



Alexandro Assunção da Silva

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DE UM COMPONENTE MANUFATURADO POR
PROCESSO DE USINAGEM: ESTUDO DE CASO**

Horizontina - RS

2020

Alexandro Assunção da Silva

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DE UM COMPONENTE MANUFATURADO POR
PROCESSO DE USINAGEM: ESTUDO DE CASO**

Projeto do Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para o Trabalho Final de Curso na Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina, sob orientação do professor Sirnei César Kach, Me.

Horizontina - RS

2020

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

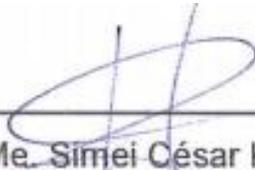
A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“ANÁLISE ESTATÍSTICA DE UM COMPONENTE MANUFATURADO POR
PROCESSO DE USINAGEM: ESTUDO DE CASO”

Elaborado por:
Alexandro Assunção da Silva

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

Aprovado em: 03/12/2020
Pela Comissão Examinadora



Me. Símei César Kach

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Me. Cassia Bordim Santi

FAHOR – Faculdade Horizontina



Me. Fernanda Dresch

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2020

Dedico este trabalho aos meus pais Valdemir e Edi e também a minha namorada Daniela. O apoio recebido por vocês foi de extrema importância e foi o que me incentivou a seguir em frente.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradeço a Deus por iluminar meu caminho e me guiar até este momento, por me ajudar a superar todos os obstáculos difíceis desta jornada, e me fortalecer com sua graça.

Ao meu pai, sua humildade e teus ensinamentos foram o que me impulsionaram na vida acadêmica. A minha Mãe, sua perseverança e garra me mostraram que o mundo pode ser meu e que é só questão de querer.

A minha namorada, Daniela sua companhia e seu carinho foram o que me confortavam nos meus momentos difíceis.

A Valesca Bicca amiga da família, por todo o apoio e ajuda ofertado a mim que contribuiu imensuravelmente para que eu alcançasse os meus sonhos. Serei eternamente grato!

Agradeço a empresa JAMA, por permitir que eu desenvolvesse meu trabalho em suas instalações e também por me disponibilizar dos materiais necessários.

Agradeço também ao meu orientador, Sirnei, pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho e em especial por disseminar sua vasta sabedoria entre os acadêmicos.

Deixo aqui o meu muito obrigado a todos os envolvidos nesta minha trajetória.

“O sucesso não consiste em não errar, mas em não cometer os mesmos equívocos mais de uma vez.”
(George Bernard Shaw)

RESUMO

Empresas grandes nos dias de hoje procuram sempre fornecimento de peças com qualidade e preços condizentes com o projeto solicitado, em meio as exigências, as indústrias indicam aos seus fornecedores que explorem ao máximo as possibilidades de eliminar erros no processo e também que cultivem a redução de custo. Nesse sentido, ressalta-se a importância da aplicação do CEP em processos de manufatura dentro das indústrias com foco na minimização da instabilidade e redução de não conformidade assim eliminando gastos com retrabalho ou fabricação de novos lotes. Caracterizado como pesquisa-ação o presente trabalho é desenvolvido em uma empresa gaúcha da região noroeste chamada Metalúrgica JAMA, sua principal função é fornecer peças usinadas com diferentes acabamentos. Buscando identificar variações de processo tendenciosas à não conformidade, o enredo desse trabalho é voltado para aplicação de CEP com auxílio de ferramentas da qualidade que procuram simplificar os resultados do acompanhamento e coleta de dados feitos com o intuito de gerar meios gráficos demonstrar ao gestor do processo a instabilidade inerente a manufatura atual feita. Sua estrutura possui sua base em metodologias e técnicas obtidas de literaturas e manuais automotivos desenvolvidos especificamente para o mesmo assunto tratado. Destacando os principais resultados do trabalho, destacam-se o desenvolvimento de gráficos e cálculos com o uso do software Minitab, criação de cartas de controle, folhas de verificação e análises descritivas com foco no julgamento do processo junto de sugestões de melhorias.

