

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

IDENTIFICAÇÃO, MENSURAÇÃO E REDUÇÃO DE PERDAS: O CASO DA
INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE FRICÇÃO

EDEZIO RAMPON

FLORIANÓPOLIS, JUNHO DE 2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EDEZIO RAMPON

IDENTIFICAÇÃO, MENSURAÇÃO E REDUÇÃO DE PERDAS: O CASO DA
INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE FRICÇÃO

Dissertação submetida à Universidade Federal de
Santa Catarina como requisito parcial para obtenção
do título de mestre em engenharia de produção.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Bornia

FLORIANÓPOLIS, 2003

EDEZIO RAMPON

IDENTIFICAÇÃO, MENSURAÇÃO E REDUÇÃO DE PERDAS: O CASO DA
INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE FRICÇÃO

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de junho de 2003

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Antonio Cezar Bornia, Dr.
Orientador, UFSC

Prof. Francisco José Kliemann Neto, Dr.
UFRGS

Prof. Osmar Possamai, Dr.
UFSC

Para minha esposa ISOLETE, meus filhos
GUILHERME e NICOLAS, que sempre
souberam entender a importância daquilo
que me fazia muitas vezes estar ausente.

RESUMO

RAMPON, Edezio. *Identificação, mensuração e redução de perdas: o caso da indústria de materiais de fricção*. Florianópolis, 2003, 152p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Esta dissertação tem como tema a identificação, mensuração e redução das perdas no processo produtivo da indústria de materiais de fricção, visando a redução dos custos de fabricação nesse tipo de processo. O procedimento proposto inclui a utilização de ferramentas de melhoria contínua como instrumentos de apoio na implementação das melhorias necessárias, ressaltando a importância da participação das pessoas como agentes facilitadores. Na aplicação em uma empresa do ramo, percebe-se o quanto é importante a utilização de um procedimento que indique aos grupos de trabalho quais as etapas a serem percorridas para melhor visualizar as oportunidades de melhoria existentes, as causas geradoras das perdas e as possíveis ações a serem implementadas. Os resultados obtidos com a aplicação deste procedimento mostram na prática que a utilização das informações de forma estruturada proporcionam uma melhor visualização das prioridades, orientando a tomada de decisão para a implementação de ações concretas que proporcionem a redução contínua das perdas.

Expressões-chave: perdas no processo produtivo, custos de fabricação, ferramentas da qualidade, melhoria contínua.

ABSTRACT

RAMPON, Edezio. *Identification, measurement and loss reduction: the case of friction material industry*. Florianópolis, 2003, 152p. Paper (Production Engineering Master's) Post Graduation Program in Production Engineering, UFSC, Florianópolis.

The main purpose of this paper is to identify, measure and promote reduction of loss during the production process in friction material industry, aiming at the reduction of production costs in such process. The proposed procedure includes the use of tools for continuous improvement as a means of support in the implementation of the necessary changes, emphasizing the importance of people taking part as facilitators of the process of continuous improvement. Upon procedure application in a friction material company, one realizes how important it is to have the procedure that in order to better perceive the opportunities of existing to improvement, the loss cause and the improvement to introduce. The results obtained with the procedure application confirm that when the information is used in the correct form is easy to better visualize the priority, helping to make of decision to implementation of the action in fact that provide the continuous reduction of loss.

Key expressions: loss during the production process, quality tools, continuous improvement, production costs

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Cezar Bornia pela sua disponibilidade sempre que solicitado, pela sua agilidade no retorno das informações solicitadas e pela sua importante orientação na definição e direcionamento do trabalho.

Ao coordenador do curso de Mestrado em Engenharia de Produção Prof. Dr. Osmar Possamai, que sempre que teve oportunidade buscou passar tranquilidade para todos os alunos e particularmente, também contribuiu para o direcionamento desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Ademar Galelli que me incentivou a participar do curso e me orientou na definição do tema a dissertar e sempre esteve disponível, prestando auxílio, sempre que solicitado.

À empresa onde foi aplicado esse trabalho, em especial seus diretores técnico e industrial e o gerente de produção, pela oportunidade concedida e pelo apoio recebido. Aos demais colaboradores que participaram direta ou indiretamente na aplicação do procedimento abordado.

À minha família, que apesar da minha ausência, sempre souberam compreender e me apoiar, estando ao meu lado, e me dando forças para prosseguir.

Finalmente, a Deus, por ter sempre me dado forças para enfrentar e vencer as dificuldades que surgiram, me mostrando o caminho certo para atingir meus objetivos.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Apresentação do problema.....	17
1.2 Objetivos do trabalho.....	18
1.2.1 Objetivo geral.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 Importância.....	18
1.4 Metodologia.....	19
1.5 Estrutura do trabalho	20
1.6 Limites da pesquisa.....	20
 CAPÍTULO 2 AS PERDAS NOS PROCESSOS PRODUTIVOS E OS SISTEMAS DE CUSTOS.....	 22
2.1 Considerações iniciais.....	22
2.2 Definições básicas de perda.....	23
2.3 Formas de perdas identificadas no processo produtivo.....	24
2.4 Classificação das perdas.....	25
2.5 Eliminação das perdas.....	28
2.5.1 Filosofia da excelência empresarial.....	29
2.5.2 <i>Just-In-Time</i> – <i>JIT</i>	30
2.5.3 As tradicionais ferramentas da qualidade.....	40
2.6 Sistema de custos.....	46
2.6.1 Princípios de custeio.....	46
2.6.1.1 Custeio variável.....	47
2.6.1.2 Custeio por absorção integral.....	47
2.6.1.3 Custeio por absorção ideal.....	48
2.6.2 Métodos de custeio.....	48

2.6.2.1 Método do custo-padrão.....	49
2.6.2.2 Método dos centros de custo – RKW.....	49
2.6.2.3 Método de custeio baseado em atividades – ABC.....	49
2.6.2.4 Método da unidade de esforço de produção – UEP.....	50
2.7 Comentários.....	51
 CAPÍTULO 3 AS INDÚSTRIAS AUTOMOTIVA E DE AUTOPEÇAS.....	 53
3.1 A evolução da indústria automotiva.....	53
3.2 A indústria de autopeças.....	60
3.2.1 A evolução da indústria de autopeças.....	60
3.2.2 Desempenho dos processos produtivos da indústria de autopeças.....	64
3.3 Os materiais de fricção.....	65
3.3.1 A evolução dos materiais de fricção.....	66
3.3.2 Classificação dos materiais de fricção.....	68
3.3.3 Composição dos materiais de fricção.....	69
3.3.4 Os processos da indústria de materiais de fricção.....	71
3.3.5 As perdas na indústria de materiais de fricção.....	75
3.3.5.1 As perdas no processo na forma de sobra de material.....	75
3.3.5.2 As perdas no processo na forma de refugos.....	75
3.3.5.3 Avaliação dos dados.....	77
3.3.5.4 As perdas pela não utilização dos resíduos gerados por esse processo.....	77
3.4 Comentários finais.....	77
 CAPÍTULO 4 PROCEDIMENTO PROPOSTO.....	 79
4.1 Considerações iniciais.....	79
4.2 Etapas do procedimento proposto.....	79
4.2.1 Fase 1: Informações da empresa.....	81
4.2.1.1 Diagnóstico situacional da empresa.....	81
4.2.1.2 Identificar os processos de produção da empresa	82
4.2.1.3 Avaliar as etapas do processo e identificar as principais perdas relacionadas à essas etapas.....	84

4.2.2 Fase 2: Identificação e mensuração das perdas por refugo e sobra de material.....	86
4.2.2.1 Detectar as perdas no processo produtivo.....	86
4.2.2.2 Classificar as perdas.....	88
4.2.2.3 Quantificar as perdas.....	88
4.2.2.4 Custear as perdas.....	89
4.2.2.5 Gerar relatórios referentes às perdas.....	91
4.2.2.5.1 Gerar relatórios de refugos.....	91
4.2.2.5.2 Gerar relatórios da sobra de material.....	94
4.2.3 Fase 3: Avaliação e ações de melhoria para redução das perdas.....	96
4.2.3.1 Priorizar as oportunidades de melhoria.....	96
4.2.3.2 Identificar as causas das perdas no processo produtivo.....	98
4.2.3.3 Planejar e implementar ações para redução das perdas no processo produtivo.....	99
4.2.3.4 Avaliar os resultados e realizar o feedback.....	100
4.3 Comentários finais do capítulo.....	100
 CAPÍTULO 5 APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO PROPOSTO.....	102
5.1 Apresentação da empresa.....	102
5.2 Aplicação prática do procedimento proposto.....	103
5.2.1 Informações da empresa.....	103
5.2.1.1 Diagnóstico situacional da empresa.....	104
5.2.1.2 Identificação dos processos de produção da empresa.....	105
5.2.1.3 Avaliação das etapas do processo e identificação das principais perdas relacionadas à essas etapas.....	109
5.2.2 Identificação e mensuração das perdas por refugo e sobra de material.....	112
5.2.2.1 Detecção das perdas.....	112
5.2.2.2 Classificação das perdas.....	114
5.2.2.3 Quantificação das perdas.....	114
5.2.2.4 Custeamento das perdas.....	115
5.2.2.5 Geração de relatórios referentes às perdas.....	115
5.2.2.5.1 Relatórios da perda por refugos durante o processo.....	116
5.2.2.5.2 Relatórios da perda por sobra de material durante o processo.....	124
5.2.3 Avaliação e ações de melhoria para redução das perdas.....	126
5.2.3.1 Priorização das oportunidades de melhoria.....	126

5.2.3.1.1 Oportunidades de melhoria relacionadas à redução do refugo.....	127
5.2.3.1.2 Oportunidades de melhoria relacionadas à redução da sobra de material.....	128
5.2.3.2 Identificação das causas geradoras das perdas por refugo e sobra de materia l.....	130
5.2.3.2.1 Identificação das principais causas do refugo por má compactação....	130
5.2.3.2.2 Identificação das principais causas da sobra de material durante o processo.....	132
5.2.3.3 Planejamento e implementação de ações para redução das perdas no processo produtivo.....	134
5.2.3.3.1 Ações para redução do refugo.....	134
5.2.3.3.2 Ações para redução da sobra de material durante o processo.....	138
5.2.3.4 Avaliação dos resultados e realização do feedback.....	139
5.2.3.4.1 Avaliação dos resultados em relação ao refugo.....	139
5.2.3.4.2 Avaliação dos resultados em relação à sobra de material.....	144
5.3 Considerações sobre a aplicação do procedimento.....	144
 CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	146
6.1 Conclusões.....	146
6.2 Recomendações.....	148
 REFERÊNCIAS.....	149

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Inputs e outputs</i> de um sistema produtivo genérico.....	24
Figura 2 – Funções do kanban e regras para sua utilização.....	33
Figura 3 – Diagrama de causa e efeito.....	40
Figura 4 – Exemplo de gráfico do tipo histograma.....	41
Figura 5 – Exemplo de gráfico de controle.....	41
Figura 6 – Exemplo de gráfico de Pareto	42
Figura 7 – Estratificação de dados em grupos de máquinas.....	43
Figura 8 – Exemplo de aplicação dos cinco porquês.....	44
Figura 9 – Formulário utilizado para aplicação da FMEA de processo.....	45
Figura 10 – Hierarquização de fornecedores.....	59
Figura 11 – Fluxo do processo com mistura seca - blocos.....	72
Figura 12 – Fluxo do processo com mistura seca - pastilhas para freio.....	73
Figura 13 – Fluxo do processo com mistura úmida - lonas para freio	74
Figura 14 – Etapas do procedimento proposto para identificação, mensuração e redução de perdas.....	80
Figura 15 – Planilha para indicador de refugos da empresa e das famílias de produtos.....	83
Figura 16 – Planilha para indicador da sobra de material da empresa e das famílias de produtos.....	83
Figura 17 – Estrutura geral de uma matriz de identificação de perdas em cada etapa de um processo produtivo.....	85
Figura 18 – Mostruário para identificação de defeitos.....	87
Figura 19 – Planilha de defeitos, origem e causas.....	87
Figura 20 – Planilha para classificação dos refugos.....	88
Figura 21 – Planilha para indicador de refugos da família de produtos.....	91
Figura 22 – Planilha para acompanhamento dos índices de refugo por formulação.....	92
Figura 23 – Planilha para acompanhamento e previsão dos índices de refugo por formulação....	92
Figura 24 – Planilha para indicador dos produtos de maior perda por refugo por formulação....	93
Figura 25 – Planilha para identificação dos principais defeitos por formulação.....	93
Figura 26 – Planilha para indicador da sobra de material da família de produtos.....	94
Figura 27 – Planilha para indicador da sobra de material por tipo de produto.....	95
Figura 28 – Planilha para previsão da sobra de material por tipo de produto.....	96

Figura 29 – Planilha para listagem das prioridades para redução do refugo.....	97
Figura 30 – Planilha para listagem das prioridades para redução da sobra de material.....	97
Figura 31 – Diagrama de causa e efeito.....	98
Figura 32 – Folha da FMEA de processo para identificação das causas do refugo.....	98
Figura 33 – Os cinco porquês para identificação da causa raiz.....	99
Figura 34 – Fluxo simplificado do processo de fabricação de pastilhas para freio.....	108
Figura 35 – Matriz de identificação de perdas aplicada às etapas do processo.....	111
Figura 36 – Mostruário para identificação de defeitos em pastilhas para freio.....	113
Figura 37 – Planilha de defeitos, origem e causas.....	113
Figura 38 – Classificação dos refugos.....	114
Figura 39 – Listagem das prioridades para redução do refugo.....	127
Figura 40 – Representação da sobra de material na retífica de espessura.....	129
Figura 41 – Listagem das prioridades para redução da sobra de material.....	129
Figura 42 – Diagrama de causa e efeito para identificação das causas da má compactação..	130
Figura 43 – FMEA de processo para identificação das causas da quebra de preformas.....	131
Figura 44 – Os cinco porquês para identificação da causa raiz da má compactação.....	132
Figura 45 – Diagrama de causa e efeito para identificação das causas da sobra de material anormal.....	133
Figura 46 – Situação anterior de armazenamento das preformas.....	136
Figura 47 – Situação atual da armazenamento das preformas.....	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação entre o nível de sigma e PPM.....	39
Tabela 2 – Produção de autoveículos nos principais países produtores.....	57
Tabela 3 – Empresas de autopeças brasileiras certificadas ou em processo de certificação.....	62
Tabela 4 – Frota circulante mundial de autoveículos.....	63
Tabela 5 – Percentual médio de empresas que conhecem ferramentas da qualidade.....	64
Tabela 6 – Desempenho produtivo da indústria de autopeças (evolução dos valores médios).....	65
Tabela 7 – Refugo por família de produtos (período 1).....	106
Tabela 8 – Refugo por família de produtos (período 2).....	106
Tabela 9 – Total da sobra de material por família de produtos (período 1).....	107
Tabela 10 – Total da sobra de material por família de produtos (período 2).....	107
Tabela 11 – Refugo da família 3 – pastilhas para freio.....	116
Tabela 12 – Acompanhamento dos índices de refugo por formulação (período 1).....	117
Tabela 13 – Acompanhamento e previsão dos índices de refugo por formulação.....	118
Tabela 14 – Produtos derivados da formulação 0731 com maior perda em função do refugo...	120
Tabela 15 – Produtos derivados da formulação 4321 com maior perda em função do refugo...	119
Tabela 16 – Produtos derivados da formulação 7301 com maior perda em função do refugo...	119
Tabela 17 – Produtos derivados da formulação 8381 com maior perda em função do refugo...	120
Tabela 18 – Produtos derivados da formulação 9601 com maior perda em função do refugo...	120
Tabela 19 – Produtos derivados da formulação 4371 com maior perda em função do refugo...	121
Tabela 20 – Principais defeitos apresentados na produção total do período.....	121
Tabela 21 – Principais defeitos apresentados na formulação 4371.....	122
Tabela 22 – Principais defeitos apresentados na formulação 4321.....	122
Tabela 23 – Principais defeitos apresentados na formulação 8381.....	123
Tabela 24 – Principais defeitos apresentados na formulação 7301.....	123
Tabela 25 – Principais defeitos apresentados na formulação 0731.....	123
Tabela 26 – Principais defeitos apresentados na formulação 9601.....	124
Tabela 27 – Sobra de material da família 3 – unidade de fabricação de pastilhas para freio.....	125
Tabela 28 – Sobra de material por tipo de produto.....	125
Tabela 29 – Previsão da sobra de material por tipo de produto.....	126
Tabela 30 – Dados relativos ao refugo na produção total.....	140

Tabela 31 – Dados relativos ao refugo da formulação 4371.....	140
Tabela 32 – Dados relativos ao refugo da formulação 4321.....	141
Tabela 33 – Dados relativos ao refugo da formulação 8381.....	141
Tabela 34 – Dados relativos ao refugo da formulação 7301.....	142
Tabela 35 – Dados relativos ao refugo da formulação 0731.....	142
Tabela 36 – Dados relativos ao refugo da formulação 9601.....	143
Tabela 37 – Comparativo dos resultados anteriores e posteriores à melhoria implementada.....	143

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O ambiente industrial voltado para a produção em grande escala, vivenciado principalmente após a Segunda Guerra Mundial, impulsionou o consumo de produtos manufaturados e propiciou um expressivo crescimento das indústrias americana e européia. Essa nova realidade fez com que as companhias passassem a buscar novos mercados para seus produtos, criando filiais em países de outros continentes facilitando, assim, a difusão da industrialização.

A forma de produção em grande escala tornou mais difícil o processo de controle da qualidade com foco no produto final pois, para isso, necessitava-se de um grande contingente humano, sem considerar as perdas relacionadas aos produtos devido estarem em desacordo com as especificações, aspectos que somente seriam identificados na inspeção final dos produtos acabados.

Vindo ao encontro a essa nova problemática, as técnicas estatísticas, desenvolvidas na década de 30, por Walter Shewart, passaram a ser utilizadas pelos japoneses na década de 50, por influência dos professores Deming e Juran, passando a ser este o grande diferencial dessas empresas, que obtinham um elevado nível de qualidade com baixo desperdício e custo (ABRANTES, 2001).

No Brasil, as técnicas estatísticas foram introduzidas pela indústria automobilística, que passou a exigir sua utilização na indústria de autopeças. Isso ocorreu nas décadas de 80 e 90, porém, ainda hoje, existe uma certa dificuldade em algumas empresas, para implementar eficazmente essa ferramenta. Isso se deve, na maioria das vezes, à necessidade de um trabalho de aculturação e adaptação, iniciando-se pela alta administração até o nível de produção.

A partir da década de 90, com a abertura de mercado, a competitividade passou a ser um novo ingrediente para estimular uma reavaliação de conceitos e práticas até então utilizados pelas empresas. Esse novo fator passou a mostrar aos administradores uma nova situação, onde o preço de venda é fixado pelo mercado, ao invés do conceito utilizado anteriormente que definia o preço em função do custo e margem de lucro desejada (SHINGO, 1996).

Essa nova realidade fez com que as empresas se defrontassem com uma situação onde as alternativas evidentes passavam pela redução de custos, através da melhoria de meios e processos produtivos e pela redução total das perdas.

Iniciou-se, então, uma corrida à busca pela padronização dos processos, por meio da certificação nas normas série ISO 9000 e programas de melhoria contínua que viessem auxiliar a obtenção desses objetivos. Esses programas de melhoria, na sua maioria de origem japonesa, tais como Kaizen, 5S's, CCQ, TPM, CEP, Redução de Setup, entre outros, possuem seu conceito e sua forma própria para obtenção dos resultados.

Convém salientar que esses programas vêm sendo utilizados com sucesso no Brasil, há alguns anos, e somente não se consolidam quando são mal conduzidos ou quando não possuem o aval da alta administração. Quando isso ocorre, deve-se ao fato das empresas entenderem que os programas simplesmente resolverão todos os problemas, não se preocupando com a valorização, o envolvimento e a qualificação dos recursos humanos (ABRANTES, 2001).

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O índice total de perdas observado na indústria de materiais de fricção, deve representar um montante considerável, pois há refugos e uma parcela de material sendo perdida em decorrência da execução das etapas do processo produtivo (parcela de material denominada “sobra”).

Um agravante que atualmente tem sido observado é a possível proibição do uso das fibras de amianto, o que obriga a utilização de materiais alternativos, tornando mais difícil a conformação desses produtos e, conseqüentemente, podendo vir a agravar essa problemática.

Apenas esforços isolados e ações não sistêmicas não levam à redução dessas perdas, sendo por isso necessária a utilização de uma sistemática visando exclusivamente facilitar a visualização do problema, identificação das principais causas e implementação das ações de melhoria que venham eliminar e/ou reduzir essa problemática.

A proposta definida nesse trabalho é desenvolver um procedimento que, quando utilizado nessas empresas, traga resultados satisfatórios na diminuição das perdas, reduzindo assim o custo dos produtos fabricados.

Dado o contexto que se apresenta nesse tipo de indústria, a pergunta de pesquisa é: como pode-se utilizar as ferramentas da qualidade e programas de melhoria contínua disponíveis, associados ao conhecimento e experiência dos colaboradores, para implementar

um procedimento que venha facilitar a tarefa de reduzir o índice de perdas no processo produtivo de materiais de fricção?

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um procedimento para a identificação, mensuração e redução de perdas em processos de produção de materiais de fricção.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral, elaborou-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e definir quais as perdas relacionadas aos materiais que são comuns nesse tipo de indústria;
- Apresentar as principais ferramentas da qualidade e programas de melhoria contínua que podem auxiliar na redução de perdas nos processos produtivos.
- Propor critérios para escolha de ferramentas para investigação das principais causas geradoras das perdas;
- Propor critérios para escolha de ferramentas e programas que possam melhor contribuir para a eliminação das causas geradoras de perdas;
- Indicar as principais causas que levam à geração de perdas nesse tipo de indústria .

1.3 IMPORTÂNCIA

O alto nível de exigência da indústria automotiva impõe que as empresas fabricantes de autopeças estejam comprometidas com o contínuo aperfeiçoamento de seus processos, visando uma constante melhoria dos níveis de qualidade dos produtos. Eliminar e/ou reduzir as atividades que não agregam valor aos produtos é o ponto de partida para a empresa que pretende manter-se nesse competitivo mercado.

A identificação e a mensuração das perdas nos sistemas produtivos são de grande utilidade quando as informações geradas forem expressas de forma clara facilitando a identificação dos pontos críticos.

A redução contínua das perdas nos processos da indústria de materiais de fricção poderá ser obtida quando for utilizada uma metodologia que esteja focada nos objetivos da empresa e que propicie meios que facilitem a tomada de decisão e a implementação de melhorias de forma sistêmica e definitiva, onde os resultados sejam realmente satisfatórios.

Muitas empresas ainda agem por impulso, atacando os problemas de forma isolada. Essa forma de atuação não alcança bons resultados, pois as ações normalmente não atacam as reais causas geradoras das perdas.

Quando se possui uma sistemática eficiente, e esta é utilizada para o fim a que se propõe, passa-se a absorver um aprendizado contínuo em relação aos problemas e, com isso, percebem-se novas oportunidades em relação a esses processos e produtos.

Nesse contexto, é importante que se busque formas que propiciem a melhoria contínua, visando a redução permanente das perdas de material nos processos produtivos. Para que isso seja possível necessita-se de uma sistemática de mensuração contínua que facilite a visualização dos pontos críticos e o direcionamento de ações concretas que se revertam em resultados práticos. Esse trabalho visa preencher a lacuna gerada pela carência de ferramentas práticas aplicadas na redução de perdas nos processos produtivos, especificamente os da indústria de materiais de fricção, cujas informações disponíveis são bastante limitadas.

1.4 METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa exploratória qualitativa onde foram seguidas as seguintes etapas para o desenvolvimento do trabalho:

- pesquisa bibliográfica sobre os conceitos de perdas nos processos produtivos, ressaltando os aspectos relacionados às indústrias automotiva e de autopeças, enfocando também a relação com os sistemas de custos;
- pesquisa bibliográfica sobre as ferramentas/programas normalmente utilizados pelas empresas para redução de perdas, relacionando-os com a eliminação das causas geradoras no processo;

- elaboração de um procedimento e de uma matriz de identificação de perdas aplicada às etapas do processo produtivo;
- validação do procedimento proposto através da implementação do mesmo em uma empresa.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, descritos a seguir.

No Capítulo 1 encontra-se uma apresentação inicial da dissertação, contendo a descrição do problema, os objetivos traçados, a importância, a metodologia, estrutura e limitações da pesquisa.

No Capítulo 2 estão descritos os conceitos fundamentais obtidos com a revisão bibliográfica, referente aos tipos de perdas, focalizando as perdas relacionadas aos refugos e sobras de material durante o processo de produção.

No Capítulo 3 efetua-se uma descrição sobre o histórico das indústrias automotiva e de autopeças, focalizando na última parte a indústria de materiais de fricção. Procura-se mostrar a evolução dessas indústrias no que se refere às perdas, e as oportunidades futuras, no que se refere ao comércio globalizado.

O Capítulo 4 apresenta o procedimento proposto para a mensuração e redução das perdas decorrentes dos refugos, sobras de material e do valor agregado de produção, onde são apresentados relatórios gerenciais específicos para esse fim.

O Capítulo 5 apresenta uma aplicação prática do procedimento proposto.

No Capítulo 6 é apresentada a conclusão sobre o estudo, bem como as recomendações para trabalhos futuros.

1.6 LIMITES DA PESQUISA

Os limites do trabalho são:

- aborda apenas as perdas relacionadas ao refugos e sobra de material durante o processo produtivo;
- utiliza apenas algumas das já tradicionais ferramentas da qualidade para investigação das causas e das possíveis ações a serem implementadas para a redução das perdas;

- avalia apenas a ocorrência de refugos detectados internamente, não considerando as possíveis falhas decorrentes da não detecção dos defeitos;
- a validação do procedimento proposto é parcial pelo fato de ter sido utilizado em apenas uma empresa para sua aplicação.

CAPÍTULO 2 – AS PERDAS NOS PROCESSOS PRODUTIVOS E OS SISTEMAS DE CUSTOS

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No atual cenário competitivo em que as empresas estão inseridas, torna-se cada vez mais essencial a utilização eficaz de todos os recursos disponíveis para a produção de bens a custos cada vez menores.

De uma forma geral, pode-se dizer que todo o processo que não possui uma eficiência igual a 100%, possui uma perda associada a ele. Essa perda pode ser mais ou menos significativa, dependendo do nível de qualidade no qual a empresa se encontra.

Segundo Bornia (2002), todos os esforços despendidos em uma empresa podem ser divididos em trabalho e perdas, podendo o trabalho agregar ou não valor ao produto. O trabalho que agrega valor pode também ser chamado de trabalho efetivo, ou seja, representa a atividade que realmente aumenta o valor do produto, sendo percebido pelo cliente final. O trabalho que não agrega valor ao produto, também chamado de trabalho adicional, é aquele que não é percebido pelo cliente, mas que é necessário para dar suporte ao trabalho efetivo (atividades de apoio ou de preparação).

Segundo o mesmo autor, as perdas são aqueles recursos gastos que não são necessários ao trabalho efetivo e que também não agregam valor aos produtos, devendo essas ser reduzidas ou eliminadas, pois o custo das perdas normalmente é alocado para o custo dos produtos finais, como é o caso dos itens defeituosos, refugos, sobras e quebras.

Ao se produzir um produto defeituoso ou um refugo, pode-se dizer que o trabalho despendido nesses itens foi inútil, ou seja, não agregou nenhum valor, além de ter gerado uma perda de matéria-prima. Em muitos casos, o valor agregado é maior que o custo da matéria-prima despendida para a produção de um determinado produto sendo assim, perdido juntamente com a matéria-prima, no caso desse produto ser refugado.

2.2 DEFINIÇÕES BÁSICAS DE PERDA

Para Bornia (2002, p. 41), “perda normalmente é vista na literatura contábil como o valor dos insumos consumidos de forma anormal e involuntária”. Essas perdas não são desejadas no processo produtivo e não devem ocorrer sob condições normais e eficientes de operação. Unidades perdidas em condições anormais não são incluídas como parte do custo de produtos acabados, mas são tratadas como custo do período (VANDERBECK & NAGY, 1999).

Por outro lado as perdas normais são previstas no processo produtivo e não podem ser evitadas. Elas representam um custo necessário para se produzir as unidades a serem vendidas. Normalmente, as perdas normais são tratadas como custos de produtos; isso significa dizer que o custo das unidades perdidas é incluído como uma parte do custo de todas as unidades acabadas. Em consequência disso, o custo unitário das unidades comercializáveis é maior do que se não tivesse havido perdas, devido ao menor número de unidades a serem distribuídos os custos de produção para o período (VANDERBECK & NAGY, 1999).

Pode-se entender que as perdas são constituídos pelas atividades que não agregam valor e que resultam em gastos de tempo, dinheiro, recursos sem lucro, além de adicionarem custos desnecessários aos produtos (BRIMSON, 1996).

A utilização de recursos escassos é uma perda a que a sociedade é submetida, principalmente quando esses recursos são utilizados de forma indevida. Esses recursos escassos vão desde o material, mão-de-obra e energia perdidos, até a perda de horas de treinamento e aprendizado que a empresa e a sociedade perdem devido, por exemplo, a um acidente de trabalho (ROBLES JR., 1994)

No ambiente competitivo em que as empresas estão inseridas, o fator custo passa a ser-lhes cada vez mais importante para a própria sobrevivência destas a médio e longo prazos.

A perda no processo produtivo talvez seja para muitas empresas um ponto a ser explorado, principalmente para aquelas que ainda não possuem um controle efetivo sobre o seu consumo desnecessário. A redução da perda é uma oportunidade, porém muitos administradores ainda não se deram conta de quanto podem ganhar com isso.

Coral (apud WERNKE, 1999, p. 29), salienta que para justificar os investimentos em qualidade, deve-se avaliar se esses irão trazer retorno para a organização. Assim, informações corretas devem ser repassadas aos gerentes, para que estes possam direcionar esforços para transformar perdas em ganhos de produtividade e lucratividade.

É difícil conceber um produto perfeito, cuja fabricação envolve também um processo perfeito sem perdas. Porém, se for considerado que, para a confecção desse produto, existe uma perda normal atrelada a ele, estaria sendo admitindo um certo percentual de ineficiência. Os programas de melhoria contínua visam a redução permanente da perda, cujo valor-alvo é zero, por mais distante que isso pareça estar. O aproveitamento de material é definido pela relação entre a quantidade de material que compõe o produto final e a quantidade de material utilizada no início do processo. Dessa forma, há uma situação extrema quando um produto é rejeitado, com perda de 100%, e a outra situação extrema, que é o que se busca, onde todo o material utilizado para a fabricação de um artefato continua presente no produto acabado.

Atingir um índice de aproveitamento próximo de 100% é possível em determinados processos que não requerem acabamento. Porém, para outros, é inevitável que hajam sobras de material e um certo percentual de rejeitos durante o processo. Assim, neste trabalho, as perdas normais também serão consideradas.

2.3 FORMAS DE PERDAS IDENTIFICADAS NO PROCESSO PRODUTIVO

Como este trabalho está focado na redução das perdas no processo produtivo, deve-se identificar todas as formas de geração dessas perdas, ou seja, identificar as saídas (*outputs*) de um sistema produtivo.

Segundo Robles Jr. (1994, p. 29), todos os processos de fabricação recebem entradas (*inputs*) na forma de recursos físicos, humanos e monetários. Os *outputs* desses processos deveriam ser produtos adequados para o uso; porém, nem todos os *inputs* se transformam em produtos bons. Os processos geram outros tipos de *outputs*; essas saídas consistem em refugos, unidades defeituosas, quebra e sobras conforme mostrado na Figura 1.

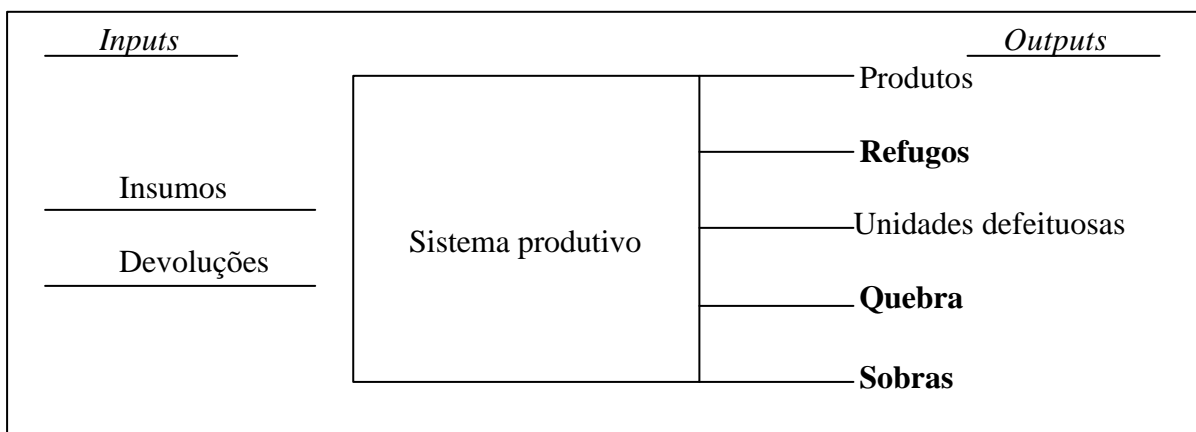


Figura 1: *Inputs* e *outputs* de um sistema produtivo genérico. (Fonte: ROBLES JR., 1994)

De acordo com os *outputs* de um processo produtivo, mostrados na Figura 1, e considerando as definições que serão empregadas no decorrer deste trabalho, conclui-se que apenas os refugos, sobras e quebra constituem-se em perda de material, pois as unidades defeituosas são produtos que podem ser comercializados após a execução de retrabalho, tendo com isso um maior custo agregado. Nesse caso, as definições descritas pelo autor serão revistas e enquadradas para atender ao foco deste trabalho. Os conceitos a serem empregados são:

Perda: toda a ocorrência de refugos, sobras e quebra em um processo produtivo, independentemente da utilização posterior ou não dos resíduos decorrentes dessa perda.

Refugo: parte da produção que não está conforme aos padrões dimensionais ou de qualidade, sendo então rejeitada e vendida por seu valor de disposição, ou ainda acondicionada e tratada conforme legislação vigente, quando esse rejeito não tiver aproveitamento posterior (ROBLES JR., 1994);

Sobras: parcela de material que se perde, durante as operações do processo produtivo, ou ainda é um resíduo de certas operações fabris, tais como estampagem, usinagem; ou de corte, independentemente se a sobra é ou não necessária pois, de acordo com o conceito aqui empregado, há uma quantidade de matéria-prima sendo descartada, constituindo-se em uma perda (ROBLES JR., 1994).

Quebra: material que encolhe ou evapora em decorrência das etapas de um processo produtivo como por exemplo, os gases ou solventes que se desprendem dos produtos durante etapas de transformação química.

2.4 CLASSIFICAÇÃO DAS PERDAS

Os conceitos de perda apresentados podem ser melhor entendidos ao se apresentar a classificação detalhada proposta por Shingo (1981), que propõe a divisão das perdas em sete categorias, conforme segue: superprodução, transporte, espera, processamento, movimento, produção de produtos defeituosos e estoque. Bornia (2002) acrescenta um oitavo tipo, que é a perda de matérias-primas.

a) Perda por superprodução: refere-se à prática de produzir itens em quantidade maior que o necessário ou antecipadamente à demanda, levando em conta a grande possibilidade desses produtos serem comercializados no futuro. Não há perda mais terrível em uma empresa do que a superprodução (OHNO, 1997). A superprodução provém, em geral, de problemas e

restrições no processo produtivo, normalmente observada em empresas que ainda possuem: altos tempos de preparação de equipamentos; incerteza quanto à ocorrência de problemas de qualidade e confiabilidade de equipamentos, levando a produzir mais do que o necessário; falta de um maior entendimento e coordenação entre as necessidades (demanda) e a produção, em termos de quantidades e momentos (CORRÊA, 1993). Existe uma grande dificuldade em sincronizar os *setups* das máquinas, quando estas estão agrupadas em departamentos, não dando-se assim ênfase às técnicas de troca rápida de ferramentas. Isso leva o setor de Planejamento e Controle da Produção – PCP a programar grandes lotes de fabricação para que haja diluição desses custos (TUBINO, 1999);

b) Perda por transporte: refere-se basicamente às atividades relacionadas à movimentação de materiais, as quais normalmente não adicionam valor ao produto (BORNIA, 2002). “Esta movimentação de materiais somente se faz necessária devido a restrições do processo e das instalações, que impõem grandes distâncias a serem percorridas pelo material ao longo do processamento.” Considerados como perda de tempo e de recursos, esse tipo de atividade deve ser eliminada ou reduzida ao máximo, por meio de uma melhor distribuição dos equipamentos e visando à eliminação de deslocamentos desnecessários entre as etapas do processo (CORRÊA, 1993, p. 68). Tubino (1999) destaca as grandes distâncias a serem percorridas entre cada operação, quando o *layout* for departamental, gerando a necessidade de carregamento, transporte e descarregamento dos itens de máquina. Essas funções aumentam de complexidade e custos proporcionalmente ao tamanho dos lotes;

c) Perda por espera: segundo Ohno e Shingo Apud Ghinato (1996), existem dois tipos de perda por espera: a espera dos trabalhadores, que acontece quando o operário tem que ficar junto à máquina, acompanhando o processo do início ao fim, e a perda na espera de equipamentos ocasionada pela parada de uma máquina, por atrasos no suprimento de matéria-prima, ou por desbalanceamentos do fluxo de produção. Os principais fatores que contribuem para o aumento dessa perda são: elevado tempo de preparação, falta de sincronização da produção e falhas não-previstas no sistema produtivo. Uma atenção especial em relação a esses fatores negativos deve ser dispensada, a fim de se reduzir esse tipo de perda (ANTUNES JR., 1994b Apud BORNIA, 2002);

d) Perda no processamento: corresponde às atividades de transformação que podem ser evitadas sem que o produto tenha prejuízos, ou seja, mantendo suas características básicas de qualidade e desempenho. Essa perda fica clara quando, em um determinado produto, estiver

sendo realizada uma operação de transformação desnecessária (BORNIA, 2002). Para facilitar a identificação desse tipo de perda, deve-se questionar, por exemplo, “por que determinado item ou componente deve ser feito?”, “qual a função no produto?”, “por que essa etapa do processo é necessária?”. Nesse sentido torna-se importante a aplicação de metodologias de engenharia e análise de valor, que podem orientar para a simplificação ou redução de componentes/operações necessárias para produzir determinado produto. Dessa forma, qualquer elemento que esteja adicionando custo e não esteja agregando valor deve ser alvo de investigação e eliminação (CORRÊA, 1993);

e) Perda no movimento: a movimentação dos trabalhadores pode ser dividida em perda e em trabalho. A perda é definida como sendo a movimentação repetida e desnecessária para a execução da tarefa. Por sua vez, o trabalho pode ser dividido em trabalho sem valor adicionado e com valor adicionado. O trabalho sem valor adicionado também deve ser considerado uma perda no sentido convencional; por exemplo, deslocar-se para apanhar peças, operar duas máquinas distantes uma da outra e assim por diante. Assim, todo o movimento realizado pelo operador da máquina, dentro da área de produção, deve ser movimento de trabalho ou movimento que agrega valor. (O fato de que o operador está se movimentando não significa que o operador está trabalhando. Trabalhar, no sentido mais amplo, significa fazer com que o processo avance continuamente com o objetivo de concluir a tarefa.) (OHNO, 1997);

f) Perda por produção de produtos defeituosos: esse tipo de perda é originado quando da confecção de itens fora das especificações de qualidade. Dentre os sete tipos de perda, a perda por produção de produtos defeituosos talvez seja a mais fácil de ser evidenciada, pois requer espaço para acondicionamento, disponibilidade maior de matéria-prima para a reposição dos defeituosos e ainda a falta destes na linha de montagem ou embalagem. De fato, uma das grandes necessidades da empresa moderna é a busca contínua pela excelência na produção. Sem isso, ela não consegue se tornar competitiva no mercado moderno. Portanto, pode-se dizer que o combate à perda por fabricação de produtos defeituosos é fundamental para o controle das demais perdas. A confiabilidade no processo e a rápida identificação de problemas devem ser buscadas, para que esse tipo de perda seja reduzida continuamente (BORNIA, 2002);

g) Perda por estoque: O acúmulo de estoques nos departamentos ou em almoxarifados centralizadores é uma característica predominante dos *layouts* departamentais, os quais

convivem com grandes lotes de fabricação e filas de espera nas máquinas. Nesse caso, é comum que os clientes (internos ou externos) sejam atendidos com itens do próprio estoque. As perdas de estoque podem acontecer pela manutenção de reservas de matérias-primas, material em processo e produtos acabados (TUBINO, 1999).

