

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**Redução de Descartes por meio da Aplicação do Controle
Estatístico de Processo**

Marcelo Birali Braga

TCC-EP-74-2013

Maringá - Paraná
Brasil
2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Redução de Descartes por meio da Aplicação do Controle Estatístico de
Processo**

Marcelo Biralí Braga

TCC-EP-74-2013

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientadora: Prof.^(a): Msc. Francielle Cristina Fenerich

**Maringá - Paraná
Brasil
2013**

RESUMO

O objetivo do trabalho é aplicar o Controle Estatístico de Processos (*CEP*) em uma indústria de purificadores de água, situada na cidade de Maringá no Paraná. Tal ferramenta proporciona aos gestores do processo produtivo, a manutenção e melhoria nos níveis de qualidade dos produtos fabricados, resultando na redução dos custos de produção. Para isso, fez-se uma revisão dos conceitos da ferramenta utilizada, descrevendo-se posteriormente o processo produtivo da empresa. Os resultados encontrados a partir da metodologia adotada revelaram que o processo avaliado encontrava-se fora de controle, necessitando que fosse realizado um acompanhamento, com o objetivo de reduzir os descartes.

Palavras chaves: Controle Estatístico, Gráfico de controle, Diagrama de Ishikawa, Qualidade e Redução de Descarte.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
LISTA DE FIGURAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
LISTA DE QUADROS E TABELAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
LISTA DE EQUAÇÕES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
LISTA DE ABREVIACÕES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1 INTRODUÇÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.1 JUSTIFICATIVA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.3 OBJETIVOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
1.4 METODOLOGIA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2 REVISÃO DE LITERATURA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.1 QUALIDADE.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.2 CONTROLE DA QUALIDADE	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.3 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.4 FERRAMENTAS DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.4.1 <i>Gráfico de Pareto</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.4.2 <i>Diagrama de causa e efeito (Diagrama de Ishikawa)</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.4.3 <i>Folha de Verificação</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.4.4 <i>5W2H</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.4.5 <i>Gráficos de Controle (Carta de Controle)</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
3 ESTUDO DE CASO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.2 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.3 PROCESSO PRODUTIVO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.4 DEFINIÇÃO DOS COMPONENTES ESTUDADOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.4.1 <i>Diagrama de Pareto</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
3.5 PROCESSO DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.6 PRINCIPAIS DEFEITOS EM PEÇAS INJETADAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.7 COLETA DE DADOS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.8 CARTAS DE CONTROLE PARA ATRIBUTOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.9 GRÁFICOS DE CONTROLE PARA A FRAÇÃO NÃO-CONFORME (P)	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.10 DISCUSSÃO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.11 PROPOSTA DE MELHORIA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.12 AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4 CONCLUSÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5 REFERÊNCIAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MODELO DE GRÁFICO DE PARETO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
FIGURA 2: MODELO DE DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO.....	11
FIGURA 3: FOLHA DE VERIFICAÇÃO EM DEFEITOS DE AUTOMÓVEIS	12
FIGURA 4: EXEMPLO DE CARTA DE CONTROLE	14
FIGURA 5: PRODUTOS FABRICADOS (DA ESQUERDA PARA A DIREITA: NATUREZA, SMART, SAÚDE, ECOLÓGICO COM BÓIA, ECOLÓGICO COM TORNEIRA E PRÁTICA).....	15
FIGURA 6: ORGANOGRAMA DA EMPRESA.	16
FIGURA 7: EXEMPLO DE MÁQUINA INJETORA DE PLÁSTICO.	17
FIGURA 8: FUNCIONAMENTO PRODUTIVO	17
FIGURA 9: GRÁFICO DE PARETO DE COMPONENTES DESCARTADOS.....	21
FIGURA 10: GRÁFICO DE CONTROLE PARA COPO ECOLÓGICO	29
FIGURA 11: GRÁFICO DE CONTROLE PARA COPO NATUREZA.....	29
FIGURA 12: MOTIVO DE DESCARTES DO COPO ECOLÓGICO	31
FIGURA 13: MOTIVO DE DESCARTES DO COPO NATUREZA	31
FIGURA 14: DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	32
FIGURA 15: PEÇAS DESCARTADAS DE ACORDO COM A MATÉRIA-PRIMA UTILIZADA.....	34
FIGURA 16: DESCARTES POR TIPO DE MATÉRIA-PRIMA.....	34
FIGURA 17: GRÁFICO DE CONTROLE COPO ECOLÓGICO.....	38
FIGURA 18: GRÁFICO DE CONTROLE COPO NATUREZA.....	38

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: DESCARTE NO MÊS DE JUNHO POR TIPO DE PEÇA	18
QUADRO 2: COMPONENTES DESCARTADOS ORGANIZADOS	20
QUADRO 3: COLETA DE DADOS COPO ECOLÓGICO	25
QUADRO 4: COLETA DE DADOS COPO NATUREZA	26
QUADRO 5: PLANO DE AÇÃO ATRAVÉS DO 5W1H	33
QUADRO 6: COLETA DE DADOS COPO ECOLÓGICO.....	36
QUADRO 7: COLETA DE DADOS COPO NATUREZA.....	37

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1: CÁLCULO LIMITE SUPERIOR DE CONTROLE.....	27
EQUAÇÃO 2: CÁLCULO DO LIMITE MÉDIO	27
EQUAÇÃO 3: CÁLCULO DO LIMITE INFERIOR DE CONTROLE	27
EQUAÇÃO 4: CÁLCULO DA FRAÇÃO NÃO CONFORME.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP: Controle Estatístico de Processo

CQT: Controle da Qualidade Total

CEQ: Controle Estatístico da Qualidade

5W2H: Who, When, What, Where, Why, How, How much (Quem, Quando, O que, Onde, Porque, Como, Quanto)

LIC: Limite Inferior de Controle

LM: Limite Médio

LSC: Limite Superior de Controle

ABRAFIPA: Associação Brasileira das Empresas de Filtros, Purificadores, Bebedouros e Equipamentos para Tratamento de Água.

ABF: Associação Brasileira de Franquias

WQA: Water Quality Association

ISO: International Organization for Standardization

Inmetro: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

PPCP: Planejamento, Programação e Controle da Produção

RH: Recursos Humanos

PS Cristal: Poliestireno Cristal

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico, o mercado globalizado, e uma postura mais exigente dos clientes, são fatores que forçam as indústrias a produzir com uma qualidade cada vez maior. Sendo assim, a estratégia é uma questão de vital importância para empresas, pois é ela que possibilita o crescimento ou a falência do negócio.

O cenário referente ao setor de purificadores de água no Brasil está bastante concorrido. Existem empresas já consolidadas, que possuem vários selos e certificações e oferecem excelentes produtos, bem como empresas em expansão, que oferecem produtos relativamente baratos. Nesse contexto, é essencial buscar o aumento da competitividade, decorrente da melhoria de processos.

O conceito de Qualidade não é muito bem difundido, de forma que se geram dúvidas quanto ao seu significado real. Segundo Campos, (2004), um produto de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo às necessidades do cliente. Resumindo, diz-se um produto de qualidade aquele cujo projeto seja perfeito, sem defeitos, baixo custo, segurança do cliente, entrega no prazo, no local e na quantidade certa.

Para haver uma qualidade de produção em uma empresa, há necessidade de um programa da qualidade que tem como função pesquisar, analisar e prevenir a ocorrência de defeitos, confrontar a qualidade planejada com a qualidade produzida e ainda monitorar o processo (PALADINI, 2004).

O Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma ferramenta da qualidade usada nos processos produtivos no intuito de garantir o atendimento dos parâmetros definidos. Quando esse objetivo é alcançado a produtividade aumenta, reduzindo desperdícios de matéria-prima, insumos e outros produtos de industrialização. Por meio desta ferramenta, é possível obter uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando seu controle ao longo do tempo, na coleta programada dos dados, análise e eliminação de possíveis causas de não conformidade responsáveis pela instabilidade do processo (ALENCAR ET AL., 2007).

O objetivo do trabalho em questão é o controle e garantia no processo de injeção de plásticos através do monitoramento estatístico, visando atingir padrões de excelência e a satisfação dos clientes.

1.1 Justificativa

As perdas internas (produtividade baixa, má qualidade, falta de controle, elevado índice de refugos) e externas (garantia, gastos extras de frete, reclamações de clientes) implicam em perdas financeiras, de venda e insatisfação do cliente. Sendo assim, para a empresa ser competitiva, é necessário criar métodos que possibilitem melhorar a qualidade.

Assim, o CEP aparece como uma ferramenta propícia para essa melhoria, pois com o mesmo é possível monitorar as características de qualidade dos componentes fabricados, garantindo que estes estejam dentro dos padrões de qualidade estabelecidos.

1.2 Definição e delimitação do problema

O estudo será desenvolvido em uma indústria que produz purificadores de água. A empresa foi fundada em 1998, e está localizada na região norte central do Paraná. Atende hoje todo o Brasil, além de outros países de América do Sul e Estados Unidos.

Porém, nota-se que em seu processo de injeção de plástico, existe um elevado índice de refugos. E esses produtos que não atendem aos padrões de qualidade, nem sempre são identificados na inspeção.

A fabricação de produtos fora da especificação, além do aumento dos custos, leva a insatisfação de clientes (quando o problema não é identificado na indústria). Problema esse que leva a redução dos lucros e prejudica a imagem da marca.

O setor produtivo se divide em três linhas de produção: Injeção de componentes, Pré-Montagem e Montagem de Aparelhos e Material de Apoio. Contudo, o controle estatístico será aplicado apenas à linha de injeção.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Planejar e implantar o Controle Estatístico de Processo (CEP) visando a redução de descartes.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a empresa e o seu processo de fabricação;
- Mapear as características de qualidade de produto;
- Analisar a estabilidade de processo;
- Propor melhoria utilizando ferramentas estatísticas;
- Avaliar a efetividade da melhoria sugerida.

1.4 Metodologia

A proposta desse trabalho será realizar um estudo de caso no setor de injeção de componentes, a fim de planejar e implantar o CEP neste setor. A pesquisa é de natureza experimental e do tipo qualitativa e quantitativa. As etapas para a realização do trabalho são:

- **Revisão de literatura:** Nessa etapa será feito um estudo bibliográfico sobre Qualidade, Controle de Qualidade, Controle Estatístico de Processo, Ferramentas do CEP e Gráficos de Controle. Além disso, estudos de artigos e casos serão analisados para dar suporte à implantação na empresa.
- **Caracterização da empresa:** Nesta etapa será feito um mapeamento do processo produtivo.
- **Mapeamento das características de qualidade:** Nesta etapa, será feito um levantamento dos problemas que podem ocorrer durante o processo de injeção.

- **Análise da estabilidade:** Nesta etapa dados referentes a produção serão coletados e tabulados, permitindo uma análise do processo. Será verificado se o processo se encontra em estabilidade, ou apresenta variações devido a causas especiais.
- **Aplicação de Ferramentas da qualidade:** As ferramentas de qualidade serão aplicadas com o intuito de propor melhorias.
- **Avaliar a efetividade:** Verificar se após a aplicação do CEP a quantidade dos descartes reduziram, implicando em melhoria.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Qualidade

Qualidade é uma questão muito discutida e estudada, haja vista sua importância. Existem, portanto muitos conceitos e definições para o termo. Os pioneiros da qualidade como Deming, Crosby, Feigenbaum, Juran e Ishikawa contribuíram e muito para a evolução do conceito da qualidade (GALUCH, 2002).