Palavras-chave: CEP. Qualidade. Variabilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Diagrama de Pareto	27
Figura 2: Folha de verificação ilustrativa	30
Figura 3: Gráfico de controle ilustrativo	32
Figura 4: Regiões correspondentes de cada sigma	34
Figura 5: Segmentação dos sigmas	35
Figura 6: Gráfico ilustrativo de processo descontrolado	36
Figura 7: Sequência de pontos anormais	37
Figura 8: Dois tipos existentes de tendência	38
Figura 9: Linha de tendência	38
Figura 10: Ilustração de uma causa especial	39
Figura 11: Simbologia de fluxograma	42
Figura 12: Objetivos de cada ação do DMAIC	43
Figura 13: Ferramentas ideais para cada estágio do DMAIC	44
Figura 14:Etapas do capítulo análises dos resultados	58
Figura 15: Imagem panorama da JAMA.....	59
Figura 16: Layout interna da JAMA	60
Figura 17: Layout interno.....	61
Figura 18: Cartão vermelho preenchido	62
Figura 19: Cabeçalho de registro de NC	64
Figura 20: Gráfico dos 10 mais reincidentes	66
Figura 21: Proporção curva ABC (15 meses / registros de diâmetros maiores)	67
Figura 22: Eixo ABC89464	68
Figura 23: Sequência de operações.....	69
Figura 24: Ciclos dos processos secundários	73
Figura 25: Processos relacionados a diâmetros do projeto.....	74
Figura 26: Retífica Centerless convencional	75
Figura 27: Cabeçalho da carta de controle.....	76
Figura 28: Dimensões do ajuste	78
Figura 29: Micrômetro 25 - 50mm utilizado	78
Figura 30: Regiões de medição.....	79
Figura 31: Gráfico média amostral (Carta Xbarra-R X1;X2;X3).....	81
Figura 32: Gráfico das amplitudes.....	82

Figura 33: Valores dos limites de controle das médias	84
Figura 34: Média da 1 ^o amostra	84
Figura 35: 1 ^o registro de dados ascendentes	85
Figura 36: Análise da 7 ^o até a 16 ^o amostra	86
Figura 37: Segmento do gráfico da 17 ^o amostra até a 21 ^o	87
Figura 38: Últimas 9 amostras da carta de controle	88
Figura 39: Oscilação do processo	89
Figura 40: Carta de controle com 8 critérios de causas especiais	91
Figura 41: Gráfico das amplitudes com os 8 critérios.....	92
Figura 42: Histograma de capacidade.....	93
Figura 43: Gráfico de capacidade	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Amostragem	23
Quadro 2: Critérios de causas especiais	40
Quadro 3: Portfólio de peças JAMA	59
Quadro 4: Cabeçalho diário de bordo parte da carta de controle	77
Quadro 5: Dados coletados	80
Quadro 6: Seção do diário de bordo	90
Quadro 7: Valores de calibração do micrômetro	96
Quadro 8: Quantidade de passadas	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Códigos e causas	63
Tabela 2: Porcentagem das causas	65
Tabela 3: Ranking - A - Curva ABC.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS (se necessário)

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIAG – *Automotive Industry Action Group*