A maior de todas as perdas é o estoque em excesso. Quando os produtos estocados não são completamente controlados, podem surgir insuficiências. Assim, apesar da produção diária atender à quantidade planejada, pode dar a impressão de falta de capacidade da fábrica, e conseqüentemente influenciar na compra de novos equipamentos, iniciando um círculo vicioso de perda que gera perda (OHNO, 1997)

h) Perda de matérias-primas: acrescida por Bornia (2002) que a classifica como sendo a utilização anormal de matérias-primas ou seja, consumo de matérias-primas acima do estritamente necessário à confecção do produto. Pode-se exemplificar esta perda através de casos práticos bastante comuns, ou seja, projeto superdimensionado, uso de matéria-prima com excesso de espessura, provocando excesso de resíduos de usinagem, entre outros. Esse tipo de perda é facilmente identificado; porém, é necessário que haja padrões para facilitar o processo, permitindo assim que se opere com uma folga mínima possível, sem que haja eventualmente rejeitos por falta de matéria-prima, o que passaria a ser uma perda ainda maior.

2.5 ELIMINAÇÃO DAS PERDAS

Para Paladini (1997), a atividade inicial de qualquer programa de melhoramento do processo produtivo é a organização interna dos setores produtivos. Esse processo começa com uma completa limpeza. Não se trata, é claro, apenas de varrer o chão, tirar o pó e juntar o lixo, mas de eliminar as perdas a partir de suas fontes. Uma avaliação criteriosa do setor pode mostrar o grau de obsolescência de alguns equipamentos, material inapto para uso, peças rejeitadas e dispositivos em desuso. Pode também revelar documentos que contêm informações redundantes, ou mesmo desnecessárias, os quais, por sua vez, denunciam processos de coleta inúteis e arquivos dispensáveis. Uma ação de limpeza pode acusar excessos produzidos e, eventualmente, atestar o volume de refugos produzidos, ou seja, detectar falhas de processo, que devem ser corrigidas prontamente e ter suas causas analisadas, para que se possa adotar uma ação preventiva.

Segundo o mesmo autor, a organização do espaço físico tem sido considerada como a estratégia em que são mais visíveis os resultados decorrentes dos programas de redução de perdas, até pelo impacto visual que provocam.

Não existe um método mágico. Ao invés disso, faz-se necessário um sistema de gestão total que propicie o desenvolvimento da habilidade humana até sua mais plena capacidade, a fim de melhor realçar a criatividade e a operosidade, para utilizar bem instalações e máquinas, e eliminar todo o tipo de perda (OHNO, 1997)

Para Player e Lacerda (2000, p. 27)

A melhoria dos processos reside no centro das modernas técnicas de gestão. Com foco na identificação das causas de variações, perdas e ineficiência, a melhoria de processos inclui esforços de mudança tanto incrementais como de grande porte, para aumentar o valor criado pelos recursos consumidos por uma organização.

Ao se admitir que instalações precárias, má distribuição dos equipamentos (lay out), ambiente sujo e desorganizado, processos mal planejados entre outros fatores indesejáveis contribuem para a geração perdas, admite-se também que o esforço visando a eliminação desses fatores contribui para a redução contínua dessas perdas. Dessa forma, é importante que sejam introduzidas metodologias com vistas à melhoria dos processos produtivos, possibilitando a eliminação de causas que possuem relação direta com a problemática em questão. Dependendo do tipo de indústria, esses fatores podem ter maior ou menor relação com as perdas, sendo então necessário uma avaliação preliminar de qual das técnicas apresentadas pode melhor contribuir para o processo produtivo específico. A seguir aborda-se a filosofia da excelência empresarial, o *Just-In-Time* e as tradicionais ferramentas da qualidade com o objetivo de facilitar a elaboração do procedimento a ser apresentado no Capítulo 4.

2.5.1 FILOSOFIA DA EXCELÊNCIA EMPRESARIAL

Segundo Harrington (1993), na fase final de correção de um processo, este pode ser considerado perfeito, quando estiver funcionando adequadamente e atendendo às exigências dos clientes. Muitas empresas se contentam e estão dispostas a parar nessa etapa; porém, empresas de padrão internacional sabem que aperfeiçoamentos complementares não são apenas possíveis, como também necessários. Pode-se sempre exceder as exigências do cliente e ainda reduzir custos e aumentar os lucros. Deve-se sempre buscar um processo que seja competitivo e inovador, aprendendo a pensar e agir em novos termos.

Segundo Nakagawa, um novo paradigma para a produção, difundido mundialmente, como “Filosofia de Excelência Empresarial” ou “Manufaturadora de Classe Mundial”, vem fazendo com que as empresas de classe mundial busquem pelo mundo afora os melhores (*benchmarks*) processos e técnicas de manufatura, a fim de que possam competir simultaneamente em todas as quatro dimensões competitivas: preço, qualidade, confiabilidade e flexibilidade. “Para se transformar em uma empresa manufaturadora de classe mundial, é preciso que haja uma dinâmica crucial entre as filosofias de excelência, estratégia competitiva e produção propriamente dita.” (1991, p. 23)

Segundo Hugué (apud NAKAGAWA 1991), a filosofia de excelência das empresas conta com dois princípios fundamentais: contínuo aperfeiçoamento e eliminação de perdas.

Para Nakagawa (1991, p. 24), “o princípio do contínuo aperfeiçoamento implica reconhecer que a produtividade, qualidade, serviços ao consumidor e a flexibilidade com relação às mudanças de desenho e programação de produção de produtos devem melhorar continuamente”. Deverá haver sempre espaço para melhorias posteriores, de tal maneira que uma melhoria conduza imediatamente a outra, estabelecendo-se assim um processo cíclico.

Para o mesmo autor, o princípio da eliminação de perdas implica reconhecer que perda é algo que não agrega valor ao produto. São gastos que podem ser eliminados sem prejuízo da qualidade e quantidade da produção de bens, serviços ou receitas. Para atingir o alto grau de excelência profissional, é necessário eliminar ou minimizar todas as formas de perdas inerentes ao processo produtivo. Toda a filosofia da Excelência Empresarial está sustentada por três pilares, que têm como base os princípios do contínuo aperfeiçoamento e a eliminação de perdas: fazer as coisas corretas na primeira vez, haver rápida preparação das máquinas e células de produção e contar com o envolvimento dos funcionários.

2.5.2 *JUST-IN-TIME – JIT*

Segundo Ohno (1997), a base do Sistema Toyota de Produção é a eliminação total das perdas. Os dois pilares necessários à sustentação do sistema são: *Just-In-Time* e automação, ou automação com um toque humano.

Para o autor, *Just-In-Time* “significa que em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária”.

Shingo (1996, p. 103) diz que, em japonês, a expressão *Just-In-Time* significa “no momento certo”. Porém, salienta que uma melhor tradução para o inglês seria *Just-On-Time*,

ou seja, “em tempo”, exatamente no momento estabelecido. *In Time*, em inglês, significa “a tempo”, ou seja, “não exatamente no momento estabelecido, mas um pouco antes, com uma certa folga”. No entanto, o termo sugere muito mais que se concentrar apenas no tempo de entrega, pois isso poderia estimular o excesso de produção e daí resultar esperas desnecessárias. Na verdade, cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário – *Just-On-Time*, ou seja, no tempo certo, sem geração de estoque. Para os japoneses, os estoques ocultavam problemas e, à medida que as empresas começaram a utilizar o JIT, com a intenção de reduzir seus estoques, vários problemas surgiram, tais como: problemas de qualidade, gargalos de produção, problemas de coordenação, obsolescência, perdas que antes não eram percebidas, quebras e não confiabilidade dos fornecedores. A solução para esses problemas estava em produzir somente o que era solicitado, evitando estoques desnecessários. Com isso, buscava-se a racionalização dos processos de produção, a eliminação geral das perdas e a maior visibilidade dos problemas de produção, permitindo grandes reduções nas perdas relacionadas aos materiais por toda a fábrica (SHINGO, 1996).

Segundo Corrêa (1993), além do esforço de eliminação das perdas, o JIT se caracteriza pela não-aceitação da situação atual, ou seja, não concorda com a acomodação. Na abordagem tradicional, as metas costumam ser estáticas, ao menos para determinado período, geralmente o ano fiscal. As metas funcionam como padrões, com base nos quais é exercida a atividade de controle que procura minimizar os afastamentos que ocorrem em relação a esses padrões.

No JIT, as metas são muito ambiciosas, ou seja, nada menos que:

- Zero defeitos;
- Tempo zero de preparação (*setup*);
- Estoque zero;
- Movimentação zero;
- Quebra zero;
- *Lead time* zero;
- Lote unitário (uma peça).

Embora possam parecer muito ambiciosas aos olhos da abordagem tradicional, essas metas garantem o processo de esforço para melhoria contínua e não-aceitação ou complacência da situação atual (CORRÊA, 1993).

Para Paladini (2000, p. 114), “o conceito de qualidade de conformação induz a um confronto entre dois elementos básicos: o custo gerado pelo produto isento de defeitos e o custo gerado pela presença de defeitos no processo ou no produto. O modelo considera os seguintes pressupostos”:

- custo que não produz peças defeituosas, teoricamente tende ao infinito, já que, para essa condição, intensivos controles deveriam ser desenvolvidos;
- caso de 100% das peças defeituosas, o custo igualmente tenderia ao infinito, visto que toda a produção estaria perdida (custo da ocorrência de peças defeituosas);
- quando o índice percentual de peças com defeito aumenta, tem-se uma diminuição das ações voltadas ao controle e, conseqüentemente, à redução dos custos correspondentes. No entanto, os custos totais possuem uma tendência crescente em função do aumento de incidência de peças com defeito, e que serão refugadas;
- quando à redução de peças com defeito, esta ocorre em função do aumento de controles; nesse caso, considerando que os custos decorrentes de peças com defeitos diminuem, também é verdade que os custos com controles aumenta, provocando da mesma forma o aumento dos custos totais.

Essa análise pode ser estendida para as demais metas do JIT, ou seja, o conceito de que existe um índice ideal para peças com defeito pode induzir também ao pensamento lógico de que existe um valor ou índice ideal para: tempo de preparação de máquinas, estoques, movimentação, quebra, *lead time* e tamanho de lote.

Deve-se aqui salientar que não existe redução drástica dos custos de um momento para outro; existe sim redução contínua (a médio e longo prazos), não apenas quando forem acrescidos controles aos processos, mas também quando forem inseridas novas tecnologias e/ou metodologias de trabalho. Nesse caso, pode-se dizer que qualidade gera qualidade e, assim, a melhoria será contínua; as metas aceitáveis hoje não serão aceitas amanhã e, nesse caso, os valores ou índices (metas) tenderão a “zero”.

Segundo Bezerra (1990), o sistema *Just-In-Time* é uma filosofia de combate às perdas e que está fundamentada na sua redução progressiva, com base em ferramentas do TQC (*Total Quality Control*). As principais ferramentas serão apresentadas a seguir:

- a) Sistema Kanban;
- b) Celulas de Manufatura;
- c) Círculos de Controle de Qualidade – CCQ;

- d) Kaizen;
- e) Análise de Valor;
- f) *Setup* (Preparação e Ajustes de Máquinas);
- g) Manutenção Produtiva Total – TPM;
- h) Programa 5S's;
- i) Técnicas Estatísticas;
- j) Seis sigma.

a) Sistema Kanban: é um sistema que foi desenvolvido pelos engenheiros da *Toyota Motors*, com o objetivo de facilitar a visualização das necessidades da produção. Com esse sistema, um posto de trabalho informa a sua necessidade de mais peças para seu fornecedor interno, mantendo assim sincronismo entre a montagem (cliente) com as estações fornecedoras. Com o Kanban, não existe produção desnecessária, pois o objetivo é produzir apenas o que está sendo consumido, caracterizando assim o sistema de produção “puxada” (LUBBEN, 1989). O Kanban pode ser definido resumidamente como sendo uma técnica que visa desenvolver um sistema de controle de materiais em nível de processo de produção, envolvendo os fornecedores (que geram insumos para o processo) e os clientes (que geram as saídas requeridas pelo sistema produtivo) (PALADINI, 1997). A Figura 2 mostra as funções do Kanban e as regras para sua utilização.

Funções do Kanban	Regras para utilização
1 – Fornecer informação sobre apanhar ou transportar	1 – O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo Kanban no processo precedente.
2 – Fornecer informação sobre a produção	2 – O processo inicial produz itens na quantidade e seqüência indicadas pelo Kanban.
3 – Impedir a superprodução e o transporte excessivo	3 – Nenhum item é produzido ou transportado sem um Kanban.
4 – Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias	4 – Serve para afixar um Kanban às mercadorias.
5 – Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz	5 – Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos.
6 – Revelar problemas existentes e manter o controle de estoques	6 – Reduzir o número de Kanbans aumenta sua sensibilidade aos problemas.

Figura 2: Funções do Kanban e regras para sua utilização. (Fonte: OHNO, 1997, p. 48)

b) Células de manufatura: definidas por Corrêa (1993) como sendo o arranjo físico celular, comumente utilizado nas empresas que adotam o Sistema JIT, é um *layout* planejado no sentido de que os equipamentos estejam dispostos de acordo com o roteiro de execução dos produtos. Esse arranjo é mais eficiente, pois favorece o fluxo, reduzindo ao mínimo a movimentação de materiais, assim como perda por espera e tempos gastos com preparação de máquinas. Nesse tipo de *layout*, o estoque em processo é bastante reduzido, normalmente se limita às peças que estão sendo processadas;

c) Círculos de controle de qualidade: para Kagami (1993, p. 12), “os Círculos de Controle de Qualidade (CCQ’s) constituem uma forma de auto-esclarecimento”. Os trabalhadores se organizam e formam pequenos grupos, mesclando pessoal especializado e não especializado das várias áreas da empresa. Os grupos se reúnem regularmente, durante o período de trabalho ou após o expediente, para discutir e procurar soluções para problemas, através da utilização de ferramentas da qualidade, ou ainda para estudar formas de elevar o nível de qualidade, produtividade, além de aprender com experiências bem sucedidas de outras organizações. Para Bezerra (1990, p. 54) o APG (CCQ) “é formado por grupos de pessoas, preferencialmente da mesma área de trabalho, que, em equipe e num ambiente participativo, identificam os problemas, analisam as causas e aplicam soluções”;

d) Kaizen: para Kagami (1993), o aperfeiçoamento contínuo Kaizen é um conceito relacionado ao processo de manufatura, onde cada indivíduo é responsável por supervisionar e cuidar das condições do seu ambiente de trabalho. Na maioria dos casos, as fábricas estabelecem objetivos mensais, ou seja, são estipuladas metas relacionadas com o aumento da produção, produtividade e com o aumento do nível de qualidade. Os trabalhadores são encorajados a descobrir formas mais eficientes para executar suas atividades, reduzindo o custo de produção. As sugestões apresentadas são apreciadas, e a grande maioria, implementadas imediatamente. Para Bezerra (1990, p. 57), “o Kaizen é um processo de melhorias constantes que faz com que as pessoas não se conformem em fazer o trabalho da mesma maneira, procurando melhorá-lo a cada dia que passa”. É uma avaliação contínua na busca de oportunidades de melhoria para redução e eliminação das perdas. Os trabalhos costumam ser mais consistentes quando um grupo de pessoas se reúne por um mesmo objetivo e possuem apoio necessário para implementação das melhorias propostas;

e) Análise de valor: segundo Csillag (1995), a análise do valor constitui uma abordagem original que tem como objetivo reduzir os custos de produção. A análise está voltada basicamente para a identificação das funções de um determinado produto, buscando avaliá-las e, posteriormente, propor formas alternativas de desempenhar essas funções a um custo menor em relação à forma inicial ou anterior. Inicialmente, a análise de valor era baseada na busca de respostas para as seguintes perguntas:

- Qual é o item?
- O que desempenha o item?
- Quanto custa o item?
- De que outra maneira pode ser desempenhada a função?
- A que custo?

Atualmente, já com uma abordagem mais completa, essa metodologia vem sendo aplicada à Gestão da Qualidade, investindo não somente na redução de custos, mas também na adequação de produtos à demanda e principalmente, na avaliação das operações do processo: “pois, afinal, se uma operação não agrega valor ao produto, ela não se justifica e deve ser eliminada” (PALADINI, 2000, p. 255).

Para Player e Lacerda (2000), a utilização de uma matriz de custos/benefícios auxilia a gerência a direcionar a atenção e os esforços nas atividades que possuem diversas classificações, unidades e responsabilidades. Flexível pela sua natureza, essa técnica leva a um consenso sobre o valor a ser despendido em cada uma das atividades, levando em consideração as metas estabelecidas no planejamento estratégico da organização.

A gerência deve primeiramente se concentrar nas atividades de alto custo e baixo valor agregado, que poderiam ser eliminadas, reduzidas, melhoradas ou automatizadas para reduzir os custos e conseqüentemente aumentar o valor colocado na atividade. As atividades de altos custos e altos benefícios também devem ser analisadas para identificar maneiras de os custos serem reduzidos ou melhorias relacionadas à eficiência e à eficácia das atividades. A gerência deve considerar também atividades de baixos custos e altos benefícios que poderiam ser promovidas, aumentadas ou intensificadas para aumentar seu benefício para a organização. Por último, a gerência pode analisar as atividades de baixos custos e baixos benefícios, para determinar se é possível fazer melhorias (PLAYER e LACERDA, 2000, p. 40).

f) Sistema de Troca Rápida de Ferramentas: *setup* é definido por Bezerra como sendo, o tempo que se consome (perda) na preparação de máquinas, desde a última peça boa de um lote até a primeira peça “boa” do outro. A prática constante de reduzir o “Set-Up” constitui-se num requisito básico para o sucesso da implantação do JIT. Esta redução é necessária para possibilitar o bom funcionamento das células e o sistema de “puxar” do Kanban. Quanto menor for o Set-Up, maior será a flexibilidade (1990, p. 36).

Antunes e Rodrigues (Apud Antunes Jr., 1998) citam quatro principais vantagens da utilização do Sistema de Troca Rápida de Ferramentas, que são:

- A redução dos tempos de preparação permite a redução, de forma econômica, do tamanho dos lotes, possibilitando assim uma resposta mais rápida às variações da demanda de mercado, pois o tempo de atravessamento na fábrica (*lead-time*) diminui significativamente, aumentando a flexibilidade em relação ao *mix* de fabricação.
- A redução dos tempos de preparação, uma vez que permite a produção econômica mesmo com pequenos lotes, facilita a redução dos estoques de produtos em processamento e dos estoques de produtos acabados.
- A redução na variabilidade do sistema, no que se refere à preparação das máquinas, minimiza os erros, reduzindo, conseqüentemente, também os defeitos e retrabalhos provenientes das preparações mal-executadas.
- A utilização dos ganhos, advindos com o Sistema de Troca Rápida de Ferramentas aumenta a capacidade do recurso restritivo.

g) Manutenção Produtiva Total – TPM: depois da Segunda Guerra Mundial, as empresas japonesas buscaram sua recuperação através do esforço coletivo com a utilização de técnicas por eles desenvolvidas durante o período de dificuldades. Com o objetivo de identificar e eliminar as perdas existentes no processo produtivo desenvolveu-se a Manutenção Produtiva Total – TPM.

Segundo Bezerra, TPM é uma reformulação de postura de toda a empresa, introduzindo uma revolução junto às linhas de produção, visando somar esforços, a fim de eliminar os desperdícios através da interação entre pessoas e equipamentos, buscando a quebra zero, o defeito zero e o acidente zero. Com a implantação da filosofia Just-In-Time, as máquinas não podem quebrar com a frequência que acontecia, pois a parada de uma máquina acarreta na parada de toda a célula. No sistema tradicional, as máquinas do mesmo tipo estavam agrupadas e quando uma quebrava era fácil, bastava deslocar as peças e o operador. Isto era “confortável”, mas ocasionava um certo desleixo pelos equipamentos, pois os administradores não autorizavam facilmente os gastos, face à falsa imagem que as seções de serviço deixavam transparecer: os mecânicos faziam o que podiam e os operadores eram meros apertadores de botão (1990, p. 41).

h) Programa 5S's: Corrêa (1993, p. 66) comenta que a abordagem tradicional que encara os erros como inevitáveis, normalmente, não dá muita importância à sujeira e à desordem, considerando estas como sendo o preço que se paga para manter a produção dentro dos prazos. De uma forma geral, a pressão para entregar os produtos dentro do prazo previsto acaba por relegar as atitudes ligadas à organização e limpeza a um segundo plano, até que a

pressão diminua. Comentários do tipo: “precisamos limpar isso um dia”, “nunca encontro as ferramentas que preciso, mas nunca tenho tempo de organizá-las”, “lugares muito arrumados indicam que as pessoas trabalham pouco”. Esses comentários são comuns nas fábricas tradicionais e denotam a pouca importância que é dada à limpeza e organização por parte de gestores e funcionários.

Na filosofia JIT, a organização e a limpeza são elementos fundamentais para o sucesso de aspectos como a confiabilidade dos equipamentos, a visualização dos problemas, a redução dos desperdícios, o controle e aprimoramento da qualidade, a condição moral dos trabalhadores, entre outros (CORRÊA, 1993, p. 67).

Quando o chão da fábrica está limpo, qualquer objeto ou material que caia é imediatamente identificado e recolhido. Todos os tipos de perdas ficam mais visíveis, assim como tudo aquilo que está fora do lugar, atrapalhando ou ocupando espaço útil. Este é o princípio da visibilidade, tão importante na filosofia JIT: “Um lugar para cada coisa, cada coisa em seu lugar.”

A atitude inicial de um programa de melhoria do processo produtivo é a organização interna dos setores produtivos. Esse processo deve iniciar com uma limpeza geral. Não se trata apenas de uma varredura no chão da fábrica, mas de uma limpeza geral com identificação e eliminação das perdas a partir de suas fontes. Uma avaliação criteriosa do setor pode mostrar: grau de obsolescência de alguns equipamentos, material inapto para uso, peças rejeitadas e dispositivos em desuso. Pode-se também observar documentos contendo informações redundantes, ou até mesmo desnecessárias, que, por sua vez, indicam processos de coleta inúteis e arquivos dispensáveis. Uma ação de limpeza pode identificar também excessos produzidos e, eventualmente, atestar o volume de refugos produzidos, ou seja, identificar falhas de processo, que devem ser corrigidas prontamente e ter suas causas avaliadas, para que se possa atuar preventivamente com o intuito de evitar a ocorrência de novas falhas (PALADINI, 1997).

i) Técnicas Estatísticas: as técnicas estatísticas há muito tempo vêm sendo utilizadas pelas empresas para controle do processo, com o objetivo de substituir a inspeção 100% dos produtos, aumentando a eficácia e reduzindo os custos de produção.

Segundo Eckes (2001, p. 17) o ato de inspecionar não agrega valor aos produtos ou peças. Ele apenas verifica se algumas especificações ou funções são atendidas. A inspeção 100% por si só não agrega valor e pode ser proibitivamente onerosa, se pensar-mos nos custos de equipamentos e mão-de-obra necessários para sua realização. Além do mais, se confiar-mos apenas nela, não teremos quaisquer garantias de melhoria de desempenho.

O Controle Estatístico do Processo – CEP é uma tradicional ferramenta estatística que visa controlar continuamente o processo, identificando as variações, e buscando reduzi-las cada vez mais. O CEP identifica estatisticamente se o processo é capaz ou não e se existem variações naturais e/ou causais, auxiliando dessa forma o operador a controlar seu próprio trabalho e, conseqüentemente, facilitando a fabricação com qualidade.

j) Seis Sigma: fazendo uso das técnicas estatísticas, recentemente algumas empresas passaram a despertar grande interesse por um método de trabalho que consiste em uma nova abordagem de administração. Este visa melhorias de produtividade e lucratividade. Segundo Perez (1999, p. 148): “Sigma é uma medida da qualidade de variabilidade que existe quando medimos alguma coisa.” Quando o valor do Sigma for alto, está indicando grande variabilidade no produto, e quando o valor do Sigma é baixo, nos indica que o produto possui pequena variabilidade; logo, quanto menor for o valor do Sigma, melhor será a característica do processo ou produto.

Antes da introdução do pensamento Seis Sigma, trabalhava-se com o objetivo de atingir uma variabilidade atendendo $\pm 3\sigma$, que garantia aproximadamente 99,73% dos produtos situados dentro dos limites de especificação. Após a introdução do programa Seis Sigma, passou-se a idealizar processos e produtos com uma variabilidade muito pequena, e com índices bastante próximos ao zero defeitos.

Segundo Perez (1999, p. 149) o Seis Sigma significa muitas coisas, e pode ser melhor entendido com as definições seguintes:

Seis Sigma – O Benchmark. “O seis sigma é usado como um parâmetro para comparar o nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões e departamentos, entre outros” (PEREZ, 1999, p. 149).

Seis Sigma – A Meta. “O seis sigma é como uma meta de qualidade. A meta do seis sigma é chegar muito próximo de zero defeito, erros ou falha” (PEREZ, 1999, p. 149).

Seis Sigma – a Medida. “O seis sigma é uma medida para determinado nível de qualidade. Quando o número de sigmas é baixo, o nível de qualidade não é tão alto. Logo, quanto maior o número de sigmas dentro das especificações, melhor o nível de qualidade” (PEREZ, 1999, p. 149).

Seis Sigma – a Filosofia. “O seis sigma é uma filosofia de melhoria perpétua do processo (máquina, mão-de-obra, método, metrologia, materiais, ambiente) e redução de sua variabilidade na busca interminável de zero defeito” (PEREZ, 1999, p. 149).

Seis Sigma – a Estatística. “O seis sigma é uma estatística calculada para cada característica crítica à qualidade para avaliar a performance em relação à especificação ou à tolerância” (PEREZ, 1999, p. 149).

Seis Sigma – a Estratégia. “O seis sigma é uma estratégia baseada na inter-relação que existe entre o projeto de um produto, sua fabricação, sua qualidade final e sua confiabilidade, ciclo de controle entre outros fatores que possam influenciar na satisfação do cliente” (PEREZ, 1999, p. 149).

Seis Sigma – o Valor. “O seis sigma é um valor composto, derivado da multiplicação de 12 vezes um dado valor de sigma, assumindo 6 vezes o valor do sigma dentro dos limites de controle para a esquerda e 6 vezes o valor do sigma dentro dos limites de controle para a direita da média em uma distribuição normal” (PEREZ, 1999, p. 149).

Seis Sigma – a Visão. “O seis sigma é uma visão de levar uma organização a ser a melhor do ramo. É a busca incessante da redução da variação, defeitos, erros e falhas. É entender a qualidade para além das expectativas do cliente” (PEREZ, 1999, p. 149).

A Tabela 1 mostra a relação existente entre o nível de Sigma com a probabilidade de erros ou defeitos.

Tabela 1: Relação entre o nível de sigma e PPM

Nível de Sigma ($\pm x s$)	Cp	Cpk	PPM
$\pm 1\sigma$ – Um Sigma	0,33	0,33	317.320
$\pm 2\sigma$ – Dois Sigma	0,67	0,67	45.500
$\pm 3\sigma$ – Três Sigma	1,0	1,0	2.700
$\pm 4\sigma$ – Quatro Sigma	1,33	1,33	63,5
$\pm 4,5\sigma$ – Quatro e meio Sigma	1,50	1,50	6,9
$\pm 5\sigma$ – Cinco Sigma	1,67	1,67	0,6
$\pm 6\sigma$ – Seis Sigma	2,0	2,0	0,002
Assumindo: normalidade, estabilidade e distribuição centralizada.			

Fonte: (PEREZ, 1999, p. 175).

Onde, segundo Perez (1999):

Cp – Coeficiente de Potencial do Processo – mede a capacidade potencial de um processo, que é definida pela razão entre a dispersão permitida e a dispersão real;

Cpk – Coeficiente de Capacidade do Processo – mede a habilidade de o processo criar um produto dentro dos limites de especificação;

PPM – Partes por Milhão – a medida ppm, ou partes por milhão, refere-se a produtos ou peças defeituosos, assim como a defeitos, erros e falhas.

Todas as técnicas e/ou programas de melhoria contínua possuem uma metodologia própria de trabalho que objetiva sempre a solução de problemas ou a melhoria de processos entretanto, é comum a utilização de ferramentas da qualidade total para auxiliar o desempenho dessas técnicas e/ou programas.

2.5.3 AS TRADICIONAIS FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Segundo Paladini (1997, p. 66), “dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação da Qualidade Total.” Essas ferramentas se caracterizam pela forte ênfase para o controle e melhoria da qualidade, através da análise detalhada dos processos e produtos. A seguir são apresentadas algumas dessas ferramentas:

a) Diagrama de causa e efeito: essa ferramenta também é conhecida como gráfico de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa. É uma ferramenta bastante utilizada para avaliação dos sistemas de produção. O eixo principal serve para mostrar um fluxo de informações, e as espinhas representam informações secundárias em relação ao processo em análise. O diagrama é utilizado para ilustrar as causas principais de uma ação, que possuem subcausas (causas menos importantes), levando para o efeito final, que é o elemento-alvo da análise. O diagrama auxilia na visualização da relação existente entre as causas e os efeitos delas decorrentes, conforme Figura 3 mostrada a seguir (PALADINI, 1997).

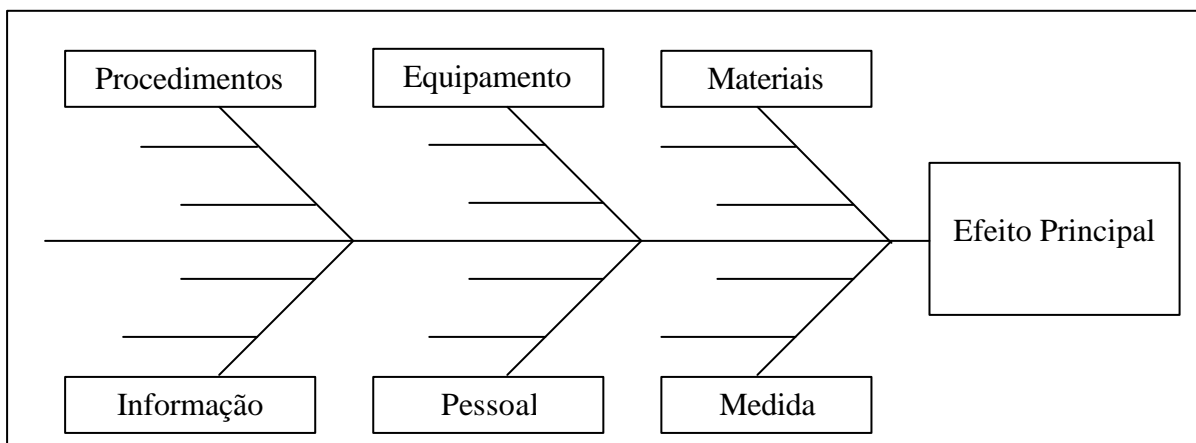


Figura 3: Diagrama de causa e efeito (OAKLAND, 1994, p. 228).

b) Histograma: representação gráfica da distribuição dos dados amostrados. São estruturas utilizadas na estatística para facilitar a visualização dos dados. Mostra o percentual ou o número de ocorrências de cada situação, conforme Figura 4.

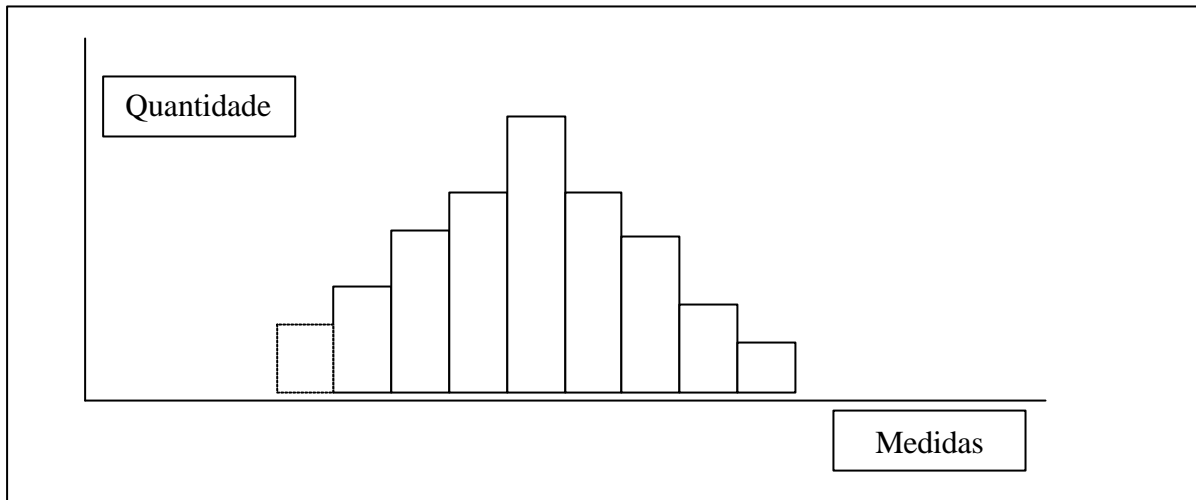


Figura 4: Exemplo de gráfico do tipo histograma (OAKLAND, 1994, p. 223)

c) Gráficos de controle: gráficos desenvolvidos por Shewart, na década de 20, são ferramentas estatísticas que fornecem informações sobre um dado processo, com base em pequenas amostras frequentemente coletadas no processo. Cada amostra representa a imagem do comportamento do processo naquele momento. Amostras sucessivas correspondem a imagens também sucessivas do processo ao longo do tempo. Um gráfico de controle deve conter uma linha central que representa o valor médio da característica de qualidade e duas outras linhas horizontais, que, por sua vez, representam os limites de controle (superior e inferior). A curva, que é o resultado da junção da média de cada amostra, representa a evolução histórica de seu comportamento e a tendência futura, conforme mostra a Figura 5.

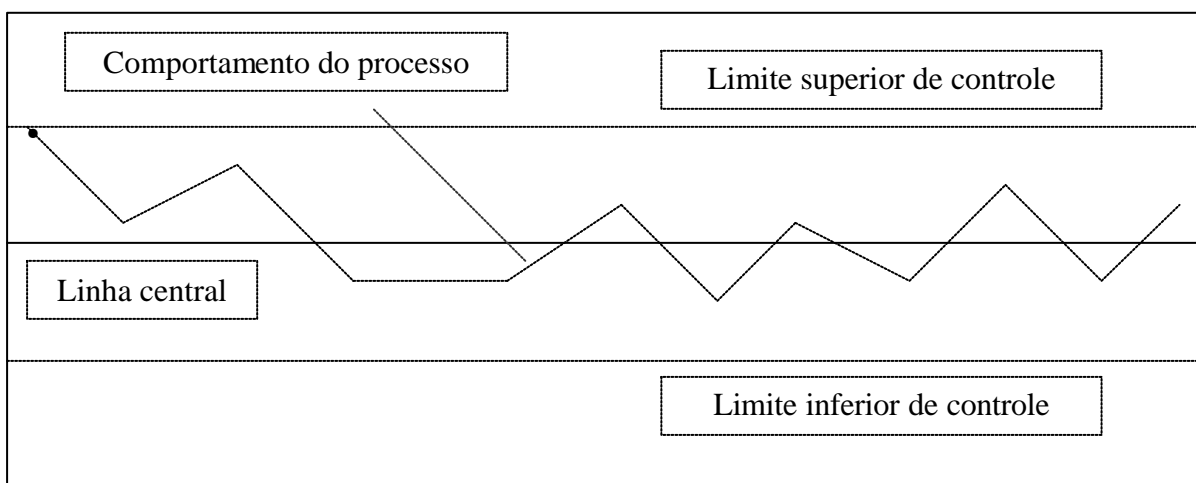


Figura 5: Exemplo de gráfico de controle (OAKLAND, 1994) – Figura adaptada

d) Folha de checagem: são dispositivos utilizados para o registro de dados. As folhas são estruturadas de acordo com as necessidades específicas de seus usuários e, por isso podem ser elaboradas das mais diferentes formas e permitem uma grande flexibilidade de utilização e interpretação.

e) Gráfico de Pareto: se as causas geradoras de produtos defeituosos ou ainda de qualquer outro efeito são identificadas e registradas, será possível calcular qual a porcentagem que pode ser atribuída a cada uma dessas causas. Então, é bem provável que, em torno de 80% dos erros, perdas ou defeitos sejam originados por poucas causas. Sendo assim, quando as causas são conhecidas e não são muitas, talvez não seja necessário muito esforço para eliminá-las (OAKLAND, 1994).

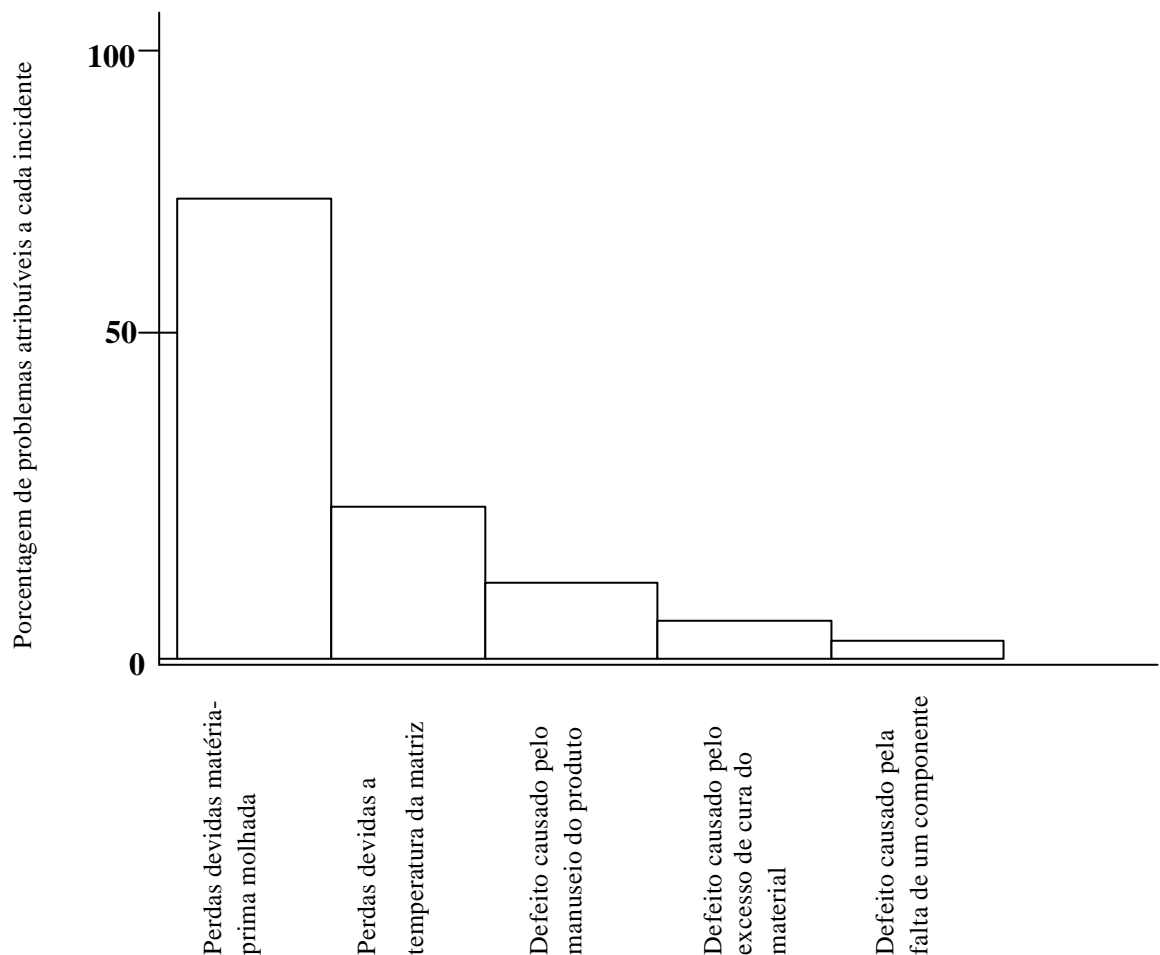


Figura 6: Exemplo de gráfico de Pareto (OAKLAND, 1994, p. 227) – Figura adaptada.

f) Estratificação: essa ferramenta consiste em dividir um conjunto de dados em grupos menores, possuindo, esses pequenos grupos, características em comum, podendo ser usada em

combinação com outras técnicas. Essa separação de dados pode indicar acontecimentos que, quando avaliados em um só conjunto, podem ser imperceptíveis (OAKLAND, 1994).

