



USO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP) NA GESTÃO DE OPERAÇÕES PRODUTIVAS EM UMA INDÚSTRIA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Sidney dos Santos Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientadores: Jandecy Cabral Leite

José Antonio da Silva Souza

Belém

Dezembro de 2015

**USO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP) NA GESTÃO DE
OPERAÇÕES PRODUTIVAS EM UMA INDÚSTRIA DO POLO INDUSTRIAL
DE MANAUS**

Sidney dos Santos Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

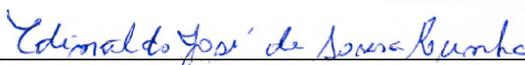
Examinada por:



Prof. Jandecy Cabral Leite, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. José Antonio da Silva Souza, D.Eng.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Coorientador)



Prof. Edinaldo José de Sousa Cunha, D.Eng.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Israel Francisco Benítez Pina, Dr.
(Universidade do Oriente/Cuba-Membro)

BELÉM, PA – BRASIL

DEZEMBRO DE 2015

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA**

Oliveira, Sidney dos Santos, 1975-

Uso do controle estatístico de processo (cep) na gestão de operações produtivas em uma indústria do polo industrial de Manaus / Sidney dos Santos Oliveira. - 2015.

Orientador: Jandecy Cabral Leite;
Coorientador: José Antônio da Silva Souza.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Belém, 2015.

1. Processos de fabricação. 2. Controle de processos - Métodos estatísticos. I. Título.

CDD 22. ed. 658.562

Este trabalho é dedicado aos amigos e colegas que sempre apoiaram, incentivaram e de alguma forma contribuíram para a elaboração do mesmo. Em particular à minha esposa, pelo incentivo e perseverança.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo Professor Dr. Jandecy Cabral Leite pela orientação, incentivo e ajuda na elaboração e composição do trabalho.

Ao colega e amigo Professor Dr. Jorge Laureano Moya Rodríguez pela ajuda, incentivo e colaboração para o trabalho.

Aos colegas do PPGEF pelo incentivo e colaboração.

Ao ITEGAM por todo apoio e contribuição.

À empresa pelo fornecimento dos materiais objeto de estudo.

À minha esposa Rosimeire Freires Pereira Oliveira, que contribuiu com informações e dados para a elaboração do trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M.Eng.)

USO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP) NA GESTÃO DE OPERAÇÕES PRODUTIVAS EM UMA INDÚSTRIA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Sidney dos Santos Oliveira

Dezembro/2015

Orientadores: Jandecy Cabral Leite

José Antonio da Silva Souza

Área de Concentração: Engenharia de Processos

No Polo Industrial de Manaus (PIM), existem inúmeras empresas que fazem uso de ferramentas nos mais diversos segmentos industriais e em diferentes tipos de processos. A utilização do CEP (Controle Estatístico de Processo) nas análises das cartas de controle é fundamental para soluções de problemas de qualidade de forma a estabelecer na linha de produção das empresas do PIM. O CEP auxiliar as ferramentas da qualidade, por trazer uma visão do andamento da produção. O desenvolvimento de análises nos processos através do CEP dá um parâmetro geral do sistema de produção, por proporcionar de forma gráfica os pontos de maior variabilidade. A utilização do CEP como auxílio da gestão da qualidade, tem tornado um método eficaz. Neste contexto, traz um estudo realizado em uma empresa do PIM, através de observações diretas e das análises das cartas de controle no processo de estufagem de placa de resina termoplástica. O CEP é um método que permite conhecer o andamento da produção, dando um parâmetro da variabilidade ocorrido no decorrer do processo produtivo, através de tabelas e gráficos. Proporcionando assim, possibilidades de aplicações de métodos eficazes que influenciam na redução de problemas.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M.Eng.)

USE OF PROCESS STATISTICAL CONTROL (PSC) IN THE MANAGEMENT OF PRODUCTIVE OPERATIONS IN A COMPANY AT THE INDUSTRIAL POLO OF MANAUS

Sidney dos Santos Oliveira

December/2015

Advisors: Jandecy Cabral Leite

José Antonio da Silva Souza

Research Area: Process Engineering

In the Industrial Pole of Manaus (PIM), there are numerous companies that make use of tools in different sectors and different types of process, the use of SPC (Statistical Process Control) in the analysis of control charts with direction resolutions of problems establish an appropriate strategy. The CEP assists quality tools, for bringing a glimpse of the production progress. The development of analysis of the processes by the CEP gives a general parameter of the production system, providing a graphical way the points of greater variability. The use of CEP to quality management assistant has become an effective method. In this context, it provides a study in a PIM company, through direct observation and control charts analysis in the stuffing process of thermoplastic resin plate. The CEP is a method that allows knowing the progress of production, giving a variability parameter occurring during the production process by means of tables and graphs. Thus, providing application possibilities of effective methods to influence the reduction problems.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 – JUSTIFICATIVA.....	2
1.3 – FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	3
1.4 – OBJETIVOS.....	3
1.4.1 – Objetivo geral.....	3
1.4.2 – Objetivos específicos.....	3
1.5 – CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DE PESQUISA.....	4
1.6 – ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	5
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1 – CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP).....	7
2.2 – VARIABILIDADE NO PROCESSO.....	8
2.3 – CAUSAS DE VARIABILIDADE EM PROCESSOS.....	9
2.4 – GRÁFICOS DE CONTROLE.....	9
2.5 – A INTERPRETAÇÃO DAS CARTAS DE CONTROLE UTILIZANDO O CEP.....	12
2.5.1 – Pontos Fora dos Limites de Controle.....	13
2.5.2 – Limites Especiais no Gráfico de Controle.....	14
2.5.2.1 – Periodicidade.....	14
2.5.2.2 – Sequência.....	15
2.5.2.3 – Tendência.....	16
2.5.2.4 – Aproximação dos Limites de Controle.....	17
2.5.2.5 – Aproximação da Linha Média.....	18
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1 – MATERIAIS.....	20
3.1.1 – Características da Empresa.....	20
3.2 – MÉTODOS.....	21
CAPÍTULO 4 - PROCESSO.....	25
4.1 – ETAPAS DO PROCESSO DA PLACA KSSJ.....	25
4.2 – DADOS DO DIMENSIONAMENTO DAS PLACAS KSSJ OBTIDOS ATRAVÉS DAS CARTAS DE CONTROLE.....	32
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS.....	38
5.1 – O USO DO CEP NAS ANÁLISES DAS CARTAS DE CONTROLE.....	38

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	42
6.1 – CONCLUSÕES.....	42
6.2 – SUGESTÕES.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Modelo de gráfico de média.....	11
Figura 2.2	Modelo de gráfico com pontos fora dos limites de controle.....	14
Figura 2.3	Modelo de gráfico com periodicidade.....	15
Figura 2.4	Modelo de gráfico com limite de sequência.....	16
Figura 2.5	Modelo de gráfico com limite de tendência.....	17
Figura 2.6	Modelo de gráfico com aproximação dos limites de controle.....	18
Figura 2.7	Modelo de gráfico com aproximação da linha média.....	19
Figura 3.1	Fluxograma do processo de aplicação do CEP nas cartas de controle.....	22
Figura 3.2	Estratégia para melhorias no controle estatístico de processos....	23
Figura 4.1	Preparação e verificação da fase espelhada do molde.....	25
Figura 4.2	Higienização da face espelhada do molde.....	26
Figura 4.3	Inspeção visual do dispositivo luminoso.....	26
Figura 4.4	Placa sobre o dispositivo pra verificar impurezas.....	26
Figura 4.5	Placa sobre o dispositivo para verificar impurezas.....	27
Figura 4.6	Placas armazenadas para estufagem.....	27
Figura 4.7	Peças no processo de estufagem em carro específico.....	28
Figura 4.8	Peças armazenadas após estufa.....	28
Figura 4.9	Peças sendo confirmada dimensional na pedra sala do laboratório CQ.....	28
Figura 4.10	Peças armazenadas no monobloco específico.....	29
Figura 4.11	Peças cobertas com manta para eliminar contaminação externa..	29
Figura 4.12	Peças armazenadas no estoque da empresa.....	30
Figura 4.13	Verificação das peças armazenadas no estoque da empresa.....	30
Figura 4.14	Evidência da condição visual da peça no estoque isenta de impurezas.....	31
Figura 4.15	Evidência da condição visual de peça sendo o par no estoque da empresa isenta de impureza.....	31
Figura 4.16	Gráfico de refugo x umidade.....	36
Figura 4.17	Gráfico de material x umidade.....	36
Figura 4.18	Gráfico da dureza do material.....	37

Figura 4.19	Gráfico de material x umidade.....	37
Figura 5.1	Gráfico de Controle após as peças passarem pelo processo de estufagem.....	38
Figura 5.2	Histograma das classes após as peças passarem pelo processo de estufagem.....	39
Figura 5.3	Média e desvio padrão após a análise da carta de controle das dimensões após estufagem.....	39
Figura 5.4	Gráfico de entrega e devolução.....	40
Figura 5.5	Gráfico de entrega e devolução.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Dimensionamento da placa KSSJ.....	32
Tabela 4.2	Dimensionamento dos furos da placa KSSJ.....	33
Tabela 4.3	Dados das entregas e devoluções das placas KSSJ.....	33
Tabela 4.4	Peças produzidas e perda da placa KSSJ.....	34
Tabela 4.5	Quanto a dureza das peças e umidade do ar.....	35

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

O grande aumento na competitividade mundial tem levado as empresas a buscarem mecanismos que possam contribuir para a melhoria do processo. O CEP Controle Estatístico do Processo apesar de ser considerado ultrapassado por algumas organizações ainda é uma ferramenta eficaz de diagnóstico de variabilidade, que além de demonstrar as variâncias, traz também à causa raiz (OAKLAND, 2008).

A função do CEP nas cartas de controle é evidenciar as modulações ocorridas durante o processamento e desenvolver gráficos que possam dar um parâmetro mais preciso, auxiliando nas práticas que possam melhorar os pontos predominantes da manufatura, além de, reconhecer, eliminar ou adequar os processos com falhas, dando um parâmetro mais pontual, de forma que possam ser aplicadas melhorias mais efetivas (OLIVEIRA, 2015).

O monitoramento, detecção de falhas e visualização de defeitos são questões estratégicas para a qualidade de um produto, portanto o objetivo da dissertação é mostrar o uso do (CEP) na gestão da cadeia de operações produtivas. Com metodologia baseada na integração de análise das cartas de controle utilizando o CEP no monitoramento da produção. Numa abordagem que combina com gráficos para localização de defeitos e visualizações, sendo usados para ilustrar o desempenho de seu monitoramento, através da observação direta e coleta de dados, desenvolvido por meio de um estudo de caso em uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM).

O CEP possibilita apontar as variabilidades demonstradas através de representações gráficas, possibilitando uma melhor visualização do processo, com intuito de demonstrar possíveis falhas, para aplicação de correções mais eficientes, na busca da melhoria contínua.

A observância dos problemas ocasionados pela não conformidade dos aspectos dimensionais que muitas vezes pode ocasionar retorno de lotes inteiros para retrabalho, proporcionando perdas, descontentamento, alto custo decorrente das peças retrabalhadas.

Nota-se que, a baixa produtividade pode ocasionar insatisfação por parte do cliente, visto posto que, quando as metas de manufatura não são atingidas, causando assim, falhas no suprimento das demandas do mercado e por consequência aumento do produto final em decorrência da baixa produção e o alto índice de perdas que aumenta o custo de manufatura (MONTGOMERY e RUNGER, 2009).

Entretanto, esta pesquisa se pautou em trazer a importância da utilização do CEP nas cartas de controle, controle e melhoria dos processos industriais da empresa. Com resultados comparativos do momento das dificuldades de produção com o período em que se consegue estabelecer um processo sob controle confirmando o impacto no processo produtivo da organização com a aplicação do CEP.

Uma vez que, a análise do processo através da aplicação do CEP nas cartas de controle primeiramente regulada na apresentação de métodos estatísticos de forma que permita a determinação dos pontos de inconsistência no sistema trazendo os pontos a serem solucionados. Ressalvando que, o CEP é uma técnica que potencialmente consente conhecer o processo, manter o mesmo em estado de controle estatístico, para que se possa aprimorar a capacidade do mesmo. Tudo isto se resume na redução de variabilidade do processo (KAKUDA e JUNIOR, 2013).