Segundo Juran (1999), qualidade significa adequação ao uso. De acordo com Deming (2000), qualidade significa atender e, se possível, exercer as expectativas do consumidor. Para Crosby (1995), qualidade significa atender as especificações. Para Taguchi (1999), a produção, o uso e o descarte de um produto sempre acarretam prejuízos (“perdas”) para a sociedade, quanto menor for o prejuízo, melhor será a qualidade do produto. Mais recentemente, Montgomery (2004) definiu qualidade como sendo inversamente proporcional à variabilidade.

Nesse contexto, a qualidade de um produto, ou de um serviço, é estabelecida no projeto (CARPINETTI, 2004). No entanto, é importante ressaltar que nem tudo que foi planejado se estabelece da mesma forma durante a fabricação do produto: existe uma distinção entre “qualidade de projeto” e “qualidade de conformação”.

Nessa perspectiva, Carpinetti (2004) afirma que o monitoramento dos processos implica em custos. Porém, os mesmos se pagam facilmente, afinal esta atividade agrega valor ao produto. Os custos da qualidade podem ser agrupados em quatro categorias:

- Custos de prevenção: estão relacionados a custos com atividades de prevenção (quando existe a possibilidade da ocorrência de um erro, porém o mesmo não ocorreu). Enquadra-se nessa categoria: planejamento da qualidade, revisão de novos produtos, treinamento, controle de processo, entre outros.
- Custos de avaliação: Custos advindos com o propósito de avaliar a observância das especificações. Compõe essa categoria a inspeção de matéria-prima; inspeção e teste; testes de equipamento; operações de laboratório; testes de produção.
- Custos de falhas internas: estes custos englobam produtos não conformes que foram identificados antes de serem entregues aos clientes. Fazem parte desta

categoria os custos de retrabalhos, refugos, ações corretivas, falhas do fornecedor, entre outros.

- Custos de falhas externas: decorrentes de vendas de produtos/serviços que não atendem às especificações dos clientes. São considerados custos de falhas externas: custos com garantia, material devolvido, serviço de atendimento ao cliente.

Nesse contexto, Robles Jr. (2003) diz que o estudo e determinação dos custos com a qualidade é um trabalho sem justificativa, uma vez que é evidente que o mesmo é autofinanciável. Em contrapartida, autores como Juran (1992) admitem que é importante o desenvolvimento e implantação de sistemas de mensuração de custos. Para ressaltar a importância do monitoramento da qualidade, Sakurai (1997) comenta que os custos totais da qualidade representava um total de 20% das vendas em empresas norte americanas, enquanto esse valor corresponde de 2,5% a 4% em empresas japonesas.

2.2 Controle da Qualidade

O surgimento do conceito de Controle da Qualidade teve início no final do século XIX, quando a gerência incorporou as atividades de planejamento e controle de produção, firmando assim uma nova Gerência do trabalho industrial (TOLEDO, 1987). Porém, o conceito só se difundiu e evoluiu a partir da década de 20, através de estudos de Shewhart (1938) relacionados a aleatoriedade de processos industriais. Através de um sistema elaborado por ele, foi possível determinar se a causa da variabilidade de um processo era exclusivamente aleatória, ou se era devida a causas especiais.

Segundo Campos (1992), o controle da qualidade total (CQT) surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, e foi aperfeiçoada no Japão. O CQT é baseado no envolvimento de todos os setores e empregados no estudo e condução do controle de qualidade.

Feigenbaum (1986) ficou conhecido por ser o pai do CTQ. A definição dada por ele é a seguinte:

“Controle da Qualidade Total (CQT) é um sistema eficiente que visa integrar esforços para desenvolvimento, manutenção e aperfeiçoamento da qualidade de vários grupos numa organização, de forma a permitir marketing, engenharia produção e assistência

dentro dos níveis mais econômicos e que possibilitem satisfação integral do consumidor”.

De acordo com Campos (1992), o CQT é um modelo gerencial centrado no controle de processo, objetivando a satisfação das necessidades das pessoas. Entre os critérios gerenciais apresentados pelo programa, é essencial que a análise dos problemas sejam guiadas por números, ou seja, métodos estatísticos.

2.3 Controle Estatístico de Processo

Para Galuch (2002), o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) parte do princípio que para exercer o controle de um ou mais processos, é necessário entender seu comportamento. Assim, o CEQ fornece informações para avaliar a situação do processo. Em decorrência dessa análise, os problemas são mapeados e posteriormente eliminados.

O controle estatístico do processo é um sistema de inspeção por amostragem, que possui o objetivo de verificar a presença de causas especiais, ou seja, causas que são pertencentes ao processo, e que podem prejudicar a qualidade do produto manufaturado. Assim que identificadas, pode-se atuar sobre estas causas, melhorando continuamente os processos de produção e, por conseguinte, a qualidade do produto final (RIBEIRO, 2012).

O CEP fornece uma radiografia do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando o controle dessa variabilidade ao longo do tempo através da coleta de dados continuada, análise e bloqueio de possíveis causas especiais que estejam tornando o sistema instável (RIBEIRO, 2012).

Dizer que um processo está sob controle, é o mesmo que dizer que a qualidade é controlada. Segundo Juran (1993) o controle de qualidade é um processo gerencial e que ocorre seguindo as seguintes fases:

- Avaliação do desempenho real da qualidade;
- Comparação do desempenho real com as suas metas;
- Atuação nas diferenças entre desempenho real com as suas metas;

Assim, o conceito de qualidade é de manter o processo em seu estado planejado de modo que ele continue capaz de atingir suas metas inicialmente estabelecidas, ou seja, a manutenção dos níveis de qualidade, ou metas, definidos para um processo é, desta forma, o desafio estipulado para o controle (GRAÇA, 1996).

O CEP possibilita o monitoramento das características de interesse, garantindo que elas irão se manter dentro dos padrões preestabelecidos e indicando quando devem ser tomadas ações de correção e melhoria. Ribeiro (2012) ressalta a importância de se detectar os defeitos o mais cedo possível, para evitar a adição de matéria-prima e mão-de-obra a um produto defeituoso.

Num ambiente competitivo, o controle estatístico abre caminho para melhorias contínuas, uma vez que garante um processo estável, previsível, com uma identidade e capacidade definida, cuja evolução pode ser facilmente acompanhada. Assim, ele proporciona às empresas a base para melhorar a qualidade de produtos e serviços e, simultaneamente, reduzir substancialmente o custo da má qualidade (RIBEIRO, 2012).

2.4 Ferramentas do Controle Estatístico de Processos

Existe um grupo de ferramentas que foram convencionalmente chamadas de “Ferramentas Estatísticas da Qualidade” (MIGUEL, 2001). São ferramentas utilizadas no controle da qualidade, que facilitam a coleta, a organização e a análise de informações. Estas ferramentas viabilizam a tomada de decisão fundamentada em fatos e dados. De acordo com Ishikawa (1985), a utilização destas ferramentas revolve aproximadamente 95% dos problemas de qualidade em organizações industriais, comerciais ou de prestação de serviços.

As ferramentas mais utilizadas no controle estatístico de processo são:

- Fluxograma
- Diagrama de Causa e Efeito
- Gráfico de Pareto
- Diagrama de Dispersão
- Gráfico de controle (carta de controle)
- Folha de verificação
- 5W2H
- Histograma

De acordo com Rangel (1995) as ferramentas diferem-se em seu uso, já que umas são mais propícias para a identificação de problemas, enquanto outras para análise. Outras ainda aplicam-se tanto para identificação quanto a análise de problemas. É importante ressaltar

ainda que não existe uma regra de quais ferramentas deve-se utilizar ao se aplicar o controle estatístico, pois a escolha nem sempre é óbvia.

2.4.1 Gráfico de Pareto

Inicialmente observado pelo economista Italiano Vilfredo Pareto, o gráfico de Pareto é um recurso utilizado para estabelecer prioridades nas causas de perdas que devem ser sanadas. É formado por barras verticais objetivando determinar quais problemas resolver primeiro de acordo com seu valor da escala.

De acordo com Marshall Junior (ET AL., 2003), a idéia foi desenvolvida a partir do princípio Pareto, onde através de um estudo, concluiu-se que 20% da população detinham 80% das riquezas, enquanto o restante da população detinha os 20%. Por isso essa relação também é conhecida como 80/20.

Segundo Murray (1997), a regra está baseada na proporção 80/20. Assim, no caso de uma incidência com base em um numero de causas. Em vez de tratar o problema de forma aleatória, pode-se utilizar o diagrama para direcionar quais causas geraram a ocorrência. Assim, é evidente que 80% das causas das ocorrências são provocadas por uma determinada causa, e que 20% correspondem as demais.

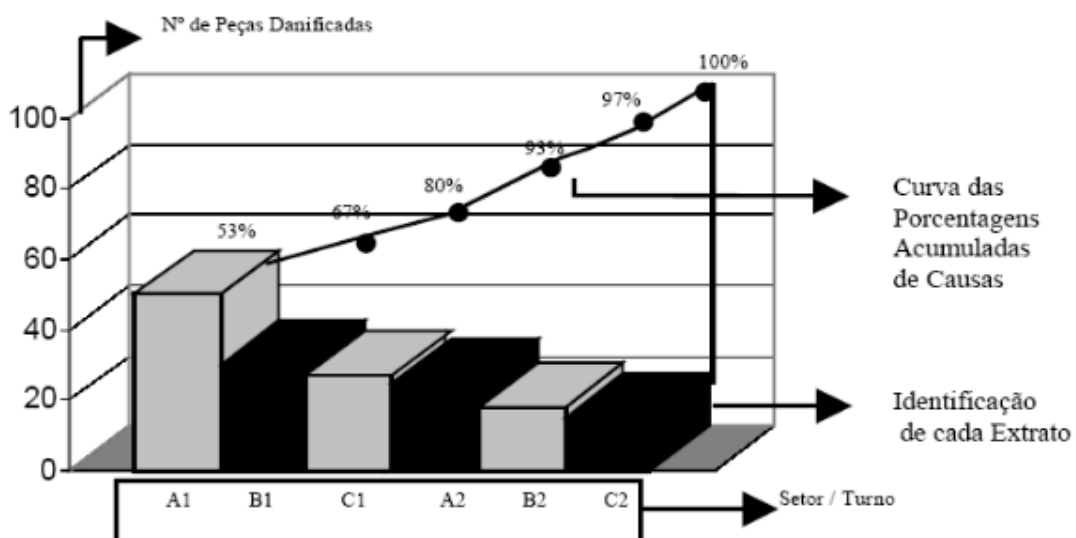


Figura 1: Modelo de Gráfico de Pareto

Fonte: Werkema (1995)

De acordo com Ritzman e Krajewski (2004), o gráfico possui dois eixos verticais, um a esquerda indicando a frequência e um a direita indicando a porcentagem cumulativa da frequência. Esta tem a função de evidenciar os itens que necessitam de alguma intervenção com maior urgência.

2.4.2 Diagrama de causa e efeito (Diagrama de Ishikawa)

O diagrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa (devido ao seu criador) ou Espinha de peixe (devido a sua semelhança com a estrutura de uma espinha de peixe), consiste em uma forma gráfica utilizada para mapear as causas de variação de determinada característica de qualidade (COSTA, 2004).

Tal ferramenta é utilizada para levantar as possíveis causas de um problema, para posteriormente atuar na identificação da causa fundamental do problema e determinar quais as medidas corretivas que deverão ser adotadas (WERKEMA, 1995).