Um exemplo que pode ser mostrado consiste em separar dados de um determinado produto que fora produzido em duas ou mais máquinas diferentes, e que resultou num lote não conforme. A separação dos dados por máquina poderá mostrar se houve alguma interferência de alguma dessas máquinas, podendo ainda, se necessário, dividir os dados por turno de trabalho. A Figura 7 mostra o comportamento da produção total, como resultado da produção de duas máquinas com comportamentos diferentes. Nesse exemplo, pode-se perceber que a máquina “B” gerou produtos fora dos limites de especificação, comprometendo a qualidade de todo o lote.

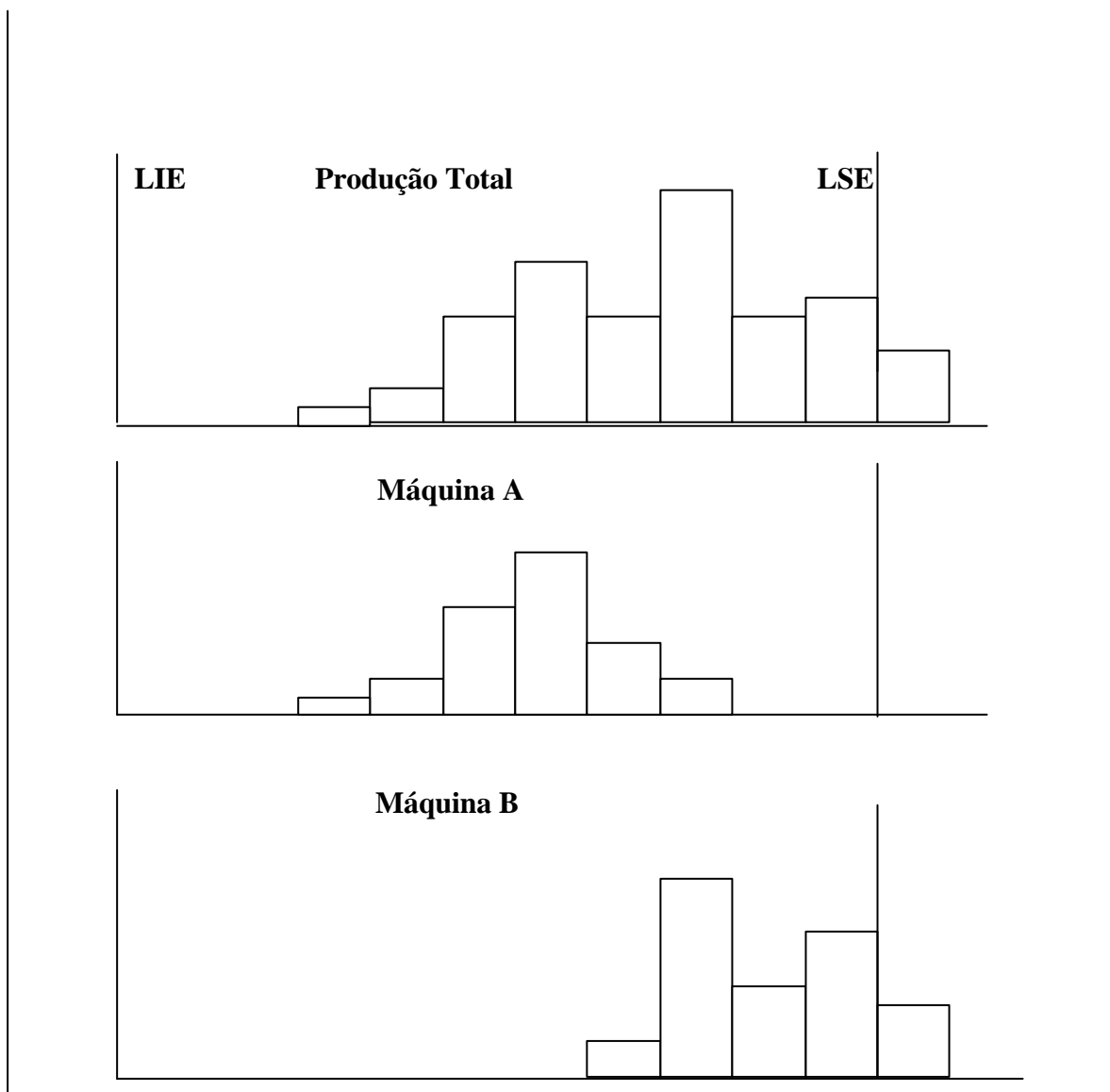


Figura 7: Estratificação de dados em grupos de máquinas. (OAKLAND, 1994, p. 225) - Figura adaptada.

g) Os cinco “porquês”: “trata-se de uma abordagem sistemática de fazer perguntas para assegurar-se de que são investigadas as raízes de um problema. Ela consiste simplesmente em perguntar “por quê?” diversas vezes sucessivamente” (OAKLAND, 1994, p. 232). Na Figura 8 está apresentado um exemplo de aplicação dessa ferramenta.

O problema: peças com excesso de empenamento	
Por quê?	
A máquina não possuía suporte da base...	
Por quê?	
O suporte da base quebrou após 1000 horas de uso...	
Por quê?	
Não havia sido executada a manutenção preventiva ...	
Por quê?	
Não havia peças disponíveis no estoque quando foi gerada a ordem de manutenção.	
Por quê?	
Este item não havia sido cadastrado pela manutenção.	
Causa-Raiz	
Este item não havia sido cadastrado pela manutenção.	

Figura 8: Exemplo de aplicação dos cinco porquês

h) FMEA – Análise do Modo de Falha e Efeitos: permite analisar produtos, serviços e processos para identificar todos os modos de falha reais e potenciais, seus efeitos no desempenho do produto ou da operação do processo, a severidade do efeito, as causas do modo de falha, o grau de ocorrência das falhas e o grau de detecção do modo de falha. A Figura 9 mostra a folha utilizada para aplicação da FMEA.

Os elementos principais de uma FMEA são:

Modo de falha – As condições antecipadas de operação são estudadas para identificar todas as possíveis falhas no processo ou produto;

Efeito da falha – “As falhas potenciais são estudadas para determinar seus efeitos prováveis no desempenho do produto completo ou processo e os efeitos mútuos dos vários componentes” (OAKLAND, 1994, p. 238);

Criticidade da falha – “São examinadas as falhas potenciais nas várias partes do sistema do produto para determinar a severidade do efeito de cada uma em termos de redução de desempenho, de risco, de segurança, de perda total de função etc” (OAKLAND, 1994, p. 238).

Passos para elaboração da FMEA (OAKLAND, 1994, p. 238 - 239):

- Identificar os componentes do produto ou do sistema, ou função do processo;
- Relacionar todos os possíveis modos de falha de cada componente;
- Anotar os efeitos que cada modo de falha pode ter na função do produto ou sistema;
- Relacionar todas as possíveis causas de cada modo de falha;
- Avaliar numericamente a severidade do efeito, o grau de ocorrência da causa e o grau de detecção da falha, antes que o produto seja utilizado pelo consumidor.

S – Severidade do efeito – (1 = baixa, 10 = alta)

O – Grau de ocorrência da causa – (1 = baixa, 10 = alta)

D – Grau de detecção da falha – (1 = fácil, 10 = muito difícil)

- Calcular o produto das estimativas NPR – Número de Prioridade de Risco para cada modo de falha. Isso indicará a prioridade de cada modo de falha.
- Indicar brevemente a ação corretiva necessária e, se possível, o departamento ou pessoa responsável e a data esperada para ser terminada. A Figura 9 apresenta um formulário utilizado no FMEA de processo.

FMEA de Processo									
Modo de Falha Real/Potencial	Efeitos	S	Causas	O	Controles Atuais	D	NPR	Ações Recomendadas	Ações Implementadas
Modo de Falha 1	Efeito 01	?	Causa 01	?	Quais os controles existentes para detectar e controlar o modo de falha?	?	?	Quais as ações recomendadas para reduzir ou eliminar a ocorrência do modo de falha?	Quais as ações que realmente foram implementadas?(repontuar para verificar a eficácia das ações)
	(Quais as	?	(Quais as	?					
	Consequên	?	causas que	?					
	cias do	?	provocam a	?					
	modo de	?	ocorrência do	?					
	falha?)	?	modo de	?					
	Efeito “n”	?	falha?)	?					
		?	Causa “n”	?					

Figura 9: Formulário utilizado para aplicação da FMEA de Processo.

2.6 SISTEMA DE CUSTOS

Para Martins (apud POMPERMAYER, 1999, p. 24), “os sistemas de custeio tradicionais tiveram sua origem na necessidade de se avaliar os estoques na indústria nascente, após a Revolução Industrial (século XVIII), e são bastante limitados se analisados no contexto econômico”.

Todos os sistemas de custeio se limitam ao ambiente interno da empresa, sem analisar as entradas e saídas que ali ocorrem, focalizando a apuração dos custos em três elementos: materiais utilizados na produção, mão-de-obra empregada e custos indiretos de fabricação, tendo os dois primeiros como elementos principais na composição dos custos dos produtos (POMPERMAYER, 1999).

Segundo Bornia (2002), um sistema de custos pode ser avaliado de duas formas. Inicialmente verifica-se a importância dos dados gerados para a empresa, e quais as informações que deveriam ser disponibilizadas. Essa análise se enquadra aos objetivos do sistema, pois as informações somente são importantes quando possuem uma finalidade. Assim, informações que podem ser importantes para a tomada de uma decisão, podem também ser inúteis para outras. Segundo o autor, quando analisado o sistema sob esse enfoque, pode-se denominá-lo princípio.

A outra forma de análise, segundo o autor, se refere à parte operacional, ou seja, à forma pela qual os dados são processados para a geração das informações. Nesse caso, emprega-se o termo método.

2.6.1 PRINCÍPIOS DE CUSTEIO

Segundo Bornia (2002), os princípios de custeio são filosofias básicas a serem seguidas pelos sistemas de custos, de acordo com o objetivo e/ou o período de tempo no qual se realiza a análise. Para o autor, os princípios de custeio, vistos de forma mais restrita, identificam o tratamento dado pelo sistema aos custos fixos.

Os três principais princípios de custeio são:

- princípio de custeio variável;
- princípio de custeio por absorção integral;
- princípio de custeio por absorção ideal.

2.6.1.1 Custeio variável

“Princípio de custeio onde somente os custos variáveis¹ são relacionados aos produtos, sendo que os custos fixos² são considerados como custos do período” (BORNIA, 2002, p. 55).

Para Santos, o princípio de custeio marginal pode ser entendido também como custeamento direto ou variável. Custeamento marginal é o método de custear os produtos ou serviços por margem de contribuição, obtida pela diferença entre as receitas e seus respectivos custos marginais (1990, p. 39).

Sua concepção é a de que apenas os custos relacionados com os produtos vendidos, denominados diretos ou variáveis, devem ser apropriados. Os outros custos abordados, embora necessários para manter as instalações em condições de serem utilizadas, são chamados custos fixos, devendo estes serem tratados como custos do período, indo diretamente para o resultado.

Por esse princípio, todos os custos indispensáveis para a confecção de um produto devem ser tratados de duas maneiras: uma parcela sendo tratada como custo variável, que oscila de acordo com o volume de produção e vendas, estando esta parte diretamente relacionada com o produto, e a outra parte se refere aos custos necessários para a manutenção das instalações, de suas áreas de apoio e para a venda dos produtos fabricados, que é considerada como despesa do período (SANTOS, 1990).

2.6.1.2 Custeio por absorção integral

A contabilidade de custos, quando atribui a um produto parte dos custos fixos, além dos custos variáveis, “é denominada de contabilidade de custos pelo método de custeamento por absorção ou integral” (*full cost*). De acordo com esse método, todos os custos (diretos e indiretos) são apropriados aos produtos elaborados. Essa metodologia é considerada básica para se levantar os estoques pela contabilidade financeira, com o objetivo de avaliar o patrimônio e os resultados, atendendo as exigências fiscais e dos acionistas, entre outras (SANTOS, 1990).

¹ Custos variáveis são aqueles que variam em função das quantidades produzidas.

² Custos fixos são aqueles que independem do volume de produção do período, ou seja, não se alteram com o aumento ou redução da quantidade produzida.

Para Bornia, a totalidade dos custos fixos é alocada aos produtos, ou seja, é considerada como custos. Este sistema relaciona-se com a avaliação de estoques, ou seja, com o uso da contabilidade de custos como apêndice de contabilidade financeira, a qual se presta para gerar informações para usuários externos à empresa (2002, p. 55).

Então, o método de custeamento por absorção total pode ser falho em muitas circunstâncias, quando aplicado como instrumento gerencial para tomada de decisão, pois utiliza como princípio básico “rateios” dos custos fixos, que, embora se apresentem lógicos, podem levar a alocações arbitrárias e, em alguns casos, até enganosas (BORNIA, 2002).

A utilização desse princípio prevê também que existindo custos excessivos em decorrência de perdas normais nos processos produtivos, estas serão alocadas aos produtos.

2.6.1.3 Custeio por absorção ideal

Segundo Bornia (2002, p. 56-57), “no custeio por absorção ideal, os custos fixos também são computados como custos dos produtos, porém a ociosidade ou ineficiência da empresa são lançadas como perdas do período. Desta forma, as diferentes perdas são isoladas, sendo somente as perdas definidas como normais alocadas aos produtos. Segundo o autor, o custeio por absorção ideal se enquadra no sistema quando utilizado como auxílio para controlar os custos e para o apoio no processo de melhoria contínua da empresa. Segundo o autor, “o custeio por absorção ideal é fundamental para a mensuração dos desperdícios do processo produtivo, facilitando o controle dos mesmos”. A separação entre custos e perdas é de fundamental importância para a implementação do processo de redução contínua das perdas, sendo uma ferramenta de auxílio para a priorização das ações de melhoria para a redução daquilo que não agrega valor.

2.6.2 MÉTODOS DE CUSTEIO

Um método de custeio é definido como sendo a parte operacional de um sistema de custos, ou seja, a forma pela qual os dados são processados para a obtenção das informações. Dentre os métodos de custeio, destacam-se: método do custo-padrão, método de centros de custo (RKW), método de custeio baseado em atividades, e método da unidade de esforço de produção (UEP) (BORNIA, 2002).

2.6.2.1 Método do custo-padrão

O custo-padrão tem como objetivo auxiliar o controle dos custos da empresa. O fundamento básico desse método é definir e fornecer uma regra padrão de comportamento para os custos, ou seja, definição de qual deveria ser o custo de produção de um determinado produto, servindo para comparação com o custo real. As divergências entre o padrão estabelecido e o custo realmente ocorrido indicam que falhas ocorreram no processo, devendo estas ser identificadas e eliminadas rapidamente. O método de custo-padrão não pode ser utilizado como substituto dos sistemas de apuração de custos, pois não possui essa finalidade. Logo, os cálculos e a alocação dos custos reais, incorridos aos produtos, devem ser processados por outro sistema de custo. O objetivo deste é apenas guiar o processo de detecção dos desvios e apontar a direção das causas (BORNIA, 2002).

Esse método prevê apenas as perdas consideradas normais, que são incorporadas ao custo-padrão dos produtos e, existindo perdas anormais no processo produtivo, essas serão identificadas e apontadas para que sejam eliminadas.

2.6.2.2 Método dos centros de custo – RKW

O método dos centros de custos – RKW trabalha apenas na alocação dos custos de transformação dos produtos, não sendo apropriado para os custos de matéria-prima. A principal característica desse método é a divisão da organização em centros de custos. “Os custos são alocados aos centros, por meio de bases de distribuição³ e, posteriormente, repassados aos produtos por unidades de trabalho”⁴ (BORNIA, 2002, p. 101). Justamente por não ser apropriado para a alocação dos custos da matéria-prima, que é o foco deste trabalho, não serão apresentados maiores detalhes sobre esse método de custeio.

2.6.2.3 Método de custeio baseado em atividades – ABC

Segundo Bornia (2002, p. 121), “a idéia básica do ABC é tomar os custos das várias atividades da empresa e entender seu comportamento, encontrando bases que representem as relações entre os produtos e estas atividades”. Segundo o autor, seus procedimentos são semelhantes às etapas do RKW.

³ Critérios para se proceder à alocação dos custos aos centros.

⁴ Representa a parcela de trabalho do centro dedicada a cada produto.

Segundo este autor, o ABC supera um grave problema dos sistemas “tradicionais” que é a “inadequação causada pela atribuição dos custos indiretos aos produtos de acordo com bases de rateio arbitrárias”.

O ABC é “um novo método de análise de custos, que busca ‘rastrear’ os gastos de uma empresa para analisar e monitorar as diversas rotas de consumo dos recursos ‘diretamente identificáveis’ com suas atividades mais relevantes, e destas para os produtos e serviços” (NAKAGAWA, 1994, p. 29).

2.6.2.4 Método da unidade de esforço de produção – UEP

Segundo Bornia (2002, p. 139), “o método da UEP baseia-se na unificação da produção para simplificar o processo de controle de gestão. A mensuração do desempenho da empresa é feita através de custos e medidas físicas de eficiência, eficácia e produtividade”.

De acordo com o autor, a UEP parte do conceito teórico de esforço de produção, que representa todo o esforço despendido no sentido de transformar matéria-prima em produtos acabados. Isto é, todo o trabalho da mão-de-obra (direta e indireta), a energia elétrica consumida para produção e iluminação, os materiais de consumo necessários para colocar em funcionamento a fábrica, a manutenção dos equipamentos, o controle da qualidade, o trabalho intelectual de planejamento da produção, enfim, tudo o que se relaciona com a produção da empresa gera esforço de produção. Segundo o método, é possível obter-se a soma de todos os esforços que representam o trabalho total despendido pela empresa na fabricação de seus produtos. A mensuração dos esforços de produção é muito difícil, talvez impossível. Sendo assim, o método da UEP sugere que seja obtida uma relação entre os trabalhos para facilitar e possibilitar a mensuração de todos os esforços (BORNIA, 2002).

O método prevê a escolha de um produto-base que sirva para amortecer as variações individuais dos potenciais produtivos. Ele pode ser um produto realmente existente, uma combinação de produtos ou mesmo um produto fictício, devendo representar a estrutura produtiva da empresa. Com o produto-base escolhido, e de posse dos tempos de passagem desse produto pelos postos operativos e dos foto-índices, calcula-se o custo do produto-base naquele instante, denominado foto-custo base e medido em unidades de valor (UV). Esse custo é que servirá de base de comparação para serem determinadas as relações desejadas (BORNIA, 2002).

2.7 COMENTÁRIOS

Historicamente, pode-se perceber que existe uma grande evolução das empresas no que se refere à redução das perdas nos processos de produção, sendo estas mais expressivas quando se trata de processos de produção artesanais, onde os resultados dependem quase que exclusivamente da habilidade do indivíduo que está executando a tarefa. As dificuldades para reverter esse quadro são mais acentuadas quando se trata de indústrias de produtos específicos, os quais não viabilizam o desenvolvimento de novas tecnologias em função do baixo número de empresas potencialmente aptas a investir nessas tecnologias.

As teorias voltadas para a administração da produção, desenvolvidas no decorrer do tempo, têm evoluído no sentido de reduzir continuamente as perdas. Porém, percebe-se que existe muita dificuldade na difusão desse conhecimento em empresas com estrutura deficiente.

Quanto aos princípios de custeio, o que melhor se adapta com o propósito da redução das perdas no processo produtivo é o custeio por absorção ideal pois separa as perdas normais das anormais, facilitando assim o trabalho de eliminação dessas perdas. No entanto, questões relacionadas à legislação brasileira restringem a utilização desse princípio, por entenderem que, com a utilização desse princípio, os custos relacionados às perdas excessivas passam para o custo do período, reduzindo assim o valor do estoque de produtos acabados e, conseqüentemente implicando também no valor do imposto devido. Em função disso, passou a vigorar no Brasil a Lei Federal nº 6.404/76 que define o método por absorção integral como sendo o método oficial até os dias atuais.

Em relação à melhoria contínua, a indústria automobilística tem sido, desde o início do século XX, a principal razão das grandes transformações nos processos de manufatura, criando ferramentas que auxiliam na condução dos processos de melhoria. Essa indústria possui como prática transferir para seus fornecedores novos conceitos e, posteriormente, passar a monitorar a utilização e os resultados decorrentes da sua implementação. Dessa forma, a indústria automobilística repassa para a indústria de autopeças a necessidade de redução de custos, e estas por sua vez repassam para os fornecedores de terceiro nível essa mesma necessidade, culminando no chamado efeito cascata.

Uma das formas mais eminentes para a redução dos custos de produção é a eliminação de todas as formas de perdas, tendo a indústria automobilística japonesa contribuído muito nesse sentido, com a introdução das técnicas japonesas, a saber: técnicas

estatísticas, *Just-In-Time*, que inclui as ferramentas Kaizen, Kanban, CCQ, TPM, 5S's, entre outras.

A redução das perdas é uma das formas mais elementar a ser considerada pelas empresas, pois além de reduzir os custos de produção, também facilita a administração dos resíduos sólidos gerados. Neste sentido, toda a empresa que estiver engajada na busca da excelência, deve buscar sempre o aumento de produção com menos consumo, reduzindo perdas e a geração de resíduos e otimizando o aproveitamento das matérias-primas.

O Capítulo que segue aborda a evolução da indústria automobilística, autopeças e de materiais de fricção, enfocando os aspectos relacionados à melhoria contínua, redução de custos e redução das perdas como fatores primordiais para as empresas deste segmento se manterem competitivas no mercado globalizado.

CAPÍTULO 3 - AS INDÚSTRIAS AUTOMOTIVA E DE AUTOPEÇAS

A indústria automotiva representa, hoje, uma das atividades mais importantes no que se refere ao fator econômico, pois é o setor de maior geração de renda e empregos nos países desenvolvidos. Sua importância é aumentada quando considera-se sua influência na geração de empregos secundários, tanto nas atividades industriais, bem como em atividades de prestação de serviços aos veículos em circulação (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL, v. I, 1998).

Pode-se atribuir à indústria automobilística o mérito pelo atual estágio em que as indústrias em geral se encontram, pois grande parte das inovações tecnológicas são difundidas através dessas indústrias.

3.1 A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Quando em 1903, Henry Ford fundou a *Ford Motor Company*, e passou a fabricar vários modelos de autoveículos, dentre eles, o Ford T (em 1908), que foi projetado para ser o mais famoso entre todos, deu-se início a um novo rumo à indústria e à sociedade. Essa mudança ocorreu em consequência dos novos padrões propostos pelo Fordismo, que implementaram um sistema de produção capaz de atender à grande demanda de veículos. Esse sistema de produção se sobrepôs ao sistema de produção artesanal e passou a ser conhecido por produção em massa (NEVINS, 1954).

A chave para a produção em massa não residia, conforme muitas pessoas acreditavam ou acreditam, na linha de montagem em movimento contínuo. Pelo contrário, consistia na completa e consistente intercambiabilidade das peças e na facilidade de ajustá-las entre si. Essas foram as inovações na fabricação que tornaram a linha de montagem possível (WOMACK, 1992, p. 14).

Com o sistema de produção em massa e a linha de montagem móvel, a Ford tinha se transformado em uma empresa de montagem de veículos, pois adquiria de outras empresas praticamente todas as partes e os componentes necessários para a montagem de um veículo completo. Porém, “em 1915 a Ford tinha incorporado todas essas funções a sua empresa, e se

aproximava da completa integração vertical, a saber, produzir o automóvel completo desde as matérias-primas básicas” (WOMACK, 1992, p. 14).

“A produção em massa de Henry Ford orientou a indústria automobilística por mais de meio século, e acabou sendo adotada em quase toda a atividade industrial na Europa e na América do Norte” (WOMACK, 1992, p. 18).

Assim, as três primeiras décadas do século XX presenciaram uma verdadeira revolução econômica, com o surgimento de novos produtos, processos e atividades produtivas. É a época áurea do crescimento da produção capitalista nos Estados Unidos, associado a uma rápida urbanização, eletrificação e construção de estradas de rodagem. No centro desse crescimento, estava o automóvel, símbolo desse “modo de viver americano”. Este estilo de crescimento foi depois difundido para a Europa e Japão e mais tarde para os países periféricos, inclusive o Brasil, através da internacionalização das grandes empresas Norte-Americanas (DIEESE, 1989, p. 13).

A chegada da indústria automobilística no Brasil deu-se nos anos 20, quando empresas estrangeiras se instalam no solo brasileiro e passam a montar veículos, utilizando peças e componentes quase que totalmente importados das matrizes, e instalam representações comerciais em solo brasileiro. Na sequência, com o advento da Primeira Guerra Mundial, surgiram algumas dificuldades de importação, abrindo-se assim uma porta para que a indústria nacional de autopeças comece a se desenvolver, mesmo que com baixo nível técnico (DIEESE, 1989).

O período que vai da Segunda Guerra Mundial até o início da década de 70 ficou marcado pela grande expansão da indústria automobilística, onde o modelo originalmente americano de produção transformou-se em padrão mundial, com muitos novos países inserindo-se na estatística mundial de produção de veículos (WOMACK, 1992).

Nesse período, a produção mundial de automóveis aumentou de 10,7 milhões de unidades para 30 milhões de unidades anuais. A massificação do uso do automóvel propiciou a expansão de inúmeras atividades de serviços e de infra-estrutura. O automóvel converteu-se em símbolo de “sociedade de consumo” e em parâmetro da prosperidade das famílias e dos países (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL V. I, 1998, p. 4).

Para o Brasil, o período pós-guerra trouxe o incremento das importações de veículos, peças e componentes, agravando o déficit da balança comercial, levando o governo a implementar medidas que objetivavam a progressiva internacionalização da indústria automobilística (DIEESE, 1989).

Em julho de 1954, o Decreto nº 35.729 criava a CEIMA – Comissão Executiva da Indústria de Material Automobilístico, assinado pelo presidente Vargas. Porém, sua morte,

dois meses depois, fez com que dois anos fossem perdidos, e somente em abril de 1956 seria constituído um grupo de trabalho no conselho de desenvolvimento, com incumbência de estudar e propor a orientação governamental para que fosse instituída no Brasil a indústria automobilística. Apenas dois meses depois, em junho de 1956, era publicado o Decreto nº 39.412, que estabelecia normas diretoras para a implantação da indústria automobilística e criava o Grupo Executivo da Indústria Automobilística GEIA (BRASIL. META 27).

“O início dos anos 60 assinala o desfecho do processo de implantação da indústria automobilística no Brasil, coincidindo com a crise do setor e da economia, que só foram retomar seu crescimento a partir dos anos 67/68, que culminou na expansão acelerada da economia brasileira no período de 1967/1973 (o chamado “milagre”)” (DIEESE 1989, p. 35). Após esse período, observou-se uma tendência à desaceleração, expressa por flutuações da taxa de crescimento, mostrando os indícios da crise que explodiria no setor em 1981.

A crise do petróleo, no início da década de 70, balançou a indústria automobilística, havendo a necessidade de uma profunda reorganização do setor. As mudanças foram necessárias em função do aumento do número de produtores mundiais, cada um com suas especialidades, e também em função do aumento da procura por modelos menores e mais econômicos em relação aos modelos até então produzidos, principalmente nos Estados Unidos, pois empresas de outros países já ofereciam esses modelos diferenciados. Dentre esses novos fornecedores estava o Japão, com seu modelo próprio de produção, que sem dúvida foi o que desencadeou o recente processo de mudanças (DIEESE, 1989).

Em função das dificuldades enfrentadas durante e após a Segunda Guerra, a indústria japonesa passou a desenvolver uma nova forma de organização da produção, forma esta conhecida hoje como o Sistema Toyota de Produção. Essas novas formas de articulação entre montadoras e fornecedores, tanto nas atividades relacionadas com a produção (*Just-In-Time*) como nas de desenvolvimento (Engenharia Simultânea)⁵, passaram a estabelecer um relacionamento diferenciado entre essas empresas (parcerias). Em paralelo, o sistema de produção compacta e flexível passa a exigir uma maior interação entre fornecedores e distribuidores, que possibilite detectar mudanças nas condições de mercado e reduzir custos de estocagem de veículos na ponta da distribuição. Esse sistema constitui, hoje, o principal ponto do modelo japonês, denominado filosofia *Just-In-Time*. “Desta forma, a competitividade das montadoras passam a depender cada vez mais da capacidade de

⁵ Engenharia Simultânea pode ser vista como uma técnica para desenvolvimento de um produto, visando redução do *lead time* de desenvolvimento, aumento da qualidade e redução do custo. Uma das principais características é a atenção voltada para as necessidades do cliente (HARTLEY, 1998).

reorganizar eficientemente toda a cadeia de desenvolvimento, produção, distribuição e financiamento” (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL v. I, 1998, p. 2). Assim, houve ampla utilização de inovações tecnológicas em produtos e processos pelos fabricantes de automóveis, resultando na fabricação de veículos mais leves, seguros e eficientes.

A grande necessidade de racionalizar, devido à pouca disponibilidade de recursos no período pós-guerra, fez com que a indústria japonesa somente produzisse quando fosse necessário, ou seja, “puxar” a produção de acordo com a necessidade do mercado. Para isso, foi necessária uma nova forma de relacionamento entre as montadoras e seus fornecedores, o que constitui o ponto-chave do modelo japonês. Enquanto no modelo de produção em massa os fornecedores competiam entre si, no sentido de fornecer seus produtos e tecnologias, no Sistema Toyota os fornecedores passam a ser organizados em níveis funcionais, com diferentes graus de responsabilidade e relações mais duradouras com as montadoras. A base que orienta esse novo padrão de relacionamento possui como chave um conjunto de técnicas gerenciais, tais como Kanban, *Just-In-Time*, Redução de Estoques, Qualidade Total e Kaizen. Esse novo modelo desenvolvido pela indústria japonesa baseou-se na relação de produção com o mercado. Nesse contexto, o elevado nível de eficiência produtiva e de qualidade, observado nas empresas, induziu a adoção desse novo sistema por países da Europa, pelos Estados Unidos e por países da América Latina, levando ao surgimento de um novo modelo de produção que viria substituir o Sistema de Produção em Massa. O novo modelo passaria a ser chamado Produção Enxuta (NITEC, 1997).

Nos anos 80, diversos fatores mantiveram o impulso das mudanças no setor. De acordo com Gazeta Mercantil, Panorama Setorial (1998, p. 02):

- a) a progressiva diferenciação e a crescente instabilidade da demanda por automóveis nos países desenvolvidos, com a rápida expansão de “nichos” de mercado: automóveis esportivos, minivans, utilitários esportivos, etc.;
- b) o rápido crescimento dos fluxos de comércio e investimentos internacionais na indústria automobilística, num contexto de grande volatilidade das taxas de câmbio e de juros e de acirradas disputas comerciais entre os países desenvolvidos;
- c) a disponibilidade de equipamentos programáveis eficientes e relativamente baratos, em função do avanço da informática.

A vantagem competitiva da indústria japonesa, em relação aos demais produtores de veículos, na década de 80 (ver Tabela 2), deve-se principalmente à forma inovadora de produzir e à mudança de relacionamento com o mercado consumidor. Essas mudanças

proporcionaram um aumento significativo na produção, conquistando novos mercados, principalmente no Exterior. A ampliação das vendas pode sustentar novos investimentos em expansão e modernização da capacidade produtiva, bem como a abertura de novas redes de distribuição no exterior.

Tabela 2: Produção de autoveículos nos principais países produtores

Principais países produtores de autoveículos (em 1.000 unidades)							
País	1950	1960	1970	1980	1960/1950 Variação %	1970/1960 Variação %	1980/1970 Variação %
EUA	8.006	7.904	8.284	8.012	- 1,3	4,8	- 3,3
Canadá	388	398	1.160	1.368	2,6	191,5	17,9
Subtotal	10.344	10.262	11.414	11.360	- 0,8	11,2	- 0,5
Alemanha	306	2.055	3.842	3.878	571,6	87,0	0,9
França	358	1.369	2.750	3.378	282,4	100,9	22,8
R. Unido	784	1.811	2.097	1.313	131,0	15,8	- 37,4
Itália	128	645	1.854	1.612	403,9	187,4	- 13,1
Subtotal	1.576	5.880	10.543	10.181	273,1	79,3	- 3,4
Japão	32	482	5.289	11.041	1.406,3	997,3	108,8
Total	11.952	16.624	27.246	32.582	39,1	63,9	19,6

Fonte: (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL v.1, 1998, p. 07).

Nos anos 90, a indústria automobilística mundial enfrentou novos desafios. A produção e as vendas de automóveis, nos grandes mercados dos países desenvolvidos, permaneceram relativamente estagnadas. As montadoras buscaram a reativação do mercado e a manutenção da sua rentabilidade através da redução de custos e ampliação da variedade de produtos oferecidos aos consumidores (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL. v. 1, 1998).

No Brasil, depois de uma grande instabilidade vivenciada nos anos 80, a indústria automobilística teve uma grande expansão nos anos 90, praticamente duplicando a produção de veículos em uma década. Essa recuperação não diz respeito apenas ao incremento da produção e da produtividade, mas também à retomada dos investimentos, às inovações de produtos e de processos de fabricação e à modernização técnico-organizacional focada em quatro principais direções (ABRAMO, 1990 apud CASTRO, 1995):

1. introdução de novos equipamentos de base microeletrônica, tais como máquinas-ferramentas de comando numérico, sistemas CAD/CAM (*Computer Aided Design / Computer*

Aided Manufacturing), robôs, flexibilização das linhas de montagem com base no uso de controladores lógicos programáveis (CLP), sistemas de máquinas transfer flexíveis, sistemas automatizados de testes finais, sistemas de soldagem múltipla flexível, prensas automáticas etc.;

2. incorporação de componentes microeletrônicos (microprocessadores, circuitos integrados etc.) aos produtos;
3. informatização dos meios administrativos;
4. reorganização do processo produtivo mediante introdução do *Just-In-Time*, Kanban, Controle Estatístico do Processo (CEP), Controle de Qualidade Total (TQC), Sistema de Estoque Mínimo (SEM), além de outras formas de gestão participativa do trabalho como 5S's, Circulos de Controle de Qualidade (CCQ).

Nos anos 90, os países em desenvolvimento foram os que atraíram maiores investimentos por parte das montadoras e dos fabricantes de autopeças. Na América Latina, o Brasil e a Argentina foram os países que atraíram o maior número de empresas, assim como a China e a Índia no Continente Asiático. Esse deslocamento da produção para os países do Mercosul e países asiáticos constitui uma nova onda de internacionalização das montadoras. Esse mesmo deslocamento tem sido comum pelos fornecedores de autopeças, que tendem a seguir seus clientes para os novos locais de produção (*follow sourcing*)⁶.

Nessa década, no Brasil, houve investimentos das quatro grandes montadoras já instaladas: VW, FIAT Automóveis, GM e FORD. Além destes, houve investimentos de novas montadoras de automóveis, como RENAULT, PEUGEOT, HONDA, TOYOTA e MERCEDES-BENZ e de veículos comerciais leves CHRYSLER, ASIA e KIA (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL. v. 1, 1998).

Nos últimos anos, a indústria automobilística vem trabalhando para desenvolver uma rede de fornecedores confiáveis e capazes de atender às necessidades de uma indústria voltada cada vez mais para as etapas de concepção e desenvolvimento de novos veículos, para o planejamento e a montagem final dos sistemas de componentes. A formação das redes de fornecedores tem como objetivo a desverticalização produtiva, com as montadoras repassando para seus fornecedores parte da responsabilidade pela montagem de diversos subsistemas e

⁶ *Follow sourcing* ocorre quando o fornecedor de uma peça no local onde o veículo foi lançado pela primeira vez segue a montadora, instalando fábricas ou fornecendo a partir de fábricas já instaladas nos novos países/regiões em que o veículo vier a ser produzido (SALERNO et alii, 1998, p. 27 apud NITEC, 2003).

sistemas de componentes. Esse sistema foi desenvolvido no Japão e atualmente tem se transformado em uma tendência mundial, caracterizando-se pela divisão da cadeia de suprimentos em três ou quatro níveis, conforme mostrado na Figura 10.

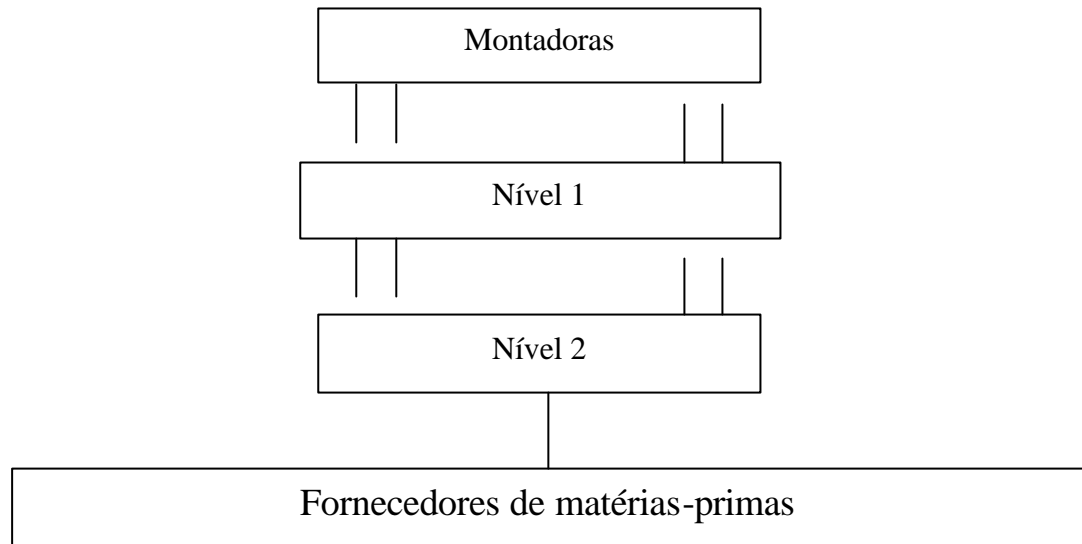


Figura 10: Hierarquização de fornecedores. (Fonte: NITEC, 2003)

Os fornecedores de primeiro nível possuem um contato direto com a montadora, fornecendo um sistema de componentes ou subconjuntos. Essas empresas são responsáveis pelo desenvolvimento e planejamento do produto, gerenciam o suprimento e fornecem o subconjunto pré-testado e pronto para a instalação.