1.2 - JUSTIFICATIVA

O estudo do CEP nas análises das cartas de controle, para controle e monitoramento dos processos produtivos, em qualquer que seja o seu segmento mercadológico: indústria, agroindústria, comércio ou serviço, tem bastante relevância não só para o atendimento das necessidades dos clientes como também para redução dos custos e melhoria continua nos processos, trazendo vantagem competitiva, além de rentabilidade para a sobrevivência organizacional (RIBEIRO e CARTEN, 2012).

No PIM, são muitos os exemplos de organizações que utilizam o CEP nos mais diversos segmentos industriais e em diversos tipos de processo, num grande número de empresas, com produtos diversificados, na busca da melhoria continua. A utilização do CEP nas cartas de controle, através do processo de análise procura direcionar a empresa para soluções de problemas de forma a estabelecer uma estratégia mais eficiente.

Com o surgimento de novos estudos e desenvolvimento da ciência científica, as empresas iniciaram um processo de aperfeiçoamento de métodos que possam auxiliar no controle dos processos existentes e, principalmente, no aumento da qualidade. O

CEP nas análises das cartas de controle é uma proposta para auxiliar na aplicação das ferramentas da qualidade, utilizada para monitorar aspectos não lineares. O desenvolvimento de uma análise nos processos dá um parâmetro geral do sistema de produção, primeiramente relacionada à apresentação metodológica, que permite a determinação dos pontos de inconsistência, dando uma visão sistêmica do problema a ser solucionado (EDQUIST, 2011).

Em outras palavras, o presente estudo demonstra a atualidade e utilidade da ferramenta do CEP nas análises das cartas de controle não só como método corretivo, mas principalmente, como preventiva.

1.3 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A presente dissertação tem por objetivo avaliar o CEP nas análises das cartas de controle de um processo industrial em uma empresa do PIM, proporcionando um diagnóstico dos pontos críticos, em virtude de fornecer informações importantes para o replanejamento, possibilitando uma visão mais pontual as variabilidades de um processo, demonstradas através de gráficos.

A escolha deste objeto de estudo deu-se pelo fato das empresas do PIM, apresentarem uma variabilidade em seus processos industriais. Diante do exposto, definiu-se o problema de pesquisa: *De que forma o CEP contribui nas análises das cartas de controle das operações produtivas?*

1.4 - OBJETIVOS

1.4.1 - Objetivo Geral

Demonstrar a importância da utilização do CEP para monitoramento das cartas de controle das operações produtivas.

1.4.2 - Objetivos Específicos

- Analisar a importância da utilização do CEP nas cartas no controle e monitoramento de processos das operações produtivas;

- Avaliar a importância do planejamento na aplicação do CEP nas cartas de controle das operações produtivas;
- Explicar de forma ordenada a análise das cartas através de gráficos;
- Apontar as variações e suas causas utilizando o CEP nas análises das cartas de controle das operações produtivas;
- Discutir o alinhamento do projeto com as estratégias organizacionais.

1.5 - CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DA PESQUISA

No PIM, são inúmeros os exemplos de empresas que fazem uso de ferramentas nos mais diversos segmentos industriais e em diferentes tipos de processo, Concentrando um grande número de empresas, com produtos diversificados, na busca da melhoria contínua. O CEP nas cartas de controle, através de métodos de análise busca direcionar a empresa para soluções de problemas de forma a estabelecer uma estratégia adequada.

Com o aparecimento de novos estudos e desenvolvimento da ciência científica, as empresas iniciaram um processo de aprimoramento das ferramentas que auxiliam no controle dos processos existentes e, principalmente, da qualidade. A estrutura do CEP é proposta para auxiliar as ferramentas da qualidade, buscando monitorar perfis não lineares. O desenvolvimento de uma análise nos processos que possa dar um parâmetro geral do sistema de produção, esta primeiramente relacionada à apresentação de métodos que permita a determinação dos pontos de inconsistência que define um problema a ser solucionado (EDQUIST, 2011).

A implantação correta de um gráfico para controle de um processo depende de uma série de fatores, dos quais os principais seriam: visão sistêmica, habilidade de planejamento, processo mais eficiente, análise mais eficaz da variabilidade e a utilização correta das ferramentas da qualidade. Os progressos produtivos tem gerado a necessidade de pesquisas que se traduzem em desenvolvimento de novas tecnologias e de novos processos que passam produzir em escalas maiores e com mais qualidade, surgindo assim à necessidade de efetivamente ter-se, por parte das organizações, um maior controle das variações oriundas dos processos produtivos (CUNHA e VASCONCELOS, 2014).

A utilização do CEP como auxiliar da gestão da qualidade, tem tornado um método eficaz, por trazer uma visualização mais efetiva e pontual das variabilidades (MUNIR *et al.*, 2009).

O CEP é um método que permite conhecer o andamento da produção, dando um parâmetro da variabilidade ocorrido no decorrer do processo produtivo, através de tabelas e gráficos. Proporcionando assim, possibilidades de aplicações de métodos auxiliares na redução de problemas (PALLADINI, 2010).

Ao utilizar o CEP são gerados os gráficos de controle, que são métodos utilizados para monitorar e diagnosticar o desempenho de um processo em um determinado tempo, que possibilita detectar possíveis mudanças de magnitude nos valores nominais dos principais parâmetros; tais como desvio médio padrão ou de um desempenho variável descritiva (RYAN, 2011).

Visto que, a qualidade em uma empresa está inevitavelmente sujeita a forma de como é trabalhada a variabilidade dos processos produtivos (AMORIM, 2015). Existem vários motivos que causam tais variações. Elas podem ser classificadas nos dois seguintes tipos: a) Causa Casual: As alterações ocorridas devidas a meios naturais que ocorrem nos processo, mesmo que a operação venha a ser executada com o uso de métodos padronizados. b) Causa Atribuída: A variabilidade ocorre devido à causa não inerente ao processo, isso, significa que, existem fatores relevantes a serem investigados. Sem falar dos casos gerados por padrões inadequados (MONTGOMERY e RUNGER, 2009).

O estudo sobre CEP nas cartas de controle veio para contribuir com as melhorias contínuas, trazendo uma abordagem de como as empresas podem utilizar e se beneficiar dessa ferramenta, que se for bem usada, só tende a dá resultados eficazes.

1.6 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No presente capítulo buscou-se destacar as motivações e objetivos que levaram ao estudo da importância do uso do CEP no controle das operações produtivas aplicado nas cartas de controle para identificar pontos de variabilidade, estudo de caso em uma empresa PIM, bem como os objetivos pretendidos neste trabalho.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura do CEP e suas vertentes. Enfatiza-se ainda, a importância do uso do CEP nas análises das cartas de controle das

operações produtivas, bem como se faz uma revisão bibliográfica das etapas do CEP, principalmente abordando as melhorias contínuas.

O Capítulo 3 traz a metodologia utilizada para a elaboração da dissertação.

O Capítulo 4 trata da aplicação da do CEP nas cartas de controle das operações produtivas na empresa em estudo.

As análises dos resultados são apresentadas no Capítulo 5 através das análises dos gráficos, enfatizando o diagnóstico, para possíveis causas e soluções.

Finalmente, no Capítulo 6, são apresentadas as principais conclusões e sugestões da utilização do CEP para a continuação do trabalho em etapas posteriores.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)

A estatística revolucionou a ciência através do abastecimento de exemplos úteis que elaboraram o processo de pesquisa na direção de melhores parâmetros de investigação. Os procedimentos estatísticos foram desenvolvidos como uma combinação de ciência, tecnologia e lógica para a solução e investigação de problemas em várias áreas do conhecimento (SALSBURG, 2009).

O entrosamento atual de Estatística ou Ciência Estatística é muito mais do que um combinado de técnicas úteis para algumas áreas fechadas ou limitadas da ciência. Observa-se que, a estatística não é uma parte da matemática onde se pesquisam os processos de aquisição, organização e diagnóstico de dados sobre uma determinada população. Da mesma forma que, não se prende a um conjunto de elementos numéricos relativos a um episódio social, nem a tabelas e gráficos usados para uma síntese, o arranjo e apresentação dos dados de uma pesquisa, embora este seja um aspecto da estatística que pode ser facilmente percebido no cotidiano, ele cita que também: O CEP possibilita auxiliar nos diagnósticos de problemas e soluções do mesmo (MATSUSHITA, 2010).

O CEP tem como base inicial a coleta de dados seguindo com outros instrumentos utilizados pela qualidade. Através dessa coleta é possível realizar uma análise criteriosa sobre o que foi encontrado (MACHADO, 2010).

O CEP permite unificar o processo produtivo, de forma que não venha a advir desperdícios, isso, quando há um valor significativo de variabilidade. Empregando o CEP é possível controlar e evitar que os procedimentos se tornem prejuízo. Os processos estatísticos mostram as diretrizes para resolução de problemas ocorridos durante o procedimento, além disso, traz um parâmetro de como se deve atuar, assim, permitindo tomar decisões eficientes. O objetivo do CEP é fazer com que a técnica produtiva seja realizada de forma eficaz, reduzindo custos, aumentando a qualidade, a

produtividade e competitividade das empresas no mercado (KAKUDA e JUNIOR, 2013).

Entretanto, o CEP é um instrumento construído a partir de cálculos estatísticos, que representam o comportamento de uma determinada técnica, usadas para monitorar a variabilidade do processo e avaliar sua estabilidade. Ela nos permite apontar qual o tipo de variação que está atuando no processo num apurado período. Isto caracterizará se o processo estará ou não sob controle estatístico (ROCCO; LLOYD; SANDY, 2011)

A ideia principal do CEP é que melhores processos de produção com menos variabilidade propiciam níveis melhores de qualidade nos resultados finais. E surpreendentemente quando se fala em melhorar processos, isso significa que, não somente a melhorar a qualidade, mas também diminuir os custos (SAMOHYL *et al.*, 2013).

2.2 - VARIABILIDADE NO PROCESSO

Dois produtos ou características nunca são exatamente iguais, decorrente de que, qualquer processo contém muitas fontes de variabilidade. As contestações entre produção podem ser grandes, ou elas podem ser infinitamente pequenas, mas elas estão sempre presentes, há três tipos de variação que podem ocorrer em um item produzido que são (CHENG *et al.*, 2013):

- a) Variação interna: ocorre dentro do próprio item;
- b) Variação item a item: ocorre entre itens produzidos em tempos adjuntos;
- c) Variação tempo a tempo: ocorre entre itens produzidos em períodos diferentes durante o dia.

Observando-se que, sempre haverá diferenças entre um mesmo produto ou entre outro, o que é considerado de variação, variabilidade ou dispersão. O que se precisa saber é se, a variação poderá influenciar na eficiência do processo.

Em muitas indústrias, produtos de complexo industrial em particular, CEP é uma ferramenta utilizada para diagnosticar falhas de qualidade, de forma que é aplicado para monitorizar irregularidades no processo, com intuito de minimizar suas variações (CHENG *et al.*, 2013). O CEP, ao ser aplicado, traz um parâmetro da variação ocorrido no processo, de um modo geral, pode-se dizer que, existem várias causas para a

presença de variabilidade num processo, trazendo resultados de alterações para possíveis correções.

2.3 - CAUSAS DE VARIABILIDADE EM PROCESSOS

O aumento tecnológico brotou para atender as novas aspirações produtivas. O monitoramento variável mais comum é TBE (tempo entre os eventos). Embora este termo seja utilizado num contexto mais amplo, representa o tempo entre falhas consecutivas de equipamento ou sistema. As variações são consideradas como alterada pela natureza inseparável do processo normal. Já as variações de causa específica são definidas como: variações anormais de processo, que são induzidas por atribuível provocado por fatores não conhecidos, que devem ser investigados (CHENG *et al.*, 2013).

Do ponto de vista estatístico, a instabilidade do processo é manifestada por uma distorção da variável TBE em seu meio, a variabilidade ou distribuição, situações que podem ser detectados com uma carta de controle. É um excelente recurso para combinar atividades de manutenção preventiva que permitem a redução de custos e tempo (ZHAO *et al.*, 2012).