De acordo com Miguel (2001), a elaboração do diagrama pode ser feita com os passos abaixo:

- Determinar o problema a ser estudado (identificação do efeito)
- Relatar sobre as possíveis causas e registrá-las no diagrama
- Construir o diagrama agrupando as causas em “6 M” (correspondendo a Mão-de-obra, Máquina, Método, Meio Ambiente, Matéria-prima e Medida)
- Analisar o diagrama, a fim de identificar as causas verdadeiras
- Correção do problema

Werkema (2005) diz que a utilização da técnica com o máximo de pessoas envolvidas com o processo/problema para a construção do diagrama com todas as informações é essencial para a análise de todos os fatores relevantes ao processo/problema.

Para Santana (2007 apud ALTOÉ, 2010), dificilmente um efeito possui exclusivamente uma causa, principalmente aquela que é bastante evidente. O diagrama de causa e efeito é utilizado para: analisar reclamações, mapear falhas nos processos, esclarecer os processos e analisar custos. Um exemplo do diagrama pode ser observado na Figura 2.

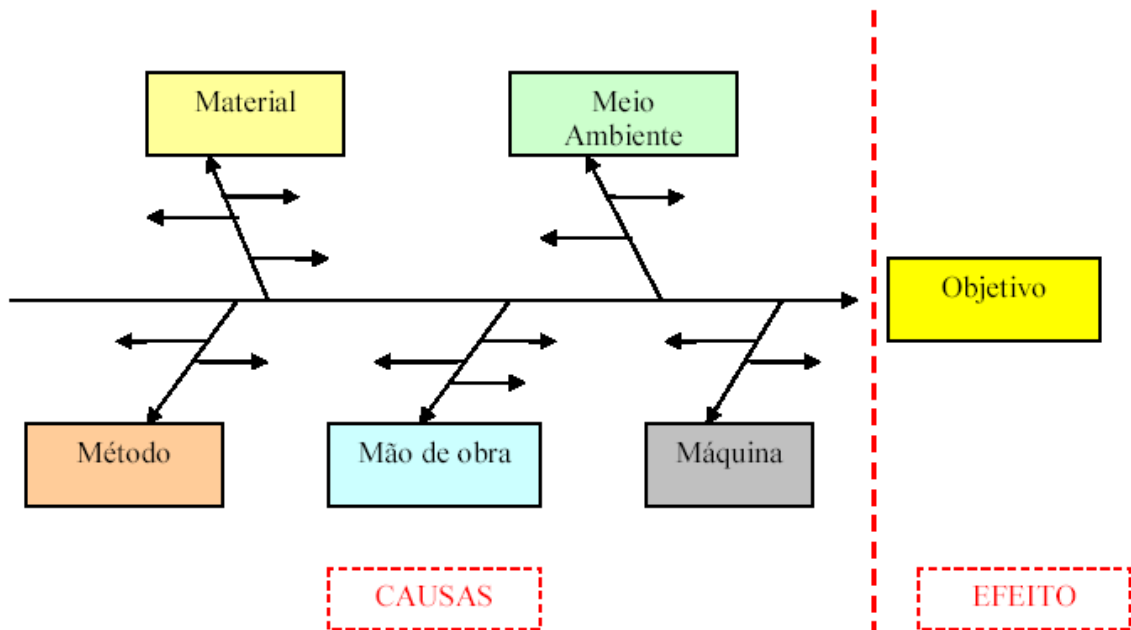


Figura 2: Modelo de Diagrama de Causa e Efeito

Fonte: Adaptado de <http://www.portalamadm.br/fg/fg11.htm>

2.4.3 Folha de Verificação

A folha de verificação é uma ferramenta utilizada para simplificar e organizar o processo de coleta e registro de dados, para ajudar na otimização de próximas análises de dados obtidos. É o ponto de partida de todo procedimento de transformação de opiniões em fatos e dados (WERKEMA, 1995).

Segundo Pagano (2000), a folha de verificação consiste em um formulário no qual os itens a serem verificados já estão impressos, o que facilita e organiza a coleta de dados. É uma ferramenta de registro, na qual os dados coletados podem ser anotados na forma de números, marcas ou símbolos, onde muitas vezes não há a necessidade de manipulação posterior para sua compreensão. As folhas de verificação ajudam a diminuir erros e não conformidades, permitindo uma rápida interpretação dos resultados e uma “noção” da realidade.

Paladini (1994 *apud* EIRA, 2010) afirma que a folha de verificação possibilita a redução da variabilidade dos dados, organizando o conteúdo e o formato das informações coletadas. Afirma ainda que não existe um modelo geral, e que a folha de verificação deve ser criada de acordo com a aplicação.

Nesse contexto, é de extrema importância que se faça as devidas estratificações. Segundo Bonifácio (2006) estratificação é uma técnica que auxilia na definição mais objetiva de um problema, pois a sua utilização possibilita investigar o problema sob vários pontos de vista e assim ter uma melhor visualização e entendimento do mesmo. A estratificação facilita a identificação dos pontos mais críticos do problema.

De acordo com Thozo (2008), as estratificações usuais são:

- a) Por tempo: O problema ocorre de maneira diferente de manhã, à tarde, à noite, às segundas-feiras, nos feriados, no verão ou no inverno etc.
- b) Por local: Os resultados são diferentes em partes diferentes de uma peça (lado esquerdo, lado direito, em cima ou embaixo, dentro ou fora), em diferentes regiões do país, cidade, máquinas, plantas etc.
- c) Por tipo: Os resultados são diferentes dependendo da matéria-prima, do material utilizado, do fornecedor etc.
- d) Por outros fatores: Os resultados são diferentes em função do método de trabalho, dos operadores, das condições climáticas, dos meios de medição etc.

Para Brassard (1996 *apud* ALTOÉ, 2010), a construção da folha de verificação envolve as seguintes etapas:

- i) Estabelecer corretamente qual evento está sendo estudado;
- ii) Definir qual o período que os dados serão coletados;
- iii) Construir um formulário claro e de fácil manuseio, certificando-se de que todas as colunas estão claramente tituladas e que tenha espaço suficiente para registrar os dados;
- iv) Coletar os dados consistente e honestamente, certificando-se de que há tempo para a tarefa da coleta de dados.

Tipo de Defeito	Freqüência	Total
Mancha na porta	//// // // // // // // // // //	21
Risco	//// // // // // // // // // // // // // // //	35
Defeito na tranca	//// // // // // // // // // //	17
Folga	//// // // // // // // // // // // // // // //	29
Amassado	///	03
Defeito no vidro	////	05
TOTAL		110

Figura 3: Folha de Verificação em defeitos de automóveis

Fonte: (SEBRAE, 2005)

A Figura 3 mostra um exemplo de Folha de Verificação utilizada para classificar produtos que apresentam defeitos.

2.4.4 5W1H

A ferramenta 5W2H é um documento de forma organizada que identifica as ações e as responsabilidades de que irá executar, por meio de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas (ISHIKAWA, 1993)

De acordo com Miguel (2001), a técnica consiste sempre em realizar sempre, 7 perguntas sobre o objeto de estudo:

- What – O que é o problema?
- Who – Quem está envolvido?
- When – Quando (desde quando, em que situação) ocorre?
- Where – Onde ele ocorre?
- Why – Porque este problema?
- How – Como o problema surgiu?

Daychoum (2007) observa que esta ferramenta pode ser aplicada em diversas áreas de conhecimento, servindo como base de planejamento, como por exemplo, para planejamento da qualidade, de aquisições, dos recursos humanos, de riscos. Pode também ter outras aplicações, dependendo apenas da necessidade em usá-la.

2.4.5 Gráficos de Controle (Carta de Controle)

Pode-se dizer que a carta de controle é ferramenta fundamental para a implantação do CEP. Através desta, medições de variáveis que tem impacto na qualidade são realizadas em pontos espaçados no tempo e registrados em gráficos, objetivando avaliar o comportamento Zdinâmico da variável a partir das medições efetuadas (FILHO e FOGLIATTO, 2001).

Os processos são constituídos de duas causas que implicam em sua variabilidade: as causas comuns e as causas especiais. Dizem-se causas comuns as que são inerentes ao

processo e que geralmente causam pequenas variações. Por outro lado, as causas especiais surgem ocasionalmente no processo e podem levar a grandes variações (COSTA, 2004).

O Gráfico de Controle é utilizado para monitorar a variabilidade e avaliar a estabilidade de um processo. A verificação e análise da estabilidade de um processo tem um papel fundamental, pois processos instáveis podem gerar produtos com defeitos, perda de produção, baixa qualidade, entre outros resultados indesejáveis que implicarão na perda de confiança do cliente (WERKEMA, 1995).

De acordo com Silva (1999), os gráficos de controle são elaborados em um sistema de coordenadas cartesianas, na qual o eixo da ordenada revela as medidas feitas de determinada variável, enquanto o eixo da abscissa representa os subgrupos. Existem ainda três linhas paralelas ao eixo da abscissa: uma denominada linha central (LC), relacionada a um valor médio; e outras duas chamadas de limite inferior de controle (LIC) e limite superior de controle (LSC). Estas duas são os aceitáveis como limites para definir o intervalo de mudanças devidas as causas comuns e fixados para contemplar uma variação de mais ou menos três desvios padrões (ROSARIO, 2004)

Nesse contexto, Montgomery (2003) afirma que esta ferramenta tem a finalidade de descobrir rapidamente a ocorrência de causas atribuídas ou mudanças no processo, a fim de que uma investigação do processo e uma ação corretiva possam ser exploradas antes que muitas unidades não conforme sejam fabricadas. Dizem ainda que os gráficos de controle podem ser usados para estimar parâmetros de um processo de produção e, através dessa informação, determinar a capacidade de um processo atingir as especificações, esse gráfico também pode fornecer informação útil para a melhoria de um processo. Na Figura 4 é mostrado um exemplo de carta de controle.

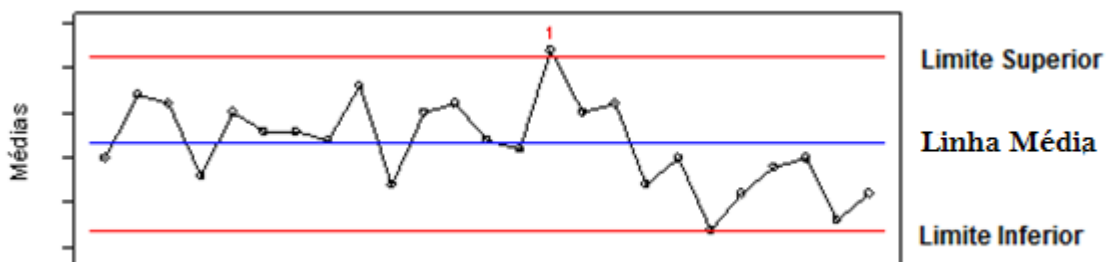


Figura 4: Exemplo de Carta de Controle

Fonte: Adaptado de <http://www.portaction.com.br>

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Caracterização da Empresa

O estudo de caso foi realizado na fábrica de uma empresa de purificadores de água, localizada na cidade de Maringá, Paraná. A empresa foi fundada em 1998, e conta com um terreno de 3000m². Adota um sistema de franquias com mais de dez mil franqueados e mais de 3 milhões de consumidores finais.

A empresa é associada a ABRAFIPA (Associação Brasileira das Empresas de Filtros, Purificadores, Bebedouros e Equipamentos para Tratamento de Água), a ABF (Associação Brasileira de Franquias), a WQA (Water Quality Association) e já ganhou o prêmio “Qualidade Brasil no ramo de Purificadores de Água” durante os anos de 2006 e 2007.

A Figura 5 ilustra seus principais produtos.



