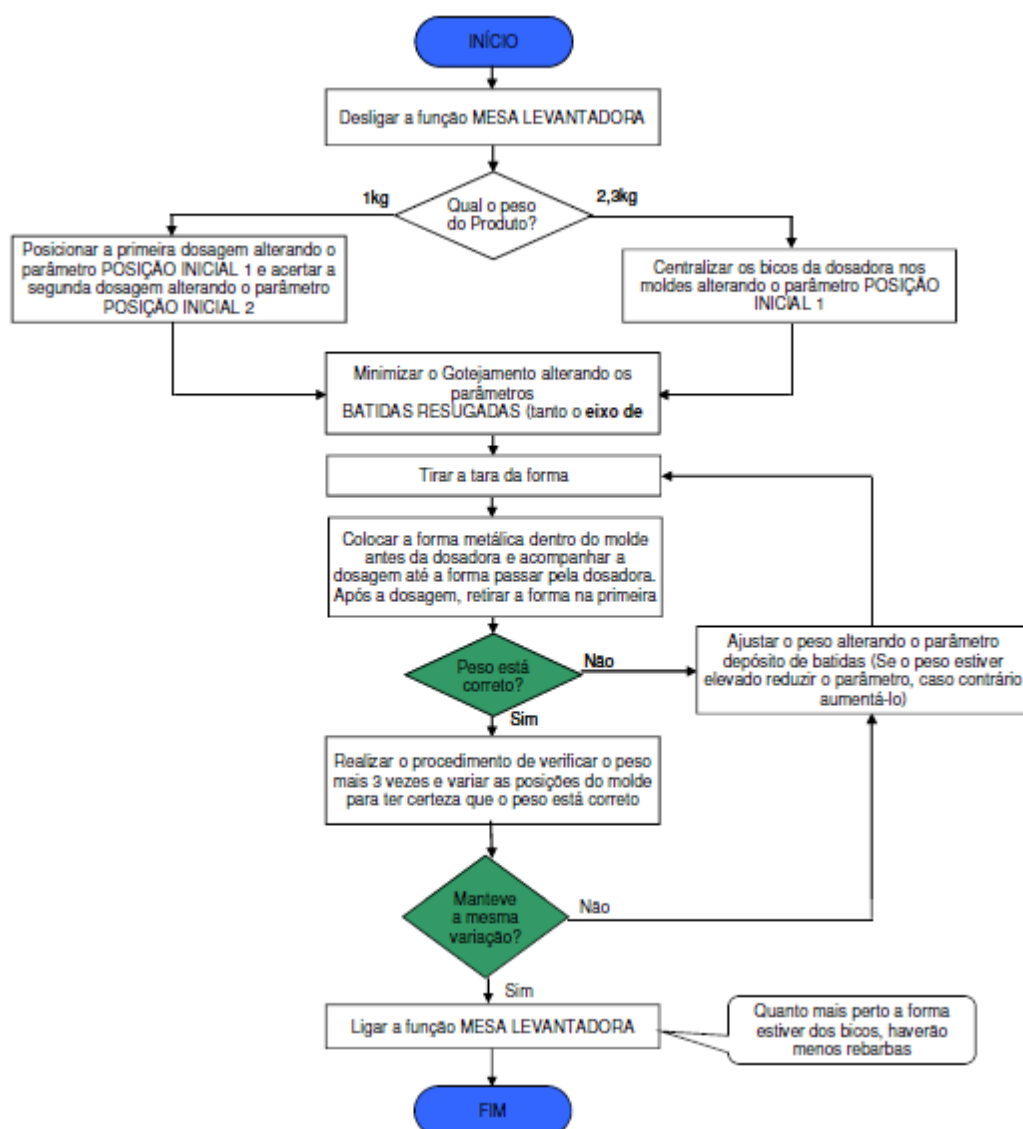


Figura 8.4 - Procedimento para ajuste de peso (TB1)

8.3 Linha Balde

Na Figura 8.5 há uma proposta de melhoria no processo de envase na linha de baldes visando o melhor controle do peso nos produtos. A principal mudança neste processo seria a adição de uma válvula para que seja possível controlar o fluxo de produto e a presença de dois baldes ao mesmo tempo. A função desta válvula seria controlar o fluxo de produto sendo que, ao fechá-la, o fluxo irá diminuir em um balde e será direcionado para o outro. A vantagem desta mudança seria a possibilidade de se poder realizar um ajuste fino através de uma válvula e ao mesmo tempo não haverá perda de produtividade, pois o fluxo total será o mesmo.

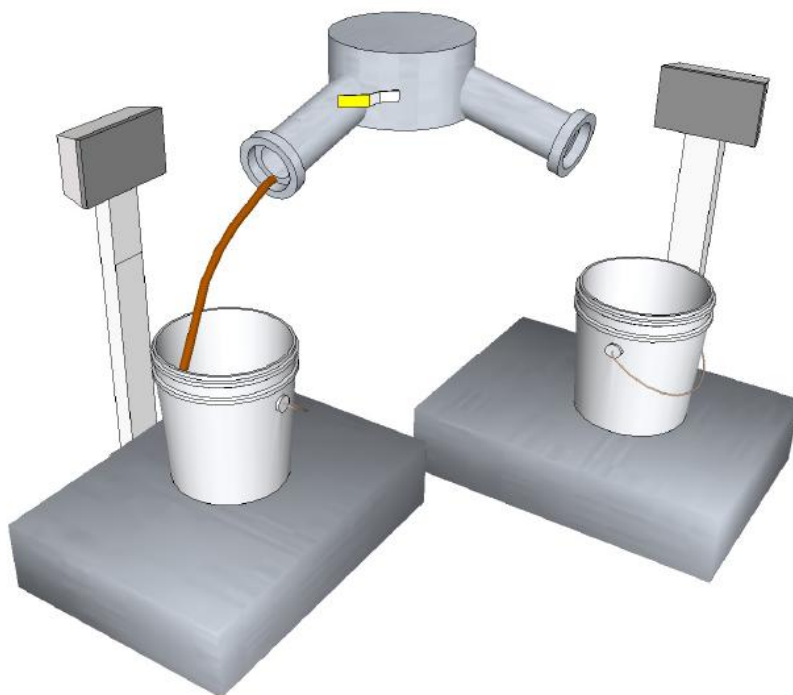


Figura 8.5 - Proposta de solução na Linha Balde

9 PROPOSTAS FUTURAS

9.1 FMEA

A sigla FMEA significa *Failure Mode and Effect Analysis*, que em português pode ser traduzido em Análise dos Modos de Falha e Efeitos. Segundo Palady (2004) esta ferramenta pode ser utilizada de três formas distintas: como uma ferramenta para o prognóstico de problemas, como um procedimento para o desenvolvimento e execução de projetos ou como um diário de projeto (no caso de alterações, devem ser avaliados os impactos e documentados no FMEA). É uma ferramenta de prevenção de problemas e para a identificação de soluções.

Essa técnica é mais eficaz se houver a mobilização de uma equipe multidisciplinar, de preferência com um representante de cada área da empresa e assim, a previsão das falhas será o mais abrangente possível. Quando realizado somente por um indivíduo, este se limitará apenas aos problemas nas áreas de seu conhecimento, empobrecendo a análise.