2.4 - GRÁFICOS DE CONTROLE

Os Gráficos de controle são procedimentos gráficos para monitorar e diagnosticar o desempenho de um processo ao longo do tempo, detectando possíveis mudanças de grandeza nos valores nominais dos principais parâmetros; por exemplo, o desvio médio padrão ou de um desempenho variável descritiva (REYNOLDS *et al.*, 2010).

Para a construção de gráficos de controle para variáveis devem ser observados os passos a seguir (LIM *et al.*, 2015):

1. Indicar o processo a ser controlada;
2. A Coleta dos dados a partir das amostras retiradas do procedimento;
3. Coletar as amostras tipo n , cada uma contendo n dividida em seus atributos de interesse;

4. Coletar as amostras em intervalos contínuos e registrar as observações na ordem em que foram obtidas;
5. Construir a escala e traçar as linhas centrais e os limites de controle nas cartas.

O ajuste dos gráficos é otimizado para monitorar dados variáveis a partir de um processo, uma vez que, um projeto é tipicamente um esforço de uma só vez, em um determinado momento em que a média pode ser desenhada para um grupo de produtos ou de serviços que correm através do processo, visto que, os indivíduos e gráfico de intervalo em movimento são mais adequados (ALIVERDI *et al.*, 2013).

Nos gráficos de controle, deve-se marcar o eixo vertical do lado esquerdo com os valores \bar{x} , R, s ou AM conforme o par de gráficos escolhidos; Marcar os pontos no gráfico; Interpretar os gráficos construídos; Analisar o comportamento do processo verificando se o mesmo está sob controle estatístico; Verificar se o estado de controle é adequado ao processo; Revisar periodicamente os valores dos limites de controles. Abaixo se denotam os cálculos para a geração dos gráficos de controle (LIM *et al.*, 2015):

- Gráfico da média:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (2.1)$$

Para calcular a amplitude ou desvio-padrão amostral, para cada grupo de amostras.

- Gráfico da amplitude, R:

$$x_{maior} - x_{menor} \quad (2.2)$$

- Gráfico do desvio-padrão, s:

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (2.3)$$

Calcular a média global (média das médias) ou média para o gráfico AM.

- Gráfico, $\bar{\bar{x}}$:

$$\bar{\bar{x}} = \sum_{i=1}^m \bar{x}_i \quad (2.4)$$

- Gráfico da amplitude, R:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^m R_i \quad (2.5)$$

- Gráfico do desvio-padrão médio, \bar{s} :

$$\bar{s} = \sum_{i=1}^m s_i \quad (2.6)$$

- Gráfico da amplitude móvel, AM:

$$\overline{AM} = \sum_{i=1}^m AM_i \quad (2.7)$$

Nota: Nos cálculos das médias recomenda-se deixar uma casa decimal a mais que os dados originais e nos cálculos das amplitudes duas casas a mais.

Calcular os limites de controle LSC e LIC

Os valores representados por pontos no gráfico, em comparação com duas linhas horizontais: os limites de controlo superior (LS), para detectar deslocamentos $D > 0$, e inferior (LI), para turnos $D < 0$.

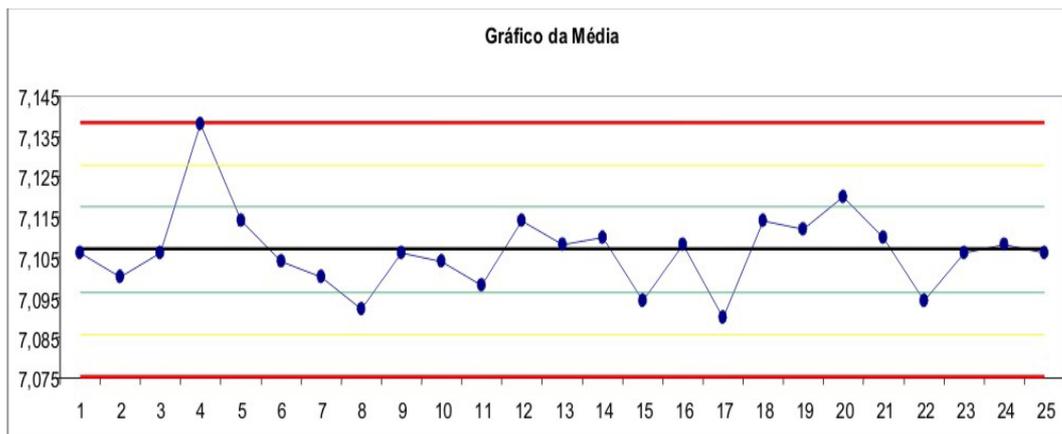


Figura 2.1 - Modelo de gráfico de média.

No momento que passou a ser utilizada como instrumento do CEP para monitorar os processos e garantir a qualidade, o gráfico de controle tem sido cada vez mais adotado em indústrias modernas e setores não-manufatureiras.

Muitos outros gráficos foram ampliados ao longo dos séculos, que tem proporcionado uma otimização das variabilidades, além de auxiliar de forma eficiente a aplicação das ferramentas da qualidade (ZHOU e LIAN, 2011).

2.5 - A INTERPRETAÇÃO DAS CARTAS DE CONTROLE UTILIZANDO O CEP

Algumas empresas utilizam as cartas de controle para a coleta de dados em seus processos produtivos, entretanto, por ser uma ferramenta essencial para o CEP, caso sua análise não seja feita de forma eficiente poderá acarretar problemas futuros.

Outrossim, faz-se necessário seguir uma sequência de passos para as análises das cartas de controle para que se tenha um diagnóstico mais eficiente, conforme sugere Werkema (2006) sugere uma sequência de passos para análise das cartas de controle tais como:

- Primeiro passo: Construir limites de controle experimentais após a coleta de dados de acordo com o Programado para a Amostragem;
- Segundo passo: Averiguar se todos os pontos estão dentro dos limites de controle e se nenhum limite está em desacordo.
- Terceiro passo: Verificar se nos passos anteriores está tudo conforme os parâmetros estabelecidos, caso as duas condições forem satisfeitas, pode-se afirmar que o processo está sob controle estatístico, e o próximo passo é avaliar a capacidade do processo.
- Quarto passo: Caso haja pontos fora dos limites de controle e/ou algum parâmetro em desacordo, identifica-se que o processo está fora da condição de controle estatístico. Neste caso, deve-se fazer um diagnóstico para identificar as possíveis de inconsistência em cada ponto.
- Quinto passo: Após a identificação das causas de não conformidade, esses pontos devem ser eliminados da amostragem e novos limites experimentais devem ser calculados e a análise. Esses passos devem ser executados até que se conclua que o processo está fora ou sob controle estatístico.

Ao seguir cada passo, pode proporcionar uma diminuição das falhas ao analisar as cartas de controle, se os passos forem executados continuamente, podem restar poucos pontos para análise, o que diminui a representatividade do processo, para essa situação a solução é coletar novas amostras e reiniciar a análise.

Apontar pontos fora dos limites de controle é uma atividade simples, entretanto, identificar configurações não-aleatórias é uma tarefa que gera muitas dúvidas e que requer uma pesquisa minuciosa, daí a utilização do CEP para tais dificuldades (WERKEMA, 2012).

A unificação dos processos de fabricação de um objeto relativo às configurações não-aleatórias foi constituída para promover a detecção de variações relativas a causas especiais e preparados a partir das características da distribuição normal, através de regras estatísticas relativamente simples.

Uma vez construída os gráficos de Controle, pode-se observar como o processo está se comportando durante um determinado período de tempo. Essas informações sobre a estabilidade do método permitem avaliar se o procedimento está SOB CONTROLE ou FORA DE CONTROLE.

Esta explicação é realizada de forma oposta, ou seja, é necessário conhecer os padrões de distribuição que evidenciam a ‘falta de controle’ de um determinado processo, distinguindo-se estes padrões.

Buscar-se encontrar nos pontos de alteração apresentada pelo gráfico, que representa a variação da característica de controle, ou seja, busca-se demonstrar se um ou mais parâmetros de um processo, num determinado período, apresenta uma forma que não conforme provocada pela presença de uma causa especial ou assinalável, característica essa, que evidencia a FALTA DE CONTROLE naquele período.

Um processo só estará FORA DE CONTROLE se apresentar pontos fora dos limites de controle e/ou uma configuração especial. Essas configurações, que indica a presença de variação especial e, por tanto, a falta de controle do processo.

2.5.1 - Pontos Fora dos Limites de Controle

Ao observar pontos fora dos limites de controle, percebe-se que há uma falta de controle de um processo, na qual demanda uma investigação imediata de causa de variação que demonstra um responsável pelo acontecimento.

As causas possíveis ao ocorrer uma incoerência dentro de um processo e que necessita ser investigadas, muitas vezes ocorrem em decorrência de:

- Erros de registro dos dados de cálculo ou de medição;
- Utilização de algum instrumento fora de calibre;
- De uma ação incorreta realizada por algum operador;
- Defeito nos equipamentos, entre outros.

Conforme a Figura 2.2, mostra os pontos fora do limite de controle.

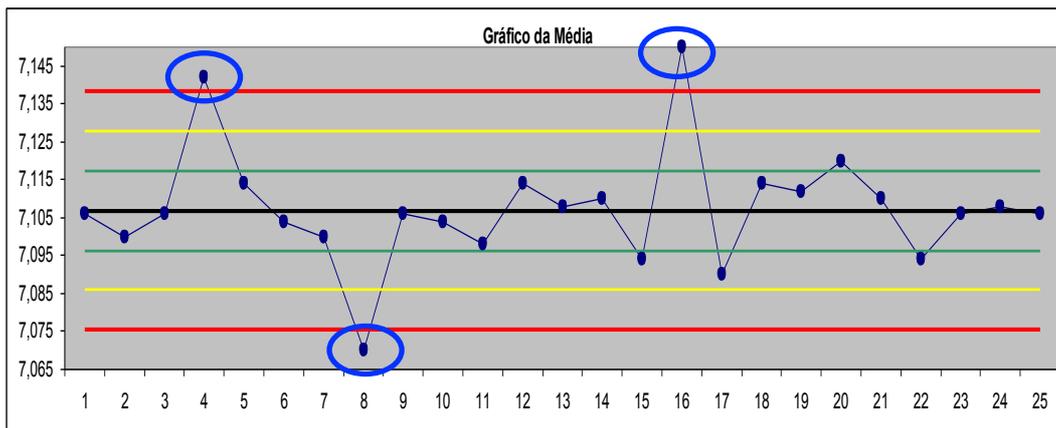


Figura 2.2 - Modelo de gráfico com pontos fora dos limites de controle.

Na Figura 2.2, observa-se que, em alguns pontos os limites ficam fora dos níveis de tolerância, que se denota uma preocupação no processo, por demonstrar nesse exemplo que em alguns momentos há uma inconsistência que necessita de investigação, para que não venha ocasionar possíveis prejuízos para a organização.

2.5.2 - Limites Especiais no Gráfico de Controle

2.5.2.1 - Periodicidade

A periodicidade está atualizada quando a curva traçada no gráfico de controle apresenta frequentemente uma convergência para cima e para baixo, em intervalos de tempo que tem aproximadamente a mesma amplitude.

Vejam-se alguns exemplos de causas que podem provocar o surgimento da periodicidade são:

- Mudanças sistemáticas nas condições ambientais;
- Cansaço do operador;
- Rotatividade regular de operadores ou máquinas;
- Flutuação na voltagem ou na pressão;
- Alguma variável de equipamentos usada na produção;
- Alterações sazonais na qualidade da matéria-prima, entre outras.

Observa-se na Figura 2.3, um exemplo deste limite causado pela periodicidade.

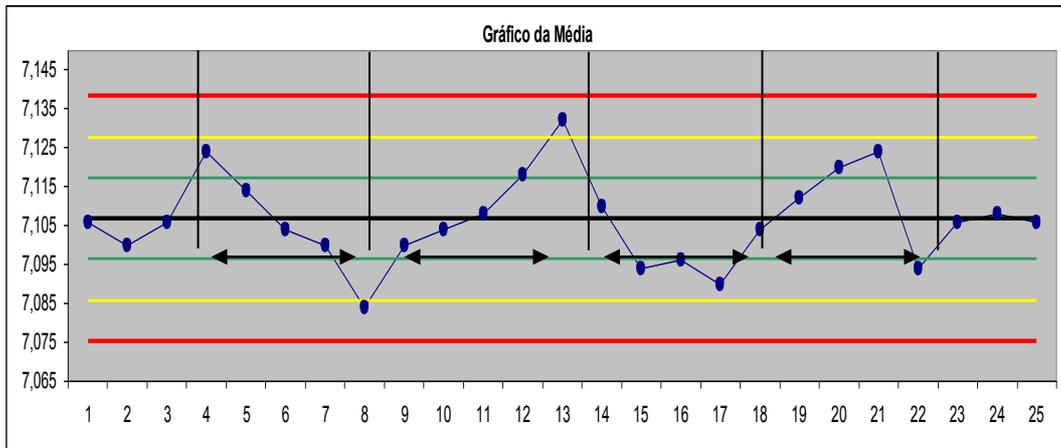


Figura 2.3 - Modelo de Gráfico com periodicidade.