Figura 5: Produtos fabricados (da esquerda para a direita: Natureza, Smart, Saúde, Ecológico com bóia, Ecológico com torneira e Prática)

3.2 Estrutura Organizacional

Atualmente a empresa possui pouco mais de 30 funcionários distribuídos entre os departamentos: Diretoria, PPCP, máquinas, almoxarifado, RH, produção, qualidade, trocas e moinho. A estrutura organizacional da empresa pode ser visualizada na Figura 6.

O departamento financeiro não é representado, pois as atividades desse departamento são realizadas por uma empresa terceirizada. O setor de moinho cuida das peças que foram dispensadas por algum tipo de defeito, sendo que estas peças são moídas para serem reaproveitadas, recebendo uma nova mistura e tornando-se novas peças.

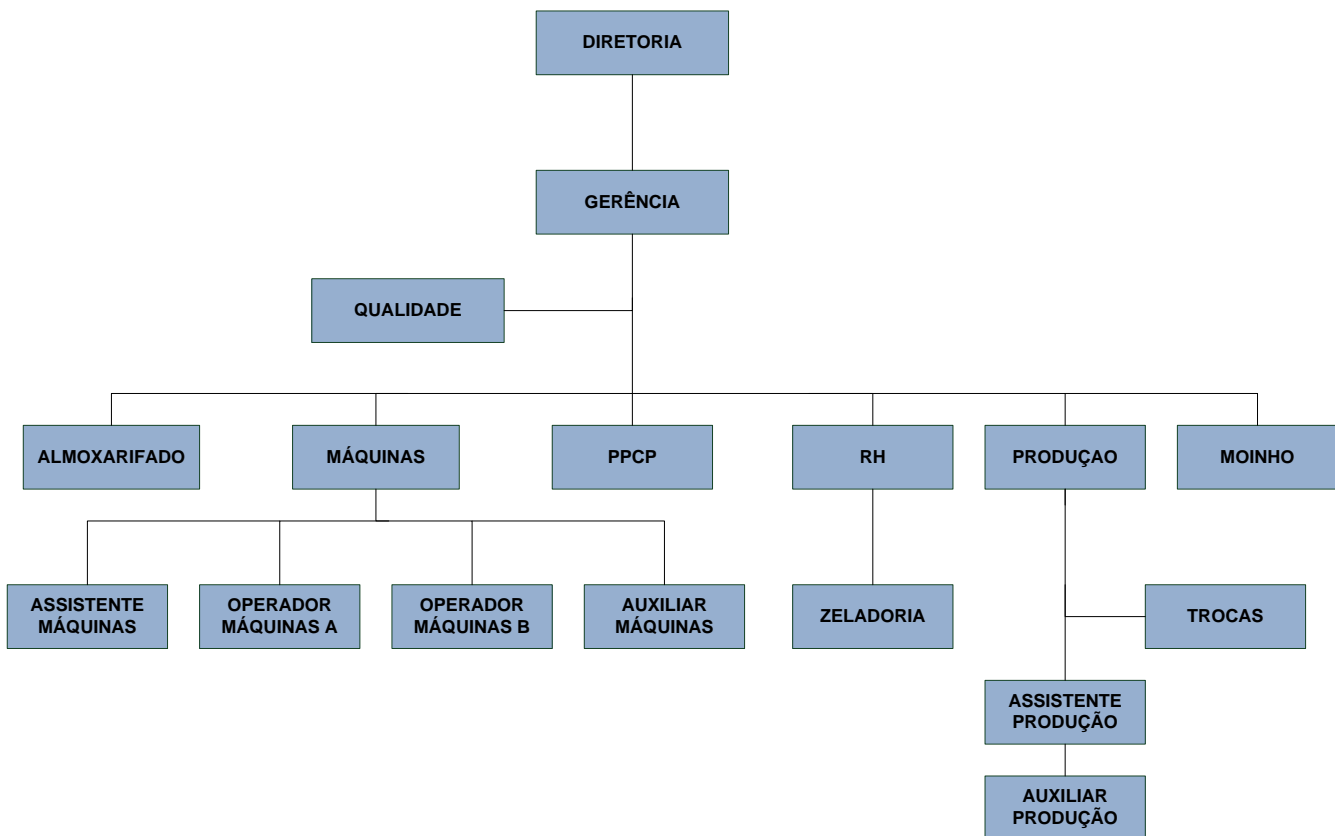


Figura 6: Organograma da empresa.

Fonte: Autor.

3.3 Processo Produtivo

Divide-se o sistema produtivo em três setores, sendo:

- Setor de injeção de componentes

Neste setor ocorre a fabricação de componentes, que consiste na injeção da mistura plástica no interior de um molde previamente colocado na máquina. O molde possui o formato do componente que se deseja obter. Na Figura 7 pode ser observada uma máquina injetora.



Figura 7: Exemplo de máquina injetora de plástico.

Fonte: Adaptado de http://www.romi.com.br/index.php?id=ip_pratica00

O sistema produtivo neste setor é caracterizado por ser um sistema de produção puxada. As ordens de produção são emitidas para repor o estoque.

- Setor de pré-montagem

Este setor opera de forma similar ao setor de manufatura: existe um estoque de produtos pré-montados, e a medida que estes são utilizados para a montagem final do aparelho, uma ordem de produção é emitida para esse setor.

- Setor de Montagem de Aparelhos e Material de Apoio

O setor opera com um sistema na qual a montagem do aparelho só é realizada depois de efetivação da venda. O setor trabalha desta forma pois cada aparelho possui uma vasta combinação de cores e tipos de refs. Não existe estoque de produtos acabados.

A figura 8 ilustra o funcionamento do processo produtivo da empresa.

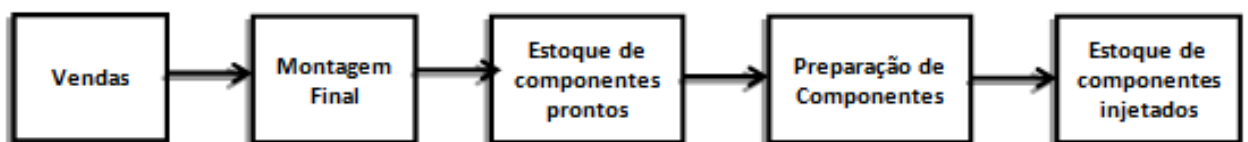


Figura 8: Funcionamento Produtivo

Fonte: Autor

3.4 Definição dos componentes estudados

A gama de componente fabricados na indústria é muito grande, de forma que, por motivos de tempo, fica inviável o estudo em todas as peças. Assim durante um mês foi feito um levantamento dos descartes. Para tal levantamento, foi utilizado uma Folha de Verificação. O resultado do levantamento pode ser observado no quadro 1.

TOTAL DE DESCARTE	
Descrição Componente	Quantidade
ANEL DO RECIPIENTE	40
ANEL ROSCADO	39
BASE ECOLÓGICO	52
BASE NATUREZA	32
BÓIA	33
BUCHA ROSCADA	20
CHAPINHA NATUREZA	23
COPO CRISTAL	12
COPO DA BÓIA	33
COPO ECOLÓGICO	455
COPO NATUREZA	333
COPO SAÚDE BRANCO	38
INFRAV. ECOLÓGICO	13
INFRAV. NATUREZA	20
LIMITADOR DE CURSO	11
PLACA COM IMÃS	10
PLACA TRANSMISSÃO	22
PORCA SUPERIOR	45
PROTETOR DA BÓIA	39
PROTETOR	33
RECIPIENTE ECOLÓGICO	122
RECIPIENTE NATUREZA	70
ROSCA DO PROTETOR	33
SOBRETAMPA	21
SUPORTE INFERIOR	41
TAMPA AP. ECOLÓGICO	53
TAMPA AP. NATUREZA	41
TAMPA AP. SAÚDE	40
TOTAL	1724

Quadro 1: Descarte no mês de junho por tipo de peça

Fonte: Autor

3.4.1 Diagrama de Pareto

Para uma melhor análise dos componentes cujos descartes representam uma quantidade significativa, construiu-se o diagrama de Pareto (Curva ABC). Inicialmente, calculou-se a porcentagem de que cada componente foi descartado e ordenou-se do maior para o menor. Calculou-se então a porcentagem acumulada, que corresponde a porcentagem que o componente representa somado a porcentagem dos demais componentes que estão acima dele.

TOTAL DE DESCARTE				
Descrição Componente	Quantidade	ACUMULADO	%	% Acumulado
COPO ECOLÓGICO	455	773	26,39	24
COPO NATUREZA	333	1106	19,32	43
RECIPIENTE ECOLÓGICO	122	1228	7,08	50
RECIPIENTE NATUREZA	70	1298	4,06	55
TAMPA AP. ECOLÓGICO	53	1351	3,07	58
BASE ECOLÓGICO	52	1403	3,02	61
PORCA SUPERIOR	45	1448	2,61	63
SUPORTE INFERIOR	41	1489	2,38	66
TAMPA AP. NATUREZA	41	1530	2,38	68
ANEL DO RECIPIENTE	40	1570	2,32	70
TAMPA AP. SAÚDE	40	1610	2,32	73
ANEL ROSCADO	39	1649	2,26	75
PROTETOR DA BÓIA	39	1688	2,26	77
COPO SAÚDE BRANCO	38	1726	2,20	79
BÓIA	33	1759	1,91	81
COPO DA BÓIA	33	1792	1,91	83
PROTETOR	33	1825	1,91	85
ROSCA DO PROTETOR	33	1858	1,91	87
BASE NATUREZA	32	1890	1,86	89
CHAPINHA NATUREZA	23	1913	1,33	90
PLACA TRANSMISSÃO	22	1935	1,28	91
SOBRETAMPA	21	1956	1,22	93
BUCHA ROSCADA	20	1976	1,16	94
INFRAV. NATUREZA	20	1996	1,16	95
INFRAV. ECOLÓGICO	13	2009	0,75	96
COPO CRISTAL	12	2021	0,70	96
LIMITADOR DE CURSO	11	2032	0,64	97
PLACA COM IMÃS	10	2042	0,58	98
TOTAL	1724		100,00	

Quadro 2: Componentes descartados organizados

Fonte: Autor

Com base nas informações acima, elaborou-se o gráfico de Pareto.