As empresas de segundo nível fornecem componentes, peças ou materiais para as empresas de primeiro nível. Nesse segundo nível, as empresas tendem a ser especialistas em fabricação, e detêm a tecnologia do processo. Elas normalmente participam junto com as de primeiro nível no desenvolvimento de produto. E, por outro lado, dependem de empresas de terceiro nível para o seu suprimento de peças ou matérias-primas isoladas (NITEC, 2003).

Em paralelo à formação da cadeia de fornecedores, as montadoras têm adotado o princípio de competição no fornecimento de insumos, recorrendo ao “Global Sourcing”, principalmente na aquisição de partes e peças mais simples, como: estampados, peças de borracha e plástico e partes elétricas (NITEC, 2003)

Na década de 90, as montadoras passaram a exigir das empresas de autopeças adesão aos programas de qualidade e a certificação nas normas série ISO 9000, sendo que a GM, FORD e CHRYSLER elaboraram requisitos específicos à norma ISO 9000, dando origem à QS 9000, passando essa norma a ser requisito básico para a continuidade do fornecimento.

O meio ambiente também começa a fazer parte da agenda dos executivos do setor automobilístico. Está em jogo a preocupação com o consumo quantitativo e qualitativo de combustível, as matérias-primas utilizadas e o controle das emissões dos poluentes. A reciclabilidade tem surgido como uma resposta aos desafios colocados pelas novas regulamentações e normas governamentais. Esse conjunto de novos temas pode trazer implicações profundas sobre a competição na indústria (FERRAZ, 1997, p. 170).

Em consequência ao surgimento da Produção Enxuta e da Cadeia Totalmente Integrada, um novo movimento é notado: o de redução de desperdício e, em decorrência disto, a busca pela economia dos recursos ambientais. As questões ambientais consistem em um ponto cada vez mais estratégico do planejamento empresarial dentro na indústria automotiva. Algumas das razões para os investimentos nesta área referem-se à redução de custos, à imagem da empresa e à busca por vantagens competitivas. Através de uma análise histórica, é possível detectar que, desde a sua formação, o setor automotivo tem adotado alternativas que contemplam alguns dos princípios da ecoeficiência⁷ (NITEC, 2003).

3.2 A INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS

Os novos caminhos traçados pela indústria automotiva vem tendo um papel importantíssimo para o desenvolvimento econômico do país, pois possibilitaram a criação de condições essenciais para que outros segmentos econômicos pudessem se desenvolver, como é o caso da indústria de autopeças, que é fundamental para o fornecimento de peças e componentes, tanto para as montadoras de veículos como para o mercado de reposição.

3.2.1 A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS

A indústria nacional de autopeças é anterior à implantação da indústria automobilística no Brasil na década de 50. Desde a chegada do automóvel no país, no início do século, criou-se um ativo mercado de peças para reposição e oficinas mecânicas de reparos, associadas ou não às revendedoras de veículos. Gradativamente, diversas dessas oficinas tornaram-se fabricantes de partes e componentes, processo que se intensificou com a dificuldade de importação durante a Segunda Guerra Mundial (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL, v. 1, 1997, p. 02).

A necessidade de partes de reposição para automóveis importados e nacionais propiciou o desenvolvimento das pequenas oficinas de reparos que passaram, em pouco tempo, de oficina para fabricantes de autopeças. O mercado potencial existente estimulou essas pequenas oficinas que, em pouco tempo, transformaram-se em empresas fabricantes de componentes. (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL, v. 1, 1997).

⁷ Ecoeficiência significa a busca de meios que evitem o desperdício de matérias-primas e energia, o que acaba por agregar valor aos produtos e gerar lucros, na medida que os processos maximizam a utilidade dos insumos (NITEC, 2003).

“A criação do Grupo Executivo da Indústria Automobilística (GEIA) em 1956, durante o governo Juscelino Kubitschek, desempenhou papel fundamental na consolidação da indústria nacional de autopeças” (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL, v. 1, 1997, p. 04).

No final dos anos 50, observou-se uma grande ampliação na produção de veículos face à oferta de financiamentos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que estimulou a instalação de novas montadoras no país. Muitas dessas montadoras também procuraram atrair para o país fabricantes de autopeças de seus mercados de origem, ampliando, assim, o número de fornecedores e estimulando, dessa forma, a competição e a queda dos preços. A chegada dessas montadoras provocou uma alteração no fornecimento de autopeças, que anteriormente era direcionado quase que totalmente para o mercado de reposição, passando estas a se tornarem as principais clientes do setor, que já contava, em 1960, com 1.200 fabricantes em atividade (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL, v. 1, 1997).

“Na indústria de autopeças, a crise econômica dos anos 1980 implicou uma queda sustentada na demanda dos mercados de reposição e de montadoras. A forma de reação frente essa nova realidade foi buscar redução de custos de fabricação para posteriormente poder passar a competir no mercado externo” (FERRAZ, 1997, p. 170). Essa penetração no mercado externo somente se tornou possível devido às exportações de veículos nacionais, que “puxam” o fornecimento de autopeças, e também pelo rápido tempo de resposta quanto ao fator competitividade com a utilização de ferramentas da qualidade, automatizações e modernização dos sistemas de produção em algumas empresas brasileiras.

As exportações de autopeças foram iniciadas pelas empresas montadoras mas, ao longo do tempo, vêm aumentando significativamente a participação direta da indústria de componentes nas operações externas. Se no início dos anos 1980 as montadoras exportavam autopeças em valores muito superiores aos obtidos pelos próprios fabricantes, essa relação se inverteu no início dos anos 1990, evidenciando que com o passar dos anos o ramo de autopeças acumulou aprendizado suficiente para operar com sucesso no mercado externo. No entanto, cerca de 75% do total das exportações são realizadas por apenas quinze empresas, dentre as quais somente cinco são nacionais. Esses números mostram que o aprendizado concentrou-se em um pequeno subconjunto de empresas e explicita a força das empresas estrangeiras nessa indústria (FERRAZ, 1997, 174).

No final da década de 90 e início do ano 2000, os requisitos ambientais também passaram a ter um peso importante, sendo restrição principalmente para o mercado de exportação, onde alguns continentes passaram a exigir o selo verde para permitir a entrada de

produtos estrangeiros. As empresas desse ramo passaram a buscar também a certificação na norma série ISO 14001, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Empresas de autopeças brasileiras certificadas ou em processo de certificação

Empresas Certificadas ou em Processo de Certificação – 2001		
Norma	Certificadas	Em
ISO 9000	-	66
ISO 9001	154	-
ISO 9002	225	-
QS 9000 – Automotiva (GM, FORD E CHRYSLER)	266	29
ISO 14001	53	93
VDA 6 (Definir as siglas)	56	5
EAQF	39	3
AVSQ	19	7
ISO TS 16949 - Automotiva	19	92
BS 8800/OHSAS 18001 – Segurança e Saúde Ocupacional	4	9
AS 8000 – Responsabilidade Social	0	2

Fonte: 460 empresas associadas.

Nota: para VDA 6, EAQF, AVSQ estão sendo consideradas as informações recebidas de certificação de 2ª parte (realizadas por montadoras) e certificação de 3ª parte (por organismo certificador).

Fonte: (SINDIPEÇAS, 2003)

Segundo Ferraz (1997, p. 168-169), o custo das peças montadas num veículo gira em torno de 60 a 80% do custo do veículo; por isso, as empresas de autopeças são diretamente afetadas pela concorrência entre as montadoras. A necessidade de redução de custos por parte das autopeças é fundamental para a manutenção do fornecimento; além disso, as montadoras exigem que seus fornecedores entreguem em *Just In Time (JIT)* partes, peças e insumos com qualidade total.

Essa nova realidade de mercado tem induzido as indústrias de autopeças a tomarem uma direção rumo à estrutura enxuta do sistema de fornecimento das empresas japonesas. “Neste sentido, reduz-se o número de fornecedores diretos, que passam, por sua vez, a assumir cada vez maiores responsabilidades pelo trabalho de engenharia e pela integração de sistemas, entregando produtos cada vez mais completos”. As montadoras vêm se utilizando dessa aproximação com seus fornecedores, para estabelecer laços de cooperação, com relações mais duradouras, que permitam além de facilidades de relacionamento, obter ganhos com redução de custos (FERRO, 1995, p. 5).

Toda a pressão exercida pelas montadoras sobre as empresas de autopeças tem forçado essas empresas a buscarem especialização e modernização dos seus recursos produtivos, aumentando sua competitividade nos mercados de montadora e exportação. Porém, para muitas, isso implica uma carga de custos indiretos maior em relação às concorrentes menos qualificadas, que fornecem para o mercado de reposição, visto que esse mercado ainda absorve produtos de baixa qualidade em detrimento ao custo.

Face ao processo de abertura econômica que está sendo vivenciado, e ao grande contingente de veículos em uso no mundo (frota circulante), conforme Tabela 4 apresentada abaixo, abrem-se portas para novos mercados a empresas que tiverem condições de competir em nível de qualidade e preço com as empresas de classe mundial.

Tabela 4: Frota circulante mundial de autoveículos

Frota circulante mundial de autoveículos – 1993/2000 <i>(Em mil unidades)</i>								
País	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Estados Unidos	186.315	188.714	193.440	198.293	201.070	205.043	209.509	221.474
Japão	61.658	63.263	65.011	66.854	70.003	70.815	71.723	72.649
Alemanha	42.044	42.878	43.561	44.167	44.501	44.979	45.793	47.306
Itália	32.373	32.455	33.165	33.737	34.398	34.707	35.486	36.165
França	29.450	30.040	30.295	30.755	31.267	32.310	33.089	33.813
Reino Unido	27.006	27.437	27.942	28.486	29.635	30.406	30.931	31.423
Rússia	23.405	23.405	23.495	23.565	25.255	25.645	25.645	25.645
Espanha	16.300	16.687	17.284	17.954	18.657	19.612	20.636	21.427
Brasil	14.859	15.451	16.123	16.880	17.720	17.948	18.281	20.377
Canadá	16.336	16.588	16.668	16.815	17.078	17.655	17.964	17.571
México	11.854	12.405	11.788	12.210	13.057	14.044	14.850	14.850
China	8.176	9.420	10.400	11.450	11.818	13.190	13.190	11.818
Austrália	10.553	10.835	11.207	10.750	11.157	11.765	12.132	12.528
Coréia do Sul	6.274	7.404	8.469	9.553	10.413	10.470	11.164	11.164
Holanda	6.063	6.211	6.290	6.420	6.505	6.669	6.894	7.190
Argentina	6.520	5.666	5.903	6.071	6.281	6.544	6.607	6.607
África do Sul	5.495	5.700	5.990	6.280	6.040	5.783	5.865	6.046
Bélgica	4.584	4.673	4.755	4.838	4.891	5.001	5.119	5.222
Áustria	4.114	4.240	4.368	4.478	4.145	4.262	4.396	4.493
Suécia	3.882	3.912	3.953	3.981	4.039	4.145	4.259	4.750
Outros	98.221	99.945	104.809	115.774	127.979	116.801	122.325	136.292
Total	617.087	629.077	646.759	671.258	695.909	697.793	715.858	748.812

Fonte: (SINDIPEÇAS, 2003)

Nota: autoveículos compreendem automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus

Conforme mostrado na Tabela 4, o grande número de veículos circulantes nos Estados Unidos é indicativo de que esse é um mercado potencial a ser explorado pelas indústrias nacionais de autopeças, que forem competitivas a ponto de se inserir nesse tão disputado segmento.

3.2.2 DESEMPENHO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS DA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS

Segundo Ferraz (1997), as empresas de autopeças têm evoluído positivamente nos últimos anos; porém, uma boa análise dos indicadores de qualidade e produtividade da indústria de autopeças brasileira mostra que ainda existe um longo caminho para a otimização dos processos produtivos, principalmente quando comparados às melhores práticas internacionais. Isso pode ser verificado na pesquisa realizada pelo Sindipeças, em 1999, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Percentual médio de empresas que conhecem ferramentas da qualidade

ISO 9000	91%
PAPP – Processo de Aprovação de Peça de Produção	86%
Classificação de Fornecedores	85%
FMEA – Análise de Modo de Falha e Efeito	85%
Benchmarking	84%
CEP – Controle Estatístico do Processo	78%
Auto-Avaliação de Qualidade Organizacional	77%
MASP – Metodologia de Análise e Solução de Problemas	76%
APQP – Planejamento Avançado de Qualidade do Produto	75%
QS 9000	71%
Custos da Qualidade	68%
Layout Celular	69%
QFD – Desdobramento da Função Qualidade	67%
Kanban/ <i>Just-In-Time</i>	66%
GD&T – Dimensionamento Geométrico e Tolerância	56%
TPM – Manutenção Produtiva Total	54%
DDE – Delineamento de Experimentos – Tagushi	51%
Engenharia e Análise de Valor	48%

Fonte: (SINDIPEÇAS, 2003)

Esta pesquisa mostra que a grande maioria das empresas de autopeças priorizam a certificação nas normas série ISO 9000, e ferramentas PAPP, FMEA, CEP e MASP, o que de certa forma está relacionado com a certificação na própria norma, que contempla a utilização dessas ferramentas em seus requisitos.

Observa-se uma menor incidência na utilização da QS 9000, custos da qualidade, QFD, TPM entre outros. Isso nos indica que um grande percentual de empresas sequer conhece ferramentas da qualidade que são indispensáveis para um bom desempenho dos

processos de produção. Há de se ressaltar que a distância entre conhecer uma ferramenta, implementá-la e colher resultados não é tão pequena, pois, na maioria das vezes, é necessário um trabalho de aculturação de todas as pessoas que trabalham na organização, para que o resultado possa ser satisfatório.

A Tabela 6 mostra a evolução das indústrias de autopeças, quanto ao desempenho produtivo, mostrando claramente a grande preocupação na redução dos tempos de produção e um menor esforço na redução dos níveis de rejeitos e na taxa de defeitos.

Tabela 6: Desempenho produtivo da indústria de autopeças (evolução dos valores médios)

Desempenho produtivo ponderado pelas vendas	Unidade	1987/1989	1992
Taxa de defeitos	% Sobre a produção	8,6	9,1
Taxa de rejeito de insumos	% Sobre a produção	1,7	1,3
Prazo médio de produção	Dias	19,0	12,9
Prazo médio de entrega	Dias	33,3	22,6

Fonte: (FERRAZ, 1997, p. 178), Tabela adaptada

3.3 OS MATERIAIS DE FRICÇÃO

Em termos gerais, um material de fricção é um compósito de resina fenólica termofixa e fibras associados a uma grande variedade de componentes inorgânicos com características lubrificantes, abrasivas e componentes metálicos que formam a massa que, ao ser submetida a elevada pressão e temperatura, adquire características termofixas e passa a apresentar as propriedades necessárias para atuar como elemento de fricção (SCHIMITZ, 1997).

Com a função principal de diminuir a velocidade ou parar o veículo, um sistema de freios mecânicos funciona devido ao atrito de um elemento fixo (pastilha ou sapata/lona) com um elemento rotativo solidário à roda (disco ou tambor). O sistema de freios hidráulico, ao se pressionar o pedal do freio, o fluido que se encontra no cilindro mestre e na tubulação aciona os cilindros de roda, empurrando as sapatas/pastilhas de encontro ao tambor/disco. Entretanto, a adoção de sistemas mais sofisticados de frenagem, como o sistema ABS⁸ (Sistema Anti-bloqueio), por todas as famílias de freios é uma tendência mundial (GAZETA MERCANTIL, PANORAMA SETORIAL, v. II, 1997, p. 71).

⁸ É um sistema equipado com sensores eletrônicos que impedem o travamento das rodas durante a frenagem, evitando assim a derrapagem do veículo.

3.3.1 – A EVOLUÇÃO DOS MATERIAIS DE FRICÇÃO

A necessidade de desenvolvimento dos materiais de fricção surgiu após o surgimento de veículos movidos por rodas, independentemente da forma de tração, se animal ou mecânica. Inicialmente, antes da introdução dos materiais de fricção, as máquinas e os veículos eram freados utilizando-se materiais, como madeira ou couro.

A utilização desses materiais era possível, pois a velocidade nos deslocamentos era baixa e, conseqüentemente, as temperaturas atingidas durante a frenagem também eram baixas. Os valores do coeficiente de atrito desses materiais eram aceitáveis; porém, com a elevação da velocidade dos veículos e as temperaturas de frenagem aumentando, a superfície desses materiais freqüentemente carbonizavam, causando uma perda quase completa da resistência à fricção (NICHOLSON, 1995).

No ano de 1897, o inglês Herbert Froad desenvolveu o primeiro material de fricção baseado em uma correia de cabelo e algodão. Esse material era impregnado com uma solução de betume e era utilizado não somente em carroças de cavalos, mas também em carros movidos mecanicamente. A limitação óbvia do uso desse material, por ser uma fibra natural, estava na perda de suas propriedades de fricção e resistência mecânica em temperaturas em torno de 200°C. Essa desvantagem logo foi percebida por Froad pois, já em 1908, ele mesmo tinha introduzido o tecido de amianto⁹ nos materiais de fricção (NICHOLSON, 1995).

Por muitos anos, a fibra de amianto foi utilizada na maioria das aplicações, devido à sua flexibilidade, resistência térmica e mecânica, além das boas propriedades de fricção e da compatibilidade com resinas e outros aglomerantes. A inclusão do fio de latão durante a retorção de fios de amianto, adicionou resistência mecânica e modificou também as características de desempenho. Por seis décadas, esse tipo de material contribuiu para a segurança de automóveis, caminhões e todos os tipos de máquinas que necessitam de controle de movimento em todo o mundo (NICHOLSON, 1995).

Por volta de 1920, iniciaram-se estudos para a substituição dos materiais de fricção em tecidos por tipos moldados, bem como a utilização de fibras curtas de amianto crisotila, abundantes e de custo mais baixo (NICHOLSON, 1995).

⁹ “Os materiais de fricção à base de amianto possuem baixa condutividade térmica e, conseqüentemente causam um elevado aquecimento do sistema de freio. Umidade ou óleo em materiais à base de amianto resulta na alteração do coeficiente de fricção causando grande desgaste, especialmente quando em combinação com altas temperaturas, quando acontece a carbonização dos componentes orgânicos” (P – 358 – SAE INTERNACIONAL).

As primeiras patentes para material de fricção foram feitas por Blume, em 1926, na Inglaterra. Na nova fórmula, desenvolvida por Blume, os moldados usavam o mesmo amianto, porém com fibras menores do que as fibras utilizadas nos tecidos de amianto, partículas de latão ao invés do fio de latão, óleos de linhaça e coque betuminado ao invés de asfalto. Na mesma época, Herbert Frood introduziu seu primeiro material de fricção moldado, uma mistura seca para sapatas de freio para trens e metrô em Londres. Por volta de 1930, químicos desenvolveram resinas flexíveis com grande estabilidade térmica, abrindo caminho para compostos mais sofisticados e novos desenvolvimentos de materiais de fricção, os quais ainda hoje são utilizados. Paralelamente a isso, houve o desenvolvimento de materiais de fricção pelas indústrias de produção e transformação de borracha e tecidos de algodão. Posteriormente, tecidos de amianto foram recobertos com compostos de borracha, obtendo a espessura requerida através do uso de calandras, componentes utilizados na indústria de borracha. Esses processos continuam sendo utilizados em muitas partes do mundo, e atualizações de fórmulas sem amianto têm sido adaptadas a estas (NICHOLSON, 1995).

Em 1950, a companhia *S. K. Wellman*, dos Estados Unidos, introduziu resinas aglomerantes para materiais de fricção metálicos,¹⁰ obtendo sucesso e larga aceitação industrial, e também nas companhias aéreas. Essas resinas aglomeravam materiais metálicos ou semimetálicos, onde pó de ferro, grafite e resinas tornaram-se muito populares nos anos de 70, para serem usados em pastilhas de freio a disco. Ainda hoje possuem larga aceitação e grande quantidade de pastilhas tem sido comercializada para as linhas de montagem de novos veículos, e para o mercado de reposição em todo o mundo (NICHOLSON, 1995).

Nos anos 60, muitas companhias fabricantes de material de fricção iniciaram investigações para utilização de materiais alternativos ao amianto, como principal constituinte dos materiais de fricção. As alternativas consideradas foram: fibra de vidro, fibra mineral, fibras metálicas, e mais recentemente, fibras sintéticas. Ao mesmo tempo, preocupações começaram a surgir quanto à segurança na utilização de fibras de amianto¹¹ (NICHOLSON, 1995).

¹⁰ “Fibras metálicas atuam com estabilizantes, e são definitivamente aditivos funcionais. Usadas em materiais de fricção, não somente contribuem para proporcionar maior estabilidade do coeficiente de fricção e melhorar o *fading* característico em altas temperaturas, velocidade e pressão, mas também reduz o desgaste do disco de freio e das pastilhas além de proporcionar conforto e alta performance de frenagem” (P – 358 – SAE INTERNACIONAL).

¹¹ As fibras de amianto, quando inaladas, podem causar sérios problemas à saúde, mais especificamente relacionadas ao pulmão, podendo causar a “asbestose”, espécie de câncer causado pela deposição de fibras de amianto nos alvéolos pulmonares.

Alguns países têm restringido o uso do amianto, como EUA, França, Suécia, Alemanha e muitos outros. Atualmente essa proibição já atingiu diversas cidades e/ou estados brasileiros.

A utilização de fibras metálicas para produção de materiais de fricção semimetálicos não é ideal para todas as aplicações, pois materiais com alto conteúdo metálico possuem alta condutividade térmica quando comparados com materiais à base de amianto. Por isso, no final dos anos 70, materiais de fricção passaram, após novos desenvolvimentos, a utilizar fibras de vidro e outras fibras em substituição ao amianto. Materiais de fricção à base de fibra de vidro têm sido montados como equipamentos originais e de reposição nas companhias Ford e VW desde o início de 1980. O desenvolvimento de novos materiais de fricção é permanente e necessário em função das novas tecnologias adotadas pela indústria automobilística, que propicia o lançamento de veículos cada vez mais velozes, razão pela qual os sistemas de freios passam a ser mais exigidos durante a frenagem. Características como transmissão automática, aros largos e pneus grandes contribuíram para o incremento da temperatura de frenagem. A geração de calor durante a frenagem é um dos principais problemas para o desenvolvimento de formulações de materiais de fricção (NICHOLSON, 1995).

Uma nova geração de produtos tem sido desenvolvida com menor condutividade térmica do que os materiais semimetálicos para, com isso, reduzir a quantidade de calor transferida para o fluido de freio. São basicamente constituídos de um composto orgânico, que não desintegra com altas temperaturas geradas, e mantém o nível de fricção em uma larga faixa de temperatura, algo que mantenha baixo o nível de desgaste e não danifique a superfície oposta (tambor) (NICHOLSON, 1995).

3.3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE FRICÇÃO

Atualmente, os materiais de fricção são alvo de extensas pesquisas devido às modificações feitas nos modelos, e aos novos projetos de veículos automotores, visando aprimorar as características básicas necessárias dos materiais de fricção. Essas características representam o compromisso de exigências, tais como coeficiente moderadamente alto de fricção e temperatura independente, alta resistência mecânica e térmica, abrasividade, estabilidade dimensional, durabilidade, resistência a fluidos hidráulicos, gasolina e água e ausência de ruído (NICHOLSON, 1995).

Martin (1999) enquadra as pastilhas e lonas de freio utilizadas na indústria automobilística em típicos compósitos de matriz polimérica, classificando-as em três classes, baseadas na natureza da fibra de reforço: material reforçado com fibra de amianto, material reforçado com fibra semimetálica e material reforçado com fibra orgânica.

Material reforçado com fibra de amianto: durante muitos anos, a fibra de amianto foi a mais utilizada na manufatura de materiais de fricção, em função das suas propriedades térmicas e mecânicas aliadas ao baixo custo, até que foram impostas limitações quanto ao manuseio e à utilização dessas fibras. Nos últimos anos, um grande número de fibras de reforço alternativas, não-amianto, foram testadas para se encontrar o substituto mais adequado (MARTIN, 1999).

Material reforçado com fibras semimetálicas: foram desenvolvidas e passaram a ser utilizadas após os anos 60. É uma classe considerada em particular, pois possui uma escala restrita de composição, tendo 50 a 65% de componentes metálicos (lã de aço e ferro) na formulação. Compósitos semimetálicos possuem coeficiente de atrito estável, baixo desgaste, boa energia de absorção, alta capacidade de temperatura e pouco ruído (MARTIN, 1999).

Material reforçado com fibras orgânicas: oferecem um desempenho superior em relação ao oferecido pelos materiais à base de amianto. Além de possuir menor impacto sobre o meio ambiente, contém entre 30 e 40% de resina termofixa com peso conhecido e fibras orgânicas. Com frequência contém blendas com diferentes fibras, tais como vidro, metal, cerâmica, aramida e carbono (MARTIN, 1999).

3.3.3 COMPOSIÇÃO DOS MATERIAIS DE FRICÇÃO

Segundo Watson (1999), existem cinco principais elementos na composição de um material de fricção: fibras, abrasivos, cargas, lubrificantes e orgânicos. Cada elemento possui uma função principal para atender às características de performance dos materiais de fricção, mas cada um possui também efeitos secundários, que são determinantes na performance desses materiais e, conseqüentemente são tão importantes como os efeitos principais.

O volume de cada elemento, e os volumes da fração que cada elemento compreende, variam de formulação para formulação, contribuindo cada um com sua particular característica de performance.

Diferentes formulações podem ser divididas em famílias, nas quais as proporções de elementos são apreciáveis, mudando de família para família, por exemplo ferrosos pesados, ferrosos leves, não metálicos, orgânicos pesados, etc.

Fibras: o principal objetivo da adição de fibras à formulação é facilitar a produção e fornecer resistência. Fibras fornecem resistência física, aumentando tanto a resistência ao impacto, bem como a resistência ao choque térmico. Rápidas flutuações da temperatura, particularmente na superfície dos materiais com baixa condutividade térmica, resultam em alta tensão superficial. Essa tensão superficial pode resultar em trincas externas ou na propagação destas no interior do material (WATSON, 1999).

Orgânicos: os orgânicos são os mais diversos e versáteis elementos que compõem o material de fricção. Eles podem estar dispersos dentro da principal matriz, como discretas partículas ou como parte constituinte da própria matriz. As condições de processamento podem ser críticas, atingindo a homogeneidade desejada da matriz com dois ou três ou até mais componentes orgânicos, apesar de haver a dispersão uniforme dos componentes no estágio de mistura (WATSON, 1999)

Abrasivos: abrasivos são acrescentados em pequenas proporções na formulação, para elevar o nível geral de fricção, e diferentes abrasivos possuem ótimo efeito em diferentes zonas de temperatura, fornecendo o requerido nível de fricção. O aumento da temperatura na interface de fricção resulta em alterações na matriz orgânica (decomposição ou mero amolecimento da massa), que por sua vez provoca a redução do poder de fricção, ou fade. Na seleção de um abrasivo em particular, o tamanho da partícula e a proporção na qual pode ser acrescentado são muito importantes (WATSON, 1999).

Cargas: são geralmente componentes de baixo custo e uma considerável quantidade é adicionada na formulação, pois apesar do baixo custo possuem também características que melhoram a performance do material de fricção, como condutividade térmica e resistência à abrasão. Óxido de cálcio e magnésio atuam como aceleradores na cura da resina fenólica. Metais como ferro, magnésio, cobre e zinco são adicionados para melhorar a condutividade térmica (WATSON, 1999).

Lubrificantes: lubrificantes são adicionados à formulação em pequenas quantidades e atuam como reguladores do atrito entre o material de fricção e o tambor ou disco de freio. Para escalas diferentes de temperatura de trabalho, diferentes tipos de lubrificantes são recomendados. Para baixas temperaturas, o grafite é mais eficiente. Outros como mica e dissulfeto de molibdênio são lubrificantes sólidos adicionados para impedir a micro adesão ao rotor (WATSON, 1999)

3.3.4 OS PROCESSOS DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE FRICÇÃO

Os processos de manufatura dos materiais de fricção podem ser separados em três categorias básicas (NICHOLSON, 1995):

Mistura seca: nessa categoria, todos os ingredientes que fazem parte da formulação estão na forma seca como, por exemplo, resina em pó, partículas, fibras e outros tipos de matérias-primas em forma de pó.

Mistura úmida: nesse caso, os mesmos tipos de ingredientes utilizados na mistura seca são aqui misturados com uma resina líquida, ou uma solução de borracha, ou ainda na combinação de ambos.

Material trançado: aqui são utilizados fios de amianto ou de fibras de vidro para confecção de tecidos, que posteriormente são impregnados em banhos especiais para atribuir as características necessárias às aplicações a que são destinados.

A grande maioria das companhias deste segmento possuem quatro principais linhas de produtos, que são, segundo Nicholson (1995):

- lonas para veículos pesados, com mistura seca;
- lonas para veículos de passageiros, com mistura seca;
- lonas para veículos leves e médios, com mistura úmida;
- pastilhas para freios, normalmente com mistura seca.

Algumas empresas ainda produzem revestimentos para embreagens e aplicações especiais dos materiais de fricção, como é o caso da aplicação em máquinas industriais em vários segmentos.

Para a produção de blocos utilizando-se mistura seca conforme fluxo de processo mostrado na Figura 11, são utilizadas matérias-primas em forma de pó misturadas a uma resina também seca. Calor e pressão são necessários para transformar o material em produto acabado.

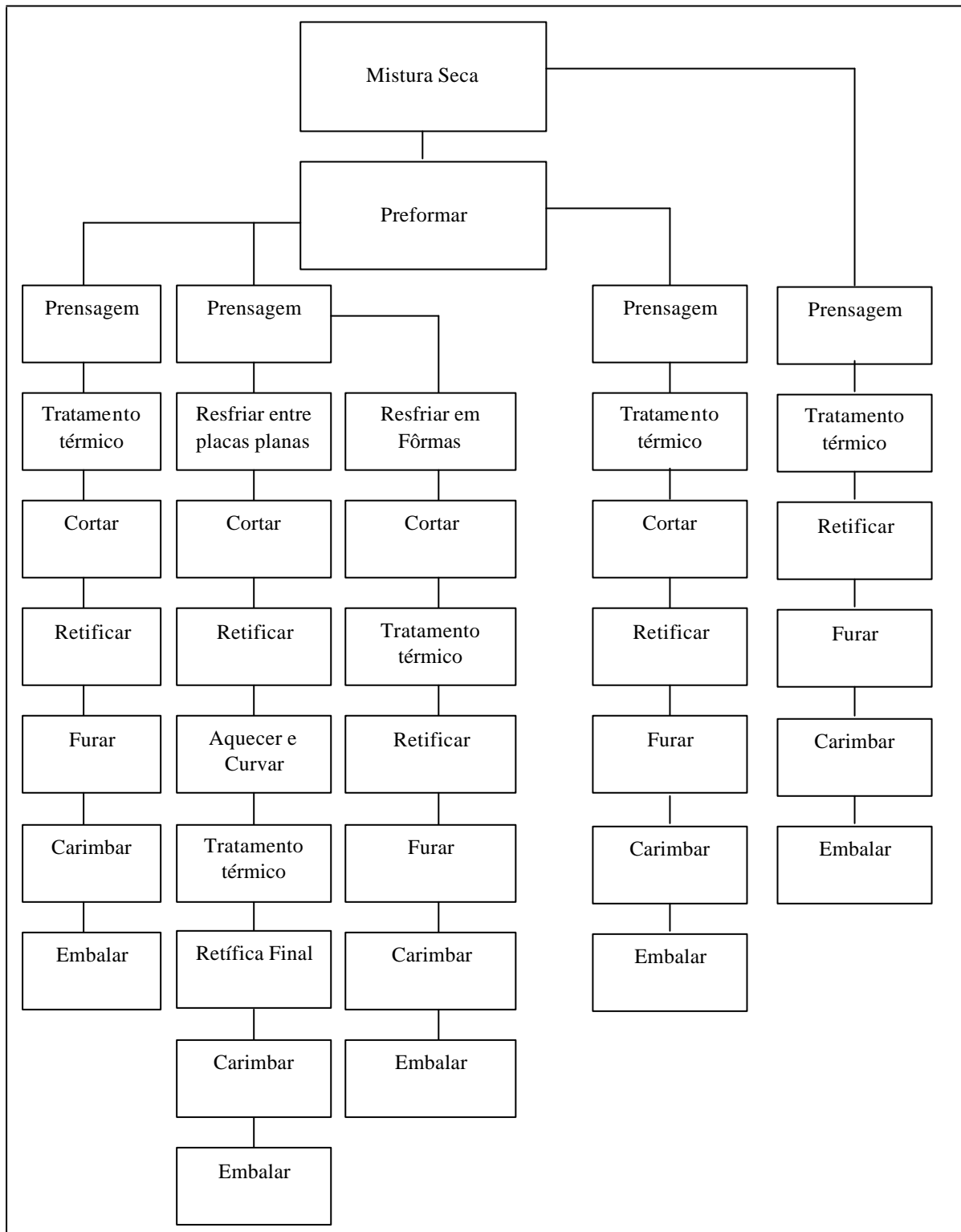


Figura 11: Fluxo do processo com Mistura Seca (Blocos) (NICHOLSON, 1995, p. iv)

Para a produção da mistura seca são utilizados ingredientes secos, como por exemplo, pós, resinas e fibras secos. Para a obtenção do produto final faz-se necessário calor e pressão, além das demais etapas mostradas na Figura 12.

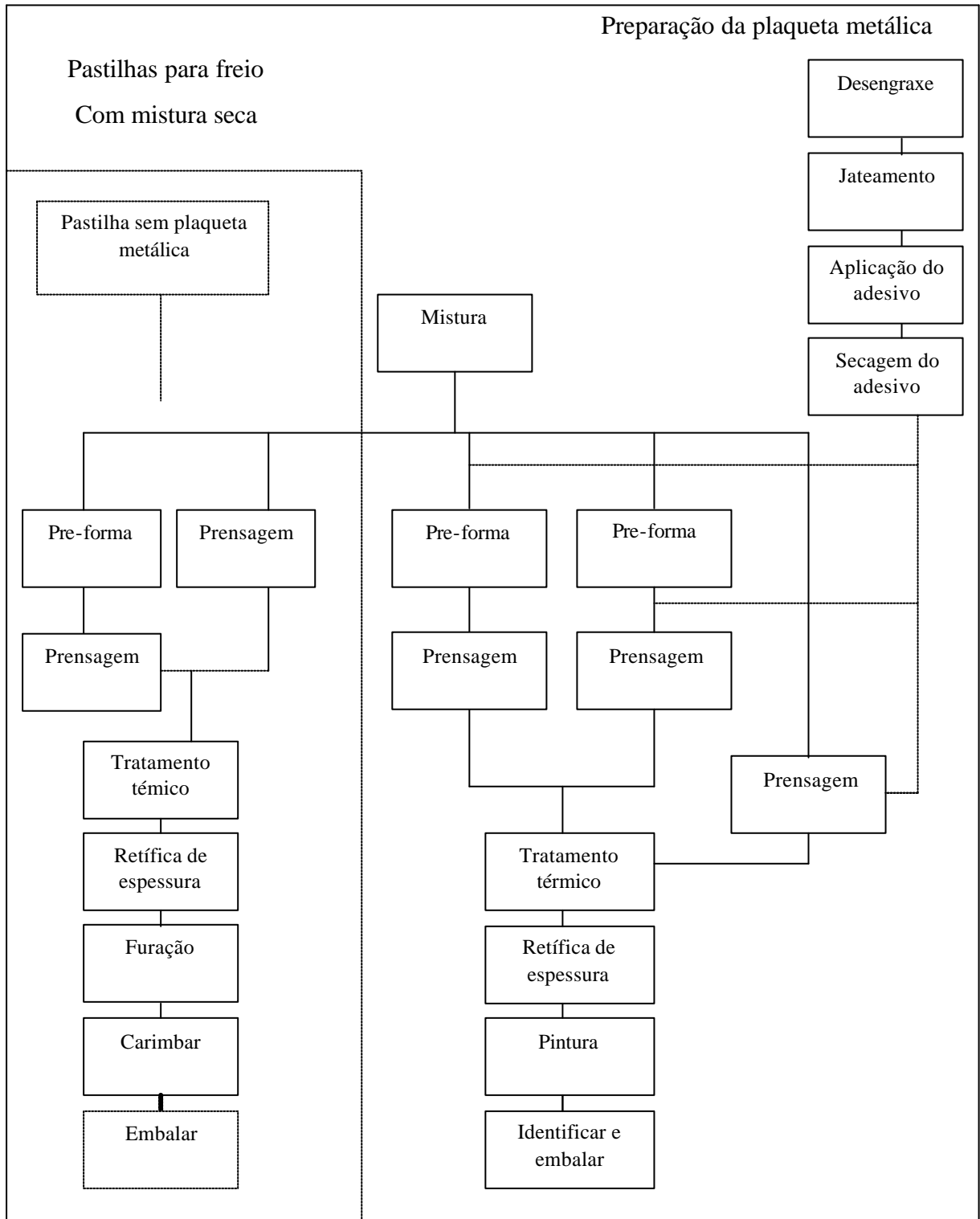


Figura 12: Fluxo do processo com mistura seca - pastilhas para freio. (NICHOLSON, 1995).

Uma mistura úmida cujo fluxo está mostrado na Figura 13 é composta pelos mesmos componentes, pós e fibras, que são misturados com resina líquida ou uma solução de borracha, ou ainda, uma combinação de ambos. Calor e pressão são necessários para obter o produto final.

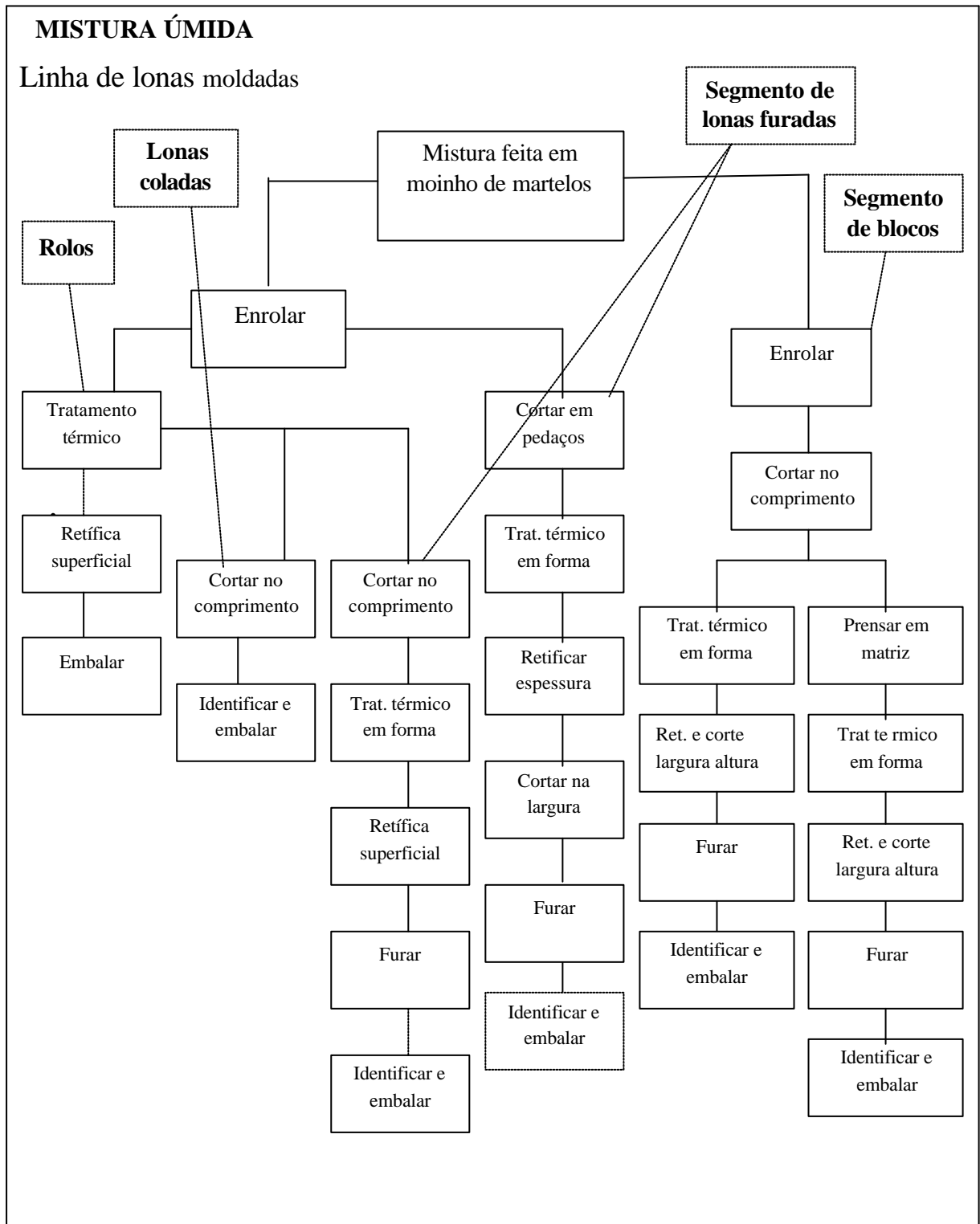


Figura 13: Fluxo do processo com mistura úmida - lonas de freio. (NICHOLSON, 1995)

3.3.5 AS PERDAS NA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE FRICÇÃO

Após terem sido apresentados os principais processos e matérias-primas utilizadas nesse tipo de indústria, fica facilitado o entendimento de como ocorrem as principais perdas no processo produtivo.