Na Figura 2.3, pode-se observar que, apresenta uma convergência para cima e para baixo, em intervalos de tempo que tem aproximadamente a mesma amplitude isso se denota uma periodicidade.

2.5.2.2 - Sequência

Uma sequência é uma forma em que vários pontos consecutivos do gráfico de controle aparecem em apenas um dos lados da linha média. O número de pontos nesta circunstância é denominado comprimento da sequência.

Tendo uma sequência de sete ou mais pontos, onde essa sequência com mais de sete pontos, podem incorrer em:

- Pelo menos 10 de 11 pontos consecutivos aparecem em um mesmo lado da linha média.
- Pelo menos 12 de 14 pontos consecutivos aparecem em um mesmo lado da linha média.
- Pelo menos 16 de 20 pontos consecutivos aparecem em um mesmo lado da linha média.

Haja vista que, uma sequência indica uma alteração no nível do processo e que seus resultados decorrentes:

- Da entrada de novos operadores;
- Da entrada de novas matérias-primas ou máquinas;

- De alterações no método de inspeção;
- De alterações nos padrões operacionais;
- De mudanças na habilidade, atenção ou motivação dos operadores, entre outros.

Observa-se na Figura 2.4, um exemplo deste limite de sequência.

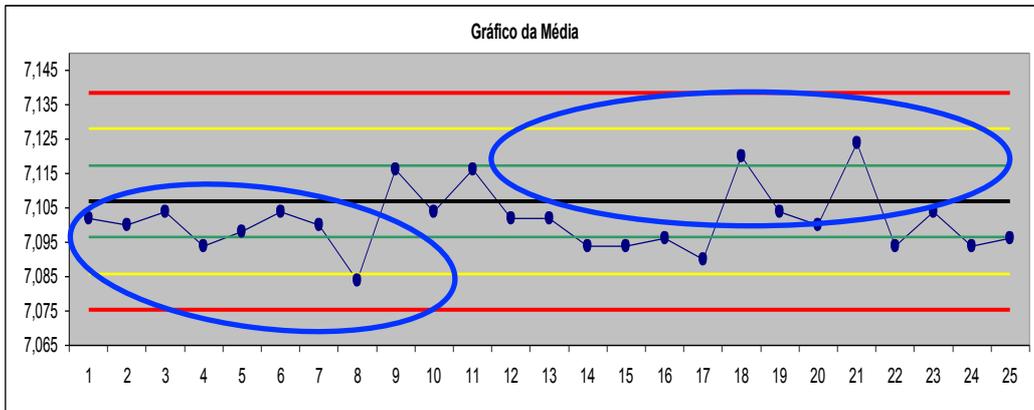


Figura 2.4 - Modelo de gráfico com limite de sequência.

Na Figura 2.4, observa-se vários pontos consecutivos do gráfico de controle com um comprimento de sequência de mais de sete pontos apenas no lados do LI.

2.5.2.3 - Tendência

Uma tendência consiste num movimento sucessivo dos pontos do gráfico de controle em uma direção (ascendente ou descendente). As tendências são na maioria das vezes geradas por alguns fatores tais como:

- Deterioração ou depreciação por tempo de uso de ferramentas ou equipamentos;
- Cansaço do operador;
- Supervisão assistida de supervisores na execução da atividade;
- Alterações graduais nas condições ambientais (temperatura, pressão e umidade);
- Decorrência de sedimentação ou separação dos elementos de uma mistura, entre outras atividades desenvolvidas.

Observa-se na Figura 2.5, um exemplo de limite com tendência.

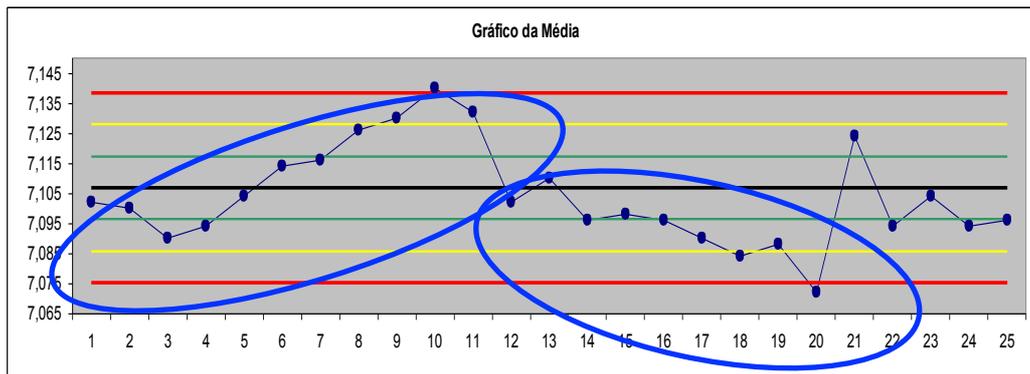


Figura 2.5 - Modelo de gráfico com limite de tendência.

Na Figura 2.5, observam-se vários pontos com tendência em movimento sucessivo dos pontos do gráfico de controle tanto na direção ascendente como descendente, conseqüentemente causado por algum fator externo.

2.5.2.4 - Aproximação dos Limites de Controle

A aproximação dos limites de controle corresponde à ocorrência de dois de três pontos consecutivos fora dos limites 2σ (dois sigma do processo), apesar destes pontos ainda estarem dentro dos limites de controle 3σ .

As causas dos pontos fora dos limites deverão ser investigadas no processo e que muitas vezes podem ser decorrente de:

- Existir dois tipos de distribuições diferentes sobrepostas, na qual está gerando o resultado do processo (dois equipamentos que trabalham de maneira diferente, por exemplo). O nível de aproximação dos limites de controle dependerá do tamanho da sobreposição das distribuições. Nesse caso é aconselhável construir gráficos de controle separadamente para os dois pontos diferentes do processo na busca de resultados com maior precisão.
- Decorrente do excesso de controle (super ajuste), quando os operadores fazem reajustes nos processos repetidas vezes, causando assim uma resposta nas variações dos resultados do processo por causa aleatórias, em vez de, ter uma resposta decorrentes apenas pelas variações resultantes das atuações especiais.

Conforme a Figura 2.6, um exemplo de Aproximação dos Limites de Controle.

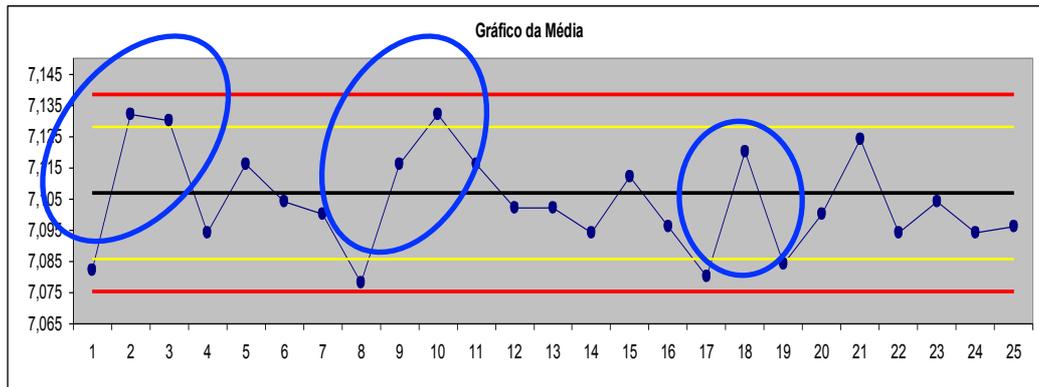


Figura 2.6 - Modelo de gráfico com aproximação dos limites de controle.

Na Figura 2.6, observam-se vários pontos com aproximação dos limites de controle com ocorrência de dois de três pontos consecutivos fora dos limites 2σ .

2.5.2.5 - Aproximação da Linha Média

Quando a maioria dos pontos grafados se encontra disseminada bem próximo da linha média, adentro das linhas centrais $1,5\sigma$, se apresenta com uma variabilidade menor do que a esperada.

Os motivos de este aspecto acontecer no processo e que deve ser investigados podem ser decorrentes de diversos fatores tais como:

- Erros nos cálculo dos limites de controle ou até mesmo pela formação inadequada dos subgrupos racionais (amostras). Por conseguinte, a aproximação da linha média não significa um estado de controle, todavia, pode ser um indício de que a combinação de dados provenientes de populações distintas em um mesmo subgrupo não está adequada, podendo ocasionar o aumento da largura dos limites de controle. Neste caso será necessário mudar o modo de formação dos subgrupos.

Nota-se que, na ocorrência da mistura de dados em duas distribuições diferentes em uma mesma amostra, a amplitude amostral média " \bar{R} " necessitará ser bastante elevada, o que dará origem a limites demasiadamente largos no gráfico da média " \bar{x} ". Além disto, " \bar{R} " deixará de estar desempenhando sua função, que incide em medir a variabilidade natural do processo (provocada por causas aleatórias), e passará a medir a variabilidade existente entre diferentes distribuições (dois processos distintos).

Observa-se na Figura 2.7, um exemplo de Aproximação da linha média.

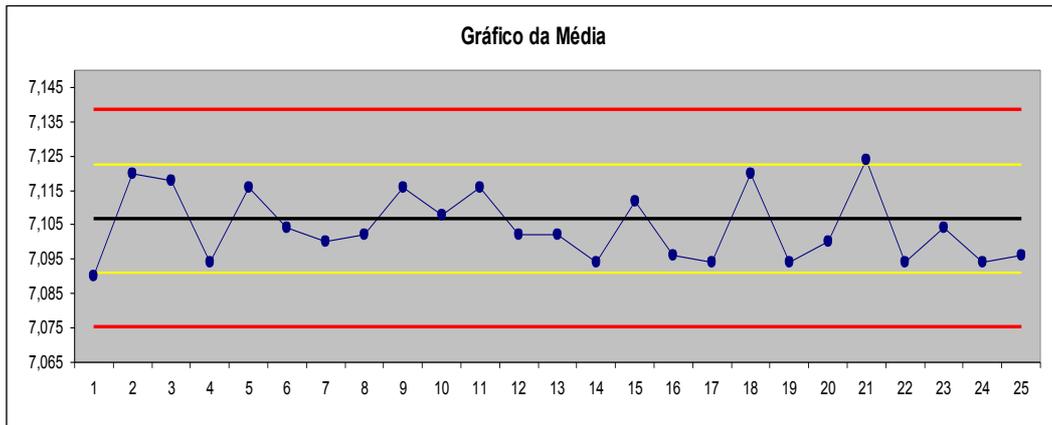


Figura 2.7 - Modelo de gráfico com aproximação da linha média.

Na Figura 2.7, observam-se a ocorrência da mistura de dados em duas distribuições diferentes em uma mesma amostra, vários pontos com aproximação dos limites de controle com ocorrência de dois de três pontos consecutivos fora dos limites 2σ .

Conseqüentemente, pós o conhecimento das amostras de variação que evidenciam a falta de controle, as avaliações são feitas no gráfico original tentando achar pontos fora dos limites de controle e/ou alguma configuração especial. Caso seja encontrado, o processo analisado será dito ‘fora de controle’ e, não havendo nenhuma nem outra configuração, o processo será dito ‘sob controle estatístico’.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - MATERIAIS

Os materiais utilizados para as aplicações do CEP foram as cartas de controle fornecida pela empresa do Polo Industrial de Manaus.

3.1.1 - Características da Empresa

A Empresa foi fundada em agosto de 1975 para atender a demanda crescente de produtos injetados. No início a empresa dedicava-se a injeção de gabinetes para TV e áudio, no presente, a empresa antecipando-se ao mercado, incorporou também a linha de duas rodas com a injeção de poliuretano, acabamento e montagem de conjuntos e subconjuntos otimizando assim a operação de seus clientes.