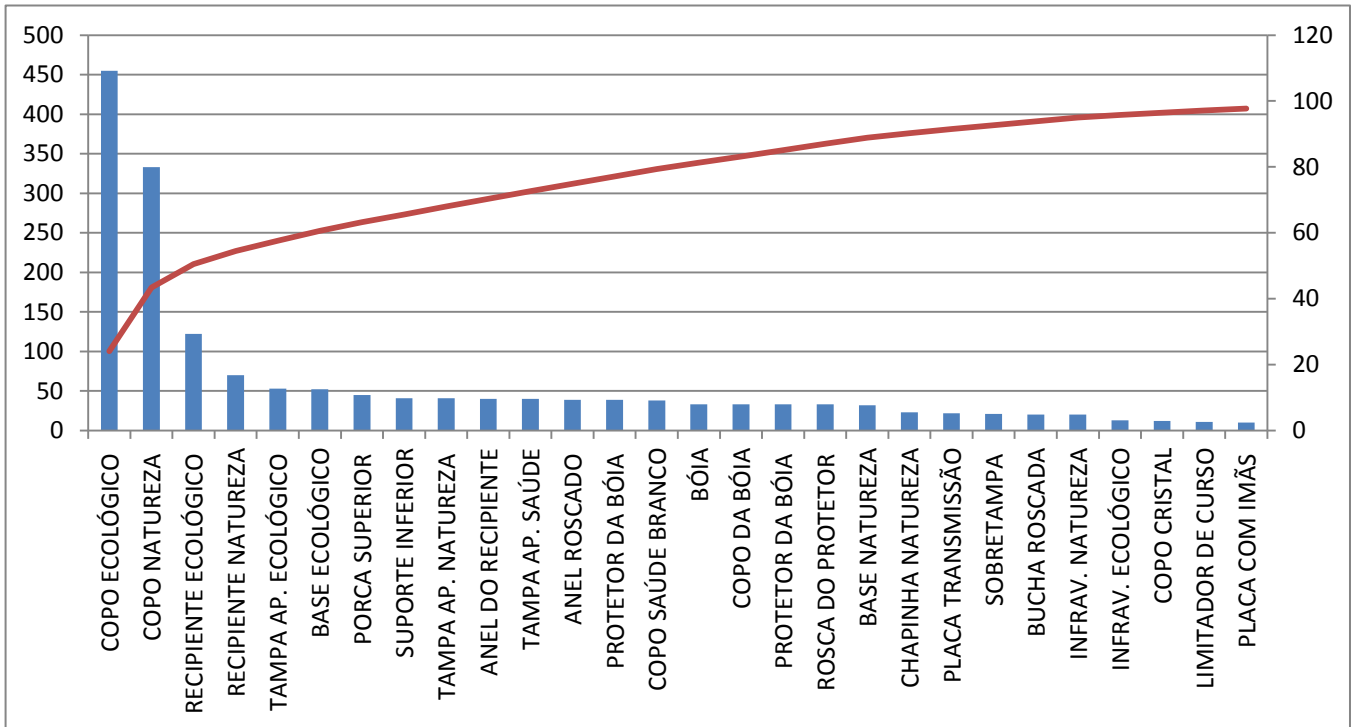


Figura 9: Gráfico de Pareto de componentes descartados.

Fonte: Autor

A partir do gráfico da Figura 9, é possível observar que o copo ecológico, copo natureza, recipiente ecológico, recipiente natureza, tampa do ecológico, base ecológico, porca superior, suporte inferior, tampa natureza e anel do recipiente representam a maioria das peças refugadas (70%). Segundo Pareto, estes seriam os componentes classificados como A. No entanto, observa-se uma grande discrepância do Copo Ecológico e Copo Natureza entre os demais componentes. Estes apresentam 26,39% e 19,32% do total de descartes, enquanto o próximo componente com maior índice (Recipiente Ecológico) possui apenas 7,08%. Além disso, estes dois componentes são peças com um alto custo, uma vez que são peças grandes. Sendo assim, a classificação dos componentes que possuem um maior impacto (classe A) definidos são o Copo Ecológico e o Copo Natureza. O estudo será direcionado a esses dois componentes, pois uma melhoria tem um impacto maior no resultado.

3.5 Processo de Injeção de Plástico

Existe uma grande variedade de problemas que ocorrem diariamente no processo de injeção, uns com fácil solução e outros mais difíceis.

A solução de problemas na qual poucas variáveis estão envolvidas são mais simples; porém, na injeção, um grande número de variáveis podem interferir, sendo difícil relacionar a causa específica que está provocando um determinado problema.

O controle de qualidade das peças obtidas no processo de injeção é feita pelo auxiliar de máquina, que faz uma inspeção em termos de aparência da peça.

Existem componentes cuja aparência é o fator preponderante em sua venda, neste caso qualquer defeito é motivo de reprovação da mesma; em outros casos, um ou outro defeito não é fator para reprová-las, pois o local onde está o defeito não é aparente.

Caso a peça não apresente as características desejadas, ela pode ser reaproveitada: as peças devem ser moídas e retornadas ao processo de injeção, com a mistura de material virgem. Assim, é de suma importância o controle do material recuperado (reciclado), o moinho deve ser bem limpo antes da moagem; peças contaminadas com graxa e óleo impossibilitam a moagem; pedaços grandes provenientes do moinho devem ser separados, pois podem interromper a alimentação da injetora; também o pó resultante desta operação deve ser peneirado, pois podem degradar-se facilmente no cilindro, comprometendo a peça fabricada. O ideal é que o moinho forneça o mesmo tamanho dos grânulos virgens ou o mais próximo possível.

As peças fabricadas com esse material são de uma menor qualidade que o material virgem. Além disso, estas peças possuem um custo maior, uma vez que para este processo é necessário passar por duas máquinas (moinho e peneira), bem como recurso humano, iluminação, entre outros.

3.6 Principais defeitos em peças Injetadas

Os problemas encontrados no processo de injeção foram:

- Bolhas: Ficam no interior da peça, causadas por ar aprisionado na peça;
- Linhas de “solda” (Mancha): As linhas de emenda nos plásticos representam um ponto de baixa resistência mecânica. Um entalhe ou uma mudança de cor podem aparecer nas linhas de emenda.
- Deformação: Peça não possui o formato planejado;
- Queimado: Manchas preta ou prateada de queimado;
- Pigmento: Distribuição desigual da cor no componente;
- Peças incompletas: São peças não quais não se obteve o completo preenchimento da cavidade;
- Pintas pretas: Pintas dispersas no material;
- Efeito “Trilha de LP”: aparecimento de finas ondas na superfície as peça, semelhante as trilhas de discos LP’s;
- Trincado: Devido a quebra do material.

3.7 Coleta de Dados

Uma boa coleta de dados é essencial para um controle estatístico efetivo. Para tanto, o tamanho e número de amostras que serão coletados devem ser definidos, baseado no principio que:

- Amostras desnecessariamente grandes acarretam desperdício de tempo e de dinheiro;
- Amostras excessivamente pequenas levam a resultados não confiáveis.

Sendo assim, definiu-se que serão avaliadas 8 amostras de cada componente, cada uma com tamanho de 200 peças. Além disso, a folha de coleta utiliza a técnica de estratificação para dividir o problema em partes menores, ajudando na investigação e análise. Os itens estratificados foram:

- Motivo do descarte;
- Local do descarte;
- Matéria-prima;

Embora o molde, a mão-de-obra e a máquina sejam fatores importantes e que afetam a qualidade das peças, estes fatores não foram utilizados como estratificação, pois são unitários

Observa-se no quadro 3 e 4 o resultado das amostras coletadas.

COLETA DE DADOS - COPO ECOLÓGICO					
Quantidade	Motivo	Local	Quantidade	Matéria-Prima	Quantidade
2	Bolhas	Lateral	2	PS CRISTAL N1841	2
4	Linhas Solda	Lateral	4	PS CRISTAL N1841	2
				PS CRISTAL N1921	2
10	Deformação	Todo	10	PS CRISTAL N1841	4
				PS CRISTAL N1921	6
9	Queimado	Em cima	9	PS CRISTAL N1841	4
				PS CRISTAL N1921	5
4	Pigmento	Todo	4	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	3
18	Peças incompletas	Todo	18	PS CRISTAL N1841	8
				PS CRISTAL N1921	10
12	Pintas Pretas	Lateral	5	PS CRISTAL N1841	2
				PS CRISTAL N1921	3
		Em cima	7	PS CRISTAL N1841	2
				PS CRISTAL N1921	5
44	Trincado	Em cima	12	PS CRISTAL N1841	2
				PS CRISTAL N1921	10
		Lateral	10	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	9
		Frente	8	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	7
		Atrás	14	PS CRISTAL N1841	2
				PS CRISTAL N1921	12
5	Efeito LP	Todo	5	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	4

Quadro 3: Coleta de Dados Copo Ecológico

COLETA DE DADOS - COPO NATUREZA					
Quantidade	Motivo	Local	Quantidade	Matéria-Prima	Quantidade
2	Bolhas	Lateral	1	PS CRISTAL N1921	1
1	Linhas Solda	Lateral	1	PS CRISTAL N1921	1
6	Deformação	Todo	6	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	5
6	Queimado	Em cima	6	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	5
2	Pigmento	Todo	2	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	1
6	Peças incompletas	Todo	6	PS CRISTAL N1841	3
				PS CRISTAL N1921	3
7	Pintas Pretas	Lateral	4	PS CRISTAL N1841	2
				PS CRISTAL N1921	2
		Em cima	3	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	2
35	Trincado	Em cima	9	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	8
		Lateral	7	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	6
		Frente	10	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	9
		Atrás	9	PS CRISTAL N1841	1
				PS CRISTAL N1921	8
2	Efeito LP	Todo	2	PS CRISTAL N1921	2

Quadro 4: Coleta de Dados Copo Natureza

3.8 Cartas de controle para atributos

Os atributos correspondem a características que são comparadas a um determinado padrão pré-estabelecido. Sendo assim, assumem apenas valores discretos (conforme e não conformes). Existem quatro tipos de carta de atributos:

- Carta p para fração de não conformes;
- Carta np para numero de unidades não-conformes;
- Carta c para numero de não conformidades;
- Carta u para numero de não-conformidades por unidade

A carta elaborada é baseada na carta p, ou seja, utilizará a proporção de peças não conformes para avaliar se o processo está ou não em controle estatístico. Os limites de controle são definidos de acordo com as equações 1, 2 e 3.

$$LSC = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

Equação 1: Cálculo Limite Superior de Controle

$$LM = \bar{p}$$

Equação 2: Cálculo do Limite Médio

$$LIC = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

Equação 3: Cálculo do Limite Inferior de Controle

Sendo assim, para calculá-los é necessário conhecer o valor de p , que é a fração não-conforme. O valor pode ser encontrado como observado na equação 4.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{mn}$$

Equação 4: Cálculo da Fração não conforme

Inicialmente calculou-se os valores para a construção do gráfico de controle para o Copo Ecológico. Utilizado-se os dados do quadro 3 e 4, obteve-se os dados:

- LSC: 0,1275
- LM: 0,0725
- LIC: 0,0174

Os valores aceitáveis são portanto 7,25%. Em seguida, calculou-se os dados referentes ao Copo Natuza, e neste caso os valores aceitáveis correspondem a 5,13%.

- LSC: 0,098
- LM: 0,0513
- LIC: 0,0045.