3.3.5.1 As perdas no processo na forma de sobra de material

Os processos de produção de um material de fricção se iniciam com o manuseio de matérias-primas em forma de pó (na sua grande maioria), sendo indispensáveis certas precauções para que não haja o esbanjamento quando da dosagem e manipulação destas, durante as primeiras etapas do processo. Nas etapas posteriores, as sobras de material se verificam principalmente quando do beneficiamento das peças nas etapas de retificar espessura, chanfrar e abrir rasgo. Na primeira parte do processo, as sobras que ocorrem são indesejadas e dependem basicamente do conceito dos equipamentos e da forma de manuseio dos materiais. As etapas de beneficiamento geram sobras preconcebidas e aceitas quando do projeto do produto.

A seguir, serão relacionados os principais fatores geradores de perdas por sobra de material nesses processos:

- Resíduos gerados no acabamento das peças, em operações, tais como corte, retífica de espessura, chanfro, rasgo, furação, entre outras;
- Resíduos captados pelos sistemas de exaustão, oriundos de operações diversas do processo, tais como pesagem da matéria-prima, pesagem do material para pre-formar, abastecimento e limpeza de silos e manuseio em geral;
- Restos de matérias-primas descartadas juntamente com as embalagens;
- Restos de matérias-primas e de materiais que acabam caindo pelo chão da fábrica, e sendo descartados como sobras do processo.

3.3.5.2 As perdas no processo na forma de refugos

Para se transformar um material (formulação composta por diversas matérias-primas) em um produto (pastilha de freio, lona para veículos leves ou pesados ou ainda um revestimento para embreagem), é necessário submeter esse material a um processo de

transformação química, em etapas de prensagem a quente, com tempo e pressão predefinidos, e pela etapa de tratamento térmico.

Durante essas etapas do processo, podem ocorrer situações inusitadas como, por exemplo, falha do equipamento, variações de características críticas do processo e ainda danos no produto quando do seu manuseio.

Quando essas falhas ocorrem, poderão originar defeitos que impossibilitam a utilização desses produtos, sendo os mesmos refugados e classificados como refugos por bolhas, trincas, má compactação, entre outros defeitos.

Além dessas falhas, ainda podem ocorrer inúmeros fatores capazes de gerar peças com defeito, pois nesse tipo de processo existem muitas variáveis, que quando somadas podem resultar em variações nos resultados em nível de qualidade e performance do produto. A identificação e o controle dessas variáveis, quer sejam de matérias-primas ou processo, é de fato uma prática que contribui significativamente para a redução do nível de produtos com defeito.

Nas etapas do processo, onde ocorre a transformação mecânica dos produtos, a grande parte dos defeitos está relacionada ao dimensional, ou visual dos produtos, em características como espessura, furação, comprimento, acabamento, integridade física do produto, entre outros possíveis defeitos.

Pode-se afirmar que, tanto para as etapas de transformação química como para as de transformação mecânica, um sistema de controle do processo adequado é de fundamental importância. Quanto maior a capacidade dos processos, menor será o índice de produtos com defeitos. Da mesma forma, quanto mais homogêneas forem as matérias-primas e os materiais obtidos através dessa mistura, também menor será a incidência de produtos com defeitos, ou seja, não se pode obter um produto final com qualidade maior do que a matéria-prima utilizada para a sua produção.

3.3.5.3 Avaliação dos dados

Segundo Galelli (1984), uma análise superficial dos dados pode levar os gestores a trabalhar na redução das perdas de produtos que podem não ser os que possuem um maior ganho potencial, pois o percentual da perda por refugo ou sobra de material não é a única variável envolvida. Pode-se ter produtos com baixo índice de refugo e sobra de material, mas com grande perda em função da grande quantidade produzida. Em outro caso pode-se ter um outro produto apresentando alto índice de refugo e sobra de material, mas com uma pequena

quantidade de peças produzidas. Um outro produto ainda pode apresentar baixa produção, índices de refugo e sobra de material razoáveis, mas com um custo elevado do material com que é produzido. Logo, pode-se concluir que as variáveis que realmente interessam ao estudo são a quantidade produzida, o percentual de refugo, sobra de material e o valor da perda.

O autor ainda comenta que, quando se analisa individualmente um produto, fica bastante fácil identificar a possibilidade de redução das perdas calculando o potencial de ganho com a redução dos índices de refugo e sobra de material. Porém, quando o número de itens é elevado, a avaliação individual torna-se dificultada, ou pelo menos demorada, necessitando-se para isso de uma sistemática que identifique e aponte os itens que apresentam maior potencial de ganho.

3.3.5.4 As perdas pela não utilização dos resíduos gerados por esse processo

Todo o resíduo gerado na produção de materiais de fricção (refugos e sobras no processo) possui boas características, possibilitando a utilização desses resíduos na produção de novos produtos. Para que a reutilização seja possível, faz-se necessário que se implemente, em primeiro lugar, um sistema que garanta a não-contaminação desses resíduos e, em segundo plano, um sistema de coleta e segregação destes resíduos.

Com o material disponível, basta que se conheça suas propriedades, através de análises químicas e se passe a introduzir uma parcela (valor percentual) na composição de um material, como se esse resíduo fosse uma matéria-prima.

O tratamento dispensado a esses resíduos deve ser o mesmo dispensado a uma matéria-prima normal, ou seja, deve ser inspecionado e controlado e, se aprovado, disponibilizado para a produção.

O simples descarte e encaminhamento desses resíduos para o ambiente, quer seja em aterros ou para outros locais, é abordado neste trabalho como sendo uma perda.

3.4 COMENTÁRIOS FINAIS

A análise do histórico e evolução das indústrias automotiva e de autopeças, que também engloba a indústria de materiais de fricção, mostra que as grandes oportunidades e transformações ocorridas nesse segmento surgiram em função de situações de crise no mundo, das quais pode-se citar as guerras, crises de petróleo, abertura ou fechamento das fronteiras para exportação, entre outras. Esses fatos relacionados com o atual momento mundial, onde a

escassez de recursos e os fatores relacionados ao meio ambiente se mostram como um grande problema a ser enfrentado pelas empresas e a humanidade, porém também apresentando-se como uma grande oportunidade para redução drástica das perdas nos processos produtivos.

Na indústria de materiais de fricção, as perdas relacionadas às matérias-primas, por refugos e sobras no processo, atingem percentuais entre 15% e 20% da matéria-prima comprada e, sendo essa responsável por aproximadamente 30% do CPV – Custo do Produto Vendido. Não resta dúvida que todo o esforço dispensado para a redução dessas perdas se reverte em ganhos significativos para a empresa, visto que além do custo da matéria-prima perdida, tem-se ainda um custo agregado ao longo do processo até o ponto de rejeição.

É com o propósito de contribuir para a solução dessa problemática que o Capítulo 4 apresenta um procedimento proposto para a identificação, mensuração e redução das perdas direcionado para a indústria de materiais de fricção, porém com possibilidade de ser aplicado em empresas de outros segmentos.

CAPÍTULO 4 - PROCEDIMENTO PROPOSTO

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No atual momento as empresas de materiais de fricção estão passando por um processo de substituição do amianto por outras matérias-primas alternativas, as quais, num primeiro momento tendem até a aumentar os índices de refugos. Isso indica que essas empresas têm pela frente um grande desafio, principalmente no que se refere à redução das perdas nos processos produtivos.

A busca por mecanismos, ferramentas e práticas para a redução dessas perdas é constante porém, é preciso acima de tudo saber avaliar os benefícios que poderão ser atingidos, e se o novo conceito está plenamente de acordo com a cultura da organização. Essa avaliação requer acima de tudo o conhecimento de toda a empresa, bem como a forma de inserção no ambiente desta, sabendo interpretar e adaptar os conceitos à sua realidade. Isso para que não seja introduzida uma nova prática, simplesmente porque outras empresas a estão implementando, o chamado “modismo”, mas sim, somente seja iniciado quando houver convicção da necessidade e do retorno que esse novo programa pode trazer à organização.

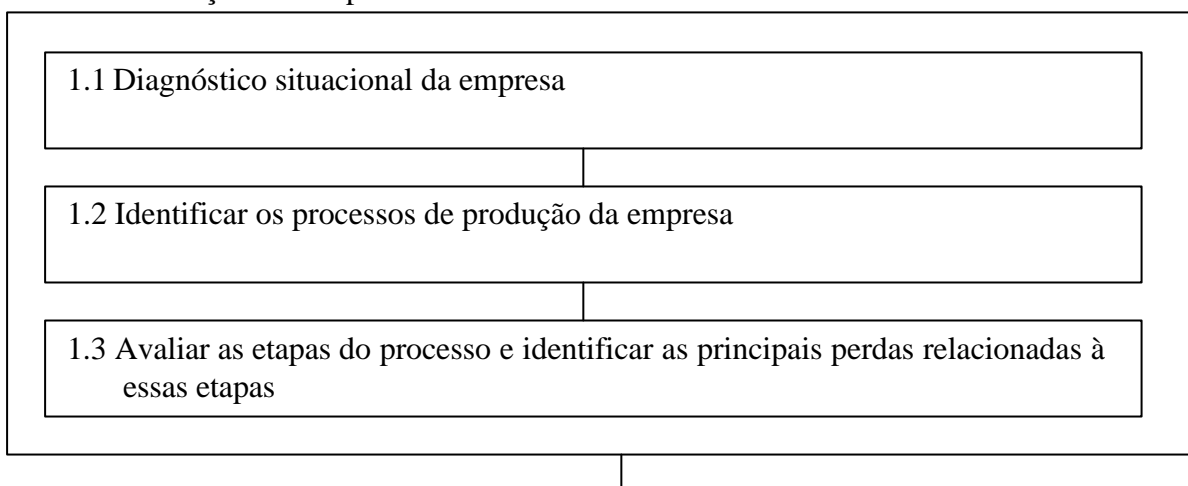
De uma forma geral, as empresas brasileiras vêm intensificando esforços com vistas à redução dos seus custos, isso faz com que as grandes oportunidades de ganhos em pontos localizados fiquem escassas, restando inúmeras oportunidades de pequenos ganhos em toda a organização. Dessa forma, torna-se imprescindível a utilização de uma sistemática adequada que facilite a visualização e priorização das oportunidades.

Está apresentado a seguir um procedimento elaborado com o propósito de auxiliar as empresas a combater as perdas nos seus processos produtivos.

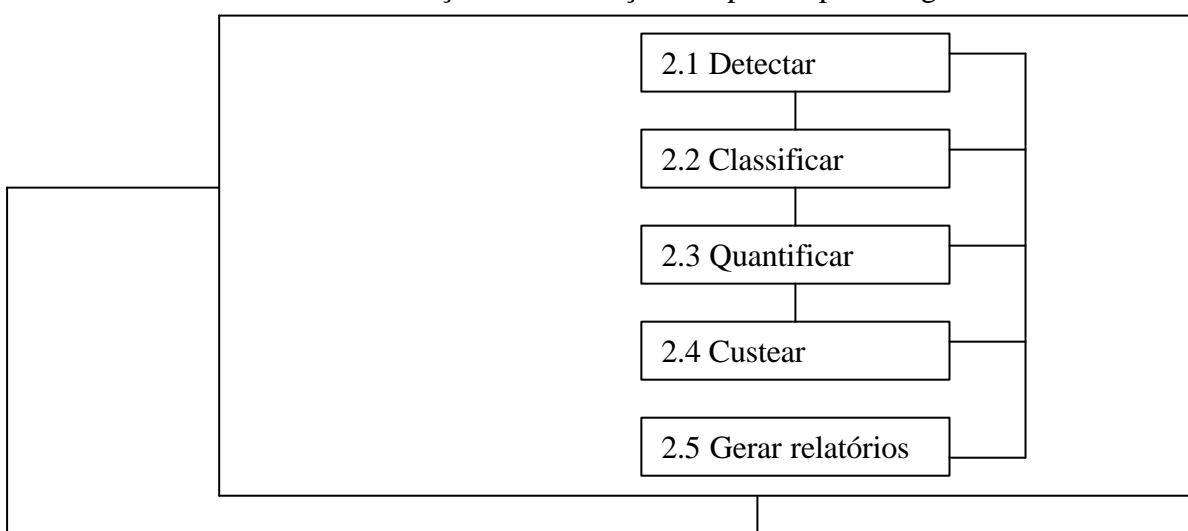
4.2 ETAPAS DO PROCEDIMENTO PROPOSTO

Na Figura 14 estão representadas as etapas do procedimento proposto para identificação, mensuração e redução das perdas nos processos produtivos da indústria de materiais de fricção. Para tanto, essas etapas serão posteriormente detalhadas.

Fase 1: Informações da empresa



Fase 2: Identificação e mensuração das perdas por refugo e sobra de material



Fase 3: Avaliação e ações de melhoria para redução das perdas por refugo e sobra de material nos processos produtivos

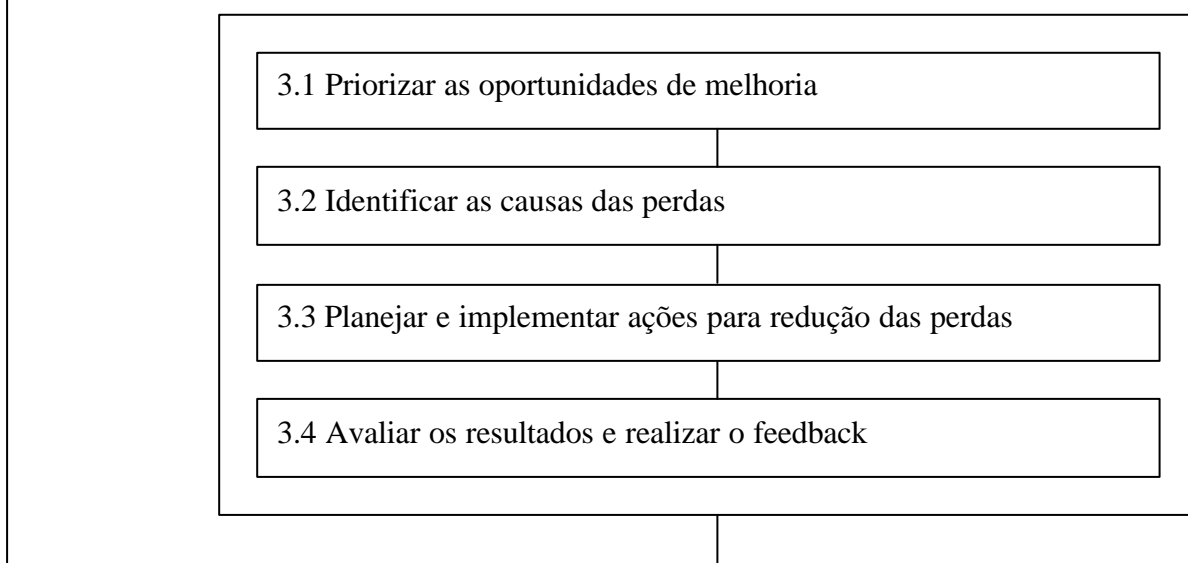


Figura 14: Etapas do procedimento proposto para identificação, mensuração e redução de perdas.

4.2.1 FASE 1: INFORMAÇÕES DA EMPRESA

Nessa fase devem ser apresentadas informações referentes à empresa onde será implementado o procedimento proposto, sendo que essas informações representam a chave de acesso para que se possa iniciar a implementação. Com base nessas informações pode surgir a necessidade de alguma adaptação no procedimento, ou seja, a inserção de instrumentos que atendam a alguma particularidade da empresa. Isso é plenamente aceitável, desde que sejam necessários para a obtenção de um melhor resultado.

4.2.1.1 Diagnóstico situacional da empresa

Antes de se iniciar a implementação de um programa de melhoria contínua em uma organização, deve-se destinar um tempo para conhecer um pouco da empresa, quando se buscará identificar alguns aspectos muito importantes, necessários para evitar problemas quando da implementação das etapas posteriores. Essa fase deve incluir: sua política, suas estratégias, seus objetivos, suas metas, suas práticas, experiências anteriores de implementação de programas de melhoria contínua, programas ativos, quem são os responsáveis pela manutenção dos programas ativos, e a que nível são tomadas as decisões importantes na empresa, quais os procedimentos para aprovação e implementação de ações de melhoria, como essas ações são implementadas, difundidas, e ainda quais os indicadores existentes para monitorar a performance dos programas de melhoria contínua.

Essa etapa é importante para que se possa adaptar a metodologia de trabalho à realidade de cada empresa, evitando incorrer em erros que já possam ter sido cometidos no passado. Facilita também o fluxo para aprovação e implementação das melhorias propostas, além de favorecer o alinhamento do programa proposto aos objetivos e às estratégias da empresa, vindo contribuir, por meio de ações, para que sejam atingidas as metas propostas pela organização. Essas informações devem ser obtidas por meio de entrevistas informais com colaboradores da empresa, servindo também para nivelar as informações entre os componentes do grupo que irá executar todas as etapas do procedimento proposto.

Do nível gerencial deve-se buscar respostas para as seguintes questões:

- quais as estratégias da empresa relacionadas à redução de perdas no processo produtivo?
- quais são os objetivos e metas de redução?
- existem recursos disponíveis para o atendimento dos objetivos e metas?
- Já existem grupos de trabalho atuando nessa problemática?

- esses grupos podem ser envolvidos nesse trabalho?
- como é a sistemática de aprovação e implementação das propostas de melhoria?

Aos demais níveis pode-se perguntar:

- as melhorias implementadas no chão de fábrica costumam ser bem aceitas pelos funcionários?
- os funcionários envolvidos com as melhorias costumam participar da implementação dessas melhorias?
- os procedimentos e métodos de trabalho são seguidos pelos usuários?

O grupo de trabalho deve ser formado por no mínimo quatro componentes que irão participar de todas as etapas do procedimento proposto, além de outros integrantes a serem envolvidos em etapas específicas do trabalho. O grupo base deve ser formado por: um coordenador que tenha habilidades para liderar equipes, um representante da produção, outro da engenharia de produtos e um representante da área da qualidade.

As informações obtidas nessa etapa serão importantes para as etapas de definição e implementação das melhorias.

4.2.1.2 Identificar os processos de produção da empresa

Após ter conhecido um pouco da empresa, deve-se aprofundar o entendimento dos processos de produção, sendo para isso fundamental conhecer a empresa no que se refere à organização interna da área produtiva a todos os processos e famílias de produtos. Nessa fase, considera-se importante o entendimento de todas as etapas do processo produtivo, ou seja, compreender como se processam os produtos, etapa por etapa, quais os *inputs* e quais os *outputs* desses processos. Mesmo que ainda não se tenha definido em qual das famílias de produtos será aplicado o procedimento, esse melhor entendimento poderá ser útil para a definição das propostas de melhoria, onde uma família de produtos poderá servir de benchmarking para as demais, e melhorias já implementadas em uma das famílias podem ser adaptadas e implementadas nas outras famílias de produtos.

Essa etapa pode ser executada através de uma visita em todas as famílias de produtos, seguindo-se o fluxo normal do processo com o acompanhamento de um bom conhecedor de cada área visitada. Durante essa visita dúvidas poderão ser esclarecidas e dados gerais relativos às perdas poderão ser obtidos. Para que não se corra o risco de trabalhar com informações incorretas, o importante é confirmar as informações obtidas em conjunto

com as áreas de apoio, e, caso haja informações confusas, um detalhamento junto à área de produção torna-se necessário.

Essas informações, mesmo devendo ser confirmadas na fase de identificação e mensuração das perdas, deverão possibilitar a tomada de decisão através da análise de retorno com a redução das perdas, indicando qual a família de produtos deve ser priorizada. A Figura 15 foi elaborada para mostrar os dados referentes ao refugo no processo produtivo e a respectiva perda (UV) por família de produtos, onde UP = Unidade de Produção e UV = Unidade de Valor.

Refugo por família de produtos				
Período:				
Família	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% de Refugos	Perda (UV)
Família 1				
Família 2				
Família 3				
Família n				
Total				

Figura 15: Planilha para indicador de refugos da empresa e das famílias de produtos

A figura 16 mostra dados referentes à sobra de material e a respectiva perda (UV) em cada família de produtos.

Sobra de material				
Período:				
Família	Total produzido (UP)	Sobra total (UP)	% Sobra	Perda (UV)
Família 1				
Família 2				
Família 3				
Família n				
Total				

Figura 16: Planilha para indicador da sobra de material da empresa e das famílias de produtos

Após a avaliação dos dados de cada família de produtos e da definição da família a ser priorizada deve-se aprofundar o entendimento de cada etapa do processo onde será aplicado o procedimento proposto.

4.2.1.3 Avaliar as etapas do processo e identificar as principais perdas relacionadas à essas etapas

Após ter-se analisado os processos de produção da empresa, faz-se necessária uma avaliação aprofundada de cada etapa do processo da família de produtos onde será implementado o procedimento proposto procurando, além de identificar as perdas geradas, avaliar a necessidade ou importância da atividade executada. Nesse momento, é comum surgirem questões como: por que realizar essa operação?, ou por que não fazer de forma diferente? Algumas vezes ouve-se dizer que isso sempre foi feito assim e que não existem razões para mudar, ou ainda, não sei por que estou fazendo isso.

Se essas dúvidas surgirem, deve-se obter maiores informações com os responsáveis pela área técnica ou de desenvolvimento dos produtos, pois pode haver respostas que justifiquem operações que parecem desnecessárias num primeiro momento, mas que na verdade não podem ser eliminadas. A utilização da ferramenta “Análise de valor”, nesse momento, pode ser de grande valia, pois pode trazer oportunidades de redução de custos ou pelo menos de difusão do conhecimento para todos os envolvidos.

Através da observação de cada etapa do processo pelo grupo de trabalho e da experiência de cada colaborador, esse grupo, em consenso, pode-se elaborar uma matriz de perdas que facilita na identificação das etapas mais críticas do processo em relação à geração de perdas por refugo e sobra de material. Busca-se também relacionar cada etapa a cada tipo de perda estudado no Capítulo 2, identificando a influência de cada uma na geração de perdas por refugo e sobra de material no processo produtivo. Essa é uma tarefa que envolve bastante observação e análise. Porém, se bem elaborada pode contribuir significativamente na identificação e visualização de oportunidades de melhoria.

Conforme a Figura 17, as linhas mostram as etapas do processo, as colunas mostram os tipos de perdas de acordo com a legenda da própria figura, a seta em preto indica a influência do respectivo tipo de perda na geração de refugo, a seta azul indica a influência do respectivo tipo de perda na geração de sobras de material no processo, o espaço preenchido em preto indica que a respectiva etapa do processo pode gerar refugo, e o espaço preenchido em azul indica que a respectiva etapa do processo pode gerar sobra de material. A intensidade da seta indica maior ou menor peso para a referida etapa do processo.

Após elaborada a matriz, pode-se identificar em qual das etapas do processo existe maior relação dos tipos de perdas na geração de refugo, ou sobra de material. A Figura 17 mostra um exemplo de aplicação, onde se pode perceber que na Etapa 1, a perda por

movimento (5) pode gerar sobra de material e, na Etapa 5 a perda por transporte (2) e de estoque (7) podem gerar refugos.

Etapas do processo produtivo	Tipos de perdas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Etapa 1					—			
Etapa 2								
Etapa 3								
Etapa 4								
Etapa 5		→					—	
Etapa 6								
Etapa 7								
Etapa 8								
Etapa 9								
Etapa 10								
Etapa 11								
Etapa 12								
Etapa 13								
1 – Perda por superprodução								
2 – Perda por transporte								
3 – Perda por espera								
4 – Perda no processamento								
5 – Perda no movimento								
6 – Perda por produzir produtos defeituosos (refugos)								
7 – Perda por estoque								
8 – Perda de matérias-primas (sobra de material)								
	Perda por produção de produtos defeituosos							
	Perda por sobra de material durante as etapas do processo							
→	Contribui fortemente para a geração de produtos com defeito							
→	Contribui fortemente para a geração de sobra de material							
—	Contribui fracamente para a geração de produtos com defeito							
—	Contribui fracamente para a geração de sobra de material							

Figura 17: Estrutura geral de uma matriz de identificação de perdas em cada etapa de um processo produtivo.

Todas as informações levantadas nessa etapa serão fundamentais no momento do planejamento e na implementação de ações para a redução de perdas, Fase 3.

4.2.2 FASE 2: IDENTIFICAÇÃO E MENSURAÇÃO DAS PERDAS POR REFUGO E SOBRA DE MATERIAL

Todas as informações referentes às perdas por refugos e por sobras de material no processo são imprescindíveis para a área de custos estabelecer o custo de cada produto e também poder calcular o montante decorrente das perdas. Por esse motivo, nessa fase o grupo deve questionar as informações existentes, verificando se os dados informados e utilizados condizem com a realidade. Para se realizar essa verificação deve-se coletar amostras aleatórias de lotes, acompanhando esses lotes durante sua produção sem que se divulgue o que está sendo verificado. Deve-se analisar se os refugos e a sobra de material ocorridos no processo foram corretamente informados de acordo com a sistemática existente (planilhas ou programas específicos). Se não houverem distorções significativas o trabalho será facilitado. No entanto, havendo distorções, deve-se identificar em que ponto estão ocorrendo as falhas e buscar sua correção.

4.2.2.1 Detectar as perdas no processo produtivo

Todas as ações voltadas para a redução das perdas de uma empresa são iniciadas com base nos dados coletados no chão-de-fábrica, onde ocorrem as perdas. Logo, se não existir uma sistemática orientada para a detecção dessas perdas, os dados gerados podem não ser confiáveis e, não sendo confiáveis, todo o esforço despendido pode ser em vão. Dados confiáveis significam a não-existência de erro no processo de mensuração, ou seja, tudo e somente o que for perdido deve ser detectado e informado. No caso das perdas, as unidades de medida são físicas, e apurados na forma de peso, comprimento, volume ou quantidade de itens.

Para que uma sistemática de redução de perdas seja eficaz, é necessário que haja um sistema de mensuração capaz de informar o nível das perdas na frequência desejada para que, por meio dessas informações, sejam priorizadas as atividades para combater essas perdas, atacando, reduzindo, ou eliminando suas causas.

Considera-se que, para detectar uma perda, faz-se necessário primeiramente conhecer quais as possíveis ocorrências, ou seja, quais os tipos de defeito que podem ocorrer nos produtos, e onde podem ocorrer sobras de material durante a execução das etapas do processo.

Para o caso dos refugos, uma definição prévia de todos os tipos de defeitos, suas causas e local de origem (etapa(s)) do processo, que pode gerar cada defeito, auxilia para o

treinamento dos novos funcionários e para serem sanadas dúvidas do dia-a-dia. A causa principal e a etapa de origem dos defeitos, mostradas na Figura 18, são obtidas através do histórico do processo produtivo porém, essas informações podem ser revistas e modificadas, se necessário, quando forem percebidas alterações ou mudança de comportamento dos processos ou produtos.

Para facilitar o entendimento, foram montados quadros de produtos com defeitos (Figura 18), juntamente com uma planilha que foi elaborada e disponibilizada para a área de produção (Figura 19). Esses detalhes são importantes para que, quando do processo normal, cada funcionário possa perceber e segregar todo e qualquer produto não conforme ou suspeito. Essa detecção pode ocorrer em cada etapa do processo, ou ainda em local específico de inspeção quando necessário.

Mostruário de defeitos			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Peça 01</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Defeito 001</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Peça 02</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Defeito 002</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Peça 03</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Defeito 003</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Peça 04</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Defeito 004</div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Peça 05</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Defeito 005</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Peça 06</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Defeito 006</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Peça 07</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Defeito 007</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Peça 08</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Defeito 008</div>

Figura 18: Mostruário para identificação de defeitos.

Defeito	Código do Defeito	Causa Principal	Etapa de Origem
Defeito 01	001	Causa 1	Etapa 1
Defeito 02	002	Causa 2	Etapa 2
Defeito 03	003	Causa 3	Etapa 3
Defeito “n”	“n”	X	X

Figura 19: Planilha de defeitos, origem e causas.

Com essa orientação disponível, juntamente com as demais instruções pertinentes, fica facilitada a detecção de possíveis produtos com defeito.

4.2.2.2 Classificar as perdas

A classificação dos refugos pode ocorrer durante a segregação das peças com defeito, ou no momento posterior à conclusão do lote de produção. Essa classificação consiste em sistematizar as peças defeituosas por tipo de defeito, conforme Figura 20.

Planilha de refugos	
Quantidade	Código e descrição do defeito

Figura 20: Planilha para classificação dos refugos.

A quantidade refugada é informada na coluna “quantidade” e a descrição e o respectivo código do defeito é informado na coluna ao lado.

4.2.2.3 Quantificar as perdas

Perdas decorrentes dos refugos: as informações básicas para a quantificação das perdas decorrentes dos refugos são o resultado dos registros de inspeção e testes realizados pelas áreas operacionais da fábrica, para isso, um complemento importante após a classificação dos refugos é o registro correto das quantidades refugadas para cada tipo de defeito encontrado. Estas informações deverão ser repassadas para planilhas ou sistema informatizado para que possam servir de matéria-prima para elaboração dos relatórios gerenciais, que consequentemente servirão para orientar os grupos de trabalho na busca de ações de melhorias, podendo indicar a necessidade de direcionamento de esforços para as etapas mais críticas do processo ou ainda para produtos específicos, onde são verificados os maiores índices de refugos.

Perdas decorrentes das sobras de material: as sobras de material, ao longo do processo de fabricação, representam a ineficiência do processo, quanto ao aproveitamento da matéria-prima disponível. Essa perda é definida pela relação entre a quantidade de material presente

no produto final e a quantidade de material utilizada para sua fabricação no início do processo.

Ex:

Peso (produto inicial) 1,0 kg

Peso (produto final) 0,8 kg

Nesse exemplo percebe-se que a sobra de material durante o processo corresponde a 20 %, ou seja, 0,2 kg de material se perde nas diversas etapas do processo. Deve-se identificar a sobra relativa a cada tipo de produto produzido, para que se possa gerar uma informação completa, suprimindo assim a necessidade dos grupos que irão trabalhar no combate a essas perdas.

A quantificação das perdas, na verdade, corresponde à todas as peças refugadas de um determinado lote ou período de produção e seus respectivos defeitos somados ao total da sobra de material ocorrida durante o processo produtivo nesse mesmo lote ou período. A quantidade total serve para custear a perda, e as quantidades parciais de cada defeito servirão para posterior análise, indicando aos gestores os principais defeitos que estão ocorrendo no processo ou mais especificamente, em cada tipo de produto ou formulação.

4.2.2.4 Custear as perdas

Os sistemas de custos tradicionais utilizados em muitas empresas consideram a ocorrência das perdas no processo como sendo indesejáveis, porém normais, pois consideram muito oneroso e difícil atingirem zero defeito e um aproveitamento total da matéria-prima (perda zero). Nesse caso, o custo das perdas consideradas normais é inserido no custo dos produtos bons:

Custo dos refugos: é difícil calcular o custo de um produto considerando o índice real ocorrido no lote deste, pois certamente o custo estaria oscilando diariamente, de acordo com a oscilação do índice de refugo. Dessa forma, deve-se considerar o índice de um período passado (mês, bimestre ou trimestre);

Custo da sobra de material: a informação necessária para a área de custos é a quantidade de material (matérias-primas) utilizada para a fabricação do produto. Havendo redução da sobra de material haverá também redução da quantidade de material necessária. Dessa forma, o cálculo do custo dos produtos pode incorrer em erros quando o índice real de refugo for

diferentes do índice previsto ou quando a quantidade de material prevista para fabricação do produto for diferente da quantidade realmente utilizada.

Ex:

Produto: A (inicial)	Produto: A (final)
Quantidade de material/un: 1 kg	Peso do produto acabado: 0,8 kg
Tamanho do lote: 100 un	% sobra de material: 20%
Índice de refugo previsto: 3%	Quantidade de peças boas: 97
Necessidade total de material: 100 kg	Quantidade de peças refugadas: 03

A formação do custo de matérias-primas desse produto será: $100/97 = 1,03$ x custo/kg do material. Dessa forma, cada unidade boa terá um acréscimo de 3% sobre o custo da matéria-prima original em função do refugo, além do percentual de 20% referente a sobra de material durante o processo que faz parte do custo do produto.

De acordo com os conceitos de perda normal e perda anormal, pode-se dizer que, no caso do exemplo mostrado tem-se: 3% dos produtos refugados e 20% referente à sobra de material, constituindo-se na perda normal desse produto, e o excedente de refugo e sobra de material, quando existir, constitui-se na perda anormal.

Uma abordagem crítica sobre o exemplo leva para o questionamento do índice de perda normal (refugo e sobra de material), pois não deve existir um valor definitivo, existindo sim, a possibilidade da redução contínua desse índice no decorrer do tempo. Nesse caso, a atualização dos dados torna-se sempre necessária para que se disponibilize informações corretas das perdas e custo dos produtos. É para atender esse objetivo que os índices referentes às perdas normais devem ser questionadas, atualizadas e repassadas com frequência cada vez maior para a área de custos. Dessa forma, pode-se manter maior controle e segurança em relação ao custo dos produtos.

Deve-se salientar que as empresas engajadas na busca da qualidade total devem sempre perseguir índices cada vez menores de perdas. Sendo assim, o índice de perda normal, considerado para o cálculo do custo do produto, nunca deverá ser aumentado, pois se estiver ocorrendo uma perda maior em relação ao estimado, passa-se a considerar esse acréscimo como sendo uma perda anormal, devendo ser combatida imediatamente.

4.2.2.5 Gerar relatórios referentes às perdas

Os relatórios gerenciais são um importante instrumento de trabalho para os gestores e para os grupos que atuam na implementação de melhorias. No entanto, devem sempre estar alinhados com as suas expectativas e necessidades. A geração de relatórios muito extensos pode implicar insatisfação e, conseqüentemente, a possibilidade de que os mesmos não sejam utilizados, passando assim a ser inúteis nesse processo.

4.2.2.5.1 Gerar relatórios de refugos

Na seção 4.2.1.2 foi apresentado a planilha para indicador de refugos e sobra de material no processo produtivo, por família de produtos. Essas informações possibilitam a identificação da família de produtos mais crítica em relação à perda total (UV). Dessa forma, nessa seção deve-se apresentar as planilhas com dados referentes à família de produtos selecionada onde, seguindo-se na prática as etapas anteriores desse procedimento pode-se gerar relatórios gerenciais com informações valiosas, para que os gestores tenham uma visão clara das perdas e das oportunidades de ganhos através da implementação de melhorias.

O montante perdido (UV) é composto pelo valor da matéria-prima perdida, valor agregado aos produtos refugados (mão-de-obra, energia, etc.), do início do processo até a etapa de rejeição desses produtos e o custo de disposição dos resíduos gerados pelos produtos refugados. A Figura 21 mostra dados referentes ao refugo da família de produtos selecionada nesse trabalho, onde MP – Matéria-prima, VA – Valor agregado e DR – Disposição dos resíduos. O valor da perda deverá ser calculado da seguinte forma:

MP = Total refugado x Custo do material.

VA = Todo o valor agregado aos produtos até o ponto de rejeição.

DR = Custo de disposição do montante refugado (valor negativo quando os resíduos são vendidos).

Refugo da família de produtos selecionada							
Período:							
Família	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	%	Perda (UV)			
				MP	VA	DR	Total
Família x							

Figura 21: Planilha para indicador de refugos da família de produtos.

O nível de detalhamento dos dados deve ser apropriado, para que seja possível identificar a quantidade de produtos refugados, os refugos por tipo de material e produto, os tipos de defeitos identificados, as causas que geraram o refugo, etc. As Figura 22 e 23 estratificam as informações referentes à cada formulação utilizada no processo de produção dessa família de produtos.

Refugos por formulação da família de produtos									
Período:									
Formulação	Produzido bom (UP)	Refugo (UP)	Produzido total (UP)	% Refugo	Custo/UP (UV)	Perda (UV)			
						MP	VA	DR	Total
FORM 1									
FORM 2									
FORM 3									
FORM 4									
FORM n									

Figura 22: Planilha para acompanhamento dos índices de refugo por formulação

Refugos por formulação da família de produtos											
Dados de período anterior					Previsões futuras						
Período:					Período:						
FORM	Produzido bom (UP)	Refugo (UP)	Produzido total (UP)	% Refugo	Produção prevista (UP)	% Refugo	Custo/UP (UV)	Perda (UV)			
								MP	VA	DR	Total
FORM 1											
FORM 2											
FORM 3											
FORM n											

Figura 23: Planilha para acompanhamento e previsão dos índices de refugo por formulação.

A Figura 23 pode contemplar períodos de magnitude suficiente onde é possível tanto confiar na consistência dos dados do passado, como poder prever índices para o futuro, sendo que, para o direcionamento de ações, deve-se sempre levar em conta a previsão de demanda, pois seria inútil atuar num produto que foi produzido em grande quantidade no passado, mas que deixará de ser comercializado num futuro próximo. Nessa figura podem ser analisadas as

três variáveis envolvidas quando se avaliam os ganhos potenciais com a redução de refugos: percentual refugado, quantidade refugada e o montante perdido (UV). Essas três variáveis, como também para o caso da sobra de material durante o processo, devem ser avaliadas em conjunto, para poder direcionar os esforços aos produtos que, de acordo com a demanda prevista, o índice de refugo e o custo do material, podem reverter em maior ganho com a redução das perdas.

Após identificadas as formulações mais críticas, ou seja, as que oferecem maiores oportunidades de ganhos, devem ser identificados os produtos mais críticos para cada uma dessas formulações, utilizando-se a planilha mostrada na Figura 24.

Análise de refugos por produto								
Período:				Formulação:				
Produto	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% Refugos	Perda (UV)				Principal defeito
				MP	VA	DR	Total	
Produto 1								
Produto 2								
Produto 3								

Figura 24: Planilha para indicador dos produtos de maior perda por refugo por formulação.