Acompanhou as tendências do mercado e adaptou sua estrutura ao que mais avançado existe na produção de plástico injetado, sendo reconhecida pela qualidade dos seus produtos e pelos resultados que proporciona aos seus clientes. Dispondo de sistema de injeção com unidades assistidas por gás e convencional como o maior diferencial domina o processo de injeção de poliuretano.

Preparando-se para os desafios de hoje e do futuro com um parque industrial moderno e flexível sua capacidade de transformação está em torno de 700 toneladas/mês. Contando com 5 linhas independentes de montagem e acabamento proporciona facilidade no recebimento da peça, pintura, secagem, serigrafia, adesivagem acabamento gráfico, montagens e fixações, testes e até embalagem e distribuição. Tudo isso em consonância com a necessidade do cliente final.

Surpreender positivamente seus clientes é com esse foco que a empresa montou seu departamento de ferramentaria, a fim de garantir maior cuidado com patrimônio de seus clientes, além de controle e segurança contra espionagem industrial, agilizando serviços prestados e reduzindo custos.

Os investimentos em tecnologia só se comparam aos investimentos em treinamento e qualificação. Contando com equipe experiente no segmento de injeção a empresa representa compromisso, técnica e investimento em seus colaboradores.

3.2 - MÉTODOS

A investigação se caracteriza como uma pesquisa-diagnóstico através de um estudo de caso com o intuito de analisar a importância da utilização do CEP nas cartas de controle das operações produtivas em uma empresa do PIM.

A pesquisa tem natureza qualitativa e quantitativa, buscando estabelecer relações entre as cartas estudadas que são os quantitativos de controle com os pontos de variabilidades das operações produtivas e também investigar e comparar os pontos críticos correlacionando-os aos processos inerentes ao funcionamento de uma organização.

No que tange à finalidade da pesquisa, pode-se dizer que, o estudo se caracteriza como descritiva, por buscar descrever a correlação entre as cartas de controle das operações produtivas com o CEP aplicado para demonstração de variabilidade e o impacto advindo desta relação.

A pesquisa foi literária, documental e de campo por meio de coleta de dados e observação direta oportunizada em visitas técnica de campo.

As informações fornecidas para pesquisa e que foram utilizadas como fonte de informação relevante ao estudo de caso valorizando as evidências oriundas de outras fontes foi: Cartas e Relatórios de Controle além de dados com planilhas mensais e gráficos. Todos esses documentos fornecidos foram analisados e trabalhados para montar a dissertação.

Ao visitar a empresa para o estudo de caso, foi observado de forma direta que o que foi relatado pelo entrevistado está de acordo com o observado.

Do qual foi detectada a veracidade da contextualização da entrevista aplicada ao gerente da empresa.

- a) Para a pesquisa bibliográfica foram utilizados materiais publicados por autores renomados, que já obtiveram resultados em pesquisas semelhantes, como artigos científicos, livros editorados e até teses de doutorado;
- b) Na pesquisa documental foram analisados os resultados das cartas de controle

c) Os dados foram coletados através de: questionários, entrevistas, formulários, relatórios, cartas de controle, dados retirados do SI, e que foram pesquisados no período 05/01/2015 à 30/10/2015.

Para a construção de gráficos de controle para variáveis obedeceram aos seguintes passos:

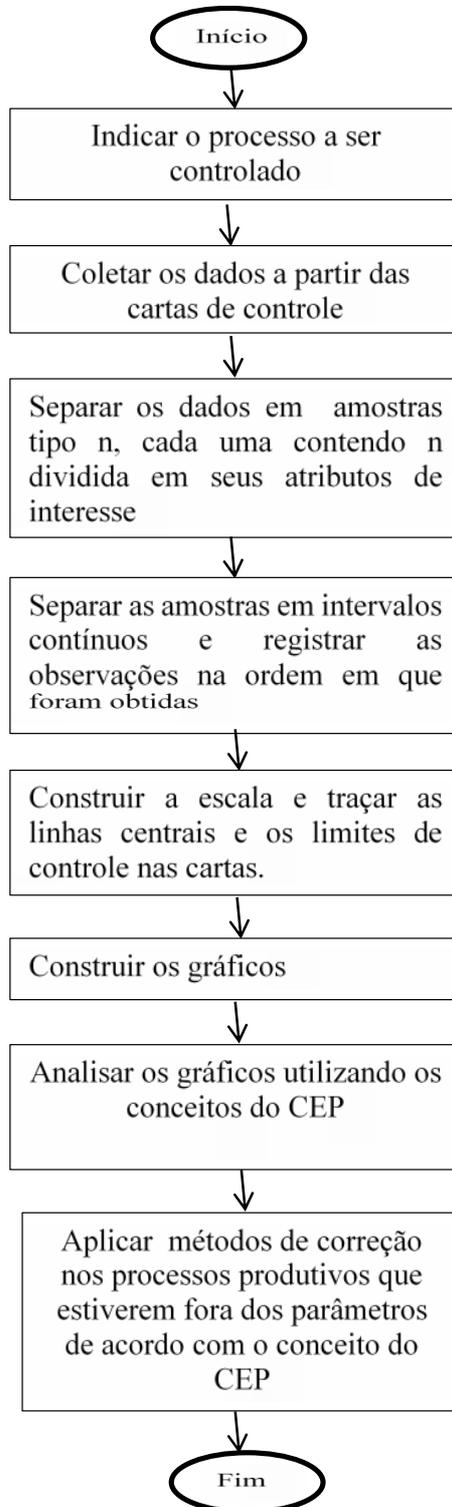


Figura 3.1 - Fluxograma do processo de aplicação do CEP nas cartas de controle.

As análises dos dados coletados no processo foram realizadas através de tabelas e interpretação dos gráficos de controle que representam a forma da metodologia avaliada, ou seja, o tipo de variação que ocorreu no processo no período estudado.

Obtidas através dos cálculos dos:

- Gráficos da média:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3.1)$$

- Gráfico de amplitude, R:

$$x_{maior} - x_{menor} \quad (3.2)$$

- Gráfico desvio padrão, s:

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (3.3)$$

E para calcular os limites de controle LSC e LIC foram utilizados os gráficos da média. Através de valores representados por pontos no gráfico, através de duas linhas horizontais: os limites de controle superior (LS), representa o deslocamento $D > 0$, e inferior (LI), para $D < 0$.

Sendo inferidas as configurações que evidenciam a ‘falta de controle’, buscou-se encontrá-las no gráfico que representa o processo simulado. Baseado nestas informações, concluindo assim, sobre a estabilidade ou não do processo.

Após a aplicação do CEP, o tomador de decisão poderá elaborar estratégia para melhorar o processo. Conforme mostra na Figura 3.2.

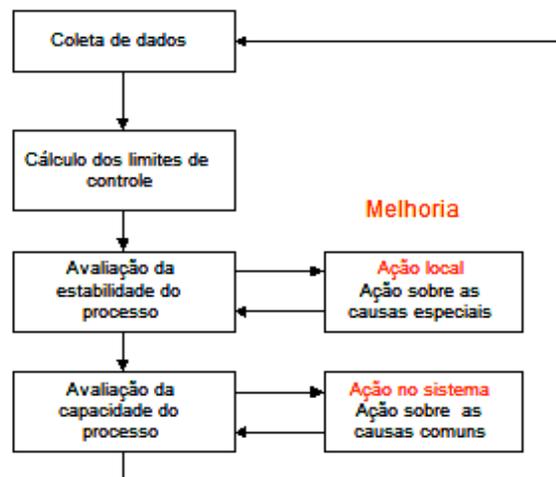


Figura 3.2 - Estratégia para melhorias no controle estatístico de processos. Fonte: RIBEIRO e CATEN (1998).

As análises efetuadas estão demonstradas no Capítulo 4 na fase de análise de dados. Os dados coletados após compilação foram representados de forma diagramática em tabelas e gráficos e a descrição sendo posteriormente interpretadas com base na fundamentação teórica a fim de elaborar o planejamento estratégico para a empresa investigada no referido estudo de campo.

Os resultados encontrados estão apresentados no Capítulo 5 da dissertação.

CAPÍTULO 4

PROCESSO

4.1 - ETAPAS DO PROCESSO DA PLACA KSSJ

Foram realizadas visitas técnicas, acompanhando todas as etapas dos processos e as montagens das cartas de controle.

Cada etapa seguiu o fluxo do processo na injeção plástica, inspeção e armazenamento da placa mostrador do velocímetro KSSJ nas dependências da empresa.

As etapas mostradas a seguir:

Etapa 1



Figura 4.1 - Preparação e verificação da fase espelhada do molde.

Na etapa 1, o operador verifica a máquina para a espelhada do molde, higieniza as faces espelhadas.

Etapa 2



Figura 4.2 - Higienização da face espelhada do molde.

Na etapa 2, o operador prepara as faces espelhadas para receber o novo molde, que será processado. Fases que são realizadas em cada início de um novo processo.

Etapa 3



Figura 4.3 - Inspeção visual do dispositivo luminoso.

Na etapa 3, o operador faz a inspeção visual do dispositivo luminoso, verificando se há alguma inconformidade

Etapa 4



Figura 4.4 - Placa sobre o dispositivo para verificar impurezas.

Na etapa 4, as peças que estão em conformidade são colocadas sobre o dispositivo para verificar as impurezas.

Etapa 5



Figura 4.5 - Placa sobre o dispositivo para impurezas.

Na etapa 5, o operador após colocar sobre o dispositivo observa se há alguma impureza.

Etapa 6

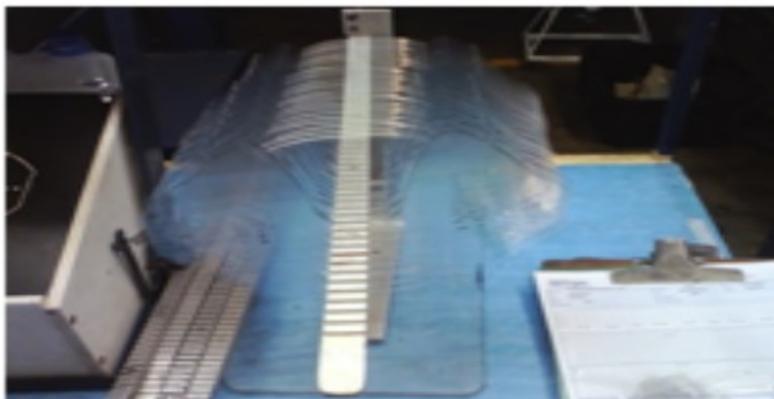


Figura 4.6 - Placas armazenadas para estufagem.

Na etapa 6, após o processo de observação de impureza, as peças conforme são arrumadas uma a uma.

Etapa 7



Figura 4.7 - Peças no processo de estufagem

Na etapa 7 as placas são colocadas na estufa e passam pelo processo de estufagem.

Etapa 8



Figura 4.8 - Peças armazenadas em carro específico após estufa.

Após o processo de estufagem as peças são armazenadas em carro específicos etapa 8.

Etapa 9



Figura 4.9 - Peças sendo confirmada dimensional na pedra sala do laboratório CQ.

Após o processo de estufagem as peças são levadas para o laboratório de CQ para serem inspecionadas, verificando se o dimensionamento está de acordo com os especificados, e os resultados são colocados nas cartas de controle etapa 9.

Etapa 10



Figura 4.10 - Peças armazenadas no monobloco específico.

Após a inspeção na sala de laboratório do CQ as peças conforme são armazenadas nos monoblocos específicos etapa 10.

Etapa 11



Figura 4.11 - Peças cobertas com manta para eliminar contaminação externa

Após o armazenamento no monobloco específico, etapa 10, as peças são cobertas com mantas para eliminar a contaminação externa, etapa 11.

Etapa 12



Figura 4.12 - Peças armazenadas no estoque da empresa.

Após a etapa 11, as peças são encaminhadas para o armazenamento no estoque da empresa, etapa 12.

Etapa 13



Figura 4.13 - Verificação das peças armazenadas no estoque da empresa.

Na etapa 13, pode-se observar forma de armazenamento das peças armazenadas nas embalagens.