3.9 Gráficos de Controle para a fração não-conforme (p)

Com os limites calculados, construíram-se então os gráficos para controle estatístico, como observado nas figuras 10 e 11:

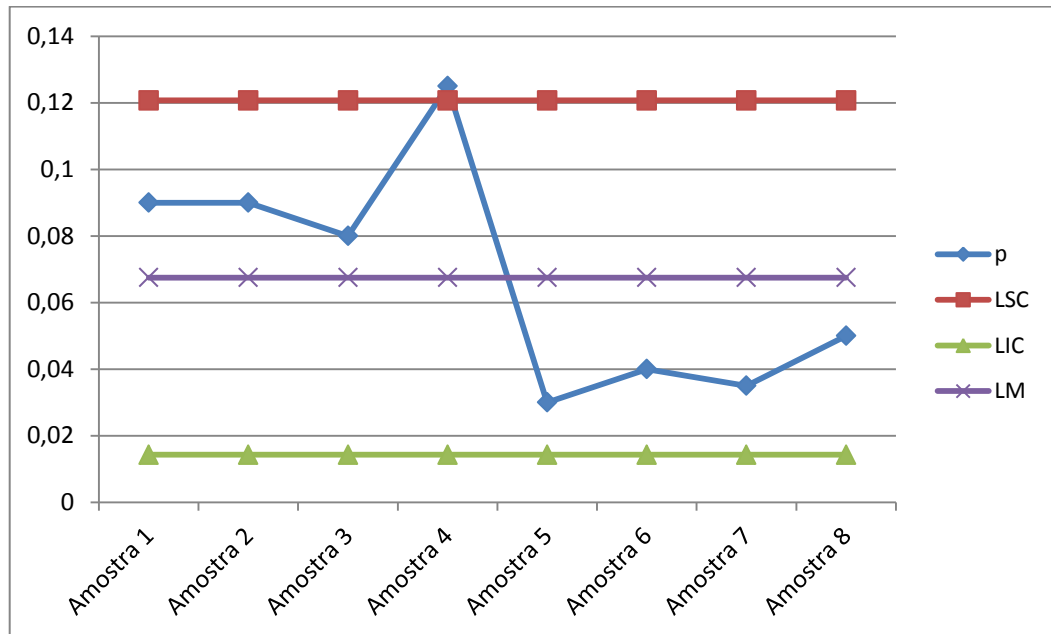


Figura 10: Gráfico de controle para Copo Ecológico

Fonte: Autor

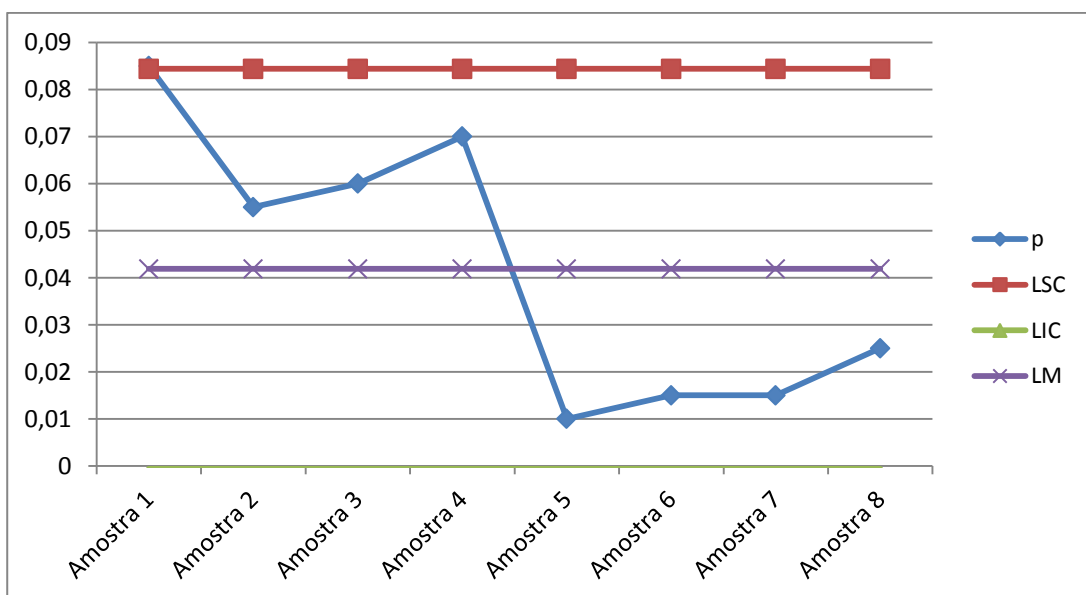


Figura 11: Gráfico de Controle para Copo Natureza

Fonte: Autor

A ocorrência de pelo menos um ponto fora dos limites de controle é evidência de instabilidade no processo. Um processo sob controle estatístico dificilmente apresenta valores fora dos limites, de forma que caso isso ocorra deve-se assumir que causas especiais estão atuando no processo.

Um ponto localizado acima do Limite Superior de Controle indica que o processo piorou. Por outro lado, um ponto abaixo do Limite Inferior de Controle revela que o processo melhorou. Porém, ambos os casos devem ser investigados, pois são causas não naturais atuando no processo.

Mesmo com todos os valores dentro dos limites de controle, pode-se haver causas especiais atuando. Os critérios para avaliar se isso está ocorrendo são:

- Testar se existem uma sequência de pontos consecutivos crescentes ou decrescentes;
- Analisar a presença consecutivos pontos localizados acima ou abaixo do LC.
- Verificar se o gráfico consiste em um movimento contínuo dos pontos em uma direção;
- Verificar se dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios-padrão acima ou abaixo da linha central;
- Verificar se a maioria dos pontos está distribuído muito próximo da linha.

O gráfico da Figura 10 apresenta um ponto fora do controle (amostra 4), que indica alguma causa especial atuando no processo. Além disso, observa-se que as quatro primeiras amostras se encontram acima do Limite Médio, enquanto as quatro amostras finais se localizam abaixo, próximas ao limite inferior, levantando a suspeita que algum fator especial está agindo.

O gráfico da Figura 11 apresenta basicamente as mesmas características do outro. Existe um ponto localizado fora dos limites de controle (amostra 1), indicando a ocorrência de causas especiais no processo. Além disso, verificou-se que as quatro primeiras amostras estão localizadas acima do Limite Médio, enquanto as quatro últimas amostras estão localizadas abaixo do Limite Médio.

3.10 Discussão

A estratificação feita na coleta de dados possibilitou verificar qual o motivo que a peça é descartada. Os valores podem ser observados na Figura 12 e Figura 13.

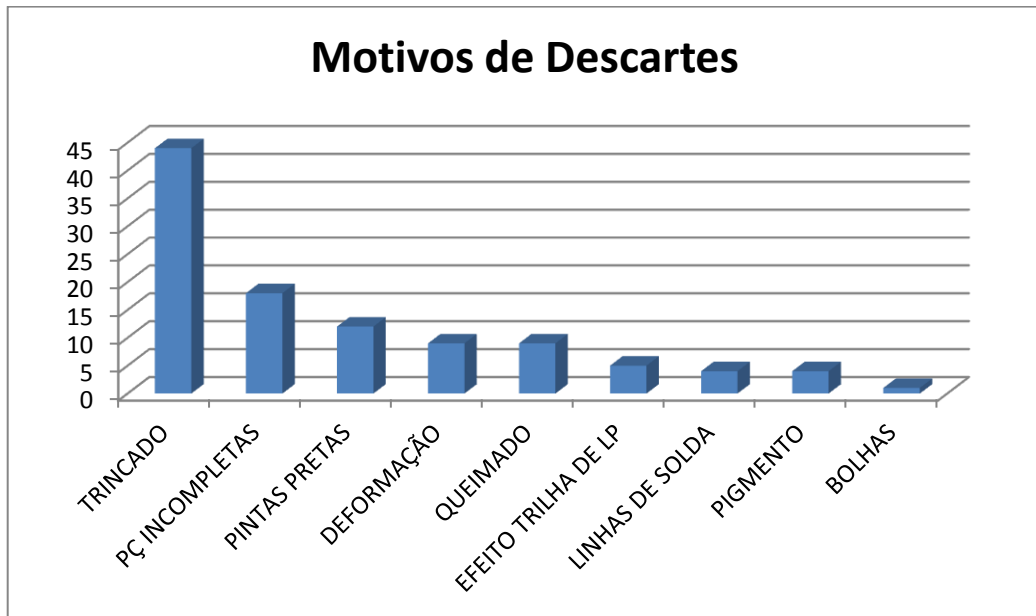


Figura 12: Motivo de descartes do copo Ecológico

Fonte: Autor

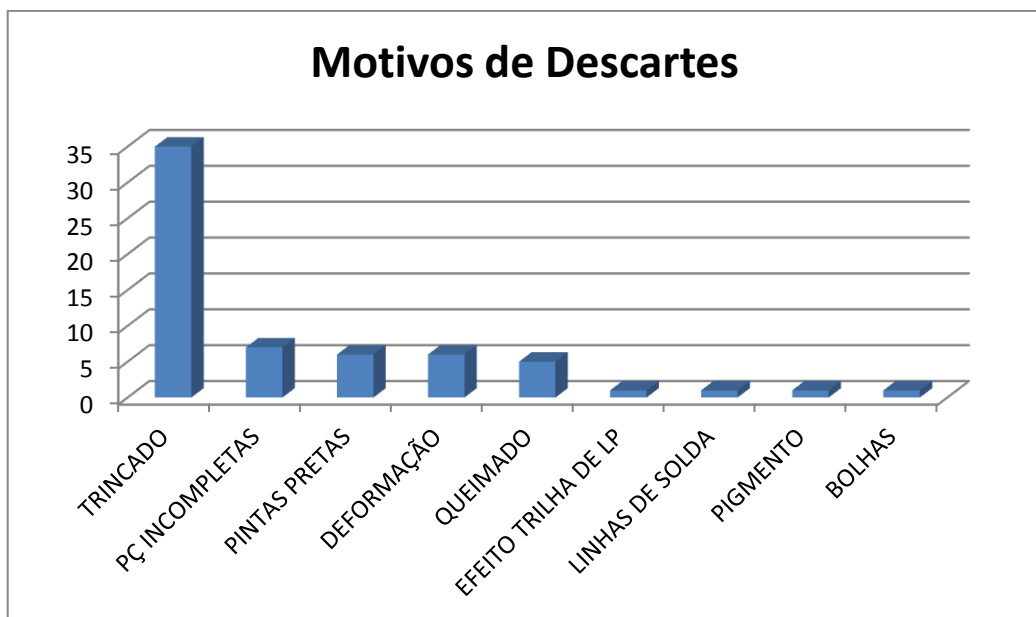


Figura 13: Motivo de descartes do copo Natureza

Fonte: Autor

A partir de uma análise das figuras 12 e 13, é possível observar que para ambos os produtos, o defeito que possui uma maior representatividade é o “trincado”.

Com o intuito da redução dos descartes foi elaborado, juntamente com o operador de máquinas e o gerente de produção, um diagrama de Ishikawa para levantar todas as possíveis causas que podem levar a peça injetada a apresentar o defeito Trincado.

Os fatores envolvidos no processo de injeção são:

- Método;
- Máquinas;
- Mão de obra;
- Molde;
- Matéria-prima.

O diagrama elaborado pode ser observado na **Figura 14**.