Posteriormente, deve-se identificar as principais falhas (defeitos) diagnosticadas nos produtos, que deram origem aos refugos. Esses dados, previamente informados quando da produção dos lotes, podem ser agrupados por período de produção que seja mais conveniente, e que ofereça dados representativos do montante produzido. Para abranger uma amostra maior de produtos, opta-se pela avaliação dos principais defeitos apresentados nas formulações mais críticas, conforme apresentado na Figura 25.

Formulação:		Período:		
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% Por defeito

Figura 25: Planilha para identificação dos principais defeitos por formulação.

O gráfico de Pareto é uma ferramenta auxiliar que poderá ser utilizada em todas as etapas da estratificação, ficando a critério do usuário desse procedimento; porém, ressalta-se que a utilização dessa ferramenta torna facilitada a visualização dos dados.

4.2.2.5.2 Gerar relatórios da sobra de material

A redução da perda gerada pela sobra de material durante um processo de fabricação de materiais de fricção exige um acompanhamento criterioso dos processos, tanto para novos produtos como também para produtos com processos modificados. Esse acompanhamento deve manter as informações atualizadas referentes a cada item produzido, possibilitando aos gestores direcionar ações que visem ao melhor aproveitamento possível do material. Nos últimos anos, esse tem sido um desafio para esse tipo de indústria pois, além de reduzir os custos dos produtos, através do menor consumo de matérias-primas, reduz-se também os custos com o gerenciamento dos resíduos provenientes dos processos, que são classificados como sendo não inertes - Classe II (ABNT – NBR – 10004/87), requerendo assim maiores cuidados quanto ao seu acondicionamento e destino final. Na maioria dos casos, esses resíduos são armazenados em aterros que requerem permanente manutenção, de acordo com a legislação vigente.

Para se monitorar a sobra de material, é necessário que seja implementada, uma sistemática semelhante à que foi desenvolvida para monitoramento dos índices de refugo, iniciando-se com o indicador de sobra de material na família de produtos selecionada, conforme mostrado na Figura 26.

Sobra de material da família de produtos						
Período:						
Família	Total produzido (UP)	Sobra total (UP)	% Sobra	Perda (UV)		
				MP	DR	Total
Família x						

Figura 26: Planilha para indicador da sobra de material da família de produtos

Obs: No caso da sobra de material não existe valor agregado aos resíduos gerados, pois são consequência de uma etapa necessária para a confecção dos produtos aos quais todo o valor é agregado. Ao contrário do que ocorre com um produto refugado que consumiu recursos para sua confecção até o ponto de rejeição.

Nas etapas posteriores o nível de detalhamento deve ser apropriado para que seja possível identificar e quantificar a sobra de material, o percentual dessa sobra e o montante da perda para cada produto, afim de que se possa melhor visualizar os produtos que representam as maiores oportunidades de ganhos. A Figura 27 estratifica as informações referente a sobra de material durante o processo.

Sobra de material por tipo de produto						
Período:						
Produto	Total produzido (UP)	Sobra total (UP)	% Sobra	Perda (UV)		
				MP	DR	Total
Produto 01						
Produto 02						
Produto 03						
Produto 04						
Produto 05						
Produto 06						
Produto n						

Figura 27: Planilha para indicador da sobra de material por tipo de produto

Para que esse trabalho seja facilitado, faz-se necessária a utilização de um sistema informatizado onde as informações são atualizadas, podendo-se gerar relatórios da sobra de material global ou individual por tipo de produto sempre que necessário.

Com as informações da sobra de material individual de cada produto, faz-se necessário avaliar as demais variáveis envolvidas, conforme mencionado na revisão (% sobra de material, previsão de demanda e custo do material). Essas variáveis devem ser avaliadas em conjunto para se ter a informação de qual produto deve ser priorizado.

Como já foi abordado para o aspecto dos refugos, neste caso também deve-se levar em conta a previsão de demanda, pois somente os dados passados podem orientar para a tomada de ações em produtos sem previsões de vendas futuras. A Figura 28 contempla as variáveis necessárias para a correta análise e tomada de decisão.

Previsão da sobra de material por tipo de produto							
Período:							
Produto	% Sobra	Previsão de demanda (UP)	Sobra total (UP)	Custo do material (UV)	Perda futura (UV)		
					MP	DR	Total
Produto 01							
Produto 02							
Produto 03							
Produto 04							
Produto 05							
Produto n							

Figura 28: Planilha para previsão da sobra de material por tipo de produto

4.2.3 FASE 3: AVALIAÇÃO E AÇÕES DE MELHORIA PARA REDUÇÃO DAS PERDAS

Nessa fase deve-se concentrar os esforços para a identificação das principais oportunidades de ganhos, identificação das causas geradoras das perdas, planejamento e implementação de ações para redução dessas perdas nos processos produtivos, além da avaliação dos resultados.

4.2.3.1 Priorizar as oportunidades de melhoria

Essa etapa consiste na identificação das oportunidades de melhoria com base nos dados e nas constatações apresentadas nas etapas anteriores, ou seja, deve-se avaliar criticamente os dados e as informações, listando para ambos os casos (refugo e sobra de material) qual é a etapa, formulação, produto e defeito mais crítico. Essas informações podem ser facilmente levantadas pelos gestores ou grupos de trabalho envolvidos com o assunto, e que estejam familiarizados com as informações aqui apresentadas. As oportunidades são apresentadas separadamente para o caso dos refugos e sobras de material, conforme segue:

Oportunidades de melhoria relacionadas à redução do refugo: todas as informações que poderão ser obtidas com a utilização desse procedimento (Figuras 17, 23, 24 e 25) irão auxiliar para a indicação de uma etapa, formulação, produto e defeito que representam a maior oportunidade de redução das perdas, justificando assim, a implementação de ações que levem à redução dessas perdas. A Figura 29 pode ser utilizada para listar essas prioridades.

Lista dos pontos críticos	
Etapa	
Formulação	
Produto	
Defeito	

Figura 29: Planilha para listagem das prioridades para redução do refugo

Oportunidades de melhoria relacionadas à redução da sobra de material: da mesma forma, conforme mencionado para o caso das oportunidades de melhoria relacionadas à redução dos refugos, nesse caso, também pode-se utilizar as informações obtidas quando da aplicação desse procedimento (Figuras 17, 27 e 28) para auxiliar na indicação da etapa(s) e produto(s) que representam as maiores oportunidades percebidas para redução da sobra de material durante o processo produtivo. A Figura 30 pode ser utilizada para relatar as prioridades.

Lista das prioridades para redução da sobra de material	
Etapa	
Produto(s)	
Etapa	
Produto(s)	

Figura 30: Planilha para listagem das prioridades para redução da sobra de material

Tem-se informações suficientes para iniciar a fase de investigação das causas geradoras das perdas, podendo-se delegar essa tarefa a grupos de melhoria contínua, já familiarizados com essas atividades, ou ainda criar um grupo específico que atue com o propósito de identificar as causas e proponha ações para a redução desses desperdícios. Podem, para esse fim, ser utilizadas ferramentas tradicionais que contribuem e facilitam a identificação das principais causas, como é o caso do diagrama de causa e efeito, FMEA do processo e dos cinco porquês, entre outras.

4.2.3.2 Identificar as causas das perdas no processo produtivo

Na Figura 19 desse procedimento tem-se disponível uma causa geral (histórica) para cada um dos principais defeitos apresentados. Embora tenha-se essa informação, não pode-se dispensar uma análise mais profunda da situação atual, que poderá trazer novas informações importantes em relação à geração das perdas por refugos e sobras de material. Para essa análise deve-se utilizar ferramentas apropriadas que conduzam para as principais causas da geração dessa perda. As Figuras 31, 32 e 33 mostram exemplos dessas ferramentas.

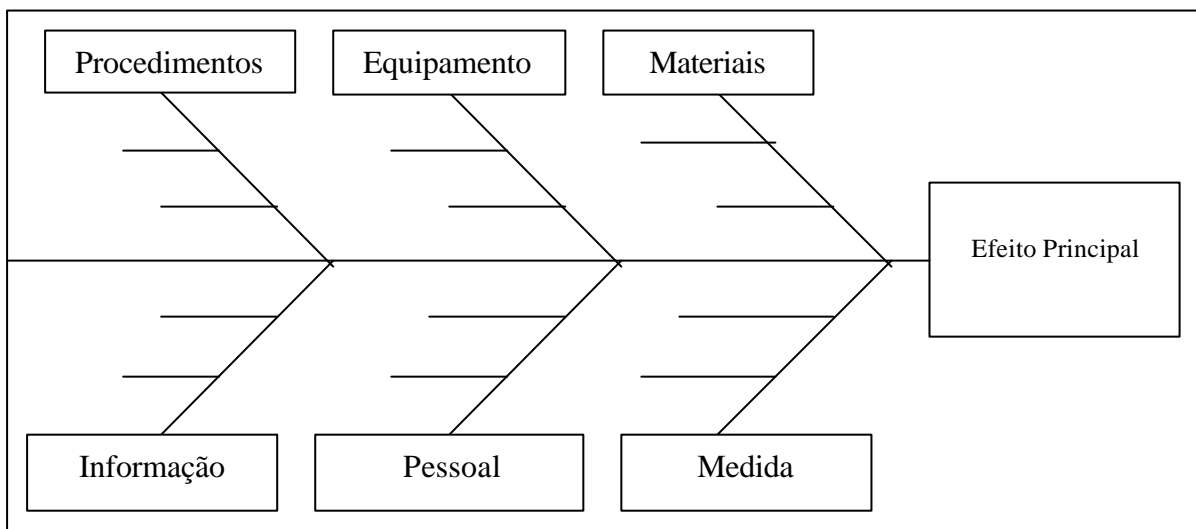


Figura 31: Diagrama de causa e efeito

Folha de FMEA									
Modo de Falha	Efeitos	S	Causas	O	Controles atuais (modo de falha)	D	NPR	Ações recomendadas	Ações implementadas

Figura 32: Folha da FMEA de processo para identificação das causas do refugo

Os cinco Porquês	
Problema em questão	
Por quê?	
Porque ...	
Por quê?	
Porque ...	
Por quê?	
Porque ...	
Por quê?	
Porque ...	
Por quê?	
Porque ...	
Por quê?	
Causa Raiz	
A causa raiz é...	

Figura 33: Os cinco porquês para identificação da causa raiz

4.2.3.3 Planejar e implementar ações para redução das perdas no processo produtivo

Essa etapa consiste na elaboração de ações de melhorias em relação às principais causas identificadas na etapa anterior. Essas ações devem surgir de uma análise criteriosa, pois ações de alto custo podem não ser viabilizadas. Logo, deve-se procurar alternativas simples em conjunto com as pessoas envolvidas no processo. Dessa forma, além de facilitar a viabilidade, também será facilitada a aceitação das melhorias por parte dos funcionários. Quando possível, deve-se testar várias alternativas e avaliar os resultados, antes da completa implementação. Essas ações devem estar voltadas para a redução de refugos e sobras de material durante o processo produtivo, conforme segue:

Ações para redução do refugo durante o processo: as ações devem estar relacionadas com as causas identificadas na etapa anterior, devendo resultar na redução do índice de refugos dos produtos e formulações relacionadas como prioridade.

Ações para redução da sobra de material durante o processo: para o caso da sobra de material durante o processo, as ações devem também estar relacionadas com as causas identificadas na etapa anterior, culminando na redução do índice da sobra de material durante o processo produtivo dos produtos relacionados como prioridade.

4.2.3.4 Avaliar os resultados e realizar o feed-back

Para se avaliar a eficácia das ações implementadas, faz-se necessária a mensuração dos resultados dessas ações, verificando-se o nível de redução das perdas (refugo e sobra de material). Essa avaliação deve ser realizada contemplando-se um período anterior e outro posterior à implementação da melhoria. Com o comparativo dos dados é possível concluir se os resultados obtidos atingiram os objetivos propostos quando da aprovação e implementação da proposta.

Após a avaliação dos resultados de cada melhoria implementada através do procedimento proposto, deve-se elaborar comentários sobre as etapas percorridas para a implementação da ação proposta. Todo o conhecimento adquirido deve servir para alimentar o processo de melhoria contínua, servindo de insumo para facilitar a implementação de novas propostas. De posse desses comentários, pode-se iniciar um novo ciclo de melhoria pela Fase 2, pois a Fase 1 é apenas necessária para se iniciar a implementação do procedimento em uma nova empresa.

4.3 COMENTÁRIOS FINAIS DO CAPÍTULO

As empresas, independentemente do tipo de processo, estão cada vez mais partindo para uma visão mais ampla dos processos produtivos, não visualizando apenas os ganhos imediatos e financeiros, mas também a questão ambiental, que não é o foco deste trabalho, mas que contribui de forma indireta para que haja um maior esforço conjunto para a redução das perdas de matérias-primas. No caso desse segmento, uma maior consciência com relação à utilização dos resíduos por ele gerado, pode, sem dúvida contribuir na obtenção de materiais com menor custo sem prejuízos à qualidade, e com ganhos significativos na redução dos

custos de manipulação e acondicionamento. Todas as etapas descritas nesse procedimento, quando implementadas e levadas a sério, culminarão na redução significativa das perdas relacionadas aos materiais na indústria de materiais de fricção.

CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO PROPOSTO

O procedimento proposto será aplicado em uma empresa de materiais de fricção instalada no território brasileiro, cuja divulgação da razão social não foi autorizada.

5.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa, objeto deste estudo, foi fundada após a Segunda Guerra Mundial, quando os materiais de fricção usados no Brasil ainda eram todos importados. Os investimentos em pesquisa e tecnologia logo fizeram seus produtos despontarem no mercado interno, capacitando a empresa para as primeiras exportações. A preocupação com o aperfeiçoamento de produtos, processos e procedimentos fez com que essa empresa estruturasse seu sistema da qualidade visando adequar-se às exigências de um mercado cada vez mais competitivo. Aliado a isso, está a preocupação em relação ao meio ambiente, que impulsionou o desenvolvimento de materiais sem amianto, o que gradualmente foi sendo introduzido para todas as linhas de produtos e mercados. Atualmente, esses novos materiais estão sendo utilizados em 100% dos produtos.

Trata-se de um fabricante de materiais de fricção que produz pastilhas para freio de veículos com freio a disco, lonas para freio de veículos leves, semipesados, pesados, extrapesados e tratores, lonas moldadas e trançadas em rolo, telhas moldadas, placas universais de uso industrial geral, revestimentos de embreagem trançados e sapatas ferroviárias e metroviárias.

Possui um quadro de aproximadamente 1700 funcionários distribuídos nas unidades de produção e nas demais áreas da empresa.

A unidade responsável pela fabricação de pastilhas para freio a disco foi indicada previamente para a aplicação desse procedimento, sendo portanto o processo a ser melhor detalhado pelo grupo de trabalho. Essa unidade produz aproximadamente 1.500 UP/mês, para os mercados de montadoras, reposição e exportação. Possui atualmente um quadro de 200 funcionários na mão-de-obra direta e 50 na indireta, distribuídos em três diferentes turnos de trabalho.

Nessa unidade, todas as atividades estão voltadas para a produção de peças (basicamente pastilhas para freio), de uma grande variedade de modelos, utilizando para isso equipamentos específicos para esse tipo de produto, com uma boa atualização tecnológica, tais como: equipamentos para preparação de superfícies metálicas, prensas hidráulicas de pequena e média capacidade, estufas para tratamento térmico das peças, retíficas de espessura, rasgo e chanfro, cabines de pintura, furadeiras, rebidadeiras, codificadoras, entre outros.

Trata-se de um processo que envolve transformação química, que é a responsável pela perfeita conformação das peças, e transformação mecânica, que garante uniformidade e o perfeito acabamento em todos os produtos dessa marca. Esse é um processo que envolve características críticas que requerem rigorosos controles de processo, para garantir produtos com qualidade e livres de defeitos. Para isso, existem adequados tipos de controle em cada etapa do processo, de acordo com as necessidades estabelecidas pelo grupo responsável pelo FMEA de processo. Esse grupo utiliza, além das técnicas de avaliação, toda a experiência e o conhecimento adquiridos pelo longo tempo em que a empresa trabalha nesse segmento.

5.2 APLICAÇÃO PRÁTICA DO PROCEDIMENTO PROPOSTO

Inicialmente, antes de se iniciar a implementação do procedimento, faz-se necessário constituir o grupo de trabalho que terá a incumbência de participar e auxiliar na aplicação das etapas propostas no procedimento. Esse grupo foi criado especificamente com esse propósito, tendo representantes da área de desenvolvimento de produtos, qualidade e produção, tendo eventualmente participante de outras áreas.

Após terem sido informados do objetivo do trabalho e de quais as fases a serem desenvolvidas, houve então a necessidade de se detalhar cada uma das fases com seus objetivos específicos. Deu-se então o início da aplicação, seguindo-se o procedimento proposto.

5.2.1 INFORMAÇÕES DA EMPRESA

Essa fase se destina à compreensão da realidade que se encontra a empresa indicada, iniciando-se pelo diagnóstico geral, e aprofundando-se a nível de processos de produção e suas respectivas etapas.

5.2.1.1 Diagnóstico situacional da empresa

Hoje, essa empresa está certificada na norma ISO 9001, QS 9000 e ISO 14000 e trabalha com o intuito de manter essas certificações e, através da sua reestruturação e da implementação de novas práticas de gestão, tornar-se uma empresa de classe mundial.

É uma empresa que busca a melhoria contínua em todos os aspectos, criando formas para que todos os seus colaboradores possam contribuir nesse processo. A implementação de ferramentas, direcionadas para o melhoramento, tem contribuído para o atendimento desse objetivo. Dentre as principais ferramentas utilizadas por essa empresa pode-se citar: Kaizen, CCQ, TPM, 5S's e Técnicas Estatísticas – CEP, sendo que todos os colaboradores são motivados e treinados para utilizar essas ferramentas.

Kaizen: foi introduzido e adaptado para a realidade da empresa, e hoje contribui para a obtenção de melhorias nos processos, em aspectos ligados à produtividade, qualidade, segurança e meio ambiente. É uma ferramenta que já faz parte da cultura da organização.

CCQ: é uma das mais importantes ferramentas utilizadas pela empresa, envolvendo hoje mais de 20 % dos seus funcionários, que se reúnem semanalmente para identificar e implementar melhorias visando aumento da produtividade, melhoria da qualidade e do ambiente de trabalho.

TPM: é uma ferramenta que proporciona condições para que os próprios funcionários cuidem e mantenham suas máquinas em perfeito estado de conservação. Direcionado principalmente para equipamentos críticos, resulta na redução do tempo de máquina parada e redução do custo total de manutenção.

5S's: implementado para manter os postos de trabalho em melhores condições de limpeza, organização, higiene e segurança, também facilita para a visualização e redução dos desperdícios. De uma forma geral, têm proporcionado maior satisfação aos funcionários por melhorar a condição do ambiente de trabalho.

Técnicas Estatísticas – CEP: através dessa ferramenta obtém-se o controle do processo, indicando através dos dados estatísticos a necessidade de correções. O CEP tem proporcionado identificar equipamentos e/ou processos deficientes que requerem melhorias e/ou investimentos. Dessa forma, há uma indicação para onde deve ser direcionado parte dos recursos da empresa.

Todas essas ferramentas possuem coordenadores que são responsáveis pela manutenção e implementação das melhorias propostas, bem como do acompanhamento das melhorias já implementadas.

Além das ferramentas mencionadas, a empresa possui grupos de trabalho que possuem a incumbência de atuar nos aspectos ligados ao refugo, perda de material durante o

processo, meio ambiente, questões de segurança, entre outros. Esses grupos trabalham com o foco voltado ao atendimento das metas propostas pela empresa.

Para o caso dos refugos e sobras de material durante o processo, são estipuladas metas semestrais baseadas no desempenho do período anterior e sustentadas pelos trabalhos voltados para esse objetivo quer seja, pela aquisição de novas tecnologias ou pela implementação de melhorias oriundas de trabalhos em equipe, que são incentivados e possuem recursos previstos para esse fim. Apesar disso, para o atendimento das metas normalmente são implementadas ações reativas e não sistêmicas, existindo carência de um procedimento que auxilie na identificação das oportunidades existentes e que facilite a identificação do retorno real possível de cada melhoria proposta, facilitando assim a aprovação e implementação dessas.

Quanto ao envolvimento dos funcionários, pode-se perceber que existe uma grande disposição para participar do processo de melhoria, percebendo-se também que quando a proposta é bem planejada e discutida, essa possui aceitação do grande grupo, quando implementada.

5.2.1.2 Identificação dos processos de produção da empresa

Para a produção de uma diversificada linha de produtos, utiliza-se também diferentes tipos de processos, os quais divergem em função das particularidades dos diferentes produtos. Porém, mantêm o princípio básico de transformação das matérias-primas utilizadas nesse segmento. Separando-se esses produtos em famílias e organizando-se *layouts* de forma a separar as linhas de produção, pode-se facilitar a introdução de melhorias direcionadas para cada uma dessas famílias. Os problemas enfrentados por uma dessas famílias de produtos podem ser também enfrentados pelas demais famílias. Porém, existem algumas ocorrências que são específicas, requerendo assim ações direcionadas apenas para esse processo. Por se tratar de diferentes processos, observa-se também diferentes índices de refugos e de sobras de material durante o processo. A análise global das perdas por refugo e sobra de material da empresa e de cada uma das famílias de produtos propicia a visualização de qual dessas famílias representa a maior oportunidade de ganho, implementando-se melhorias que venham a reduzir o índice dessas perdas. Durante a fase de identificação dos processos de produção foi possível coletar informações, através de indicadores já existentes, suficientes para montar as tabelas propostas propiciando assim a possibilidade de se analisar a perda da empresa de forma global e por família de produtos.

A Tabela 7 mostra os dados do período 1 divididos por família de produtos, onde pode-se perceber a grande diferença na quantidade produzida na família 1 em relação as demais famílias de produtos. Observa-se também que, em função da grande quantidade de produção, o montante perdido nessa família supera as demais, mesmo com percentual refugado menor. Os valores da perda mostrados nessa tabela correspondem somente ao valor do material perdido em função do refugo em cada família de produtos e na empresa (valor total mostrado).

Tabela 7: Refugo por família de produtos (período 1)

Refugo por família de produtos				
Período: janeiro a dezembro de 2001				
Família	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% de Refugos	Perda (UV)
Família 1	26.073,46	514,13	1,97%	1.028,26
Família 2	6.481,80	239,24	3,69%	478,48
Família 3	2.217,67	43,21	1,95%	86,42
Família 4	1.134,18	48,83	4,31%	97,66
Total	35.907,11	845,41	2,35%	1.690,82

A Tabela 8 contempla as mesmas informações da Tabela 7, porém trazendo dados referentes a um outro período (período 2). Pode-se identificar que o percentual de refugo na família 1, nesse período, cresceu significativamente em relação ao período 1 (Tabela 7).

Tabela 8: Refugo por família de produtos (período 2)

Refugo por família de produtos				
Período: janeiro a agosto de 2002				
Família	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% de Refugos	Perda (UV)
Família 1	19.909,18	774,65	3,88%	1.549,30
Família 2	4.766,74	188,87	3,95%	377,74
Família 3	1.843,43	30,02	1,62%	60,04
Família 4	736,42	25,32	3,44%	50,64
Total	27.255,77	1.018,86	3,74%	2.037,72

A análise das Tabelas 7 e 8 mostra que a família 1 representa a maior possibilidade de ganho, implementando-se melhorias que propiciem a redução do percentual de refugos,

principalmente pelo fato de que no período 2 houve um crescimento considerável em relação ao período 1. Além disso, tem-se que a quantidade produzida nessa família é muito maior que a quantidade produzida nas demais famílias. Essa análise seria de suma importância caso não houvesse o direcionamento desse procedimento para aplicação na Família 3, nesse caso, essas informações são importantes apenas para situar a Família 3 em relação às demais famílias.

As Tabelas 9 e 10 apresentam dados relativos à sobra de material por família de produtos e na empresa, mostrando a produção total, a sobra de material e respectivo percentual e o valor da perda nos períodos indicados.

Tabela 9: Total da sobra de material por família de produtos (período 1)

Sobra de material por família de produtos				
Período 1: janeiro a dezembro de 2001				
Família	Total produzido (UP)	Total da sobra (UP)	% Sobra	Perda (UV)
Família 1	31.425,17	5.351,71	17,03%	10.703,42
Família 2	8.222,50	1.740,70	21,17	3.481,40
Família 3	2.434,06	216,39	8,89	432,78
Família 4	1.498,45	364,27	24,31	728,54
Total	43.580,18	7.673,07	17,60%	15.346,14

Tabela 10: Total da sobra de material por família de produtos (período 2)

Sobra de material por família de produtos				
Período 2: janeiro a agosto de 2002				
Família	Total produzido (UP)	Total da sobra (UP)	% Sobra	Perda (UV)
Família 1	23.829,71	3.877,09	16,27%	7.754,18
Família 2	5.853,66	1.075,32	18,37%	2.150,64
Família 3	2.008,51	150,64	7,50%	301,28
Família 4	974,75	238,33	24,45%	476,66
Total	32.666,63	5.341,38	16,35%	10.682,76

A análise da perda decorrente da sobra de material, por família de produtos, (Tabelas 9 e 10) também indica a família 1 como sendo a família a ser priorizada, pelo alto volume e custo da sobra de material.

O direcionamento prévio para a aplicação do procedimento na unidade de fabricação de pastilhas para freio direciona a análise de forma mais aprofundada para esse processo, cujas principais etapas são apresentadas no fluxo mostrado na Figura 34.

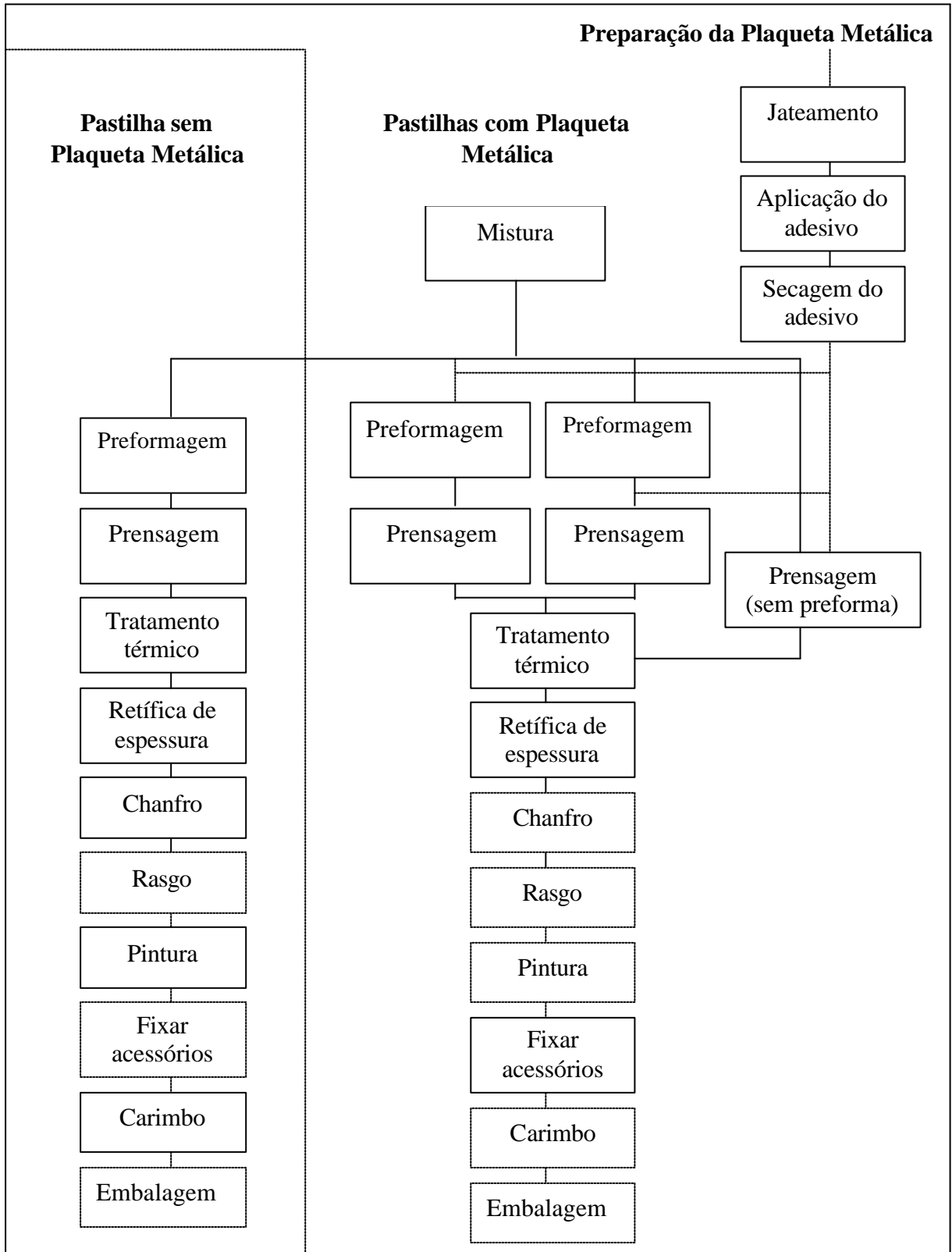


Figura 34: Fluxo simplificado do processo de fabricação de pastilhas para freio

5.2.1.3 Avaliação das etapas do processo e identificação das principais perdas relacionadas à essas etapas

A avaliação de todas as etapas do processo leva à identificação das etapas mais críticas quanto à geração de perdas por refugo e sobra de material, bem como mostra a relação existente entre os diferentes tipos de perdas. Essa avaliação foi realizada através da verificação no chão-de-fábrica, etapa por etapa do processo. Por essa avaliação, então, foi possível elaborar a matriz de perdas, bem como relatar uma série de observações, as quais ajudarão na definição das ações de melhoria a serem propostas. Segue abaixo uma breve descrição de cada uma das etapas do processo:

- **Preparação da mistura:** consiste na dosagem correta de cada componente da fórmula, ou seja, dosagem das matérias-primas na quantidade e seqüência de adição definidas, seguido pela mistura de todos esses componentes em um misturador que resultará num composto com densidade, volume e homogeneização conforme requeridos.
- **Jateamento:** trata-se de um método utilizado para promover a preparação da superfície da plaqueta metálica, que receberá o material de fricção. Essa preparação objetiva a limpeza da superfície, bem como o aumento da área de contato com o material, devido à rugosidade superficial resultante da operação.
- **Aplicação do adesivo:** essa é uma etapa do processo que complementa a preparação da superfície da plaqueta metálica, ou seja, consiste na deposição de uma película de adesivo no lado da plaqueta que receberá o material. Este adesivo contribui para o aumento da resistência ao cisalhamento, atendendo ao requisito de retenção de material à plaqueta quando da ruptura em ensaio destrutivo.
- **Secagem do adesivo:** possui a finalidade de eliminar os componentes voláteis da composição, bem como facilitar o manuseio das plaquetas metálicas quando da execução das operações posteriores.
- **Preformagem:** essa etapa compreende a dosagem correta de material para cada peça a ser produzida e a sua compactação (processo a frio), podendo ser em conjunto com a plaqueta metálica ou sem a mesma. A uniformidade em relação ao peso, à compactação e integridade física das pre-formas é fundamental para a obtenção de produtos homogêneos e de boa qualidade. O objetivo dessa etapa é reduzir o volume do material e facilitar a alimentação deste na matriz aquecida, na etapa de prensagem.

- **Prensagem:** consiste na transformação química do produto, provocada pela temperatura da ferramenta e pela alta pressão exercida pelo equipamento, que também provocam a reação do adesivo presente na plaqueta metálica. Nessa etapa, as peças são conformadas de acordo com o formato do molde, adquirindo também resistência mecânica devido à reação da resina presente no material.
- **Tratamento térmico:** trata-se de um cozimento relativamente longo das peças, após prensagem, que objetiva completar a cura do material e do adesivo, eliminando assim os gases residuais retidos nas peças.
- **Retífica de espessura:** consiste no acabamento superficial do material de fricção, retirando a camada superficial do mesmo, e atribuindo às peças uma espessura uniforme.
- **Chanfro:** essa é uma operação realizada apenas em alguns tipos de peças, que consiste na retirada de material nas extremidades laterais dessas, reduzindo assim, a área superficial da peça.
- **Rasgo:** é uma etapa que também não é realizada em todas os tipos de peças, e que se trata da abertura de um ou mais rasgos transversais sobre a superfície do material.
- **Pintura:** possui a função de proteger a superfície metálica e o contorno das peças, além de melhorar o acabamento e a aparência dos produtos e de servir, em muitos casos, como um material que evita a ocorrência e propagação do ruído. Essa etapa é efetuada através de sistemas de pintura líquida ou pó que divergem quanto ao princípio de aplicação e dos níveis de perdas de tinta no processo.
- **Fixação de acessórios:** existem diferentes tipos de acessórios utilizados nas pastilhas de freio, cada qual com sua função específica, podendo ser para fixação da peça, indicação de desgaste, ou proteção para evitar ruído. A aplicação é realizada por meio de rebiteagem, colagem ou simples encaixe do acessório.
- **Carimbagem:** consiste num conjunto de informações (referência, fabricante, cliente, lote de fabricação, etc.) que permitam suprir as necessidades do consumidor, tanto no momento da montagem do produto, como para possibilitar a rastreabilidade em caso da ocorrência de qualquer problema em relação à aplicação e ao desempenho do produto.
- **Embalagem:** trata-se da forma como os produtos são acondicionados para posterior envio ao cliente. As embalagens têm como objetivo manter a integridade física dos produtos até os mesmos chegarem ao consumidor final. O método utilizado pode divergir de acordo com o mercado consumidor (reposição, montadoras ou exportação).

A Figura 35 trás a aplicação prática da matriz de identificação de perdas por refugo e sobra de material nas principais etapas do processo de fabricação de pastilhas para freio.

Etapas do processo	Tipos de perdas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Preparar mistura	—				—		—	
Jateamento								
Aplicar adesivo								
Secar adesivo								
Preformagem	→	—		—	→		←	
Prensagem					→			
Tratamento térmico								
Espes. chanfro e rasgo								
Pintura								
Fixar acessórios								
Carimbo								
Embalagem								
1 – Perda por superprodução								
2 – Perda por transporte								
3 – Perda por espera								
4 – Perda no processamento								
5 – Perda no movimento								
6 – Perda por produzir produtos defeituosos (refugos)								
7 – Perda por estoque								
8 – Perda de matérias-primas (sobra de material)								
	Perda por produção de produtos defeituosos							
	Perda por sobra de material durante as etapas do processo							
→	Contribui fortemente para a geração de produtos com defeito							
→	Contribui fortemente para a geração de sobra de material							
—	Contribui fracamente para a geração de produtos com defeito							
—	Contribui fracamente para a geração de sobra de material							

Figura 35: Matriz de identificação de perdas aplicada às etapas do processo

As informações repassadas para a matriz foram coletadas pelo grupo de trabalho durante a fase de avaliação de todas as etapas do processo de fabricação. Essas informações dizem respeito à relação existente entre os tipos de perdas com as etapas do processo, existindo portanto etapas consideradas críticas em relação à perda por refugo e sobra de material que não foram evidenciadas por meio dessa matriz. Nesse caso, cabe salientar que a etapa de prensagem, na qual pode-se evidenciar apenas uma seta em preto, é uma etapa crítica em relação à geração de refugos, pois é nessa etapa que ocorre a transformação

química do material ao ser submetido à temperatura e pressão, podendo essa transformação ocorrer de forma deficiente e provocar índices anormais de refugos.

De acordo com o conceito da matriz de identificação de perdas pode-se perceber que as etapas “preparar mistura” e “preformagem” são as que recebem maior influência dos demais tipos de perdas na geração de perdas por refugo e sobra de material, com maior peso para a etapa de preformagem.

Detalhando a etapa de preformagem, para um melhor entendimento da matriz apresentada, pode-se dizer que a avaliação feita no chão de fábrica evidenciou que a perda por superprodução (1), por transporte (2), de processamento (4), de movimento (5) e de estoque (7), indicados pela seta preta, provocam a ocorrência de refugo, detectados na própria etapa de preformagem ou nas etapas posteriores. Essa avaliação também mostra que apenas a perda no movimento (5) pode provocar a geração de sobra de material nessa etapa do processo, representado na matriz pela seta azul.

5.2.2 IDENTIFICAÇÃO E MENSURAÇÃO DAS PERDAS POR REFUGO E SOBRA DE MATERIAL

Pode-se verificar que na empresa em questão existe uma sistemática implementada para a detecção e informação das perdas ocasionadas por produtos defeituosos, sendo de responsabilidade direta dos funcionários a identificação, contagem e o registro da respectiva quantidade de produtos defeituosos em cada lote produzido. No caso da sobra de material durante o processo, também existe um acompanhamento contínuo para cada item produzido, e é possível gerar relatórios por produto / período.

5.2.2.1 Detecção das perdas

Em cada etapa de produção, faz-se uma análise visual dos produtos em elaboração, bem como avaliações dimensionais (por amostragem), possibilitando a interrupção do processo sempre que forem detectadas variações anormais. Os processos controlados são também de fundamental importância para a obtenção de produtos livres de defeitos; porém, não representam a única condição. Existem vários fatores que podem levar à produção de produtos defeituosos.

Na atual sistemática, onde os próprios funcionários são responsáveis pela avaliação dos produtos em elaboração, é de extrema importância que todos tenham o conhecimento dos

possíveis defeitos, bem como condições e autonomia para rejeitar produtos não conformes, ou segregar os produtos que, em caso de dúvidas, sejam considerados suspeitos.

Para facilitar esse entendimento, a Figura 36 mostra um exemplo de aplicação prática de um mostruário de produtos com alguns dos tipos de defeitos possíveis na linha de produção de pastilhas para freio. Na prática todos os defeitos devem estar demonstrados com pelo menos uma peça com o respectivo defeito.

Mostruário de defeitos			
Peça 01	Peça 02	Peça 03	Peça 04
Defeito 001	Defeito 002	Defeito 003	Defeito 004

Figura 36: Mostruário para identificação de defeitos em pastilhas para freio

Obs.: A codificação de defeitos utilizada pela empresa foi considerada satisfatória, não sendo necessário promover alterações. A Tabela 37 mostra a classificação dos defeitos e seus respectivos códigos.

Defeito	Código do	Causa principal	Etapas de origem
Impurezas	001	Limpeza do equipamento	Misturas/preformagem
Má homogeneização	002	Processo de mistura	Mistura
Má compactação	003	Preforma quebrada	Preformagem
Bolhas	004	Temperatura / ciclo	Prensagem
Sujeira ferramental	005	Ferramental sujo	Prensagem
Trincas	008	Temperatura / ciclo	Prensagem
Falta de material	009	Peso incorreto	Preformagem
Ranhura	010	Rebolo desgastado	Retífica de espessura
Largura	012	Regulagem incorreta	Retífica lateral
Espessura	013	Regulagem incorreta	Retífica de espessura
Chanfro	015	Regulagem incorreta	Retífica de chanfro
Furo irregular	017	Regulagem incorreta	Furadeira
Lascas	018	Manuseio incorreto	Beneficiamento geral
Reforço irregular	020	Posicionamento incorreto	Prensagem
Pintura	033	Regulagem incorreta	Pintura
Rasgo	041	Regulagem incorreta	Retífica de rasgo
Delaminação	045	Ciclo de prensagem	Prensagem
Desposicionamento	050	Posicionamento incorreto	Prensagem
Aderência	054	Espalhamento do material	Preformagem
Acessório deformado	055	Regulagem incorreta	Fixação dos acessórios

Figura 37: Planilha de defeitos, origem e causas

Com essa orientação disponível, juntamente com as demais instruções pertinentes, fica facilitada a detecção de possíveis produtos com defeito.

5.2.2.2 Classificação das perdas

Todos os produtos defeituosos são segregados do lote de produção e, no final deste, são classificados por tipo de defeito e informados na ordem de produção conforme Figura 38.