O FMEA consiste no preenchimento de um formulário, em que se quantifica os impactos de cada falha e a partir destes números é possível encontrar os problemas mais críticos e a ordem em que devem ser tratados. No Apêndice E há um modelo deste formulário. Este é resumido em uma tabela com as colunas:

- Item: qual parte do produto (ou do processo) que está sendo analisada;
- Modo de Falha: problemas que ocorrem ou que podem ocorrer no item;
- Efeito imediato: consequência imediata a falha;
- Efeito potencial: consequências futuras a falha;
- Severidade: nota de 1 a 10 que quantifica o grau do impacto da falha sendo 1 baixo e 10 alto;
- Causa: qual é a causa raiz do problema;
- Ocorrência: nota de 1 a 3 para a frequência de ocorrência da falha sendo 1 baixo e 3 alto;
- Detecção: como esse problema pode ser detectado e uma nota de 1 a 10 para a facilidade da detecção da ocorrência da falha sendo 1 fácil e 10 difícil.
- Ações recomendadas: ações para corrigir e prevenir a ocorrência do problema.

- NPR: É a quantificação final do impacto de cada problema. É dado pela multiplicação das notas severidade, ocorrência e detecção. Quanto maior essa nota, maior é o impacto.

Através da última coluna da tabela é possível identificar os problemas de maior impacto e conseqüentemente priorizar este problema.

9.1.1 Objetivo

O objetivo desta análise é a possibilidade de identificação de características críticas do produto que abririam possibilidades para o desenvolvimento de trabalhos futuros. Dependendo da característica, pode-se até mesmo utilizar o CEP, para monitorar as falhas críticas que foram levantadas pelo FMEA.

9.1.2 Desenvolvimento

Nesta análise, o produto final foi dividido em três partes principais: a embalagem, a caixa (há casos com 5 ou 10 produtos em cada caixa), e o chocolate ou a cobertura em si. A partir destes, foram listadas as falhas ou defeitos que podem ocorrer durante o processo de fabricação e conseqüentemente foi preenchido o formulário do FMEA que se encontra no Apêndice E. O resultado disto é a Tabela 9.1 na página 81.

Item	Modo de Falha	Efeito (potencial) imediato da falha	Efeito (potencial) posterior da falha	Severidade	Causa	Ocorrência	Prevenção	Deteção	Deteção	Ações Recomendadas	NPR
Embalagem	Design Inadequado	Não alinhamento dos requisitos do cliente	Cliente não compra o produto	8	Embalagem mal projetada	1	Revisão do Projeto	Resposta do cliente/mercado	8	Redesenho da embalagem	64
	Cor alterada	Inadequação ao padrão estabelecido	Cliente não compra o produto	7	Erro do Controle de Qualidade	1	Melhor comunicação com o Fornecedor	Inspeção	3	Comunicar Fornecedor	21
	Formato errado	Inadequação ao padrão estabelecido	Cliente não compra o produto	9	Problemas na embalatadora	1	Manutenção preventiva da embalatadora	Inspeção	4	Treinamento do Operador	36
	Mal lacrada	Validade do produto comprometida	Cliente não compra o produto	8	Problemas na embalatadora	2	Manutenção preventiva da embalatadora	Inspeção	4	Treinamento do Operador	64
	Embalagem de outro produto	Inadequação ao padrão estabelecido	Cliente compra produto errado	6	Erro do Operador	1	Check list de Setup	Visual	8	Treinamento do Operador	48
	Impressão da validade e lote errados	Perda de Rastreabilidade	Informações erradas para o cliente	10	Erro do Operador	1	Check list de Setup	Visual	8	Treinamento do Operador	80
	Faltando barras	Inadequação ao padrão estabelecido	Cliente deixa de comprar o produto	8	Erro do Operador	1	Padronização na colocação das barras na caixa	Pesar as caixas	5	Treinamento do Operador	40
	Mal lacrada	Inadequação ao padrão estabelecido	Produtos podem cair das caixas	7	Problemas da máquina	2	Manutenção preventiva da seladora	Visual	2	Treinamento do Operador	28
	Rasgada	Inadequação ao padrão estabelecido	Produtos podem cair das caixas	7	Erro do Controle de Qualidade	1	Maior rigurosidade com o fornecedor	Visual	5	Comunicar Fornecedor	35
	Impressão errada dos dados	Perda de Rastreabilidade	Informações erradas para o cliente	10	Erro do Operador	1	Check list de Setup	Visual	8	Treinamento do Operador	80
Caixa	Bolhas de ar	Produto fora de peso	Cliente deixa de comprar o produto	7	Problemas na etapa de vibração	1	Vibração das formas	Visual	8	Verificar vibração; Treinamento Operador	56
	Textura ou consistência inadequada	Não alinhamento dos requisitos do cliente	Cliente deixa de comprar o produto	8	Matéria Prima; Receita; Temperagem;	2	Teste Laboratório	Resposta do cliente/mercado	1	Corrigir a massa	16
Chocolate/Cobertura	Sabor inadequado	Não alinhamento dos requisitos do cliente	Cliente deixa de comprar o produto	9	Problemas no túnel	1	Teste Laboratório	Resposta do cliente/mercado	1	Corrigir a massa	9
	Superfície esbranquiçada	Inadequação visual do produto	Cliente deixa de comprar o produto	7	Problemas no molde	1	Verificação da temperatura do molde	Visual	3	Treinamento Operador	21
	Manchas	Inadequação visual do produto	Cliente deixa de comprar o produto	8	Moldes sujos	3	Verificação dos moldes	Visual	5	Treinamento Operador	120
	Umidade na superfície	Inadequação visual do produto	Cliente deixa de comprar o produto	8	Muito tempo em contato com o ar	1	Verificação da umidade da sala	Visual	6	Treinamento Operador	48
	Design inadequado	Problemas no processo produtivo	Perda de produtividade	10	Erro de Projeto	1	Revisão do Projeto	Dificuldades de Produção	2	Redesenho do Molde	20
	Quebrada	Inadequação ao padrão estabelecido	Insatisfação do cliente	7	Erro Operacional	3	-	Visual	1	Treinamento Operador	21

Tabela 9.1 - Tabela Resumida do FMEA no produto

9.1.3 Resultados

Através da análise FMEA é possível observar que os quatro Modos de Falha de maior nota são, em ordem decrescente, manchas nas barras com 120 pontos, impressão errada dos dados na caixa e no produto ambos com 80 pontos e embalagem mal lacrada e design inadequado ambos com 64 pontos. Essas notas elevadas são justificadas pela difícil detecção, sendo de total responsabilidade do operador, além de ser humanamente impossível a verificação de todos os produtos e também tem um forte impacto negativo caso chegue ao cliente.

Por isso, todas as ações corretivas, preventivas e de melhoria alcançadas pelo CEP devem sempre considerar o impacto nesses quatro problemas citados, para que não haja surpresas futuras.

Outro resultado importante a ser abordado são as manchas que podem aparecer nas barras devido ao processo ruim de desmolde das barras. No caso, este Modo de Falha teve a maior pontuação NPR e isto faz com que sejam dadas maiores atenções a esse problema. Um possível projeto, seguindo o âmbito do trabalho seria a implantação de um CEP para atributos com o número de manchas em cada barra ou até mesmo binário (barras manchadas ou não manchadas).

9.2 Automatização

Após a generalização do CEP para todas as linhas de produção da fábrica, pode-se estudar a viabilidade de total automatização do processo de pesagem, construção das cartas e apontamento das causas especiais.

Isto pode ser feito com uma balança conectada a um computador. Imediatamente após a pesagem, os dados são enviados ao computador, onde são construídos os gráficos de controle. Ao surgimento de uma causa especial, o computador irá identificá-la e emitir algum sinal sonoro ou luminoso, acelerando o processo.

10 DIFICULDADES PARA A ELABORAÇÃO DO TRABALHO

10.1 Coleta de Dados

Um dos problemas presentes na Harald é a falta de centralização e organização de dados. Quando foi preciso algum dado para a realização do trabalho, foi necessário que o autor buscasse esses dados na rede interna, sendo que estes não estão devidamente arquivados e fazendo com que seja necessária a busca pasta por pasta.