Etapa 14



Figura 4.14 - Condição visual da peça no estoque da empresa isenta de impurezas.

Na etapa 14, pode-se observar que, as peças são armazenadas no estoque, com cuidados para que as peças não sejam contaminadas por impurezas externas.

Etapa 15



Figura 4.15 - Evidência da condição visual de peça sendo o par no estoque da empresa isenta de impureza.

Na etapa 15, as caixas com as peças são armazenadas de forma que não tenha contatos com o ambiente externo para que não venha ser contaminadas por impurezas.

4.2 - DADOS DO DIMENSIONAMENTO DAS PLACAS KSSJ OBTIDOS ATRAVÉS DAS CARTAS DE CONTROLE

Após as peças passarem pelo processo de estufagem é feita a inspeção do dimensionamento, seguida da montagem das cartas de controle, para que possa verificar se o processo está sob controle ou não. Na Tabela 4.1, são apresentados os dados obtidos através das cartas de controle com especificação em (mm) de Limite Inferior (LI) 1,40 mm e Limite Superior (LS) 1,60 mm.

Tabela 4.1 - Dimensionamento da placa KSSJ.

DADOS (mm.)				
Nº A	1,5±0,1	Após Estufa		
1	1,50			
2	1,48			
3	1,52			
4	1,56			
5	1,51			
6	1,50			
7	1,98			
8	1,52			
9	1,24			
10	1,54			
11	1,49			
12	1,50			
13	2,10			
14	1,52			
15	1,50			
16	1,51			
17	1,52			
18	1,12			
19	1,53			
20	1,52			
21	1,00			
22	1,49			
23	1,50			
24	1,39			
25	1,51			
26	1,49			
27	1,99			
28	1,48			
29	1,87			
30	1,51			

Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

Em seguida foram montadas classes e frequência da carta de controle demonstradas na Tabela 4.2 contendo 7 classes.

Tabela 4.2 - Frequência.

Classe			Bloco	Frequência
1	0,86		69,97	0
2	1,09		76,05	2
3	1,31		82,14	11
4	1,53		88,22	20
5	1,75		94,30	18
6	1,97		100,38	9
7	2,19		106,46	0
			Mais	0

Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

Tabela 4.3 - Dados das entregas e devoluções das placas KSSJ de Jan a Out de 2015.

KSSJ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	TOTAL
ENTREGA	21.760	6.080	21.644	16.640	28.480	15.040	18.240	34.520	24.000	24.328	210.732
DEVOLUÇÃO	5.654	1256	3657	4256	7568	2356	1896	5689	4123	3562	40.017
INDICE NG	25,98%	20,66%	16,90%	25,58%	26,57%	15,66%	10,39%	16,48%	17,18%	14,64%	18,99%

Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

Na Tabela 4.3, pode-se observar as quantidades de entregas e devoluções das peças KSSJ, visto posto que, se o processo estiver sob controle esse índice é cada vez menor, e as falhas são menos usuais. Entretanto, só é possível obter um processo sob controle quando se tem uma análise eficiente e ferramentas eficazes, por isso que, o CEP, torna-se um mecanismo de uma grande eficiência para que a produção se mantenha sob controle.

As empresas precisam evitar os desperdícios, e redução dos custos, quando se utiliza o CEP, nas análises das cartas de controle, a probabilidade de ocorrerem erros são menores, pelo fato de que os diversos métodos do CEP, só tende a buscar as mudanças nas variabilidades, em um varredura dos processos produtivos.

Tabela 4.4 - Peças produzidas e perda da placa KSSJ.

PEÇAS PRODUZIDAS E PERDA DA PLACA KSSJ				
TURNOS	TOTAL PROD.	TOTAL REFUGADO	INDICE PERDA	DATA
1°	760	340	44,73%	01/04/2015
2°	1566	354	22,60%	
3°	1510	410	27,15%	
1°	1740	180	10,34%	02/04/2015
2°	1426	144	10,09%	
3°	1266	554	43,75%	
1°	1830	90	4,91%	03/04/2015
2°	322	58	18,01	
3°				
TOTAL ACUMULADO				
1°	4.330	610	14,08%	01/04/2015
2°	3.314	556	16,77%	
3°	2.776	964	34,72%	
	10.420 Peças Prod.	2.130 Refugadas	20,44%	

Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

Conforme observado na Tabela 4.4, a empresa está tendo um índice de refugo em torno de 20,44%, de 10.420 peças produzidas 2.130 peças estão tendo refugos, índices considerados bem significantes para empresa.

Sugere-se que a verificação do CEP venha ser ampliada para os requisitos de inspeção utilizados pelo cliente final. Para que possam ser aplicadas as ferramentas da qualidade com mais eficácia, para que venha possibilitar uma melhoria nos processos, e diminuindo assim o índice de devolução das placas de resina termoplástica.

Gráficos das Figuras 4.16 – 4.19 mostrados no Capítulo 5.

Tabela 4.5 - Quanto à dureza das peças e umidade do ar.

DATA	CODIGO	DESCRIÇÃO	RELAÇÃO	POLIOL (KG)	ISO (KG)	PESO	HUMIDADE RELATIVA DO AR	QUANTIDADE PRODUZIDO	QTDE DE REFUGO	PERCENTUAL DE REFUGO	DUREZA	LIC	LSC	MÉD
27/04/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,1%	280	171	800 G	70%	530	3	0,6	350	345	360	351,483871
28/04/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,1%	280	171	799 G	69%	526	2	0,4	352	345	360	351,483871
29/04/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,1%	280	171	800 G	70%	530	4	0,8	349	345	360	351,483871
30/04/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,1%	280	171	800 G	69%	538	2	0,4	355	345	360	351,483871
01/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	801 G	69%	529	3	0,6	349	345	360	351,483871
02/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	800 g	69%	531	3	0,6	352	345	360	351,483871
03/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	798 g	70%	535	4	0,7	350	345	360	351,483871
04/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	800 g	70%	540	3	0,6	349	345	360	351,483871
07/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	800 g	69%	538	3	0,6	356	345	360	351,483871
08/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,1%	280	171	798 g	69%	540	4	0,7	353	345	360	351,483871
09/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,1%	280	171	800 g	70%	400	5	1,3	354	345	360	351,483871
10/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,1%	280	171	798 g	69%	400	3	0,6	351	345	360	351,483871
11/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,1%	280	171	800 g	69%	430	5	1,2	352	345	360	351,483871
14/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,1%	280	171	798 g	50%	400	7	1,8	349	345	360	351,483871
15/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	800 g	52%	380	6	1,6	345	345	360	351,483871
16/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	800 g	51%	390	5	1,3	349	345	360	351,483871
17/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	800 g	50%	358	5	1,4	350	345	360	351,483871
18/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	798 g	51%	340	4	1,2	360	345	360	351,483871
21/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	800 g	50%	300	4	1,3	352	345	360	351,483871
22/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	798 g	52%	330	5	1,5	353	345	360	351,483871
23/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	800 g	51%	350	5	1,4	346	345	360	351,483871
24/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	798 g	52%	300	7	2,3	352	345	360	351,483871
25/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,8%	280	173	800 g	50%	320	3	0,9	349	345	360	351,483871
28/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,8%	280	173	800 g	51%	330	3	0,9	351	345	360	351,483871
29/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,8%	280	173	800 g	51%	300	4	1,3	350	345	360	351,483871
30/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,8%	280	173	801 G	52%	350	3	0,9	355	345	360	351,483871
31/05/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,8%	280	173	800 g	52%	335	6	1,8	356	345	360	351,483871
01/06/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	798 g	50%	340	3	0,9	352	345	360	351,483871
04/06/2012	187600100	ALMOFADAS 53 P	59,6%	280	167	100kg	50%	240	7	2,9	347	345	360	351,483871
05/06/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	800 g	52%	350	4	1,1	353	345	360	351,483871
06/06/2012	176600100	ALMOFADA 18 D	61,4%	280	172	801 G	52%	330	3	0,9	355	345	360	351,483871

Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

Quanto à dureza das peças e umidade do ar, ficam bem mais visível e de melhor entendimento quando se transforma em gráficos, por, proporcionar uma melhor visualização para uma análise mais eficiente.

As Figuras 4.16 – 4.19 mostram de forma mais pontual o andamento dos processos. Os gráficos foram elaborados a partir da Tabela 4.5.

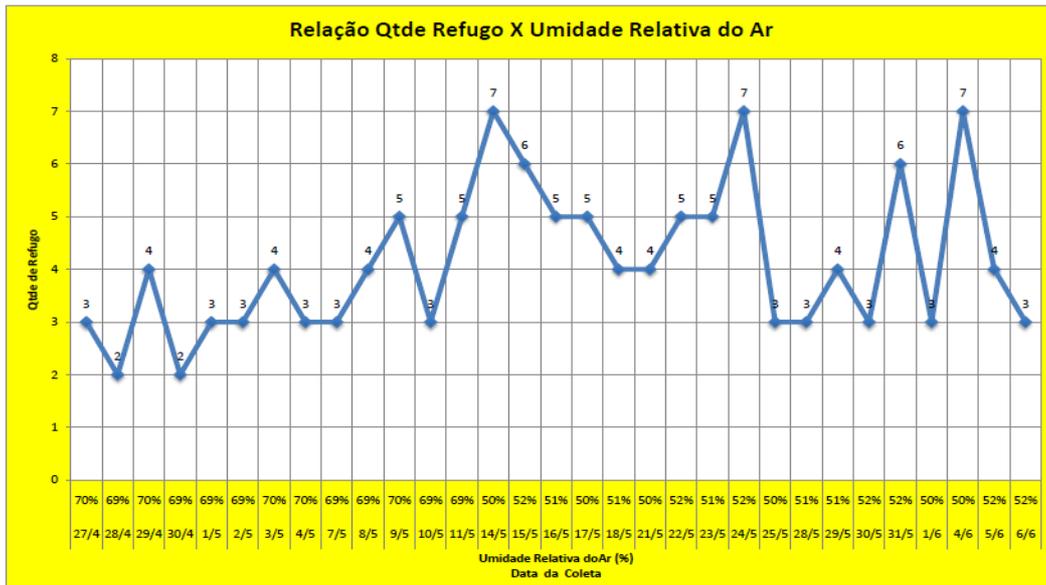


Figura 4.16 - Gráfico de refugo x umidade. Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

Conforme se observa a Tabela 4.5, quando demonstrada em gráficos a visualização do andamento do processo fica bem mais visível, o CEP auxilia para que as análises possam ser com mais eficácia e a empresa possa melhorar sua produtividade com mais qualidade.