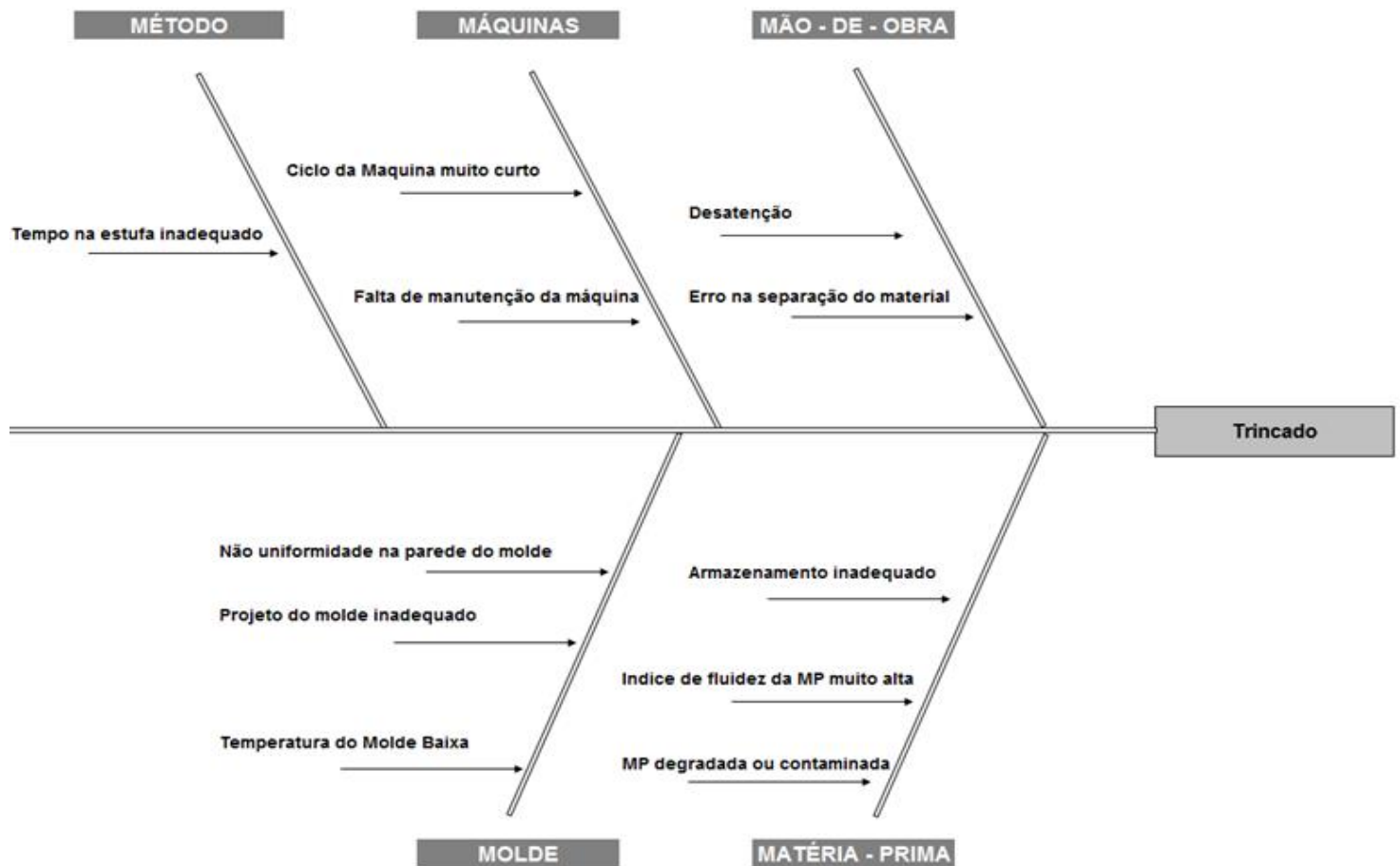


Figura 14: Diagrama de Ishikawa

Foi criado então um plano de ação para cada causa levantada, utilizando a ferramenta 5W1H. As ações são caracterizadas como ações corretivas e ações preventivas, uma vez que nem todas as causas levantadas estão atuando no processo em questão:

5W1H					
O que	Quem	Onde	Quando	Por que	Como
Utilização no processo de injeção apenas PS Cristal N1841.	PCP, Compras, Operador de Máquina	Máquinas	Sempre	PS Cristal 1921 apresenta alto índice de descarte	Não comprar PS Cristal 1921
Ambiente limpo e sem poeira	Todos	Máquinas	Sempre	Evitar a contaminação do material	Manter o ambiente limpo e limpá-lo se necessário.
Planejamento e execução da manutenção preventiva na máquina e molde.	PCP, Ferramenteiro	Máquinas	Quando Planejado	Manter as máquinas e moldes em boas condições de trabalho	Verificar as necessidades da máquina e molde
Treinamento aos auxiliares de Máquina	PCP, Operador de Máquina	-	Quando necessário	Evitar a desatenção e erros na separação do material	Verificar a necessidade
Armazenar a MP em local adequado	Almoxarifado	Almoxarifado	Sempre	Evitar contaminação, sujeira, umidade	Armazenar a MP em locais definidos

Quadro 5: Plano de Ação através do 5W1H

Outra informação importante obtida com a estratificação feita na coleta de dados é mostrada nos gráficos 15 e 16. Corresponde à matéria prima utilizada e sua relação com os descartes totais e com cada motivo de descarte. As coletas de número 1 a 4 utilizaram a matéria-prima PS Cristal N1921, enquanto as coletas de 5 a 8 utilizaram PS Cristal N1841, ou seja, foi produzido o mesmo número de peças com cada matéria-prima. Aparentemente elas são idênticas, porém apresentam características específicas que interferem no processo de injeção.

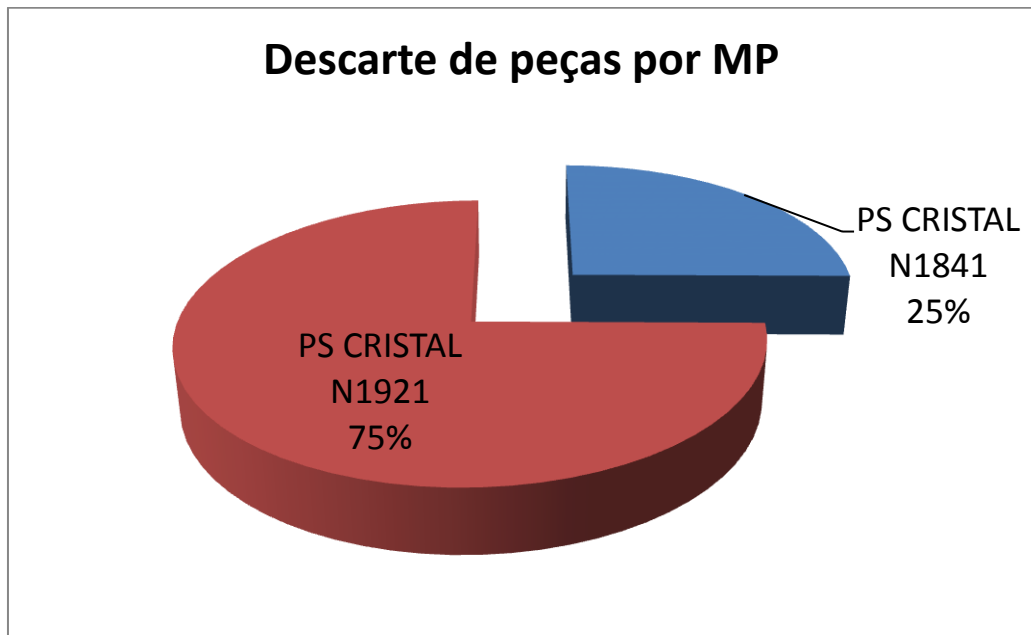


Figura 15: Peças descartadas de acordo com a matéria-prima utilizada

Fonte: Autor

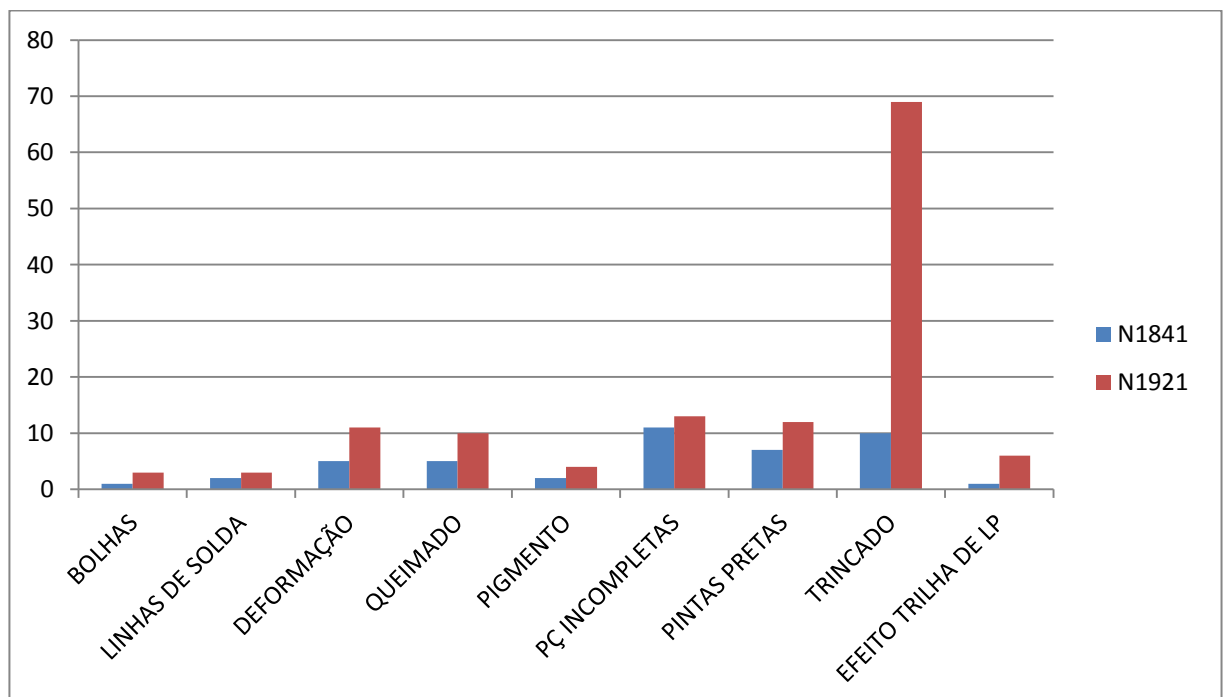


Figura 16: Descartes por tipo de matéria-prima

Fonte: Autor

A partir dos gráficos das figuras 15 e 16, é possível observar que, quando utilizado o material N1921, a porcentagem de peças descartadas é substancialmente maior que quando utilizado o material N1841, principalmente para o defeito trincado.

3.11 Proposta de Melhoria

A partir da análise das figuras 15 e 16, observa-se que, quanto utilizado a matéria-prima PS Cristal N1921, a probabilidade da ocorrência de trincas é grande. Para os outros tipos de descarte, a matéria prima utilizada não apresentou grande diferença.

Sendo assim, a proposta de melhoria consiste na utilização apenas da matéria-prima PS Cristal N1841 no processo de injeção.

Com essa medida, espera-se reduzir a quantidade descartada, de forma a manter o processo sob controle estatístico.

3.12 Avaliação da efetividade

Para verificar a efetividade da melhoria proposta, coletou-se novamente 8 amostras de cada componente para a elaboração de um novo gráfico de controle. Porém utilizou-se apenas a matéria prima N1841.

As amostras coletadas tem o mesmo tamanho. Os valores de peças não conformes obtidas, bem como seu motivo podem ser observados nos Quadro 6 e 7:

COLETA DE DADOS - COPO ECOLÓGICO			
Quantidade	Motivo	Local	Quantidade
2	Bolhas	Lateral	2
2	Linhas Solda	Lateral	2
6	Deformação	Todo	6
8	Queimado	Em cima	8
4	Pigmento	Todo	4
15	Peças incompletas	Todo	15
5	Pintas Pretas	Lateral	3
		Em cima	2
9	Trincado	Em cima	2
		Lateral	2
		Frente	1
		Atrás	3
3	Efeito LP	Todo	3

Quadro 6: Coleta de dados Copo Ecológico

Fonte: Autor

COLETA DE DADOS - COPO NATUREZA			
Quantidade	Motivo	Local	Quantidade
1	Bolhas	Lateral	1
3	Linhas Solda	Lateral	3
5	Deformação	Todo	5
5	Queimado	Em cima	5
1	Pigmento	Todo	1
8	Peças incompletas	Todo	8
6	Pintas Pretas	Lateral	3
		Em cima	3
10	Trincado	Em cima	3
		Lateral	1
		Frente	3
		Atrás	3
2	Efeito LP	Todo	2

Quadro 7: Coleta de dados Copo Natureza

Fonte: Autor

Assim, calculou-se os limites de controle para ambos os componentes, e posteriormente elaborou-se os graficos de controle.

Para o Copo Ecológico, temos:

- LSC: 0,0721
- LM: 0,0338
- LIC: -0,0005 → 0

Para o Copo Natureza, temos:

- LSC: 0,0591
- LM: 0,0257
- LIC: -0,0079 → 0

Construiu-se então os gráficos de controle. A figura 17 corresponde ao gráfico de controle do Copo Ecológico e a Figura 18 ao Copo Natureza.