Um recurso alternativo a isto poderia ser pedir esses dados para as pessoas responsáveis de cada área, porém muitas vezes estas estavam muito atarefadas para levantá-los e isto acarretava em uma longa espera.

10.2 Realização de atividades em série

A primeira dificuldade encontrada pelo autor para a elaboração deste trabalho foi a realização de tarefas que dependem de outras pessoas.

Um exemplo disto foi a necessidade do rearranjo das balanças que estavam nas linhas. Para que se iniciasse o trabalho de coleta de dados, era necessário que as balanças estivessem corretamente localizadas, porém a pessoa responsável por este serviço estava muito atarefada no momento e nas semanas seguintes. Para contornar este problema, notou-se que havia na fábrica uma balança inutilizada com uma ótima precisão e assim procurou-se saber o porquê e se era possível utilizá-la apenas para que fossem realizadas as análises. Tal balança estava disponível e os estudos foram iniciados.

Esse problema não é uma situação particular mas sim exemplifica fatos comuns no dia-a-dia de qualquer empresa. Outros problemas como este surgiram no decorrer do tempo, algo que já era esperado. Toda empresa funciona como um sistema e as áreas internas se inter-relacionam, dependendo uma da outra. A primeira atitude a ser tomada é oferecer ajuda ao seu colega de trabalho para que sua necessidade seja atendida. Outra decisão seria encontrar um caminho alternativo, desfazendo a sua dependência desta pessoa. Se estas não forem possíveis, deve-se realizar outras atividades paralelas, adiantando outros trabalhos.

10.3 Informações para o terceiro turno

Como o terceiro turno é das 22 horas às 6 horas, e o horário administrativo é das 8 horas às 17 horas, o autor do trabalho não encontrava esses operadores freqüentemente sendo que para encontrá-los, deveria permanecer em um horário fora de seu expediente.

Conseqüentemente, uma saída encontrada foi instruir o pessoal do primeiro e segundo turno a passarem as informações dadas durante as trocas de turno. Porém, é preciso o acompanhamento para certificar que as informações foram passadas corretamente. Caso fossem encontrados problemas, estes seriam transmitidos pelas mesmas pessoas novamente. Ou seja, os operadores do primeiro e segundo turno serão os intermediadores das conversas entre o terceiro turno e o autor.

Outra saída seria entrar na empresa em um horário fora do expediente que coincida com o horário do terceiro turno, algo que teve de ser feito dependendo da complexidade das informações a serem passadas.

10.4 Paradas na Linha

O paradas nas linhas de produção devido a problemas externos. Como exemplo disto, pode-se citar o caso da interrupção da produção devido a problemas na qualidade do açúcar. Com estas paradas, os estudos iniciais e o preenchimento das cartas tiveram que ser interrompidos e em certos casos tiveram que ser reiniciados.

10.5 Implantação de soluções

Certas soluções, como o caso da obtida através do DOE, são de difícil implantação pois demandam muita mão-de-obra, tempo e materiais. Por isso, não foi possível visualizar quais seriam os impactos destas.

11 CONCLUSÃO

Através da elaboração deste trabalho, foi possível verificar que o sobrepeso é um problema recorrente na empresa Harald e que gera um impacto econômico financeiro muito forte.

Para reduzir este problema, a solução proposta foi a implantação do Controle Estatístico de Processos identificando suas principais causas, para assim desenvolver ações corretivas e preventivas.

Através das análises, foi certificado que é possível implantar o CEP para variáveis e que amostras de tamanho 5 e com frequência de amostragem de meia em meia hora são suficientes para identificar variações significativas. Os dados colhidos deverão ser armazenados em uma planilha de Excel, pois a empresa não se dispôs a comprar um software voltado para o CEP. Nesta planilha é possível construir com gráficos diários e mensais de peso facilidade e também calcular parâmetros como os limites de controle, C_p e C_{pk} .

Depois de colocadas as cartas em prática realizou-se 3 estudos de caso. Na linha de granulados ajustou-se a posição da esteira, na linha do TB1 adicionou-se procedimentos operacionais visando a padronização e na linha de baldes propôs-se uma mudança no processo.

Com o FMEA aplicado ao processo identificou-se que um possível projeto futuro seria a aplicação do CEP de atributos nas manchas presentes nas barras. Outra proposta seria a automatização do CEP, melhorando a sua eficiência.

Por fim, listou-se as dificuldades de elaboração do trabalho como problemas na coleta de dados históricos, dependência de tarefas de outros funcionários, transferência de informações para o terceiro turno, paradas na fábrica e implantação de soluções.

12 REFERÊNCIAS

12.1 Livros

BECKETT, S. T. **Industrial Chocolate Manufacture and Use**. Fourth Edition. York: Wiley-Blackwell, 2009.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. 2ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

HRADESKY, J. **Aperfeiçoamento da Qualidade e da Produtividade: Guia Prático para Implementação do Controles Estatístico de Processo – CEP**. São Paulo: McGraw-Hill, 1989.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

PALADY, P. **FMEA Análise dos Modos de Falha e Efeitos: Prevendo e prevenindo Problemas antes que ocorram**. 3ª Edição. São Paulo: Instituto IMAM, 2004.

RAMOS, A. W. **Apostila utilizada na matéria PRO 2712 – Controle da Qualidade ministrada na Engenharia de Produção da EPUSP**. São Paulo.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema editora, 2006.

12.2 Teses

SANTOS, A. L. D. **A Influência da “Conchagem” na Qualidade Final de Chocolates**. 2006. Monografia (Graduação em Engenharia de Engenharia Química). Faculdade Oswaldo Cruz, São Paulo.

SCHISSATTI, M. L. **Uma Metodologia de Implantação de Cartas de Shewhart para o Controle de Processos**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

12.3 Web Sites

AGENCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITÁRIA. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=8081#>>. Acesso em 10/04/2010

HARALD INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE ALIMENTOS LTDA. Disponível em: <www.harald.com.br>. Acesso em 08/05/2010

ANEXO

ANEXO A - TEOREMA DO LIMITE CENTRAL

Caso a distribuição não seja normal, para a utilização do CEP, é possível tomar amostras e calcular as médias amostrais. Com o aumento do número de amostras ou do tamanho da amostra, mais confiável será a aproximação da distribuição das médias pela distribuição normal.

A Figura A.1 mostra o que ocorre com a distribuição conforme aumenta-se o tamanho da amostra. No primeiro caso encontra-se uma distribuição uniforme e no segundo uma exponencial.