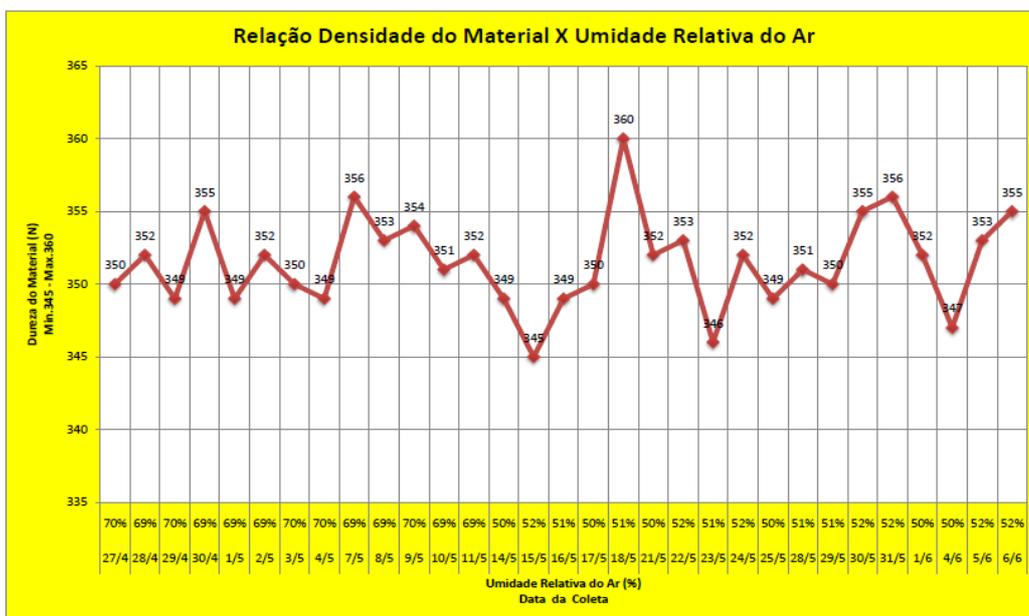


Figura 4.17 - Gráfico de material x umidade. Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

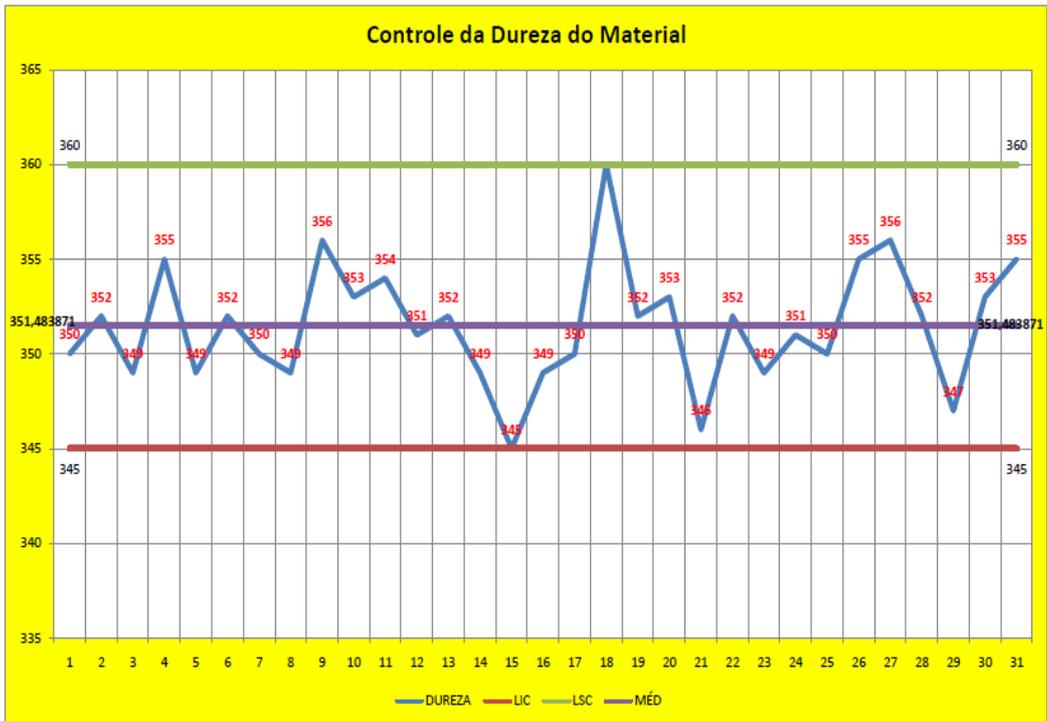


Figura 4.18 - Gráfico da dureza do material. Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

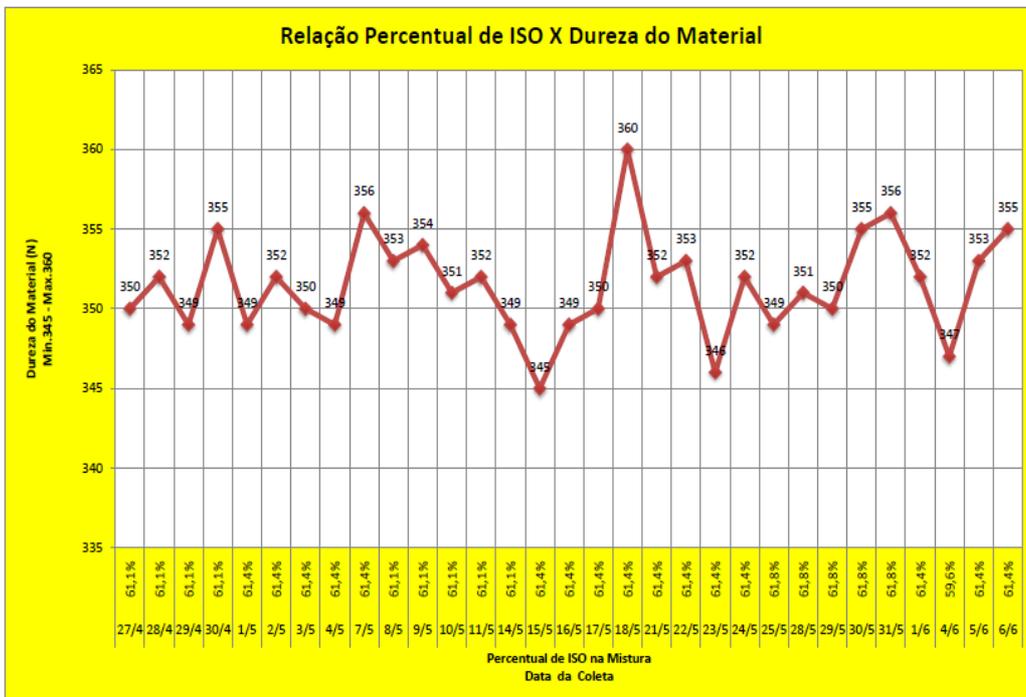


Figura 4.19 - Gráfico de material x umidade. Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

5.1 - O USO DO CEP NAS ANÁLISES DAS CARTAS DE CONTROLE

Como já observado o CEP traz uma análise mais visual e com maior alcance nas causas, por demonstrar com uma maior eficiência o andamento do processo. O CEP ao ser aplicado nas cartas de controle, traz um parâmetro do andamento da produção através das demonstrações gráficas, na qual, o analista pode observar se os resultados após as inspeções estão dentro ou fora dos limites. Apresentando um resultado final do processo produtivo, se está sob ou fora de controle. As Figuras 5.1 – 5.3, mostram a aplicação do CEP nas Tabelas 4.1 – 4.4.

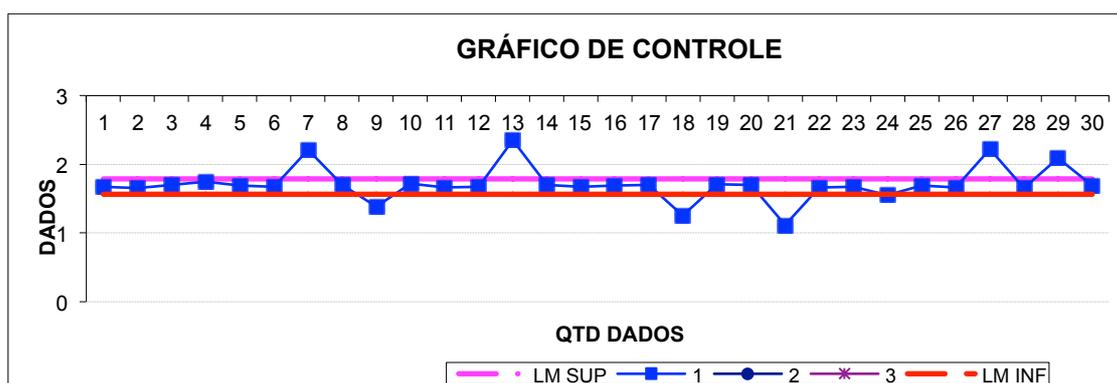


Figura 5.1 - Gráfico de controle após as peças passarem pelo processo de estufagem.

Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

Na Figura 5.1, mostra o gráfico de controle com o LI e LS, observa-se que, os registros gráficos, encontram-se fora de controle, que há pontos que não estão dentro dos parâmetros de aceitação. Mostrando-se que, o gráfico de controle dá uma visão do processo, que permite averiguar se o processo está sob controle ou não. Sugere-se que, a empresa faça uma averiguação no processo de estufagem, visto que, o processo que mostra a não conformidade está após a peça passar pela estufa.

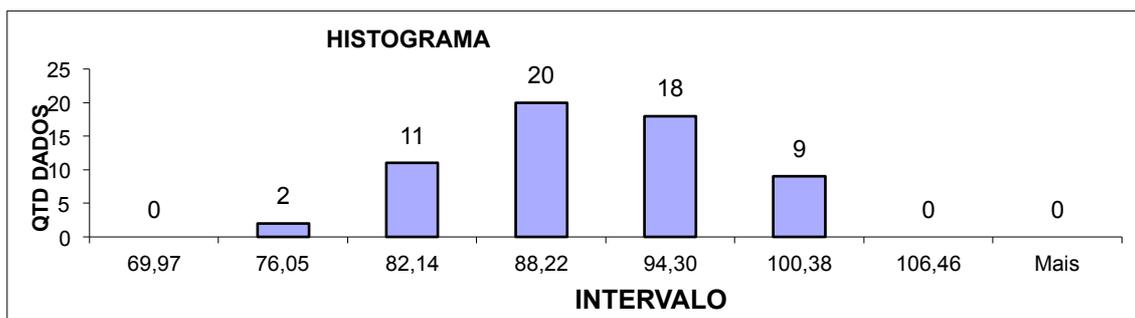


Figura 5.2 - Histograma das classes após as peças passarem pelo processo de estufagem. Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

Já no histograma a mesma carta de controle dá uma visualização do processo em outro formato, cuja dá a mesma visualização dos resultados sob outro formato, utilizando as classes e suas frequências.

Percebe-se que, os níveis encontram-se fora de controle. Portanto as peças após passarem pelo processo de estufagem conforme a aplicação do CEP, encontra-se fora de controle, causando assim, prejuízos para a organização, onforme mostrado na Figura 5.3.

MÉDIA	1,53	CPK	0,11	INACEITÁVEL
DESVPAD	0,22			

Figura 5.3 - Média e desvio padrão após a análise da carta de controle das dimensões após estufagem. Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

A média e o desvio padrão auxilia na análise das cartas de controle utilizando o CEP. Proporcionando um parâmetro Aceitável e Inaceitável, para que o diagnóstico da situação do processo possa ser mais eficiente.

Ao analisar as Figuras 5.1 – 5.3, pode-se observar que, os dados alimentados nas cartas de controle, após o processo de estufagem, encontram-se fora dos limites de controle, demonstrando uma grande variabilidade, de forma que o desvio padrão ficou em torno de 0,22 e a média em 1,53. Visto que, a dimensão é de $1,5 \pm 0,1$ mm. Foram copiladas 7 classes, com desvio padrão de 0,03 entre as classes e com intervalo de 6,08 entre os blocos, conforme apresentado no histograma da Figura 5.2.

Ao aplicar CEP nas análises das cartas de controle, pode-se observar que, o maior problema concentrou-se no processo de estufagem que tem causado um refugo com perdas consideradas prejuízos para a empresa.

O CEP, dá um parâmetro mais preciso do ponto de variabilidade e tolerância. Proporciona um resultado dos processos com mais eficácia, na busca de eliminar falhas e diagnosticar pontos críticos.

Espessura das peças após o processo de estufagem.

Observa-se que, tanto na Figura 5.4 quanto na Figura 5.5, tem-se um parâmetro geral da situação do processo, na qual, dá uma visualização mais precisa da produção. O CEP traz um parâmetro do comportamento produtivo, em uma visualização mais focada e uma análise mais pontua os resultados tornam-se mais precisos.

Na empresa em estudo, observa-se que, a empresa está com o processo fora do limite de controle, e que o ponto crítico está na parte de estufagem. Depois que as peças passam pela máquina de estufagem elas estão ficando com refugos, e os índices de devolução está significativamente alto. Isso demonstra que a empresa tem tido prejuízos.

Conforme mostra a Figuras 5.4, observa-se os dados de entrega e devolução das peças no período que corresponde de Jan à Out de 2015. Assim também fora mostrada na Figura 5.5 um outro modelo de gráfico, para representação dos dados.