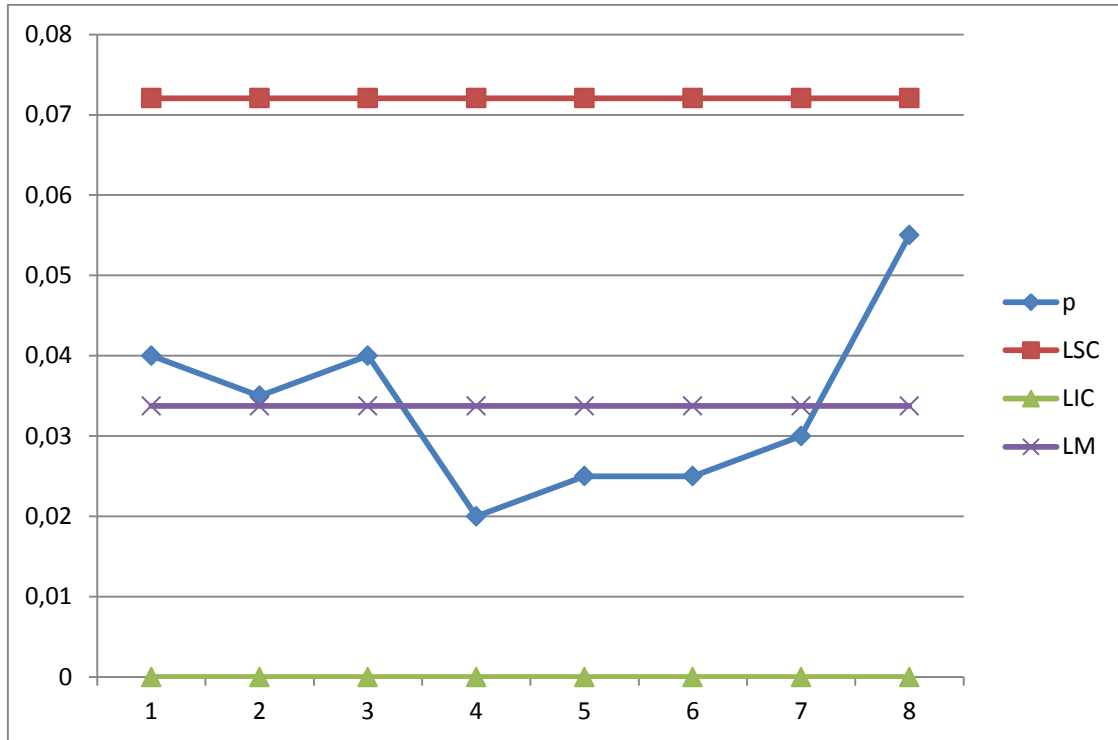


Figura 17: Gráfico de Controle Copo Ecológico

Fonte: Autor

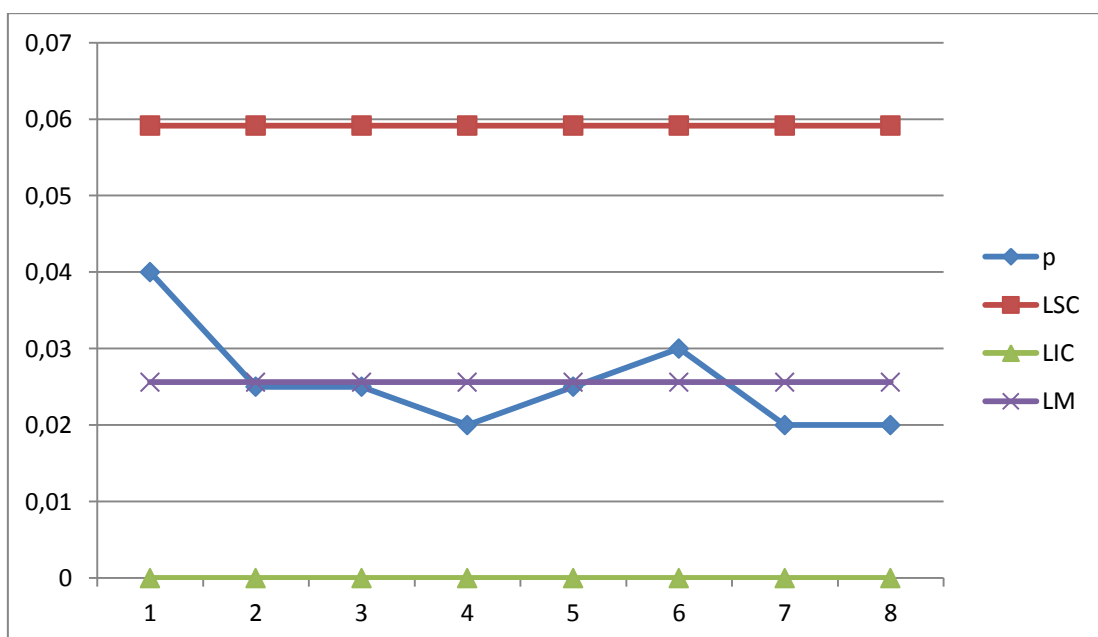


Figura 18: Gráfico de Controle Copo Natureza

Fonte: Autor

4 CONCLUSÃO

O trabalho em questão propôs a aplicação do controle estatístico de qualidade no processo de injeção de componentes plásticos em uma indústria de purificadores de água. Para tanto, utilizou-se da ferramenta cartas de controle para verificar se o processo estava ou não sob controle estatístico.

Durante o estudo, o primeiro passo foi a coleta de dados de componentes descartados durante um mês. Esta coleta permitiu realizar uma curva ABC e verificar quais os componentes que eram considerados críticos por apresentar uma quantidade significativa de descarte. Verificou-se que 2 componentes eram considerados críticos, e portanto o estudo seria baseado na produção deles.

Sendo assim, durante 8 dias foi analisado a produção de 200 componentes. Para cada peça refugada, registrava-se o motivo, o local e a matéria-prima. Com posse destas informações, construiu-se o gráfico de controle para ambos os produtos. A utilização destes gráficos permitiu mostrar o comportamento do processo, evidenciando que existe uma causa especial atuando em ambos os sistema.

O próximo passo foi então descobrir o que interferia negativamente nesse processo. Assim, utilizou-se o gráfico de Ishikawa e gráficos estatísticos como ferramentas de análise. Para finalizar, foi proposto sugestão para melhoria dos problemas encontrados.

Para comprovar a efetividade da melhoria proposta, mais uma vez foi coletado dados sobre a produção dos componentes, e foram criados novos gráficos de controle. Desta vez pode-se notar que eles entraram em controle estatístico.

Antes da aplicação do CEP, a quantidade de peças descartadas foi de 108 copos ecológico e 67 natureza. Após a aplicação, esses números reduziram para 54 e 41 respectivamente. O valor correspondente a cada um deles é R\$ 42,00 e R\$ 36,00, logo a economia gerada pela aplicação do CEP foi de R\$ 3204,00. Este é um valor significativo, e ele evidencia a importância da continuidade da aplicação desse controle para todos os componentes fabricados.

A intervenção realizada permitiu a redução dos descartes, reduzindo custos significativos da empresa. Desta forma, recomenda-se a utilização dos gráficos de controle para todas as linhas produtivas, pois assim temos a otimização de processos, garantia de qualidade, redução de prejuízos bem como aumento da satisfação do cliente.

5 REFERÊNCIAS

BONIFÁCIO, T.Q.C. **Método de análise e solução de problemas (MASP) – Formação de White Belts**. 2. ed.– Volkswagen do Brasil, 2006.

CAMPOS, R. V. M.; ROCHA, R. P. **O Controle Estatístico de Processos (CEO) para o Monitoramento da Qualidade do Farelo Lex no Processo de Óleo de Soja na Empresa CAC**. Disponível em:
<http://www.fecilcam.br/nupem/anais_iv_epct/PDF/engenharias/06_CAMPOS_ROCHA.pdf
>. Acesso em: 31 mar. 2013.

CAMPOS, V.F. **TQC: Controle da Qualidade Total (No Estilo Japonês)**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

COSTA, A. F. B; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. **Controle Estatístico de Qualidade**. São Paulo: Atlas, 2004.

DIAS, V. R. **Construção do Sistema de Gestão Empresarial baseado nos conceitos do Balanced Scorecard em uma fábrica de Purificadores de Água**. 2010. 58 f. TCC (Graduação) - Uem, Maringá, 2010.

EPPRECHT, E. K.; COSTA, A. F. B.; MENDES, F. C. T.. **Gráficos adaptativos de controle por atributos e seu projeto na prática**. Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, abr. 2005 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382005000100007&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 31 mar. 2013.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382005000100007>.

HESSLER, C. V.. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo na Empresa “Metasa” como uma ferramenta de Competitividade**. 2008. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade De Caxias Do Sul, Caxias Do Sul, 2008.

KUME, H. **Métodos Estatísticos para melhoria da Qualidade**. São Paulo: Editora Gente, 1993. SEBRAE – Apostila – Manual de ferramentas da qualidade – 2005.

FEIGENBAUM, A. V. **Total quality control: engineering and management**. New York: MacGraw Hill, 1986.

FILHO, D. M; FOGLIATTO, F.S. **Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador: 2001.

JURAN, J. M.; GRZYNA, FRANK, M. **Controle da qualidade-handbook**. 4 ed. vol. III. São Paulo: Makron Books & McGraw-Hill, 1992.

MARSHALL, J. I; CIERCO, A.A; ROCHA, A.V; MOTA, E.B. **Gestão da Qualidade**. 2ª Edição - Rio de Janeiro - Editora FGV – 2003.

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

MIGUEL, P. A. C. **Qualidade: Enfoques e Ferramentas**. São Paulo. Artliber Editora Ltda, 2001.

MURRAY R. S. **Coleção Schaum, Probabilidade e Estatística**, Editora Mcgraw – Hill do Brasil Ltda, 1997

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**.. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

PIRES, V. **Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma Empresa de Manufatura de Óleo de Arroz**. 2000. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2000.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. T.d **Controle Estatístico do Processo: Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de Controle para Atributos, Função de Perda Quadrática, Análise de**

Sistemas de Medição. Disponível em:
<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_2012.pdf>. Acesso em:
04 abr. 2013.

ROBLES J. A. **Custos da qualidade: aspectos econômicos e da gestão ambiental**. 2. ed. São Paulo: Atlas., 2003.

SAKURAI, Michiaru. **Gerenciamento integrado de custos**. São Paulo: Atlas, 1997.

SAMOHYL, R. W **Controle Estatístico da Qualidade**. 1 ed. São Paulo. Editora Elsevier, 2009..

SANTOS, R. D. **Implantação de um Sistema de Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) em uma Empresa de Purificadores de Água – Um Estudo de Caso**. 2010. 63 f. Dissertação (Graduação) - Uem, Maringá, 2009.

SÁS, K. M.. **Implantação do Controle Estatístico da Qualidade no processo de uma indústria do ramo alimentício**. 2011. 59 f. Dissertação (Graduação) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

SHEWHART, W. A. **Application of Statistical Method in Mass Production**. Proceedings fo the Industrial Statistics Conference Held at Massachusetts Institute of Technology. New York. Pitmar Publishing 1938.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Editora Werkema, 1995.

THOZO, A. Monografia - **Aplicação das ferramentas da qualidade em uma indústria automotiva: Estudo de caso para redução das falhas elétricas na linha de montagem do air bag do volante** – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Curitiba – 2008