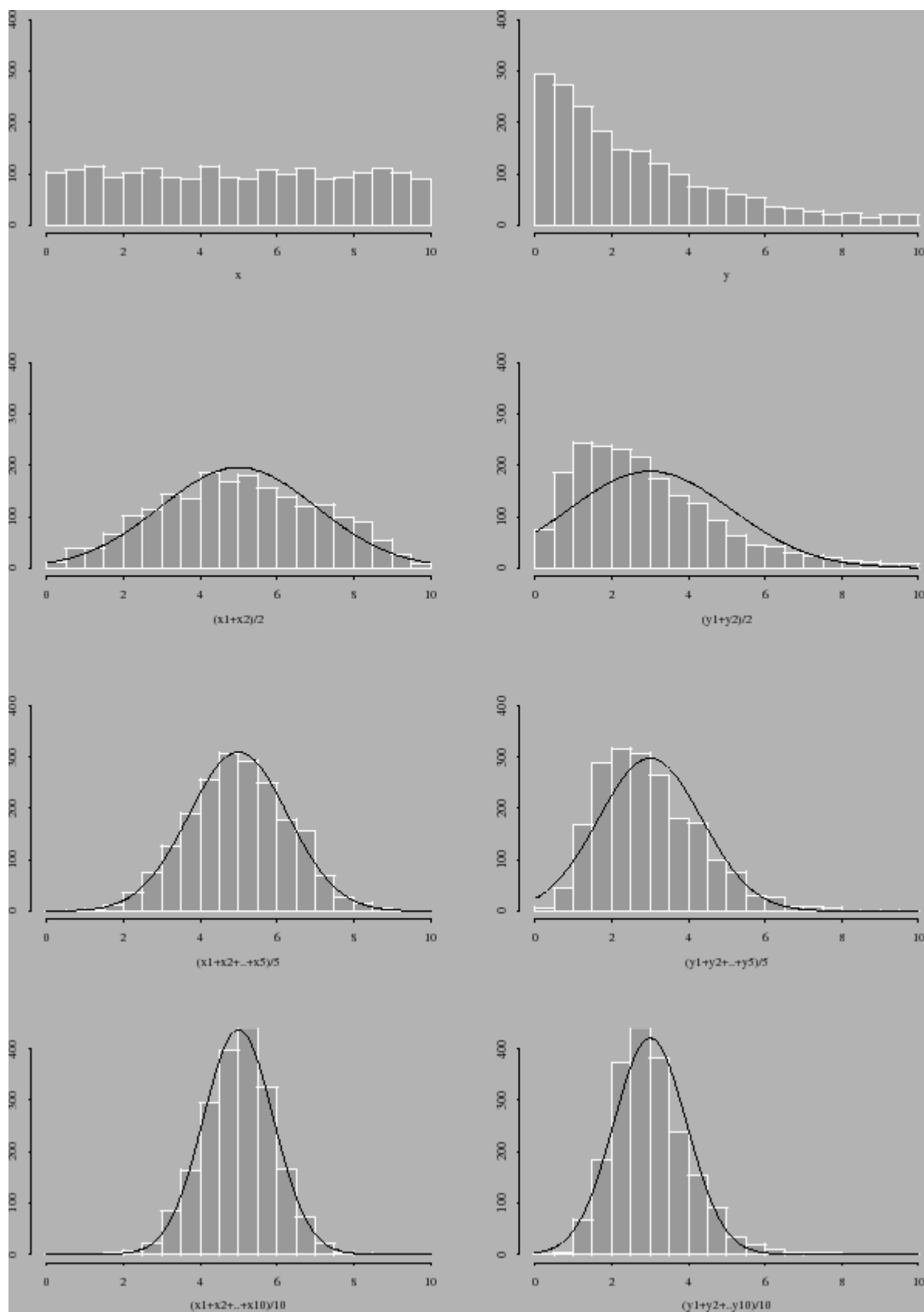


Figura A.1 - Teorema do Limite Central

[illegible]

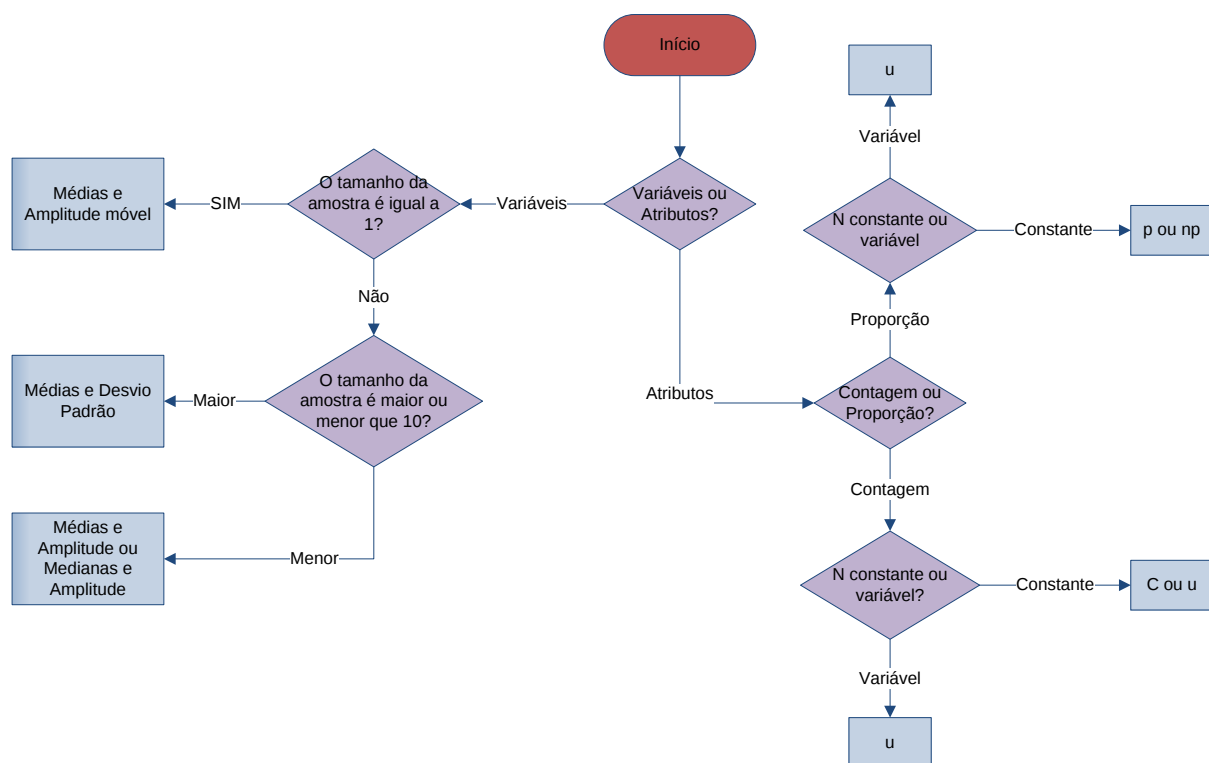
[illegible]

ANEXO F - FORMULÁRIO DE REGISTRO DE AÇÕES

	FORMULÁRIO CEP				Doc.: FR 042 Pág.: 1/2 Revisão: 00 DataRev.:10/05/10	
	RELATÓRIO DE AÇÃO CORRETIVA / PREVENTIVA / MELHORIA					
	Processo:		Emissor:		Data:	
	NÃO CONFORMIDADE	CAUSA	AÇÃO IMEDIATA	AÇÃO CORRETIVA	AÇÃO PREVENTIVA	RESPONSÁVEL

	FORMULÁRIO CEP	Doc.: FR 042	
	RELATÓRIO DE AÇÃO CORRETIVA / PREVENTIVA / MELHORIA	Pág.: 2/2	Revisão: 00
		DataRev.: 10/05/10	
VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DAS AÇÕES TOMADAS			
Descrição das Evidências	Eficaz		Data
	Sim	Não	

ANEXO G – SELEÇÃO DO TIPO DE GRÁFICO DE CONTROLE



ANEXO H – TAMANHO DA AMOSTRA E FREQUENCIA DE AMOSTRAGEM

Tamanho da Amostra

Para definir o tamanho da amostra utiliza-se a curva CCO. No Gráfico H.1 e Gráfico H.2 tem-se as famílias dessas curvas conforme a variação de n , sendo que o primeiro é para as médias e o segundo para o desvio padrão.

O eixo x representa o número de desvios padrões alterados no processo e no eixo y a probabilidade de não se detectar esta variação. Por exemplo, observando o Gráfico H.1 pode-se notar que para $n=20$ e $k=1$ o valor correspondente é 0,1, ou seja, se a sua amostra for de 20 elementos e houver uma variação de 1 desvio padrão no seu processo, a probabilidade de não se detectar essa variação é de 10%.