Planilha de refugos	
Quantidade (Pcs)	Código e descrição do defeito
10	001 Impurezas
15	004 Bolhas
05	003 Má compactação
01	005 Sujeira ferramental
01	002 Má homogeneização

Figura 38: Classificação dos refugos

Informações complementares, como máquina, operador, ferramenta, etc., são informadas quando do reporte da ordem de produção no sistema Magnus, o que permite que qualquer informação possa vir a ser rastreada posteriormente.

Obs: a sobra de material não requer classificação portanto, é apenas segregada e quantificada.

5.2.2.3 Quantificação das perdas

Para quantificar as perdas, a empresa estudada possui um programa específico para os refugos e outro para a sobra de material. Esses programas permitem que toda a ocorrência de perda seja informada e armazenada no sistema informatizado, possibilitando a geração de relatórios pré-formatados com informações pertinentes. Para o caso dos refugos, a soma de todas as ocorrências em cada etapa do processo por onde passaram as peças de uma determinada ordem de produção é informada quando do reporte dessa ordem, de forma individual, para cada tipo de defeito detectado.

As informações disponíveis no sistema informatizado permitem a quantificação dos refugos de forma isolada, ou seja, por produto por formulação, por máquina ou ainda dados

globais de um determinado período, não possibilitando relacionar as variáveis consideradas importantes nesse trabalho. Essa condição requer que os dados disponíveis sejam utilizados para a alimentação das planilhas propostas. Essas planilhas com os respectivos dados são apresentadas nas seções 5.2.2.5.1 – Relatórios de refugos.

A sobra de material durante o processo de fabricação de cada produto é identificada pela diferença de material do produto acabado em relação à quantidade de material utilizada na etapa de preformagem. Essa informação é repassada para o sistema informatizado que possibilita a geração de relatórios por produto / período. Essas informações também, como no caso dos refugos, servem para alimentar as planilhas propostas nesse procedimento. As planilhas e seus respectivos dados são apresentadas na seção 5.2.2.5.2 – Relatórios da sobra de material.

5.2.2.4 Custeamento das perdas

O sistema de custo utilizado na empresa repassa os custos da sobra de material e dos refugos às unidades boas, ou seja, os custos da sobra de material e dos refugos de cada item são diluídos como custo das unidades boas, utilizando-se os índices definidos para cada produto/formulação (índices considerados normais). Esses índices são reavaliados trimestralmente com o objetivo de corrigir possíveis distorções geradas no decorrer desse período. Toda a sobra de material e refugo excedente são considerados como sendo custo do período

O custo do material perdido no processo serve para mostrar quais os produtos ou formulações estão gerando maior perda (UV). Essas informações são apresentadas nas planilhas das seções 5.2.2.5.1 relatórios de refugos e 5.2.2.5.2 – Relatórios de sobra de material.

5.2.2.5 Geração de relatórios referentes às perdas

O sistema utilizado pela empresa permite que se tenha disponível uma grande quantidade de informações referente às perdas por refugo e sobra de material. No entanto, para que se possa trabalhar com esses dados, é necessário que sejam montados relatórios específicos para cada finalidade, pois os relatórios acabam sendo muito extensos para uma avaliação prática. Por outro lado, os relatórios específicos podem conter todas as informações

desejadas e necessárias, para que os gestores e os grupos de trabalho possam visualizar facilmente a realidade e introduzir as ações necessárias.

Os relatórios de refugos e sobra de material não consideram as informações referentes ao valor agregado e disposição dos resíduos, conforme proposta apresentada no Capítulo 4. A ausência desses dados nesses relatórios deve-se a não disponibilidade dessas informações de forma que pudessem ser utilizadas para esse fim. Nesse caso, todo o direcionamento do trabalho será baseado na perda relativa ao material perdido (sobras e refugos) na unidade de fabricação de pastilhas para freio.

5.2.2.5.1 Relatórios da perda por refugos durante o processo

Na sequência são apresentados relatórios de refugos e informações complementares relativos à família 3 – Pastilhas para freio. A Tabela 11 mostra os dados em dois períodos distintos, onde pode-se observar uma redução no percentual de refugo ocorrida no período 2 em relação ao período 1.

Tabela 11: Refugo da família 3 - Pastilhas para freio

Refugo da unidade de fabricação de pastilhas para freio							
Período: janeiro a dezembro de 2001							
Família	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% Refugos	Perda (UV)			
				MP	VA	DR	Total
Família 3	2.217,67	43,21	1,95%	86,42	-	-	86,42
Período: janeiro a agosto de 2002							
Família	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% Refugos	Perda (UV)			
				MP	VA	DR	Total
Família 3	1.843,43	30,02	1,62%	60,04	-	-	60,04

Na fase seguinte, os refugos são estratificados por formulação, onde se pode perceber o montante produzido, refugado, o índice percentual de refugos e o total perdido para cada uma das formulações utilizadas no período contemplado. Com essas informações, os gestores e os grupos de trabalho podem priorizar ações relacionadas com as formulações que

apresentarem uma maior oportunidade de ganho potencial. A Tabela 12 mostra os resultados de um período anterior, o qual indica uma tendência de comportamento dessas formulações.

Tabela 12: Acompanhamento dos índices de refugo por formulação (período 1)

Relatório de refugos por formulação na unidade de fabricação de pastilhas									
Período: janeiro a dezembro de 2001									
Formulação	Produzido bom (UP)	Refugo (UP)	Produzido total (UP)	% Refugo	Custo/UP (UV)	Perda (UV)			
						MP	VA	DR	Total
1611	4,80	0,55	5,35	10,34%	3,0	1,65	-	-	1,65
9901	13,54	0,15	13,69	1,08%	2,5	0,38	-	-	0,38
<u>0731</u>	287,37	5,48	292,85	1,87%	2,0	10,96	-	-	<u>10,96</u>
1301	94,58	1,19	95,77	1,24%	2,3	2,74	-	-	2,74
2131	25,73	0,93	26,66	3,49%	2,8	2,60	-	-	2,60
2241	29,78	0,98	30,76	3,20%	2,0	1,96	-	-	1,96
3011	19,76	0,60	20,36	2,96%	4,1	2,46	-	-	2,46
3501	5,16	0,31	5,47	5,67%	2,4	0,74	-	-	0,74
<u>4201</u>	213,55	4,74	218,29	2,17%	1,8	8,53	-	-	<u>8,53</u>
<u>4321</u>	209,24	2,09	211,33	0,99%	2,3	4,80	-	-	<u>4,80</u>
5771	4,22	0,08	4,30	1,76%	3,2	0,26	-	-	0,26
<u>7301</u>	53,19	4,18	57,37	7,28%	2,9	12,12	-	-	<u>12,12</u>
<u>8381</u>	124,25	4,20	128,45	3,27	2,5	10,50	-	-	<u>10,50</u>
<u>9601</u>	467,14	7,16	474,30	1,51%	2,2	15,75	-	-	<u>15,75</u>

A Tabela 12 indica algumas formulações que devem ser priorizadas, por representarem um maior retorno potencial com a redução do refugo. Porém, essas informações não devem ser utilizadas de forma isolada, pois poderá existir uma determinada formulação com refugo elevado no período anterior, porém com baixa demanda no período futuro, ou ainda, com perda menor em relação ao passado. Dessa forma, é imprescindível que se possa avaliar períodos mais recentes e também informações que possibilitem visualizar tendências quanto à demanda futura. A Tabela 13 inclui essas informações.

Tabela 13: Acompanhamento e previsão dos índices de refugo por formulação

Refugos por formulação da família de produtos											
Dados de período anterior					Previsões futuras						
Período: janeiro a agosto de 2002					Período: janeiro a dezembro de 2003						
FORM	Produzido bom (UP)	Refugo (UP)	Produzido total (UP)	% Refugo	Produção prevista (UP)	% Refugo	Custo/UP (UV)	Perda (UV)			
								MP	VA	DR	Total
1611	3,54	0,27	3,81	7,17%	4,02	7,17%	3,0	0,86	-	-	0,86
9901	9,89	1,31	11,20	11,74	10,01	11,74%	2,5	2,94	-	-	2,94
0731	122,53	2,13	124,66	1,71%	167,28	1,71%	2,0	5,72	-	-	5,72
1301	10,21	0,31	10,52	2,92%	13,65	2,92%	2,3	0,92	-	-	0,92
2131	22,12	0,58	22,70	2,58%	27,25	2,58%	2,8	1,97	-	-	1,97
2241	13,78	1,27	15,05	8,45%	13,48	8,45%	2,0	2,28	-	-	2,28
3011	8,65	0,27	8,92	3,02%	15,98	3,02%	4,1	1,98	-	-	1,98
3501	6,96	0,15	7,11	2,14%	9,58	2,14%	2,4	0,49	-	-	0,49
4321	693,31	9,70	703,01	1,38%	1.063,71	1,38%	2,3	33,76	-	-	33,76
5771	276,32	4,35	280,67	1,55%	1,20	1,55%	3,2	0,06	-	-	0,06
7301	0,93	0,04	0,97	4,16%	171,45	4,16%	2,9	20,68	-	-	20,68
8381	56,80	2,47	59,27	2,41%	116,49	2,41%	2,5	7,01	-	-	7,01
9601	134,15	3,31	137,46	0,84%	666,60	0,84%	2,2	12,31	-	-	12,31
4371	433,21	3,67	436,88	1,55%	580,78	1,55%	2,2	19,80	-	-	19,80
4951					35,38	2,51%	3,1	2,75	-	-	2,75
2101					1,75	1,25%	1,9	0,04	-	-	0,04
2481					56,70	3,12%	2,5	4,42	-	-	4,42
3761					8,06	2,82%	2,6	0,59	-	-	0,59
4151					26,80	3,15	2,4	2,03	-	-	0,03

Na tabela 13 estão identificadas as formulações que representam maior oportunidade de retorno potencial com a redução dos refugos. Essas formulações devem ser priorizadas para uma análise mais aprofundada, buscando-se identificar as causas e as possíveis ações a serem implementadas. Essa investigação deve primeiramente buscar quais são os principais produtos de cada formulação responsáveis pelo alto índice de perda em função do refugo da respectiva formulação. As Tabelas 14, 15, 16, 17, 18, 19 mostram quais são esses produtos.

A Tabela 14 apresenta os produtos derivados da formulação 0731 que possuem a maior perda em função do refugo. Nessa tabela estão contemplados também o total produzido, quantidade e percentual de refugo e o principal defeito apresentado em cada um desses produtos, que nesse caso, é a má compactação.

Tabela 14: Produtos derivados da formulação 0731 com maior perda em função do refugo

Análise de refugos por produto								
Período: janeiro a agosto de 2002				Formulação: 0731				
Produto	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% Refugos	Perda (UV)				Principal defeito
				MP	VA	DR	Total	
070	52,12	0,95	1,82%	1,90	-	-	1,90	Má compactação
061	32,45	0,66	2,05%	1,32	-	-	1,32	Má compactação
182	30,15	0,34	1,13%	0,68	-	-	0,68	Má compactação

A Tabela 15 apresenta os produtos derivados da formulação 4321 que possuem a maior perda em função do refugo. Nessa tabela estão contemplados também o total produzido, quantidade e percentual de refugo e o principal defeito apresentado em cada um desses produtos, que nesse caso, também é a má compactação.

Tabela 15: Produtos derivados da formulação 4321 com maior perda em função do refugo

Análise de refugos por produto								
Período: janeiro a agosto de 2002				Formulação: 4321				
Produto	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% Refugos	Perda (UV)				Principal defeito
				MP	VA	DR	Total	
056	176,88	3,63	2,05%	6,53	-	-	6,53	Má compactação
054	178,73	3,45	1,93%	6,21	-	-	6,21	Má compactação
045	58,52	1,00	1,71%	1,80	-	-	1,80	Má compactação

A Tabela 16 apresenta os únicos produtos derivados da formulação 7301. Nessa tabela estão contemplados também o valor da perda em função do refugo, total produzido, quantidade e percentual refugado e, apontando novamente a má compactação como sendo o principal defeito apresentado em ambos produtos.

Tabela 16: Produtos derivados da formulação 7301 com maior perda em função do refugo

Análise de refugos por produto								
Período: janeiro a agosto de 2002				Formulação: 7301				
Produto	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% Refugos	Perda (UV)				Principal defeito
				MP	VA	DR	Total	
266	0,80	0,04	5,17%	0,13	-	-	0,13	Má compactação
196	0,17	0,01	3,63%	0,02	-	-	0,02	Má compactação

A Tabela 17 apresenta o único produto derivado da formulação 8381 mostrando o valor da perda em função do refugo, total produzido, quantidade e percentual refugado e o principal defeito apresentado, que também para esse produto é a má compactação.

Tabela 17: Produtos derivados da formulação 8381 com maior perda em função do refugo

Análise de refugos por produto								
Período: janeiro a agosto de 2002				Formulação: 8381				
Produto	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% Refugos	Perda (UV)				Principal defeito
				MP	VA	DR	Total	
170	59,27	2,47	4,16%	7,16	-	-	7,16	Má compactação

A Tabela 18 apresenta os produtos derivados da formulação 9601 que possuem o maior valor de perda em função do refugo. Nessa tabela estão contemplados também o total produzido, quantidade e percentual refugado e o principal defeito apresentado em cada um desses produtos, que também para esse caso, é a má compactação.

Tabela 18: Produtos derivados da formulação 9601 com maior perda em função do refugo

Análise de refugos por produto								
Período: janeiro a agosto de 2002				Formulação: 9601				
Produto	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% Refugos	Perda (UV)				Principal defeito
				MP	VA	DR	Total	
079	75,12	1,62	2,15%	4,05	-	-	4,05	Má compactação
196	28,45	0,73	2,58	1,82	-	-	1,82	Má compactação
195	15,69	0,42	2,67	1,05	-	-	1,05	Má compactação

A Tabela 19 apresenta os produtos derivados da formulação 4371 que possuem o maior valor de perda em função do refugo. Nessa tabela estão contemplados também o total produzido, quantidade e percentual refugado e o principal defeito apresentado em cada um desses produtos que, confirma a má compactação como o sendo o único defeito apresentado como principal em todas as formulações.

Tabela 19: Produtos derivados da formulação 4371 com maior perda em função do refugo

Análise de refugos por produto								
Período: janeiro a agosto de 2002				Formulação: 4371				
Produto	Total produzido (UP)	Total refugado (UP)	% Refugos	Perda (UV)				Principal defeito
				MP	VA	DR	Total	
047	115,12	2,92	2,54%	6,42	-	-	6,42	Má compactação
070	152,47	1,83	1,20%	4,03	-	-	4,03	Má compactação
0,61	88,78	1,17	1,32%	2,57	-	-	2,57	Má compactação

Com os dados até aqui apresentados, já tem-se condições de definir quais as formulações e produtos que devem ser avaliados num primeiro momento; porém, as informações não são suficientes para estabelecer quais as ações que devem realmente ser implementadas, pois faltam dados referentes aos defeitos apresentados em cada uma destas formulações. Também, ainda falta investigar quais são as causas responsáveis pela geração dos refugos nessas formulações ou produtos. As tabelas 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26 apresentam as informações referentes aos principais defeitos apresentados.

A Tabela 20 apresenta uma análise global de todas as formulações produzidas na unidade de fabricação de pastilhas para freio, mostrando a quantidade produzida, quantidade e percentual refugado e os principais defeitos apresentados com seus respectivos percentuais. A má compactação apresenta-se com um percentual bem superior aos demais defeitos.

Tabela 20: Principais defeitos apresentados na produção total do período

Formulação: todas			Período: janeiro a agosto de 2002	
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% Por defeito
1.827,85	14,44	1,62%	<u>Má compactação</u>	<u>0,78%</u>
			Trincas	0,21%
			Reforço irregular	0,17%
			Espessura	0,07%

A Tabela 21 apresenta os dados referentes à formulação 4371, mostrando a quantidade produzida, quantidade e percentual refugado e os principais defeitos apresentados com seus respectivos percentuais. A má compactação, nesse caso, apresenta-se com um percentual muito superior aos demais defeitos.

Tabela 21: Principais defeitos apresentados na formulação 4371

Formulação: 4371		Período: janeiro a agosto de 2002		
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% Por defeito
280,52	4,34	1,55%	<u>Má compactação</u> Espessura Reforço irregular Falta de material	<u>0,99%</u> 0,09% 0,09% 0,05%

A Tabela 22 apresenta os dados referentes à formulação 4321, mostrando a quantidade produzida, quantidade e percentual refugado e os principais defeitos apresentados com seus respectivos percentuais. A má compactação, novamente apresenta-se com um percentual bastante superior aos demais defeitos.

Tabela 22: Principais defeitos apresentados na formulação 4321

Formulação: 4321		Período: janeiro a agosto de 2002		
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% Por defeito
702,00	9,69	1,38%	<u>Má compactação</u> Trincas Reforço irregular Falta de material	<u>0,76%</u> 0,13% 0,12% 0,08%

A Tabela 23 apresenta os dados referentes à formulação 8381, mostrando a quantidade produzida, quantidade e percentual refugado e os principais defeitos apresentados com seus respectivos percentuais. A má compactação segue como o principal, porém com um segundo defeito apresentando um índice elevado, que é o reforço irregular.

Tabela 23: Principais defeitos apresentados na formulação 8381

Formulação: 8381		Período: janeiro a agosto de 2002		
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% Por defeito
132,92	3,32	2,41%	<u>Má compactação</u> Reforço irregular Trincas Espessura	<u>0,98%</u> 0,74% 0,10% 0,09%

A Tabela 24 mostra os dados referentes à formulação 7301, apresentando a quantidade produzida, quantidade e percentual refugado e os principais defeitos apresentados com seus respectivos percentuais. A má compactação, nesse caso, além de ser o principal defeito mostra ainda que ocorre numa proporção maior em relação às demais formulações.

Tabela 24: Principais defeitos apresentados na formulação 7301

Formulação: 7301		Período: janeiro a agosto de 2002		
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% Por defeito
56,16	2,46	4,16%	<u>Má compactação</u> Trincas Reforço irregular Espessura	<u>1,83%</u> 0,85% 0,40% 0,12%

A Tabela 25 traz dados referentes à formulação 0731, mostrando a quantidade produzida, quantidade e percentual refugado e os principais defeitos apresentados com seus respectivos percentuais. A má compactação, nesse caso, é o principal defeito, porém não se mostra tão crítico se comparado com as demais formulações.

Tabela 25: Principais defeitos apresentados na formulação 0731

Formulação: 0731		Período: janeiro a agosto de 2002		
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% Por defeito
121,61	2,13	1,71%	<u>Má compactação</u> Trincas Rasgo Reforço irregular	<u>0,55%</u> 0,42% 0,12% 0,11%

A Tabela 26 apresenta dados referentes à formulação 9601, mostrando a quantidade produzida, quantidade e percentual refugado e os principais defeitos apresentados com seus respectivos percentuais. A má compactação é o principal defeito, porém com percentual considerado baixo se comparado com as demais formulações.

Tabela 26: Principais defeitos apresentados na formulação 9601

Formulação: 9601		Período: janeiro a agosto de 2002		
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% Por defeito
436,53	3,66	0,84%	Má compactação	0,46%
			Reforço irregular	0,11%
			Espessura	0,05%
			Trincas	0,05%

Com a estratificação dos principais defeitos de cada uma das formulações e produtos priorizados, pode-se perceber que existe um defeito em comum para todos os casos apresentados, inclusive confirmando a análise feita com o total produzido, que também indica esse mesmo defeito como principal. A má compactação é o defeito que deverá ser investigado e combatido, pois representa a maior oportunidade potencial para redução dos refugos.

5.2.2.5.2 Relatórios da perda por sobra de material durante o processo

Fazendo-se uma análise crítica do processo de fabricação de pastilhas para freio na empresa em estudo, observa-se que existe uma parcela da sobra de material que não está sendo contabilizada dessa forma, mas que, pelos conceitos até aqui apresentados, deveria também ser considerada. Essa parcela compreende a perda relativa às etapas de pesagem de matéria-prima, misturar matérias-primas, e a sobra com manuseio do material no abastecimento dos silos antes da etapa de preformagem. Essa sobra de material é considerada como *scrap factor*, sendo definido um índice para cada tipo de formulação. Esse índice servirá para a área de programação da produção definir a quantidade correta de material necessário para atender a necessidade, e também para a área de custos definir o custo da formulação.

Na sequência são apresentados relatórios da sobra de material e informações complementares relativos à família 3 – Pastilhas para freio. A Tabela 27 mostra os dados em dois períodos distintos, onde pode-se observar uma redução considerável do percentual da sobra de material ocorrida no período 2 em relação ao período 1.

Tabela 27: Sobra de material da família 3 – Unidade de fabricação de pastilhas para freio

Sobra de material na família de produtos						
Período: janeiro a dezembro de 2001						
Família	Total produzido (UP)	Sobra total (UP)	% Sobra	Perda (UV)		
				MP	DR	Total
Família 3	2.434,06	216,39	8,89%	432,78	-	432,78
Período: janeiro a agosto de 2002						
Família	Total produzido (UP)	Sobra total (UP)	% Sobra	Perda (UV)		
				MP	DR	Total
Família 3	2.008,51	150,64	7,50%	301,28	-	301,28

As Tabelas 28 e 29 mostram os produtos com maior sobra, os respectivos valores (UV) da perda e as previsões da perda futura desses mesmos produtos, caso sejam mantidos os percentuais de sobra atuais.

Tabela 28: Sobra de material por tipo de produto

Sobra de material por tipo de produto						
Período: janeiro a agosto de 2002						
Produto	Total produzido (UP)	Sobra total (UP)	% Sobra	Perda (UV)		
				MP	DR	Total
<u>0198943</u>	60,13	6,85	11,4%	20,34	-	20,34
<u>0173355</u>	94,33	8,01	8,5%	20,02	-	20,02
<u>0224944</u>	95,03	11,02	11,6%	19,83	-	19,83
<u>0198951</u>	60,13	6,31	10,5%	18,74	-	18,74
<u>0130168</u>	105,84	7,41	7,0%	15,70	-	15,70
0173215	63,07	6,62	10,5%	11,92	-	11,92
0189022	30,35	4,37	14,4%	7,87	-	7,87
0250728	27,38	2,79	10,2%	5,85	-	5,85
0205834	20,22	2,02	10,0%	5,05	-	5,05

Tabela 29: Previsão da sobra de material por tipo de produto

Previsão da sobra de material por tipo de produto							
Período: janeiro a dezembro de 2003							
Produto	% Sobra	Previsão de demanda (UP)	Sobra total (UP)	Custo do material (UV)	Perda futura (UV)		
					MP	DR	Total
<u>0198943</u>	11,4%	97,08	11,06	2,97	32,85	-	32,85
<u>0173355</u>	8,5%	151,89	12,91	2,50	32,75	-	32,75
<u>0198951</u>	10,5%	97,08	10,19	2,97	30,26	-	30,26
<u>0224944</u>	11,6%	140,52	16,30	1,80	29,34	-	29,34
<u>0130168</u>	7,0%	165,04	11,55	2,10	24,25	-	24,25
0189022	14,4%	80,52	11,59	1,80	20,86	-	20,86
0173215	10,5%	92,60	9,72	1,80	17,49	-	17,49
0205834	10,0%	40,33	4,03	2,50	10,08	-	10,08
0250728	10,2%	44,12	4,50	2,10	9,45	-	9,45

Ao se analisar as Tabelas 28 e 29 pode-se perceber que os produtos apontados no período passado também se apresentam na mesma condição para o período futuro (previsão de demanda). Dessa forma, fica facilitada a identificação dos produtos a serem priorizados. Caso os produtos do período passado não coincidam com os produtos apontados no período futuro, deve-se priorizar os dados referente a previsão de demanda, conforme já abordado no Capítulo 2.

5.2.3 AVALIAÇÃO E AÇÕES DE MELHORIA PARA REDUÇÃO DAS PERDAS

Nessa fase o grupo passou a avaliar os dados coletados buscando identificar as principais oportunidades potenciais de redução das perdas por refugo e sobra de material. Para isso, elaborou-se uma síntese de todas as informações disponíveis para facilitar a execução das etapas seguintes.

5.2.3.1 Priorização das oportunidades de melhoria

As oportunidades de melhoria foram identificadas com a aplicação desse procedimento foram relacionadas individualmente para o caso da perda em função da ocorrência de refugos e em função da sobra de material durante o processo, conforme segue:

5.2.3.1.1 Oportunidades de melhoria relacionadas à redução do refugo

As conclusões possíveis de serem relatadas em relação ao que se observou no processo durante o período de aplicação do procedimento, e em relação as informações apresentadas nos relatórios desse capítulo são as seguintes:

- Apesar de não ser o foco principal desse trabalho, observou-se inúmeras oportunidades de redução dos demais tipos de perdas, além das oportunidades de redução das perdas por refugo e sobra de material, as quais serão apresentadas a seguir;
- Com a aplicação da matriz de identificação de perdas (Figura 35), foi possível identificar que a etapa de preformagem é uma das etapas mais críticas em relação à geração de refugos;
- Através da análise do processo e das informações levantadas, pode-se confirmar também a etapa de prensagem como sendo outra etapa crítica, em função das características de processo envolvidas na transformação química do material;
- A má compactação é o principal defeito apresentado, tanto para o total produzido como na análise individual de cada uma das principais formulações e produtos;
- Durante a análise da etapa de preformagem foi possível perceber que essa etapa possui grande influência na geração de peças com má compactação;
- Pode-se concluir que a redução do defeito “má compactação” é uma das oportunidades potenciais de melhoria, pois é o principal defeito identificado nos produtos;
- A etapa de preparar misturas também está identificada na Figura 35, tendo portanto relação com um dos tipos de perdas porém, o peso dessa etapa no total das perdas é pequeno, o que está representado pela menor intensidade da seta.

A Figura 39 sintetiza todas essas informações, listando etapas, formulações, defeito e produtos mais críticos, considerando-os como prioridades para a redução do refugo.

Prioridades para redução de refugo	
Etapa(s)	Preformagem e Prensagem
Formulação(es)	4321, 9601, 4371, 7301, 8381, 0731
Produto(s)	045, 047, 054, 056, 061, 070, 079, 170, 186, 195, 196, 266
Defeito(s)	Má compactação

Figura 39: Listagem das prioridades para redução do refugo.

Em posse dessas informações, tem-se condições de avançar para a etapa da investigação das causas e da implementação das melhorias propostas para redução do refugo, priorizando-se as etapas, formulações, produtos e defeitos listados na Figura 39.

5.2.3.1.2 Oportunidades de melhoria relacionadas à redução da sobra de material

Os relatórios de perdas em função da sobra de material durante o processo mostram os produtos de maior ganho potencial com a redução da referida perda; porém, analisando-se individualmente esses produtos, percebe-se que existem particularidades que influenciam no índice da sobra de material. Essas particularidades envolvem características de acabamento (chanfro e rasgo) que são requeridas em projeto e que aumentam o percentual da sobra de material em relação aos demais produtos, que requerem apenas a retífica de espessura como acabamento. Então, uma análise individual para cada um dos produtos de maior potencial de ganho, bem como para os demais produtos, pode mostrar três possibilidades, ou seja, mudança na concepção do produto, mudança no conceito de fabricação ou ainda redução da variabilidade da espessura das peças em bruto.

- **Mudança na concepção do produto:** numa primeira análise, esta não é a melhor alternativa, pois não depende exclusivamente da empresa fabricante dos materiais de fricção, mas do mercado consumidor. Nesse caso, quando os ganhos com a redução da perda não for tão expressiva, acaba não compensando.
- **Mudança no conceito de fabricação:** esta possibilidade existe para alguns tipos de produtos, os quais requerem chanfro nas laterais, além da retífica de espessura. A alternativa, já adotada por alguns fabricantes, é a utilização de ferramentas projetadas e confeccionadas de tal forma que moldem o chanfro na etapa de prensagem, evitando assim a retirada de material em uma etapa específica. Essa etapa, quando necessário, retira uma determinada quantidade de material que é considerada uma perda no processo. Esse resíduo, quando não reciclado, deve ser corretamente acondicionado e depositado em locais adequados, conforme previsto pelos órgãos ambientais.
- **Redução da variabilidade da espessura das peças em bruto:** pode-se considerar essa como a mais importante e significativa ação para redução da sobra de material durante o processo, pois pode abranger todos os itens produzidos.

Para melhor entender no que consiste essa ação, a Figura 40 mostra isso esquematicamente.

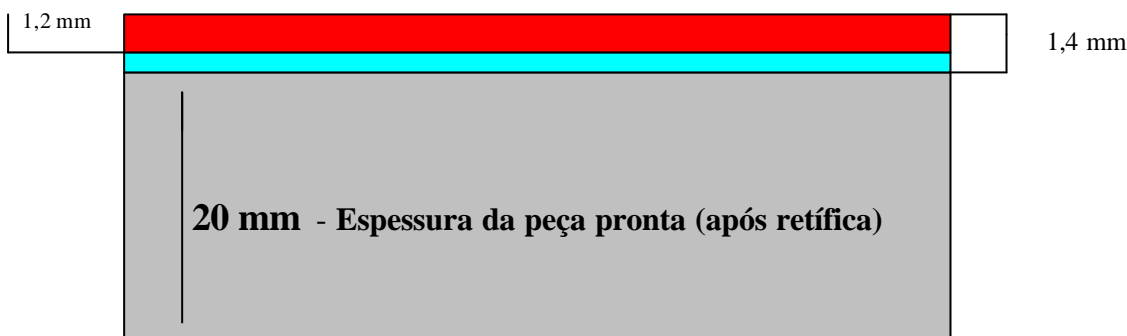


Figura 40: Representação da sobra de material na retífica de espessura

Na etapa de prensagem, as pastilhas são extraídas da máquina com uma crosta endurecida na superfície, devendo esta ser retirada através da etapa de retífica de espessura. Para que seja possível executar essa etapa, é necessário que a peça em bruto seja produzida com uma sobreespessura mínima de 0,2 mm (área azul). Se fosse possível obter todas as peças com uma espessura de 20,2 mm (no caso do esquema mostrado), resultaria na mínima sobra possível. Porém, quando se tem a espessura em bruto das peças situada dentro da área vermelha (de 20,2 a 21,4 mm), há um acréscimo no percentual da sobra, cujo valor pode ser representado pela metade da altura da área vermelha (0,6 mm).

Quando se diminui a variabilidade da espessura em bruto das peças, reduzindo a área vermelha, reduz-se proporcionalmente o percentual de sobra de material na etapa de retífica de espessura. Para que seja possível haver essa redução, faz-se necessário atuar simultaneamente nas etapas de preformagem e prensagem, reduzindo-se as variações do peso das preformas e todo o tipo de dano antes da etapa de prensagem, conforme melhoria implementada para a redução dos refugos.

A simples redução no valor de especificação da sobreespessura, sem uma redução na dispersão, resulta na possibilidade de rejeição de peças por falta de material, ou seja, peças cuja espessura em bruto é menor do que a espessura da peça pronta. A Figura 41 mostra onde deve-se concentrar os esforços para se alcançar o objetivo de redução da sobra de material.

Lista das prioridades para redução da sobra de material	
Etapa(s)	Preformagem e Prensagem
Produto(s)	0198943, 0173355, 0198951, 0224944, 0130168
Etapa(s)	Chanfro
Produto(s)	0198943

Figura 41: Listagem das prioridades para redução da sobra de material

Com essas informações pode-se agora direcionar os esforços para a redução da sobra de material nas etapas e produtos listados na Figura 41.

5.2.3.2 Identificação das causas geradoras da perda por refugo e sobra de material

Essa etapa consiste em estimular a participação das pessoas que dominam o processo produtivo para que com o auxílio de algumas ferramentas facilitadoras, possa-se identificar as principais causas geradoras das perdas, quer seja pela geração de refugos ou pela sobra de material durante o processo. Essas causas serão a base fundamental para a implementação de ações para o atendimento do objetivo proposto.

5.2.3.2.1 Identificação das principais causas do refugo por má compactação

Por ser a má compactação o principal defeito observado nas formulações e produtos priorizados, deve ser esse defeito alvo de investigação para que se possa definir ações capazes de reduzi-lo ou eliminá-lo. Para essa investigação, utilizaram-se algumas ferramentas de auxílio, como o diagrama de causa e efeito, folha do FMEA de processo e “Os cinco porquês”, conforme as Figuras 42, 43 e 44.

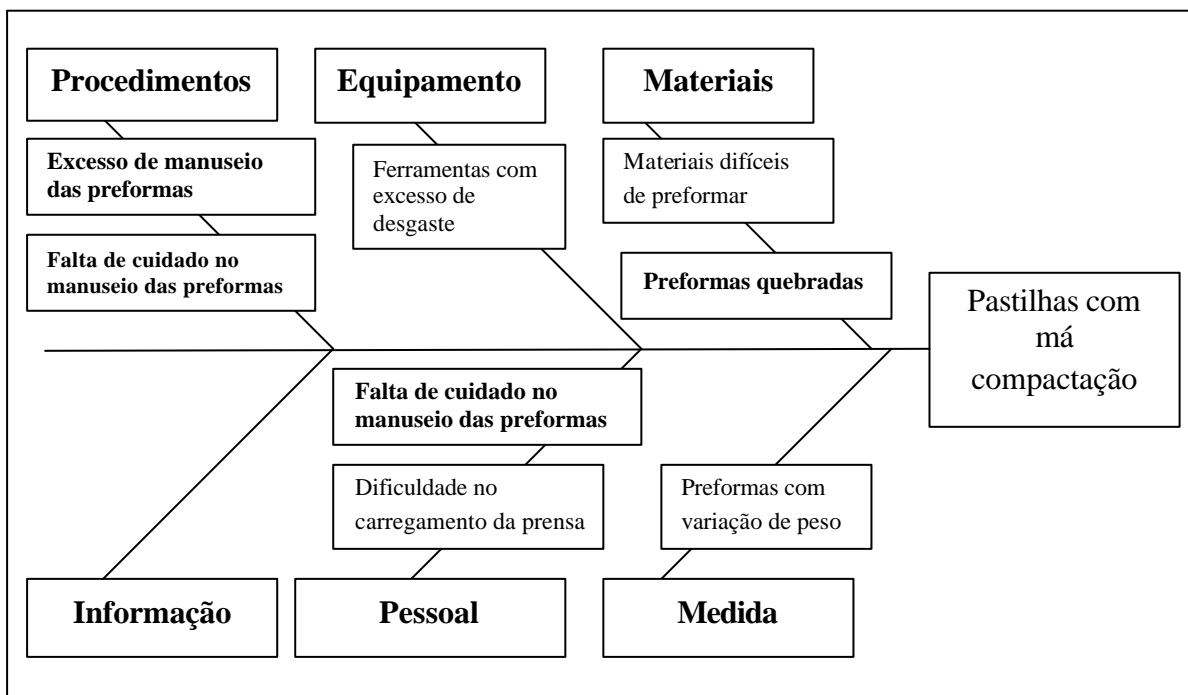


Figura 42: Diagrama de causa e efeito para identificação das causas da má compactação.

Na Figura 42 foram relatadas as principais causas da geração de peças com má compactação, sendo que na opinião do grupo, as causas relacionadas ao manuseio das preformas devem ser priorizadas pois representam o principal fator causador desse defeito. A Figura 43 mostra a aplicação da folha da FMEA para confirmar as causas listadas.

Folha de FMEA									
Modo de Falha	Efeitos	S	Causas	O	Controles Atuais (modo de falha)	D	NPR	Ações recomendadas	Ações implementadas
Preforma Quebrada	1. Peças refugadas	7	1. Excesso de manuseio entre as etapas de preformagem e prensagem	5	1. Visual	2	70	Encontrar uma alternativa para melhor acondicionar as preformas, evitando o excesso de manuseio, a sujeira na superfície oposta ao material, a perda de material e a quebra das preformas	
	2. Peças com má compactação		2. Perda de material pelo excesso de manuseio	4	2. Ensaio de massa específica				
	3. Peças com desgaste excessivo		3. Acondicionamento inadequado das preformas	4	3. Ensaio de dureza				
	4 – Peças com dureza e massa específica alteradas		4. Ferramental de preformagem desgastado	5					
			5. Aplicação de pressão insuficiente na preformagem	2					
			6. Material mal espalhado na cavidade da matriz	5					

Figura 43: FMEA de processo para identificação das causas da quebra de preformas.

Utilizando-se outra ferramenta, conforme Figura 43, buscou-se investigar as causas da quebra das preformas, vindo a confirmar as informações listadas na Figura 42. Uma informação importante refere-se à forma inadequada de manuseio das preformas, que orienta para uma análise mais detalhada no sentido de encontrar uma alternativa que venha facilitar a execução das etapas de preformagem e prensagem, reduzindo o manuseio entre essas etapas.

A Figura 44 apresenta a utilização da ferramenta “os cinco porquês” .

Os cinco Porquês	
Problema: Peças com má compactação	
Por quê?	
Preforma danificada ou com falta de material	
Por quê?	
Preforma é danificada devido ao manuseio entre as etapas de preformagem e prensagem	
Por quê?	
Há um excesso de manuseio entre essas etapas	
Por quê?	
As preformas são acondicionadas na caixa, retiradas da caixa e postas sobre a mesa e posteriormente apanhadas para serem carregadas na prensa	
Por quê?	
A caixa utilizada não permite que as preformas sejam apanhadas diretamente da caixa para serem carregadas na prensa	
Causa raiz	
A caixa utilizada para acondicionar as preformas não é adequada para este fim	

Figura 44: “Os cinco porquês” para identificação da causa raiz da má compactação.

A utilização de uma terceira ferramenta, conforme Figura 44, visa a identificação da causa raiz do problema mencionado (peças com má compactação). A análise utilizando-se essa ferramenta indicou que a forma de acondicionamento das preformas não é adequada, necessitando-se buscar uma alternativa que venha solucionar essa problemática.

Após a aplicação e análise das ferramentas utilizadas nas Figuras 42, 43 e 44 pode-se concluir que a oportunidade de melhoria mais evidente para redução do defeito “má compactação” é a redução de manuseio das preformas, mediante a utilização de um novo modelo de caixa que permita atender aos conceitos da filosofia JIT, evitando o manuseio desnecessário, o envio de preformas danificadas e de quantidade errada para o cliente interno (etapa de prensagem).

5.2.3.2.2 Identificação das principais causas da sobra de material durante o processo

Algumas das causas normais geradoras da sobra de material durante o processo já foram comentadas no item 5.2.3.1 – priorização das oportunidades de melhoria porém,

considera-se importante relacionar todas essas causas, que são as próprias etapas do processo, para posterior investigação das causas geradoras da sobra de material excessiva ou anormal.

As causas que provocam a sobra de material são:

- sobra de material durante a etapa de pesagem e mistura das matérias-primas;
- sobra de material em função do manuseio do material durante a etapa de preformagem;
- sobra de material no manuseio das preformas;
- sobra de material em função da rebarba do processo de prensagem;
- sobra de material durante a etapa de retífica de espessura;
- sobra de material durante a etapa de chanfro;
- sobra de material durante a etapa de abrir rasgo;
- sobra de material durante a etapa de furação.

Pela experiência adquirida no processo e pelos dados consultados pode-se afirmar que a sobra de material excessiva ou anormal é maior na etapa de retífica de espessura logo, deve-se investigar quais são as principais causas dessa sobra excessiva ou anormal. Para isso, é utilizado o diagrama de causa e efeito como ferramenta de auxílio (Figura 45).