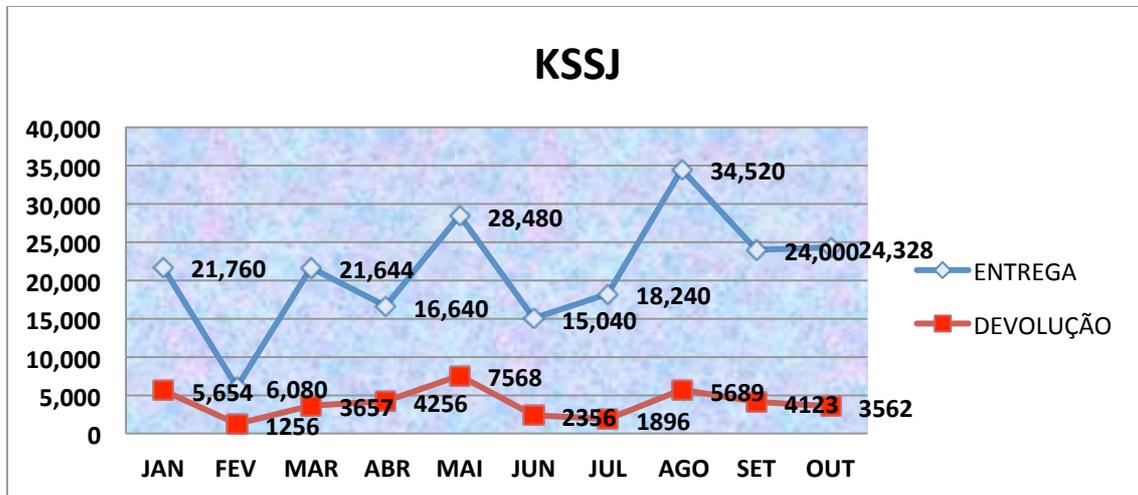


Figura 5.4 - Gráfico de entrega e devolução. Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

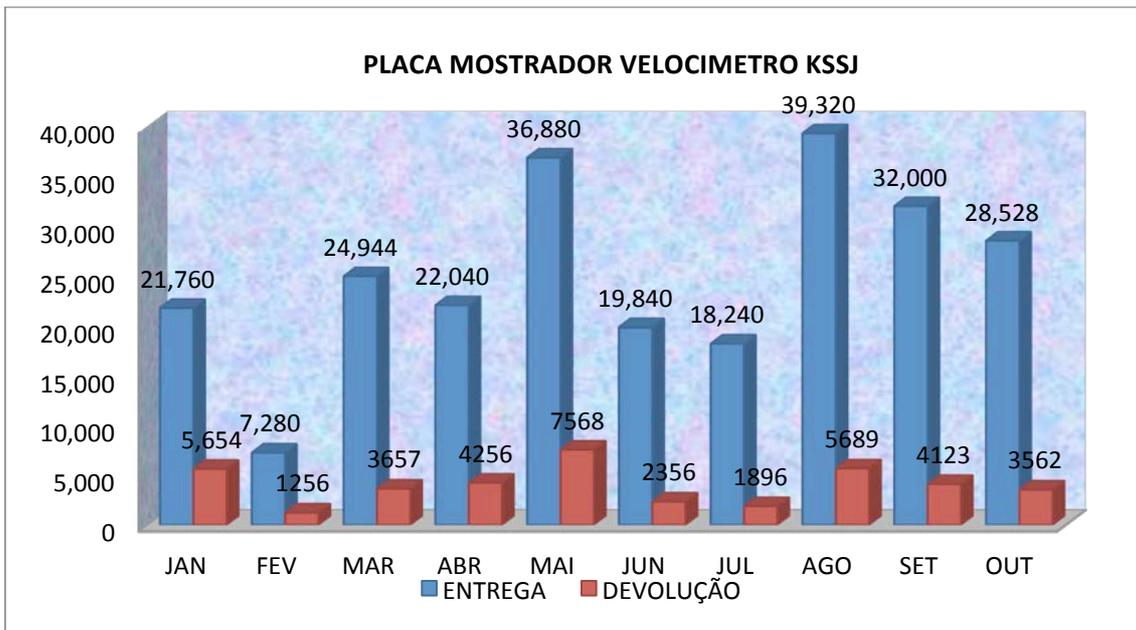


Figura 5.5 - Gráfico de entrega e devolução. Fonte: EMPRESA SPRINGER DA AMAZÔNIA LTDA. (2015).

Sugere-se que, a empresa invista na manutenção da máquina de refugo, pois, de acordo com a análise do CEP, é o processo que tem causado maiores perdas e variabilidade.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo de caso mostraram o CEP como instrumento muito eficiente no monitoramento de processos, atendendo o objetivo proposto, permitindo auxiliar na aplicabilidade das ferramentas da qualidade, melhoria contínua, além de, atender as necessidades do controle das variabilidades, podendo auxiliar nas pesquisas e diagnóstico de pontos críticos. O CEP a ser aplicado na empresa em estudo, pode-se perceber que, a maior variação dos pontos fora de controle estava centralizada nas devoluções das peças de resina termoplásticas, além de, demonstrar uma maior eficiência na detecção de pequenas variações na média da característica da qualidade monitorada em curto intervalo de tempo utilizando um menor número de amostragem.

Outro ponto abordado foi o valor médio deste processo, após ter sido detectada uma situação fora de controle com a demonstração de tabelas e gráficos. A utilização do CEP apresentados através de tabelas e gráficos de controle para monitorar características da qualidade de um processo proporciona vantagens, considerando-se aspectos estatísticos e econômicos. Olhando sob o ponto de vista estatístico, a análise das cartas de controle utilizando o CEP, torna-se importante por ter apresentado através das tabelas e gráficos a sinalização de ocorrência de uma causa especial, que foi o índice de devolução em determinados períodos. Já sob o ponto de vista econômico, uma análise eficiente pode ocasionar uma redução nos custos relacionados a diminuição das devoluções de produtos entregues ao cliente final, assim como, redução nas perdas ocasionadas pela não conformidade dos produtos manufaturados.

A utilização do CEP nas cartas de controle se torna importante sendo empregado como métodos estratégicos, para a melhoria contínua, servindo para aperfeiçoar os resultados, mantendo-se nos níveis desejados, caso contrário, tornar-se-ão apenas mais o fator de custo que não agrega valor algum ao produto ou processo. Visto posto que, a diminuição dos prejuízos, obtidos por meio de sinalização mais precisa, considera-se imprescindível, pois, todos os planejamentos internos ou externos à organização,

permaneçam devidamente integrados e alinhados com as políticas e os objetivos da empresa. Dessa forma, o sucesso ou fracasso das análises das cartas de controle, dependerá de um bom método. A utilização do CEP para a investigação de limites de controle dependerá de uma avaliação lógica de todo o sistema, cabendo ao analista a responsabilidade indelegável para o alcance dos resultados.

A presente pesquisa desenvolveu uma ordenada aplicação do CEP nas cartas de controle para controle de processo, buscando contribuir, na orientação adequada sobre a utilização do CEP nas análises das cartas de controle. Na busca de trazer relevância para os profissionais que fazem (ou farão) uso deste instrumento em seus procedimentos, atentando para a importância da utilização do CEP no monitoramento das cartas de controle e, principalmente, na forma sistemática de interpretar as configurações que demonstram o comportamento do processo, para que providências possam ser tomadas de forma mais eficiente. Após a aplicação do CEP nas cartas de controle, pode-se analisar que a empresa estava tendo um grande índice de refugo e devoluções de peças entregues, causando assim um grande prejuízo para a empresa. O CEP pode demonstrar que o maior problema se encontrava na máquina de estufagem. Decorrente de que, as peças ficavam fora dos limites de tolerância depois de passagem pela estufa.

Sugere-se que, a empresa invista na manutenção da máquina para eliminar tais refugos e conseqüentemente a devolução das peças. Problema este se caso não for solucionado poderá acarretar até mesmo a falência da organização. Em sumula, o CEP demonstrou uma grande eficiência e seguida da eficácia, pois, diagnosticou o problema e a causa do problema, abrindo um diagnóstico mais preciso, para que a empresa possa atuar de forma a solucionar o problema. Surgindo assim, melhorias no futuro, e como o CEP contribuirá para essa melhoria ou ainda, demonstrar a manutenção dos resultados necessários à sustentação da satisfação dos clientes.

6.2 - SUGESTÕES

Os estudos abaixo são colocados como sugestões para a continuação da pesquisa em outras etapas:

- Continuar o estudo aplicando o CEP em outras empresas, evoluindo para seguimentos além das indústrias. Busca aperfeiçoar os atributos para atender as necessidades da organização.

- Utilizar com maior periodicidade o CEP para diagnosticar os pontos de maior variabilidade.
- Desenvolver mecanismo de análise utilizando o CEP como parâmetro de estudo.

Sugere-se que, a empresa adote a ferramenta CEP para análise das cartas de controle, para estudos dos processos produtivos, e diagnosticar pontos críticos, para que a empresa possa aplicar de forma mais pontual e eficiente ferramentas corretivas. Para obter desenvolvimento organizacional e melhoria contínua na busca de redução de custo e crescimento organizacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIVERDI, R., MOSLEMI NAENI, L., SALEHIPOUR, A., “Monitoring project duration and cost in a construction project by applying statistical quality control charts”. *Int. J. Proj. Manag.* 2013. 411–423.

AMORIM, Claudio Roberto Gonçalves de. “Ferramentas da Qualidade nas Indústrias de Papel e Celulose da Bahia”; *Revista Sodebras*. Volume 10. n° 109. Janeiro/ 2015.

CHENG, Zhi-Qiang, Yi-Zhong, Bu Jing, Song Hua-Ming. “Mean Shifts Diagnosis And Identification In Bivariate Process Using Ls-Svm Based Pattern Recognition Model”. *International Journal Of Industrial Engineering*. 20(7-8), 453-467. 2013.

CUNHA, Maria dos Anjos Beirigo; VASCONCELOS, Fernanda Carla Wasner. “Inovação: Características das Indústrias e Confecção do Vestuário do Município de Divinópolis/Mg”. *Revista Sodebras*. Volume 9. n° 103. Julho/ 2014.

EDQUIST, Charles. *Innovation Policy Design: Identification of Systemic Problems*. Circle. Lund University. Sweden. 2011.

KAKUDA, Sandro Mikio; JUNIOR, Pedro Paulo Andrade. *Controle Estatístico em Processos Industriais*. Perspectivas Online. Ciências Exatas e Engenharia. 2013.

LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos de metodologia científica*. 9. ed. São Paulo: Atlas 2012.

LIM, Sarina Abdul Halim; ANTONY, Jiju; GARZA-REYES, Jose Arturo; ARSHED, Norin. “Towards a conceptual roadmap for Statistical Process Control implementation in the food industry”. *Trends in Food Science & Technology* xx. 1e13. 2015.

MACHADO, José Fernando. *Método Estatístico: Gestão de Qualidade para Melhoria Contínua*. São Paulo: Saraiva. 2010.

MATSUSHITA, R. Y. *O que é estatística?* 2010. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/ie/est/>>. Acesso. 26/04/2015.

MONTGOMERY, Douglas; RUNGER, George. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. 4 ed. Rio de Janeiro: Livros Tecnicos e Cientificos Editora S.A. 2009.

MUNIR, M. TAJAMMAI; YU, W.; YOUNG, B.R; WILSON, David I.; “The current status of process analytical technologies in the dairy industry; Industrial Information & Control Centre”. *Trends in Food Science & Technology* xx, 1e14, no século XX. Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

PALLADINI, Edson Pacheco; et tal.; *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

REYNOLDS Jr., M.R., LOU, J.Y., “An evaluation of a GLR control chart for monitoring the process mean”. *Journal of Quality Technology* 42. 287–310. 2010.

ROCCO, J. Perla; LLOYD, P. Provost; SANDY, K. Murray; “The run chart: a simple analytical tool for learning from variation in healthcare processes”; *BMJ Qual Saf*, 20: 46-51. 2011.

RYAN, Thomas P. *Statistical Methods for Quality Improvement*. New York, Wiley. 2. Ed. 2011.

SALSBURG, D. *Uma senhora toma chá...: como a estatística revolucionou a ciência*. 2009.

SAMOHYL, R. W.; HENNIN, E.; WALTER, O. M. F. C.; COSTA, R. N. *Aplicações na Engenharia de Produção voltadas ao Controle Estatístico da Qualidade com o Excel*. Produção em foco artigo, Centro Universitário Tupy – UNISOCIESC Joinville. Santa Catarina. Brasil - ISSN 2237-5163 / v. 03. n. 01: p. 144-162. ano 2013.

YIN, Robert K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman. 2010.

ZHOU, W., LIAN, Z., “Optimum design of a new VSS-NP chart with adjusting sampling inspection”. *International Journal of Production Economics*. 129. 8–13. 2011.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. *Avaliação de sistemas de medição*. 2.ed. Belo Horizonte: Werkema. 2012. 111p.