Para o Gráfico H.2 de desvios padrões, altera-se o k pela razão entre o desvio padrão novo pelo antigo.

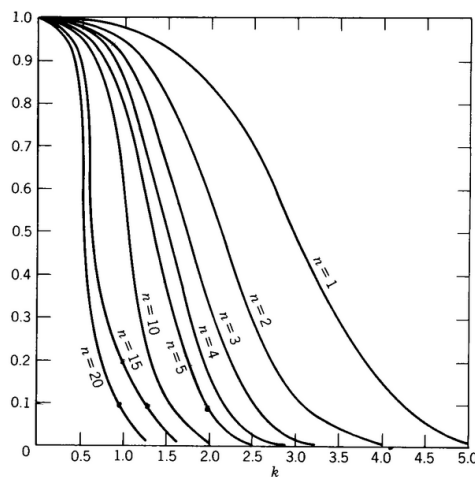


Gráfico H.1 - Curvas CCO para a carta de controle X com limites 3σ (Montgomery, 2004, p.146)

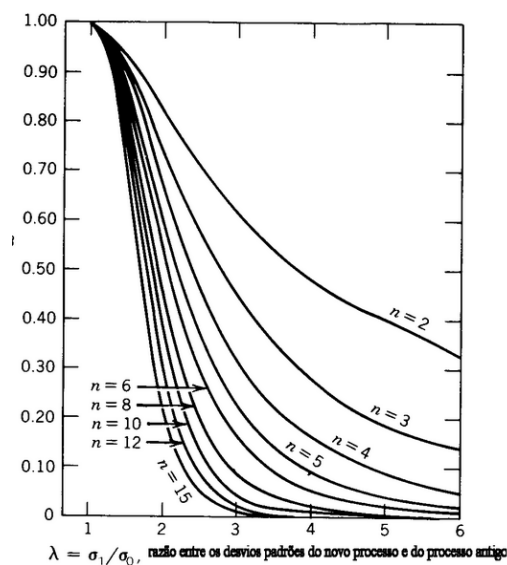


Gráfico H.2 - Curvas CCO para a carta de controle R com limites 3σ (Montgomery, 2004, p.146)

Frequência de Amostragem

Para a definição da frequência de amostragem, utiliza-se um número chamado ARL que representa a quantidade média de amostragens para se detectar uma mudança na média do processo. A Equação H.1 mostra o cálculo do ARL.

$$ARL = \frac{1}{p(\text{probabilidade de um ponto aparecer fora de controle})}$$

Equação H.1 - Cálculo do ARL

No eixo x do Gráfico H.3 tem-se a quantidade de desvios padrões em que a média foi deslocada e no eixo y o número de amostragens necessárias para se detectar esta alteração. Para exemplificar, toma-se a curva $n=16$; uma variação de 1 desvio padrão seria detectada na primeira amostragem, já para uma variação de 0,75 desvios padrões, essa detecção precisaria de duas amostragens.

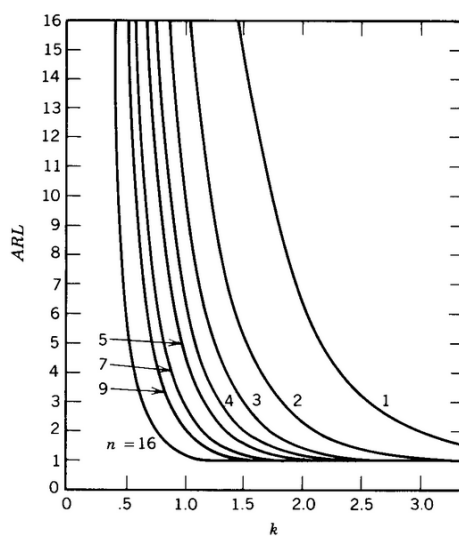


Gráfico H.3 - ARL para a carta X com limites 3σ (Montgomery, 2004, p.147)

Com estes dados encontrados, basta definir o tempo em que este erro pode ocorrer. Seguindo o exemplo anterior se a nossa frequência de amostragem for de hora em hora, para $n=16$ seria necessário duas hora para encontrar a variação de 0,75 desvios padrões na média. Se isso não for aceitável, deve-se aumentar o tamanho da amostra ou a frequência de amostragens.

ANEXO I - APRESENTAÇÃO DO TREINAMENTO

Harald
Você faz melhor com Harald

CEP – Controle Estatístico do Processo

CEP
Controle Estatístico do Processo

1

Harald
Você faz melhor com Harald

CEP – Controle Estatístico do Processo

✓ **O que é o CEP ?**
– CEP é uma técnica estatística para controle do processo, durante a produção.

✓ **Objetivo:**
– Controlar e melhorar a qualidade do produto.

✓ **Atividades:**
– Envolve a coleta, a organização e a interpretação de dados.

2

Harald
Você faz melhor com Harald

CEP – Controle Estatístico do Processo

Por Que Usar o CEP ?

Controle por detecção (100%):

- O produto é controlado acabado não permitindo sua recuperação, causando refugos e retrabalhos que encarecem o produto, deixando a empresa com poucas chances de competir no mercado.
- O controle 100% não garante a qualidade do produto ao cliente devido a erros de medição causados pela fadiga do operador.

3

Harald
Você faz melhor com Harald

CEP – Controle Estatístico do Processo

Tópicos Principais CEP

- Utilização de cartas de controle para verificar o comportamento normal do processo, tendências e variações (aleatórias e causais);
- **Carta de controle:** é um gráfico que estabelece os limites de controle (LSC e LIC) do processo. A carta de controle mostra mudanças no padrão do processo;