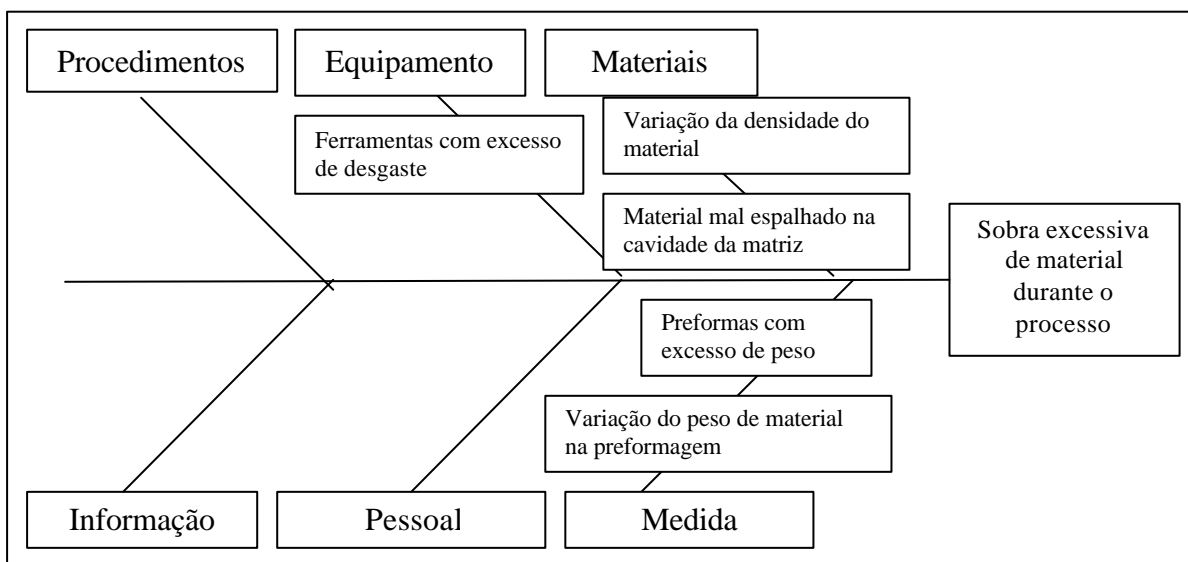


Figura 45: Diagrama de causa e efeito para identificação das causas da sobra de material anormal.

A utilização do diagrama de causa e efeito pelo grupo responsável, conforme Figura 45, mostrou a existência de quatro principais causas do excesso da sobra de material. Essas causas serão melhor explicadas individualmente para melhor entendimento:

- **Variação de densidade do material:** requer definição do peso com certo coeficiente de segurança para evitar produção de peças com espessura menor, que pode gerar refugos.
- **Variação do peso do material na preformagem:** se existir variação excessiva no peso da preforma, além de implicar na qualidade do produto, também provoca a necessidade de se projetar uma espessura bruta maior para garantir a não ocorrência de refugos por peças finas.
- **Ferramental com desgaste:** se a ferramenta de prensagem estiver com desgaste excessivo, a geração de rebarbas será maior e, conseqüentemente também faz-se necessário o incremento de uma certa quantidade de material para garantir a espessura nominal após a prensagem.
- **Preformas com excesso de peso:** podendo ser utilizado como coeficiente de segurança, para não gerar peças com falta de material, esse fator não gera produtos com defeito, porém, provoca uma sobra de material desnecessária. De certa forma essa alternativa serve para encobrir outras fraquezas da etapa de preformagem.

Para todos os casos citados, o resultado é o aumento da sobra de material na etapa de retífica de espessura.

5.2.3.3 Planejamento e implementação de ações para redução de perdas no processo produtivo

As ações a serem planejadas e implementadas deverão estar focadas nas causas identificadas na etapa 5.2.3.2 – Identificação das causas geradoras da perda por refugo e sobra de material.

5.2.3.3.1 Ações para redução do refugo

Com base nas informações obtidas nas etapas anteriores, sintetizadas na Figura 39, optou-se em iniciar a implementação de melhorias nas etapas de preformagem e prensagem visando a redução do manuseio das preformas e melhorar o acondicionamento das mesmas.

Inicialmente foi formado um grupo de trabalho específico composto por pessoas envolvidas nas etapas do processo em questão, sendo essas pessoas informadas do objetivo proposto e dos dados / informações até então coletadas.

O grupo foi orientado a buscar primeiramente soluções de simples implementação e de baixo custo. A discussão entre os membros do grupo trouxe a tona muitas alternativas,

porém, em consenso optou-se pela utilização de uma nova caixa que deveria ser buscada junto aos fornecedores ou ainda desenvolvida para atender a finalidade proposta.

A busca junto aos fornecedores resultou na aquisição de dez caixas para que fosse possível testar a nova forma de trabalho. As caixas foram introduzidas na área e testadas em vários tipos de peças e por vários funcionários dos diferentes turnos de trabalho, durante dez dias.

A aprovação foi unânime e os resultados quanto à redução do refugo foram bastante satisfatórios, mesmo com poucas possibilidades de mensuração, por se tratar de apenas dez caixas, pois a quantidade total em uso diariamente é mil e seiscentas.

Um estudo de viabilidade econômica foi elaborado e apresentado à gerência, que aprovou mediante a constatação do retorno imediato.

A compra das caixas foi providenciada, e quando do recebimento dessas, foi realizada uma reunião com todos os envolvidos para que fossem repassadas as informações necessárias quanto novo método de trabalho que seria implementado. Essa reunião foi muito importante, pois foi possível esclarecer detalhes que garantiram a eficácia da melhoria.

Para o melhor entendimento dessa melhoria, estão descritas na seqüência as condições de manuseio e armazenamento anterior e posterior a implementação.

Condição anterior:

- As peças são produzidas na pré-prensa e são acondicionadas em uma caixa (Fig. 46), uma sobre a outra, até encher a mesma;
- As caixas cheias são disponibilizadas para o operador da prensa;
- O operador da prensa apanha as caixas e, de acordo com sua necessidade, retira as preformas das caixas e as armazena sobre a mesa (empilhadas);
- As preformas danificadas devido à dificuldade de retirá-las da caixa são rejeitadas, e caso isso não ocorra, serão geradas peças defeituosas (refugos por má compactação);
- O operador apanha as peças empilhadas sobre a mesa e as carrega na prensa;
- Devido ao empilhamento das preformas umas sobre as outras, ocorre o acúmulo de resíduos sobre a superfície oposta ao material (plaqueta);
- O operador limpa a superfície das peças utilizando sistema de aspiração;
- Na tentativa de limpar perfeitamente a superfície das peças, muitas acabam sendo danificadas (retirada do material dos furos de ancoragem), gerando peças com má compactação;

- O excesso de peso da caixa cheia faz com que o operador tenha dificuldade de carregar a mesma sobre a mesa, causando muitas vezes o tombamento das preformas no interior das caixas, além de ocasionar a fadiga extremamente prejudicial aos funcionários.
- As caixas utilizadas para o acondicionamento das preformas também são utilizadas para acondicionar peças semi-acabadas na área de beneficiamento, causando muitas vezes a falta dessas, por estarem ocupadas com peças;
- As caixas são mais suscetíveis aos danos por serem utilizadas para dois fins.

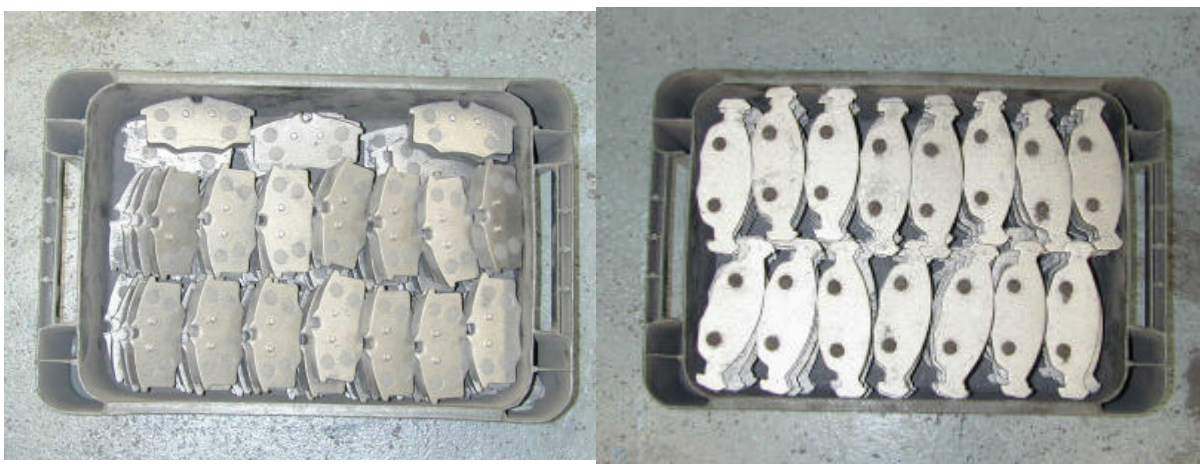


Figura 46: Situação anterior de armazenamento das preformas.

Proposição:

Com base nos conceitos de cliente-fornecedor do Sistema JIT, com enfoque para: entregar para o cliente apenas a quantidade necessária, entregar os produtos livres de defeitos, entregar os produtos no momento certo e evitar desperdícios de tempo, executando operações desnecessárias, foi planejada a substituição da caixa até então utilizada para armazenamento de preformas por outra caixa com dimensões e tamanho totalmente diferentes, visando ao cumprimento dos tópicos antes citados.

Condição atual (após melhoria implementada):

As peças são produzidas na pré-prensa e são acondicionadas na base da caixa, formando uma camada contendo exatamente a quantidade necessária para o operador de prensa alimentar uma carga da máquina. Sobre essa camada de preformas é introduzida uma lâmina de material rígido, com a função de isolar a primeira camada da segunda, que é composta exatamente como a primeira. Com duas camadas de preformas por caixa, há uma

condição ideal de manuseio, inclusive atendendo aos critérios ergonômicos, quanto ao peso das caixas. Essa nova condição está mostrada na Figura 47.

O importante é que essa caixa se mostrou adequada para qualquer tamanho de peças, ou seja, foi possível acondicionar a quantidade de peças necessárias para alimentar uma carga da máquina em todos os modelos de peças. Além disso, estão sendo utilizadas somente para o acondicionamento de preformas, evitando transtornos por falta de caixas na área de preformas.

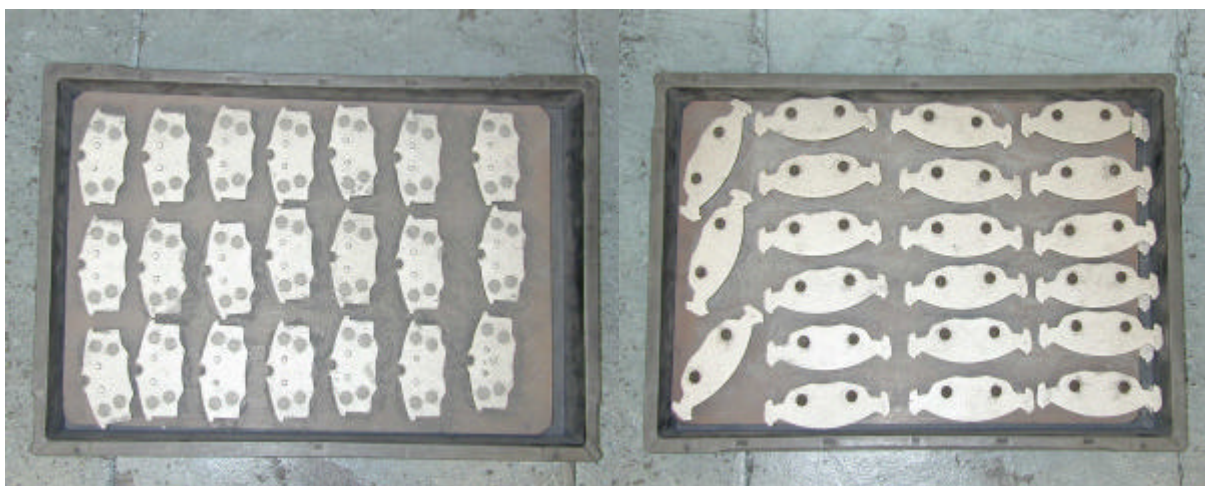


Figura 47: Situação atual de armazenamento das preformas.

- As preformas são disponibilizadas para o operador da prensa com a quantidade exata para execução de uma carga completa em cada caixa;
- Não é necessário posicionar as preformas sobre a mesa, pois o operador as apanha diretamente da caixa, visto a facilidade de acesso entre uma peça e outra;
- Eliminou-se o contato direto entre uma preforma e outra, reduzindo a deposição de resíduos sobre a superfície da plaqueta, evitando assim os danos na preforma quando da limpeza da mesma;
- Em função da redução do manuseio e pelo melhor acondicionamento na caixa, não ocorre a quebra da preforma bem como reduz-se a perda de material entre essas etapas;
- Maior cuidado por parte do operador por sentir-se mais satisfeito ao receber as preformas na condição ideal.

5.2.3.3.2 Ações para redução da sobra de material durante o processo

Conforme comentado na seção 5.2.3.1.2 - oportunidades de melhoria relacionadas a sobra de material durante o processo, existem três possibilidades para redução dessa sobra de material, sendo as seguintes: mudança na concepção do produto, mudança no conceito de fabricação e redução da variação da espessura das peças em bruto.

De acordo com a seção 5.2.3.2.2 - identificação das principais causas da sobra de material durante o processo, o grupo (o mesmo que trabalhou a ação relacionada a redução do refugo) optou em buscar alternativas para duas das possibilidades mencionadas, ou seja, trabalhar na redução da sobra de material considerada normal, sendo para isso necessário focar na mudança do conceito de fabricação, e também trabalhar na redução da sobra de material excessiva ou anormal, necessitando-se para isso, reduzir a variação da espessura das peças em bruto.

Ações para redução da sobra de material considerada normal: de acordo com a lista de produtos priorizados, pôde-se verificar alguns produtos que necessitam da confecção de chanfro nas extremidades do material de fricção. Esses produtos são produzidos (prensados) normalmente, conforme os demais produtos, sendo posteriormente realizada a operação de “chanfrar” para adequação do formato de acordo com os requisitos. Essa operação consiste na retirada do material nas extremidades da peça, gerando assim uma sobra de material maior em relação aos demais produtos.

Buscando alternativas de possíveis ações para implementação, o grupo definiu-se pela realização de testes mudando-se o conceito de fabricação de produtos com chanfro. Essa mudança consiste na alteração da ferramenta de prensagem, sendo gerado o chanfro nessa mesma operação, reduzindo assim a quantidade de material necessária para a produção dessas peças e eliminando a operação “chanfrar”.

Inicialmente mudou-se uma única ferramenta, suficiente para produção de algumas amostras para a realização de testes na aplicação do produto modificado. As amostras foram enviadas para a área responsável por esses testes, porém ainda não se tem os respectivos resultados. Logo, a implementação definitiva ainda não foi possível, porém, pela experiência do grupo e de alguns testes preliminares percebe-se que existe grande possibilidade de aprovação.

Ações para redução da sobra de material considerada anormal: com o foco na redução da sobra anormal o grupo buscou alternativas para reduzir a variação da espessura da peça bruta, para possibilitar a redução da espessura nominal especificada. Na discussão entre os membros

do grupo enfatizou-se que a ação implementada para redução do refugo também trouxe resultado para a redução da sobra de material, visto que com a redução do manuseio e melhor acondicionamento das preformas reduziu-se a sobra de material entre as etapas de preformagem e prensagem.

As novas possibilidades apontadas pelo grupo são:

- Redução da tolerância do peso do material na etapa de preformagem, necessitando-se para isso melhorar a performance dos equipamentos de pesagem do material.
- Melhorar o controle da espessura da peça bruta na etapa de prensagem, introduzindo-se o Controle Estatístico do Processo – CEP em substituição ao sistema de controle atual.

Essas ações estão sendo testadas no processo, existindo grandes possibilidades de serem efetivadas.

5.2.3.4 Avaliação dos resultados e realização do feedback

A avaliação dos resultados consiste na verificação/mensuração das perdas (refugo e sobra de material) após a implementação das melhorias e comparação desses resultados com os dados anteriores a implementação.

5.2.3.4.1 Avaliação dos resultados em relação ao refugo

Considerando-se que a ação foi implementada durante o mês de agosto de 2002, foram então comparados os dados posteriores (setembro a dezembro de 2002) com os dados já disponíveis (janeiro a agosto de 2002).

Visto que as ações foram implementadas para todas as formulações utilizadas no processo, pôde-se então medir os resultados globais dessa família de produtos, podendo esses resultados serem observados na Tabela 30 e os resultados de cada uma das formulações priorizadas podem ser visualizados nas Tabelas 31, 32, 33, 34, 35, 36 e 37.

A Tabela 30 tem como objetivo mostrar/comparar os resultados obtidos após a implementação da melhoria (setembro a dezembro de 2002), comparando-os com os dados anteriores (janeiro a agosto de 2002), a avaliação deve ser direcionada para os dados relativos ao percentual refogado e percentual de refugo por má compactação, pois a melhoria implementada teve como foco a redução de produtos com esse defeito. Dados comparativos complementares são possíveis comparando-se a Tabela 30 com a Tabela 20.

Tabela 30: Dados relativos ao refugo na produção total

Formulação: todas					Antes da melhoria
Período: setembro a dezembro de 2002 (após melhoria)					Jan/ago de 2002
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% por defeito	% por defeito
742,41	9,94	1,33%	<u>Má compactação</u>	0,38%	0,78%
			Trincas	0,26%	0,21%
			Tratamento térmico	0,18%	-
			Reforço irregular	0,10%	0,17%

A tabela 31 traz os resultados referentes à formulação 4371, podendo-se comparar os resultados obtidos com a melhoria, confrontando-se o percentual de peças com má compactação dos períodos posterior e anterior à implementação da melhoria, conforme dados mostrados nessa tabela. Comparações complementares podem ser efetuadas comparando os dados da Tabela 31 com os da Tabela 21. Essa comparação comprova a eficácia da ação para essa formulação.

Tabela 31: Dados relativos ao refugo da formulação 4371

Formulação: 4371					Antes da melhoria
Período: setembro a dezembro de 2002 (após melhoria)					Jan/ago de 2002
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% por defeito	% por defeito
124,15	0,86	0,69%	<u>Má compactação</u>	0,32%	0,99%
			Espessura	0,05%	-
			Reforço irregular	0,04%	0,12%
			Rasgo	0,04%	-

A tabela 32 mostra os resultados referentes à formulação 4321, Podendo-se comparar os resultados obtidos com a melhoria confrontando-se o percentual de peças com má compactação dos períodos posterior e anterior à implementação da melhoria, conforme dados mostrados nessa tabela. Comparações complementares podem ser efetuadas comparando os dados da Tabela 32 com os da Tabela 22. Essa comparação comprova a eficácia da ação implementada, também para essa formulação.

Tabela 32: Dados relativos ao refugo da formulação 4321

Formulação: 4321					Antes da melhoria
Período: setembro a dezembro de 2002 (após melhoria)					Jan/ago de 2002
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% por defeito	% por defeito
245,90	1,88	0,76%	<u>Má compactação</u>	0,35%	0,76%
			Reforço irregular	0,08%	0,12%
			Espessura	0,07%	-
			Falta de material	0,10%	0,08%

A tabela 33 traz os resultados referentes à formulação 8381, podendo-se comparar os resultados obtidos com a melhoria confrontando-se o percentual de peças com má compactação dos períodos posterior e anterior à implementação da melhoria, conforme dados mostrados nessa tabela. Comparações complementares podem ser efetuadas comparando os dados da Tabela 33 com os da Tabela 23. Essa comparação comprova a eficácia da ação implementada, também para essa formulação, apesar da redução ter sido menos significativa.

Tabela 33: Dados relativos ao refugo da formulação 8381

Formulação: 8381					Antes da melhoria
Período: setembro a dezembro de 2002 (após melhoria)					Jan/ago de 2002
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% por defeito	% por defeito
65,09	1,42	2,12%	<u>Má compactação</u>	0,72%	0,98%
			Tratamento térmico	0,59%	-
			Reforço irregular	0,32%	0,74%
			Trincas	0,10%	0,10%

A tabela 34 mostra os resultados referentes à formulação 7301, sendo possível comparar os resultados obtidos com a melhoria confrontando-se o percentual de peças com má compactação dos períodos posterior e anterior à implementação da melhoria, conforme dados mostrados nessa tabela. Comparações complementares podem ser efetuadas comparando os dados da Tabela 34 com os da Tabela 24. Essa comparação comprova a eficácia da ação implementada, com uma redução bastante significativa no índice de refugo.

Tabela 34: Dados relativos ao refugo da formulação 7301

Formulação: 7301					Antes da melhoria
Período: setembro a dezembro de 2002 (após melhoria)					Jan/ago de 2002
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% por defeito	% por defeito
23,63	0,54	2,23%	<u>Má compactação</u>	0,67%	1,83%
			Reforço irregular	0,20%	0,40%
			Trincas	0,20%	0,85%
			Falta de material	0,09%	-

A tabela 35 traz os resultados referentes à formulação 0731, Podendo-se comparar os resultados obtidos com a melhoria confrontando-se o percentual de peças com má compactação dos períodos posterior e anterior à implementação, conforme dados mostrados nessa tabela. Comparações complementares podem ser efetuadas comparando os dados da Tabela 35 com os da Tabela 25. Essa comparação comprova a eficácia da ação implementada, com uma redução razoável do índice de refugo.

Tabela 35: Dados relativos ao refugo da formulação 0731

Formulação: 0731					Antes da melhoria
Período: setembro a dezembro de 2002 (após melhoria)					Jan/ago de 2002
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% por defeito	% por defeito
38,37	0,45	1,17%	<u>Má compactação</u>	0,41%	0,55%
			Trincas	0,18%	0,42%
			Rasgo	0,14%	0,12%
			Reforço irregular	0,08%	0,11%

A tabela 36 mostra os resultados referentes à formulação 9601, sendo possível comparar os resultados obtidos com a melhoria confrontando-se o percentual de peças com má compactação dos períodos posterior e anterior à implementação, conforme dados mostrados nessa tabela. Comparações complementares podem ser efetuadas comparando os dados da Tabela 36 com os da Tabela 26. Essa comparação comprova a eficácia da ação implementada, com uma redução bastante significativa no índice de refugo.

Tabela 36: Dados relativos ao refugo da formulação 9601

Formulação: 9601					Antes da melhoria
Período: setembro a dezembro de 2002 (após melhoria)					Jan/ago de 2002
Quantidade produzida (UP)	Quantidade refugada (UP)	% Refugado	Principais defeitos	% por defeito	% por defeito
180,94	2,11	1,17%	Tratamento térmico	0,51%	-
			<u>Má compactação</u>	0,26%	0,46%
			Espessura	0,09%	0,05%
			Reforço irregular	0,09%	0,11%

A Tabela 37 apresenta de forma resumida uma comparação da situação anterior e posterior à melhoria implementada. Analisando-se essa tabela pode-se verificar uma redução significativa no refugo por má compactação e, conseqüentemente, redução no índice geral de refugos dessa unidade. Percebe-se, também, que esse defeito ainda aparece como a principal causa de refugos, mostrando que ainda existem ações a serem implementadas para evitar a ocorrência desse tipo de defeito.

Tabela 37: Comparativo dos resultados anteriores e posteriores à melhoria implementada

Resultados anteriores e posteriores à melhoria implementada		
Formulação	Refugo por má compactação	
	Antes (janeiro a agosto de 2002)	Depois (setembro a dezembro de 2002)
4371	0,99%	0,32%
4321	0,76%	0,35%
8381	0,98%	0,72%
7301	1,83%	0,67%
0731	0,55%	0,41%
9601	0,46%	0,26%
Todas	0,78%	0,38%

5.2.3.4.2 Avaliação dos resultados em relação à sobra de material

Não foi possível avaliar resultados, pois as ações definidas ainda não foram totalmente implementadas.

Feedback: as melhorias implementadas através da aplicação desse procedimento produziram resultados quanto à redução das perdas, atacando somente as causas que foram consideradas prioritárias. Uma nova análise das planilhas e ferramentas utilizadas podem evidenciar outras causas que num primeiro momento não foram priorizadas.

Uma análise dos dados de refugos ocorridos após a melhoria implementada mostra que houveram ganhos bastante expressivos na redução do refugo por má compactação porém, ao se avaliar as tabelas que mostram esses resultados, percebe-se que a má compactação continua sendo, em quase todas as formulações, o defeito principal, mostrando que uma nova aplicação indicará esse como sendo o alvo a ser atacado, evidenciando-se assim que a melhoria realmente deve ser contínua.

5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO

O procedimento proposto e implementado trouxe benefícios significativos, pois pôde-se observar que, utilizando-se esse procedimento, mudou-se a forma de atuação no combate às perdas, passando-se a direcionar as ações para os pontos onde se observam as maiores oportunidades de ganho, evitando que uma análise isolada dos dados oriente para a tomada de ações sem retorno significativo na redução de perdas.

A forma de análise e tomada de decisões era, na maioria das vezes, baseada unicamente no percentual de refugo e sobra de material, não se observando demanda ou custo desses produtos. Observa-se, também, que aplicando-se sistematicamente o procedimento passa-se a ter um domínio maior sobre o assunto e, conseqüentemente, tem-se também, na prática, respostas para determinadas questões relacionadas às perdas.

O procedimento possibilitou a implementação de uma melhoria, já concluída, e possibilitará a implementação de quantas forem necessárias, representando uma ferramenta para o processo de melhoria contínua focado na redução de perdas no processo produtivo.

Os resultados das melhorias dependerão, obviamente, do envolvimento das pessoas responsáveis por esse processo, sendo positivas quando as ações resultantes da utilização do procedimento forem definidas e implementadas de forma correta.

A gerência da área produtiva, de uma forma geral, sempre estimulou os grupos de trabalho para que buscassem ou desenvolvessem procedimentos para facilitar o processo de combate às perdas. Porém, os grupos ainda não tinham encontrado uma forma ideal que pudesse ser empregada com facilidade e efetivamente trouxesse bons resultados.

Esse procedimento teve boa aceitação porém, conforme relatado nas dificuldades encontradas, ainda não foi possível a adequação desse para o sistema informatizado, e isso, na opinião dos gerentes e do próprio grupo, é necessário para que se possa torná-lo uma ferramenta sistêmica viável.

O parecer quanto à melhoria implementada foi muito favorável, tanto por parte dos gerentes bem como por parte dos funcionários, pois proporcionou uma redução significativa no índice de refugo, que é um indicador da participação dos resultados da empresa. Outro fator ressaltado pelos funcionários é a melhoria do aspecto ergonômico percebido por todos os envolvidos nas etapas de preformagem e prensagem.

No decorrer da aplicação do procedimento proposto na empresa surgiram algumas dificuldades que tiveram de ser superadas afim de que os objetivos traçados inicialmente pudessem ser alcançados. Essas dificuldades serão a seguir relatadas:

- A empresa onde foi aplicado o procedimento está passando por uma série de mudanças, tais como: aumento da capacidade produtiva para atender novos mercados, transferência de unidades produtivas (máquinas e equipamentos), implantação de um novo sistema operacional, entre outras. Essas mudanças dificultaram a participação mais efetiva do grupo de apoio na implementação do procedimento.
- Os membros do grupo não possuem a mesma base teórica, pois não participaram desde o início do trabalho. Esse fator fez com que em alguns momentos o foco do trabalho ficasse desviado, como por exemplo pode-se citar a descaracterização da melhoria proposta, que deixaria de atender alguns dos objetivos iniciais. Foi necessário uma nova explanação da proposta e dos seus objetivos para que todos os membros do grupo passassem a ter o mesmo entendimento.
- Não houve tempo hábil para que a empresa implementasse as planilhas propostas no sistema informatizado, dificultando a utilização desse procedimento de forma sistêmica, pois a área de informática da empresa estava concentrando seus esforços na mudança do seu sistema operacional.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

A indústria automotiva têm sido nos últimos tempos a propulsora do desenvolvimento das indústrias de uma forma geral, destacando a de autopeças devido sua relação com a indústria automotiva. Os mais recentes desafios para o setor automotivo passam pela redução de custos de produção, alavancada pelo contínuo melhoramento dos processos produtivos e da qualidade dos produtos. Esses mesmos desafios são lançados para as empresas do ramo de autopeças, que também precisam reduzir seus custos para manterem-se competitivas nesse concorrido mercado.

A indústria de materiais de fricção, pertencente ao ramo de autopeças, considera válido o desafio e empenha-se na redução das perdas nos processos de fabricação, pois estes ainda configuram-se numa das grandes oportunidades de ganho, tendo em vista que as perdas nas empresas nacionais desse ramo de atividade ainda estão acima do que pode-se considerar aceitável à nível mundial. A redução contínua das perdas é o caminho que pode levar essas empresas ao nível de excelência, sendo que a utilização de metodologias apropriadas pode auxiliar nessa “difícil”, mas importante tarefa.

No intuito de colaborar para a identificação, mensuração e redução de perdas em processos de produção de materiais de fricção, este estudo propiciou a elaboração de um procedimento que amplia as possibilidades dos gestores conhecerem melhor e de forma mais detalhada os processos produtivos e suas respectivas perdas, facilitando assim o direcionamento das ações de melhoria que visam acima de tudo a redução dos custos dos produtos fabricados.

Na revisão de literatura, Capítulos 2 e 3, buscou-se inicialmente definir quais as perdas comuns nesse tipo de indústria, direcionando o estudo e análise para as perdas relacionadas aos materiais. Como resultado dessa análise foi possível relacionar os refugos e a sobra de material como sendo as duas principais formas de perda identificadas nesse tipo de processo.

Na pesquisa realizada buscou-se também identificar as principais ferramentas da qualidade e programas de melhoria contínua que podem auxiliar na redução das perdas nos processos de produção. Várias dessas ferramentas/programas foram citadas juntamente com uma breve definição, com o propósito de indicar qual sua correta aplicação e finalidade.

Na escolha das ferramentas/programas para investigação e eliminação das principais causas geradoras das perdas deve-se levar em conta dois fatores:

- Na escolha das ferramentas para investigação das causas, o fator mais importante é o domínio na utilização da ferramenta, pois quando bem aplicadas todas, normalmente levam para a indicação da causa principal.
- Na escolha das ferramentas/programas que podem contribuir para a eliminação das causas geradoras das perdas deve-se sempre avaliar cada uma dessas ferramentas/programas, buscando identificar qual melhor se adapta para cada situação.

Como princípio básico, o procedimento auxilia na visualização dos pontos críticos em relação às perdas, também auxiliando na identificação das principais causas que levam à geração dessas perdas.

Quanto à aplicação do procedimento em uma empresa do ramo de materiais de fricção, pode-se dizer que ao se iniciar um processo de identificação e definição das formas de perdas tem-se a oportunidade de adquirir e aperfeiçoar conhecimentos sobre o assunto, além de proporcionar a oportunidade de se conhecer melhor o processo de fabricação e suas inúmeras variáveis capazes de interferir na geração de perdas. Nesse tipo de processo, as perdas são identificadas na forma de sobras de material, pelo manuseio das matérias primas e produtos ou pela execução das etapas de transformação mecânica (acabamento), e na forma de refugos, identificados durante as etapas do processo, sendo esses gerados pela ocorrência de diversos tipos de defeitos possíveis de ocorrerem, mas também possíveis de serem eliminados ou reduzidos a níveis aceitáveis.

O procedimento proposto está baseado nos conceitos estudados, que visam a redução permanente dos custos, priorizando sempre a melhoria que represente o maior ganho potencial, procurando indicar também a relação dos problemas de qualidade às etapas do processo.

A aplicação do procedimento também confirma a necessidade da sua utilização de forma contínua para que os resultados sejam mensurados e avaliados, servindo esses dados, para o início de um novo ciclo de aplicação.

Enfim, pode-se concluir que existindo uma sistemática apropriada para utilização no combate às perdas e, sendo essa utilizada de forma sistêmica com o envolvimento das pessoas

que trabalham nos processos geradores dessas perdas, resultará no melhoramento contínuo do nível de qualidade e dos custos de produção.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Para trabalhos futuros focados na redução das perdas, recomenda-se que sejam observadas as seguintes sugestões:

- ampliar a abrangência do procedimento, no âmbito da identificação e mensuração das demais perdas relacionadas aos processos produtivos (transporte, espera, movimento, processamento, estoque e superprodução);
- desenvolver ferramentas específicas para investigação das causas e das possíveis ações, direcionadas para a realidade dos processos de fabricação de materiais de fricção;
- desenvolver uma metodologia para relacionar as falhas externas com o nível de defeitos e falhas detectadas internamente;
- adequar e aplicar o procedimento em empresas de outros ramos de atividade, buscando a ampliação e aprimoramento desse procedimento.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, José. *Programa 8S: da alta administração à linha de produção: o que fazer para aumentar o lucro?: a base da filosofia Seis Sigma*. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.
- ANTUNES JR., José Antonio Valle. *Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero*. (tese de doutorado em administração), Porto Alegre: PPGA / UFRGS, 1998.
- BEUREN, Ilse Maria. *Gerenciamento da informação: um recurso estratégico no processo de gestão empresarial*. São Paulo: Atlas, 2000.
- BEZERRA, Juarez Cavalcanti. “Simplesmente” Just in time. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1990 (Qualidade e Produtividade do IMAM).
- BORNIA, Antonio Cezar. *Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas*. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BRIMSON, James A. *Contabilidade por atividades: uma abordagem de custeio baseado em atividades*. São Paulo: Atlas, 1996.
- CASTRO, Nádia Araújo de. *A máquina e o equilibrista: inovações na indústria automobilística brasileira*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1995.
- COGAN, Samuel. *Custos e preços: formação e análise*. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2002.
- CORRÊA, Henrique L; GIANESE, Irineu G. N. *Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico*. 2º. ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- CROSBY, Phillip B. *Qualidade é investimento*. 7ª. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1999.
- CSILLAG, João Mário. *Análise do valor: metodologia do valor: engenharia do valor, gerenciamento do valor, redução de custos, aumento do valor percebido pelo cliente, melhoramento contínuo, reengenharia de processo, a empresa vista como sistema*. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Sócio-econômicos. *Modernização industrial: os rumos recentes e alternativos da automobilística* (versão III), São Bernardo do Campo, 1989.
- ECKES, George. *A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- FERRAZ, João Carlos; KUPFER, David; HAGUENAUER, Lia. *Made In Brazil: desafios competitivos para a indústria*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

FERRO, Jose Roberto. *A indústria automobilística no Brasil: desempenho, estratégias e opções de política industrial*. Plicy Paper nº 14, 17 de fevereiro de 1995.

GHINATO, Paulo. *Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente just-in-time*. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GALELLI, Ademar. *Análise de rendimento de matéria-prima em processos industriais*. 1984. Dissertação (Mestrado) UFSM, Santa Maria.

GAZETA MERCANTIL, Panorama Setorial: *análise setorial: a indústria de autopeças* (volume I). outubro de 1997.

GAZETA MERCANTIL, Panorama Setorial: *análise setorial: a indústria de autopeças* (volume II). outubro de 1997.

GAZETA MERCANTIL, Panorama Setorial: *análise setorial: A indústria automobilística* (volume I). UNICAMP, junho de 1998.

HARRINGTON, James. *Aperfeiçoando processos empresariais: estratégia revolucionária para o aperfeiçoamento da qualidade, da produtividade e da competitividade*. São Paulo: Makron Books, 1993.

HARTLEY, John R. *Engenharia simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

LATHIN, Drew; MITCHELL, Ron. Aprendendo com os erros para produzir mais: para que uma produção enxuta funcione, é preciso integrar os aspectos sociais e técnicos. Revista Banas Qualidade, p.14-23, novembro de 2001.

LUBBEN, Richard T. *just-in-time: uma estratégia avançada de produção*. 2ª. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1989.

MARTINS, Eliseu. *Contabilidade de custos*. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 1985.

MARTIN, R.; BOWRON, S. & CRILLY, N. *Composite in Transport Friction Applications – A Critical Industry Review*. Texto impresso não publicado, 1999.

META 27: *Indústria automobilística*. Rio de Janeiro: Presidência da República, Brasil - serviço de documentação, 1959.

MOURA, Reinaldo Aparecido; BONZATO, Eduardo. *Redução do tempo de setup: (troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas)*. São Paulo: IMAN, 1996.

NAKAGAWA, Masayuki. ABC: custeio baseado em atividades. São Paulo: Atlas, 1994.

NAKAGAWA, Masayuki. *Gestão estratégica de custos: conceitos, sistemas e implementação*. São Paulo: Atlas, 1991.

NEVINS, Allan. Ford: the times, the man the company. New York: Charles Scribner's Sons, C 1954.

NICHOLSON, Geoffrey. *Facts about friction*: A friction material manual. Almost all you need know about manufacturing. Croydon: P & W Price enterprises, Inc., 1995.

NITEC, Disponível em: <<http://www.nitec.adm.ufrgs.br/cars/diagnostico/nacional03.htm>>. Acesso em 08 de março de 2003.

OAKLAND, John. *Gerenciamento da qualidade total*. São Paulo: Nobel, 1994.

OHNO, Taiichi. *O sistema Toyota de produção*: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PALADINI, Edson Pacheco. *Qualidade total na prática*: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

PALADINI, Edson Pacheco. *Gestão da qualidade*: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2000.

PEREZ, Wilson Mário. *Seis sigma*: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

PLAYER, S., LACERDA, R. *ABM: lições mundiais da Arthur Andersen*. São Paulo: Futura, 2000.

POMPERMAYER, Cleonice Bastos. Sistemas de gestão de custos: dificuldades na implantação. *Revista FAE*, Curitiba, v.2, p.21-28, set./dez., 1999.

PRADO, Antônio José Corrêa do. *A difusão da automação microeletrônica na indústria de autopeças brasileira e seus impactos sócio-econômicos*. [S.l.] [s.n.].

ROBLES Júnior, Antonio. *Custos da qualidade*: uma estratégia para a competição global São Paulo: Atlas, 1994.

SAE Internacional. P-358: *proceedings of the 18th brake colloquium and engineering display*. USA: Society of Automotive Engineers, Inc., 2000.

SANTOS, Joel José dos. *Análise de custos*: um enfoque gerencial com ênfase para custeamento marginal. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

SCHMITZ, A. *Caracterização dos Compostos Orgânicos em Materiais de Fricção*. Caxias do Sul: EDUCS, 1997.

SHINGO, Shigeo. Study of Toyota production system from industrial engineering viewpoint. Tokio, Japan: Japan Management Association, 1981.

SHINGO, Shigeo. *O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção*. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SINDIPEÇAS, Disponível em: <<http://www.sindipecas.org.br/documentos/pg-17.pdf>>. Acesso em: 08 de março de 2003.

SINDIPEÇAS, Disponível em: <<http://www.sindipecas.org.br/documentos/pg-06.pdf>>. Acesso em: 08 de março de 2003.

TOLEDO, José C. de. *Qualidade Industrial: conceitos, sistemas e estratégias*. São Paulo: Atlas, 1987.

TUBINO, Dalvio Ferrari. *Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica*. Porto Alegre: Bookman, 1999.

WATSON, Chris; MILLSAP, Tom. Friction Material; from Prototype to Production. Society of Automotive Engineers, Inc. 1999

VANDERBECK, Edward J.; NAGY, Charles F. Contabilidade de custos. 11^a ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001

WERKEMA, Cristina. Estratégia para aumentar a lucratividade. *Revista Banas Qualidade*, p. 138-143, dez. 2000.

WERNKE, Rodney. *Relatórios gerenciais aplicáveis aos custos de falhas internas*. 1999. Dissertação (Mestrado) UFSC, Florianópolis.

WERNKE, Rodney; BORNIA, Antonio Cezar. Considerações acerca dos conceitos e visões sobre os custos da qualidade. *Revista FAE*. Curitiba, v. 3, n. 2, p.75-86, maio/ago. 2000.

WERNKE, Rodney; BORNIA, Antonio Cezar. Mensuração dos desperdícios – ferramenta eficiente para verificação de melhorias decorrentes da implantação de programas de qualidade. *Revista FAE*, Curitiba, v. 2, jan./abr., 1999, p. 61-66.

WOMACK, James P. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.