4

Harald
Você faz melhor com Harald

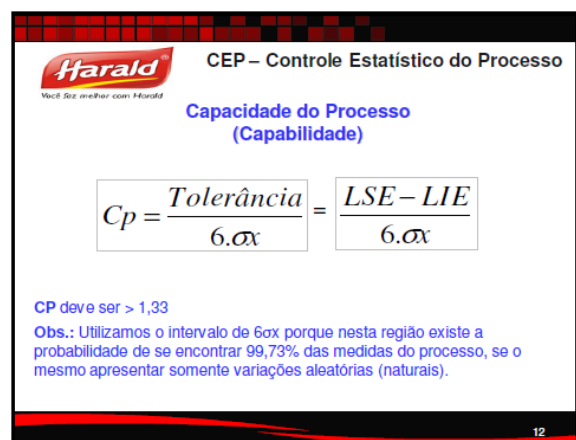
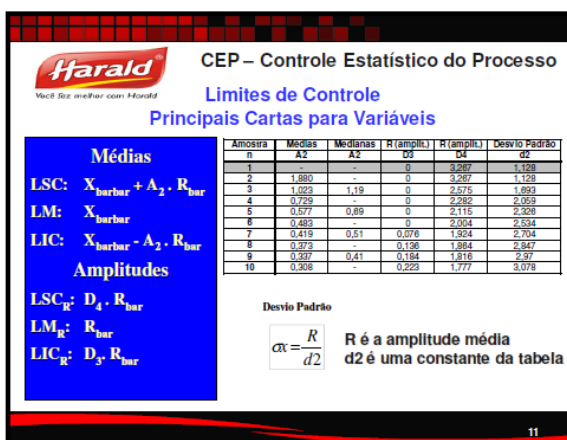
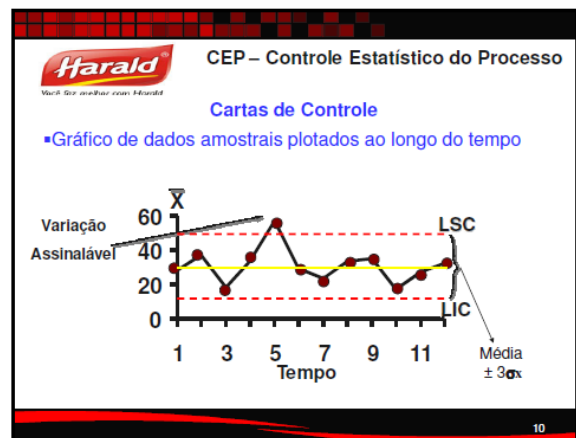
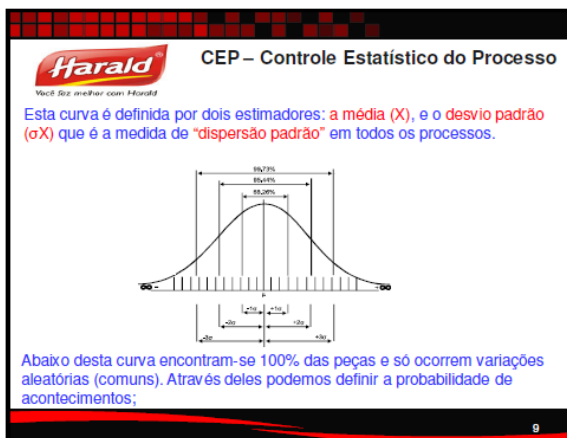
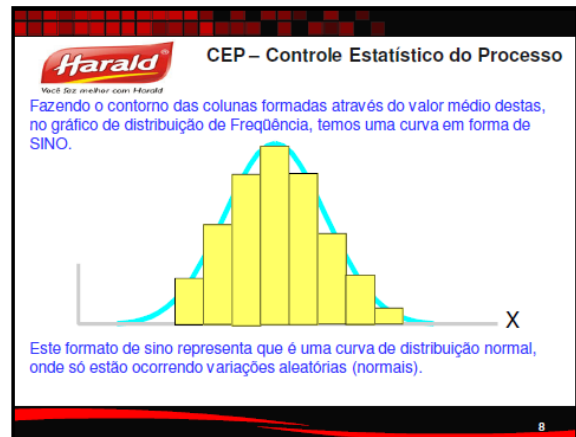
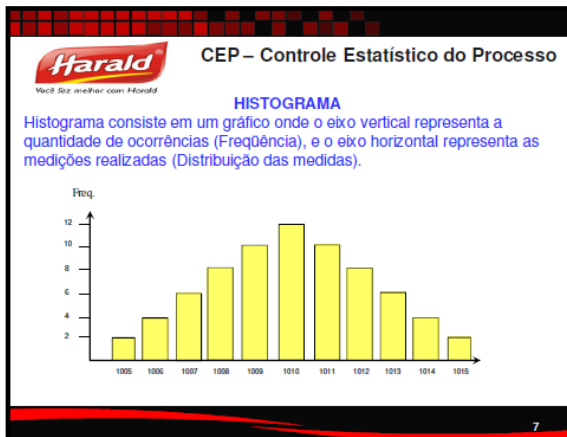
CEP – Controle Estatístico do Processo

5

Harald
Você faz melhor com Harald

CEP – Controle Estatístico do Processo

6



Harald CEP – Controle Estatístico do Processo
Muito São melhor com Harald

Capacidade do Processo (Capabilidade)

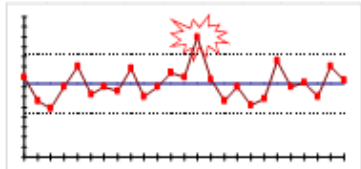
$$CPKs = \frac{LSE - X}{3 \cdot \sigma_x} \quad CPKi = \frac{X - LIE}{3 \cdot \sigma_x}$$

CPK deve ser maior que 1.
 Obs.: CPK é o índice de Capacidade do Processo que leva em consideração a variação e a centralização do processo.

13

Harald CEP – Controle Estatístico do Processo
Muito São melhor com Harald

Sinais Estatísticos de Causas Especiais (Processo Fora de Controle)

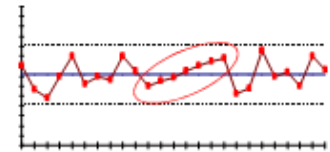


PONTO FORA DOS LIMITES:
 um ou mais pontos acima do LSC ou abaixo do LIC

14

Harald CEP – Controle Estatístico do Processo
Muito São melhor com Harald

Sinais Estatísticos de Causas Especiais (Processo Fora de Controle)



7 PONTOS CONSECUTIVOS
 Acima da LM, Abaixo da LM, Crescentes ou Decrescentes

15

Harald CEP – Controle Estatístico do Processo
Muito São melhor com Harald

Variações no Processo

Todos os processos estão sujeitos a variação, abaixo listamos as causas de variação:

- ✓ **Causas comuns:** Variações aleatórias, são variações inerentes ao processo. Podem ser eliminadas somente através de melhorias no sistema.
- ✓ **Causas especiais:** Indicam problemas no processo, variações devidas a problemas identificáveis, podem ser eliminadas por ação local do operador.

Nosso problema:

- ✓ Controlar variações
- ✓ Entender suas causas
- ✓ Prevenir Ocorrências

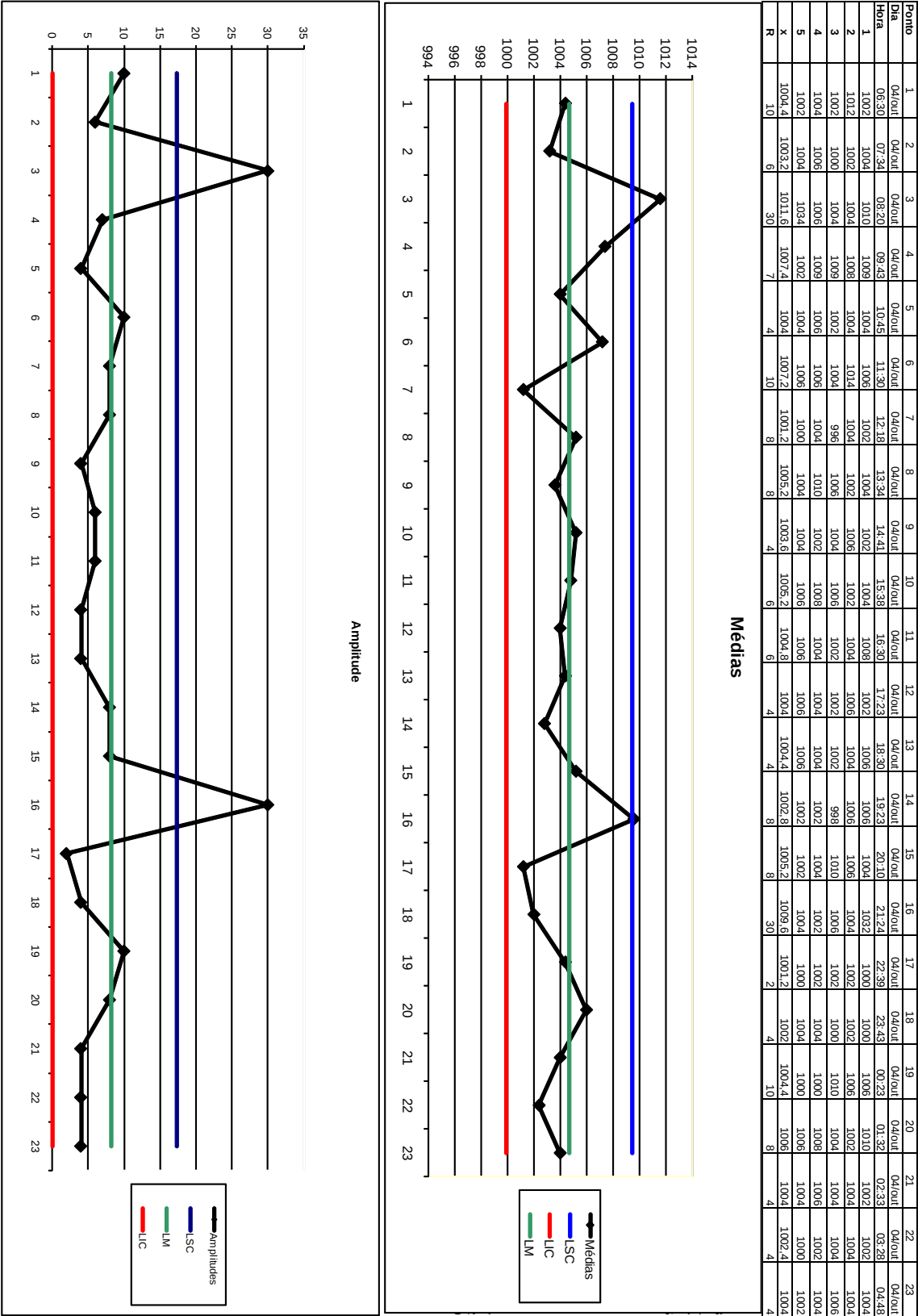
16

ANEXO J - AMOSTRAGEM TESTE HIPOTESE

Amostragem Cobertura					Média	Amplitude
1005	1009	1006	1007	1004	1006,2	5
1006	1005	1007	1006	1003	1005,4	4
1000	1006	1004	1007	1004	1004,2	7
1006	1007	1006	1004	1008	1006,2	4
1001	1007	1006	1010	1012	1007,2	11
1008	1010	1006	1007	1010	1008,2	4
1004	1002	1002	1006	1003	1003,4	4
1005	1005	1008	1006	1009	1006,6	4
1007	1009	1011	1008	1004	1007,8	7
1011	1004	1008	1004	1007	1006,8	7
1008	1012	1007	1004	1007	1007,6	8
1009	1011	1008	1011	1007	1009,2	4
1007	1012	1001	1003	1002	1005,0	11
1007	1008	1007	1005	1003	1006,0	5
1003	1005	1006	1011	1012	1007,4	9
1010	1005	1004	1007	1010	1007,2	6
1008	1008	1007	1009	1010	1008,4	3
1011	1011	1006	1006	1002	1007,2	9
1010	1008	1007	1006	1005	1007,2	5
1011	1010	1001	1007	1008	1007,4	10
1008	1005	1010	1006	1011	1008,0	6
1009	1002	1007	1006	1001	1005,0	8
1010	1004	1009	1008	1006	1007,4	6
1009	1004	1004	1010	999	1005,2	11
1010	1010	1010	1010	1011	1010,2	1
1004	1004	1011	1007	1014	1008,0	10
1001	1015	1011	1002	1000	1005,8	15
1010	1008	1012	1009	1013	1010,4	5
1008	1008	1004	1003	1008	1006,2	5
1006	1006	1011	1004	1005	1006,4	7
Média					1006,907	7
DesvPad					1,586	3,030

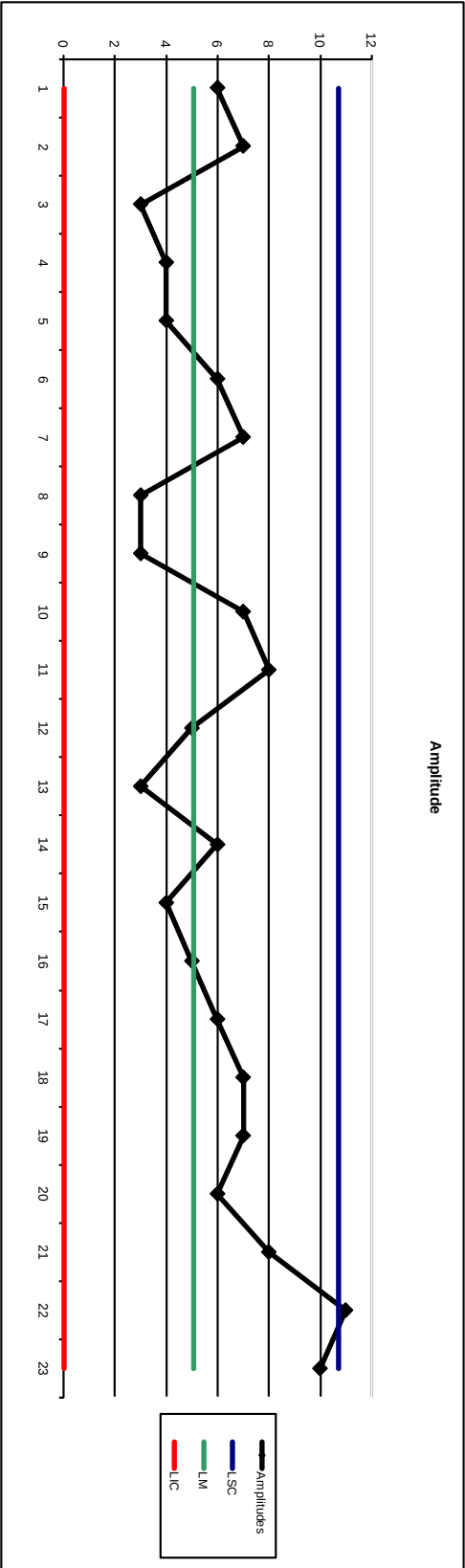
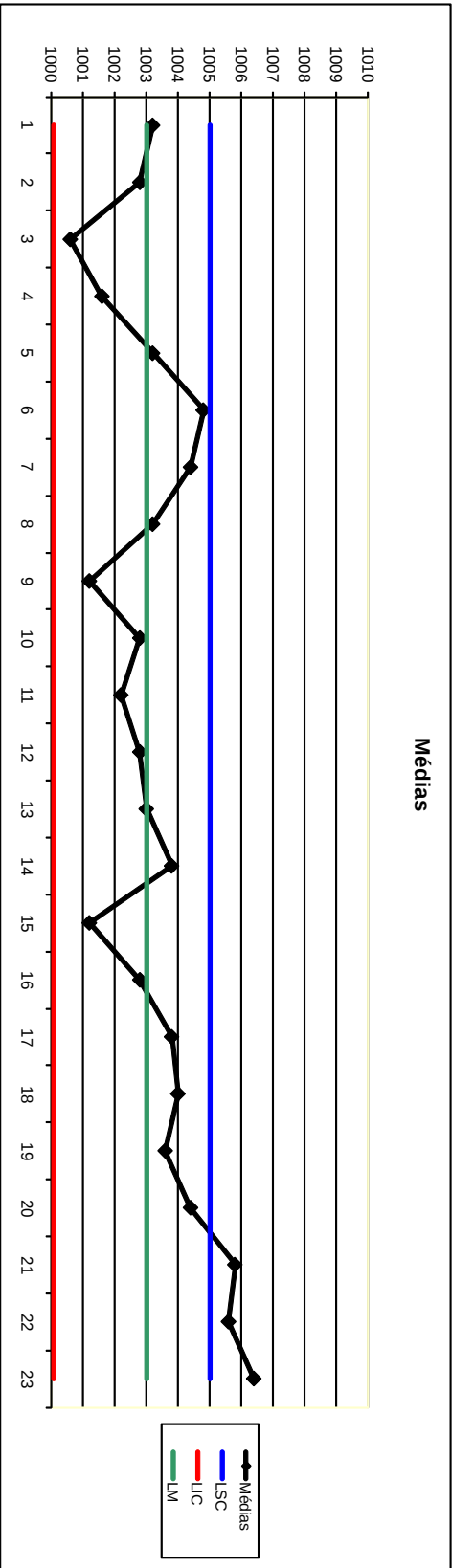
Amostragem Chocolate					Média	Amplitude
1004	1002	1005	1004	1002	1003,4	3
1005	1006	1006	1006	1008	1006,2	3
1004	1004	1001	1008	1005	1004,4	7
1005	1005	1004	1000	1008	1004,4	8
1009	1008	1008	1003	1007	1007,0	6
1007	1003	1006	1003	1007	1005,2	4
1002	1006	1006	1005	1001	1004,0	5
1005	1004	1005	1007	1004	1005,0	3
1006	1010	1003	1009	1004	1006,4	7
1005	1008	1005	1006	1002	1005,2	6
1005	1005	1004	1008	1002	1004,8	6
1003	1006	1005	1007	1003	1004,8	4
1005	1005	1003	1007	1006	1005,2	4
1005	1003	1008	1006	1002	1004,8	6
1005	1007	1004	1004	1007	1005,4	3
1006	1006	1004	1005	1004	1005,0	2
1005	1004	1006	1004	1005	1004,8	2
1006	1008	1005	1007	1009	1007,0	4
1006	1004	1003	1003	1003	1003,8	3
1007	1008	1004	1002	1003	1004,8	6
1004	1007	1004	1006	1009	1006,0	5
1006	1005	1005	1004	1006	1005,2	2
1002	1008	1002	1003	1005	1004,0	6
1008	1002	1005	1010	1009	1006,8	8
1003	1008	1004	1005	1009	1005,8	6
1008	1004	1004	1006	1008	1006,0	4
1005	1007	1003	1003	1006	1004,8	4
1007	1007	1002	1002	1004	1004,4	5
1004	1002	1005	1001	1003	1003,0	4
1003	1002	1005	1003	1005	1003,6	3
Média					1005,040	5
DesvPad					1,031	1,732

ANEXO K - CARTA GRANULADO



ANEXO L - CARTA CRISTALIZAÇÃO

Ponto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Dia	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set	19/set
Hora	06:13	07:20	08:23	09:17	10:15	11:21	12:16	13:17	14:07	15:05	15:58	17:02	18:11	19:28	20:22	22:30	23:24	00:36	01:31	02:29	01:32	03:27	02:35
1	1002	1006	1002	999	1002	1002	1006	1003	1000	1003	998	1004	1004	1004	1001	1003	1000	1007	1004	1005	1004	1001	1005
2	1000	999	1000	1002	1002	1002	1007	1000	1002	1001	1002	1006	1005	1004	1003	1003	1000	1003	1004	1004	1007	1005	1011
3	1003	1003	1003	999	1002	1006	1005	1004	1004	1002	1000	1000	1004	1001	1003	1003	1001	1003	1003	1001	1006	1012	1008
4	1006	1005	1001	1001	1002	1003	1008	1005	1002	1002	1000	1002	1000	1003	1000	1005	1001	1000	1000	1000	1005	1002	1006
5	1005	1001	1001	1002	1003	1002	1007	1005	1003	1002	1005	1001	1003	1003	1004	999	1004	1003	1005	1007	1010	1004	1001
x	1003.2	1002.8	1000.6	1001.6	1003.2	1004.8	1004.4	1003.2	1001.2	1002.8	1002.2	1002.8	1003	1003.8	1001.2	1002.8	1003.8	1004	1003.6	1004.4	1005.8	1005.6	1006.4
R	6	7	3	4	4	6	7	3	3	7	8	5	3	6	4	5	6	7	7	6	8	11	10



APÊNDICE

GRÁFICO DE CONTROLE $\bar{X}/R$

[illegible]

⁶ Fonte: HRADESKY, 1989, p.27

APÊNDICE B - TABELA DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PADRÃO⁷

Tabela A.III-3 Distribuição normal – Valores de $P(0 \leq Z \leq z_0)$ (Fig. 5.6, p. 121)										
z_0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2703	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3461	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3944	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4145	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4265	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4927	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4967	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2	0,4993	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995	0,4995
3,3	0,4995	0,4995	0,4005	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998
3,6	0,4998	0,4998	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,7	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,8	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,9	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000

⁷ Fonte: COSTA NETO ET CYMBALISTA, 2006, p.170

APÊNDICE C - DISTRIBUIÇÃO *T* DE STUDENT⁸

A6.3 Distribuições <i>t</i> de Student — valores de $t_{v,P}$, onde $P = P(t_v \geq t_{v,P})$					
<i>v</i>	<i>P</i>				
	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
50	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678
80	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639
120	1,289	1,657	1,980	2,351	2,618
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

⁸ Fonte: COSTA NETO ET CYMBALISTA, 2006, p.249

APÊNDICE D - CONSTANTES PARA A CONSTRUÇÃO DAS CARTAS DE CONTROLE⁹

Observações na Amostra, <i>n</i>	Gráfico para Médias			Gráficos para Desvios Padrão						Gráficos para Amplitudes						
	Fatores para Limites de Controle			Fatores para Linha Central			Fatores para Limites de Controle			Fatores para Linha Central			Fatores para Limites de Controle			
	<i>A</i>	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>c</i> ₄	1/ <i>c</i> ₄	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄	<i>B</i> ₅	<i>B</i> ₆	<i>d</i> ₂	1/ <i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄
2	2,121	1,880	2,659	0,7979	1,2533	0	3,267	0	2,606	1,128	0,8865	0,853	0	3,686	0	3,267
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	1,1284	0	2,568	0	2,276	1,693	0,5907	0,888	0	4,358	0	2,575
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	1,0854	0	2,266	0	2,088	2,059	0,4857	0,880	0	4,698	0	2,282
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	1,0638	0	2,089	0	1,964	2,326	0,4299	0,864	0	4,918	0	2,115
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,3946	0,848	0	5,078	0	2,004
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,3698	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,3512	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,3367	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,3249	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,3152	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744
12	0,866	0,266	0,886	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,3069	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717
13	0,832	0,249	0,850	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,2998	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693
14	0,802	0,235	0,817	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,2935	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,2880	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653
16	0,750	0,212	0,763	0,9835	1,0168	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,2831	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637
17	0,728	0,203	0,739	0,9845	1,0157	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,2787	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622
18	0,707	0,194	0,718	0,9854	1,0148	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,2747	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608
19	0,688	0,187	0,698	0,9862	1,0140	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,2711	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	1,0133	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,2677	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585
21	0,655	0,173	0,663	0,9876	1,0126	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,2647	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575
22	0,640	0,167	0,647	0,9882	1,0119	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,2618	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,626	0,162	0,633	0,9887	1,0114	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,2592	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557
24	0,612	0,157	0,619	0,9892	1,0109	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,2567	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	1,0105	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,2544	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541

Para *n* > 25.

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}} \quad A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} \quad c_4 \approx \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} \quad B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}} \quad B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

⁹ Fonte: MONTGOMERY, 2004, p. 489

APÊNDICE E - FORMULÁRIO FMEA¹⁰

Item	
Modo de Falha	
Efeito (potencial) imediato da falha	
Efeito (potencial) posterior da falha	
Severidade	
Causa	
Ocorrência	
Prevenção	
Deteção	
Deteção	
Ações Recomendadas	
NPR	

¹⁰ Fonte: PALADY, 2004, p.43