CEP – Controle Estatístico de Processo

CNC – Controle Numérico Computadorizado

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

EUA – Estados Unidos da América

ISO – *International Organization for Standardization*

MP – Matéria-prima

ME – Micrômetro Externo

NBR – Norma Brasileira

NC – Não Conformidade

OP – Ordem de Produção

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PDCA – *Plan Do Check Act*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA	15
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.4 HIPÓTESES	17
1.5 JUSTIFICATIVA	18
1.6 OBJETIVOS	19
1.6.1 Objetivo Geral	19
1.6.2 Objetivos Específicos	20
2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 FUNDAMENTOS E MÉTODOS CIENTÍFICOS.....	21
2.1.1 Métodos estatísticos	21
2.1.2 Definição de CEP	22
2.1.3 Amostragem	23
2.1.4 Capabilidade de processo	24
2.1.5 Performance de Processo	25
2.1.6 Diagrama de Pareto	27
2.1.7 Folha de verificação	29
2.1.8 Gráficos de controle por variáveis X barra	30
2.1.8.1 Cartas de controle por variáveis	32
2.1.8.2 Cartas de controle por atributos	33
2.1.8.3 Seis Sigmas.....	34
2.1.8.4 Processo descontrolado	35
2.1.8.5 Sequência de pontos	36
2.1.8.6 Linhas de tendência	37
2.1.8.7 Causas especiais	39
2.1.9 Fluxograma	41
2.1.10 DMAIC	42
2.2 HISTÓRICO DA ESTATÍSTICA NA QUALIDADE	44
2.2.1 Controle Estatístico da Qualidade	45
2.3 CONTROLE DA QUALIDADE	46
3 METODOLOGIA	48
3.1 LOCAL DE PESQUISA	48
3.2 MONOGRAFIA OU ESTUDO DE CASO.....	48
3.3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	49
3.3.1 Pesquisa aplicada	49
3.3.2 Pesquisa Descritiva	50
3.3.3 Pesquisa-ação	50
3.4 TÉCNICAS DE PESQUISA	51
3.4.1 Observação direta intensiva	51
3.5 MÉTODO DE ABORDAGEM	52
3.5.1 Método dedutivo	52
3.5.2 Abordagem quantitativa	53
3.6 MÉTODO DE PROCEDIMENTO.....	53
3.7 OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES.....	54
3.8 ANÁLISE DE DADOS.....	56
3.9 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	56
3.9.1 Recursos Humanos	56

3.9.2 Recursos Materiais.....	57
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	58
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	58
4.1.1 Gestão dos produtos	60
4.2 ESCOLHA DA CAUSA PARA APLICAÇÃO DO CEP	64
4.3 ESCOLHA DO <i>PART NUMBER</i> PARA APLICAÇÃO DO CEP	66
4.4 PROCESSOS PRIMARIOS DE FABRICAÇÃO DO ITEM ABC89464	69
4.5 PROCESSOS SECUNDÁRIOS DE FABRICAÇÃO DO ITEM ABC89464	72
4.6 COLETA DE DADOS	73
4.6.1 Iniciando os registros do CEP.....	76
4.6.2 Seleção dos instrumentos de inspeção	77
4.6.3 Diretrizes da coleta de dados.....	79
4.6.4 Dimensões coletadas e dedução prévia.....	80
4.7 ANÁLISES E RESULTADOS	83
4.7.1 Auditoria dos dados em relação ao diário de bordo e projeto	88
4.7.2 Análise em consideração aos 8 critérios de causas especiais	91
4.7.3 Dados estatísticos gerados do processo.....	92
4.7.4 Causas especiais identificadas no processo.....	94
4.7.5 Sugestão de melhoria	97
CONCLUSÃO	101
REFERÊNCIAS.....	103
APÊNDICE A – FRAÇÃO DA TABELA REGISTRO DE NC (MARÇO DE 2020)..	105
APÊNDICE B – SEGMENTO DA CURVA ABC	106
APÊNDICE C – PARETO – CLASSE A – QUANTIDADE DESPERDIÇADA	107
APÊNDICE D – DESENHO DO ITEM ESCOLHIDO PARA ESTUDO ABC89464 .	108
APÊNDICE E – FLUXOGRAMA DE PROCESSO DO ITEM ABC89464	109
APÊNDICE F – CARTA DE CONTROLE X-AM.....	112
APÊNDICE G – FLUXOGRAMA DA COLETA DE DADOS.....	113
APÊNDICE H – DADOS COLETADOS (1º MEDIÇÃO)	114
APÊNDICE I – DADOS COLETADOS (2º MEDIÇÃO)	115
APÊNDICE J – DADOS COLETADOS (3º MEDIÇÃO)	116
APÊNDICE L – DIARIO DE BORDO	117
ANEXO A – LAUDO DE CALIBRAÇÃO DO MICRÔMETRO	118

1 INTRODUÇÃO

Em um mundo de constante atualização e novas tecnologias, a sobrevivência das empresas metalúrgicas sejam elas de pequeno ou médio porte dependem do quanto às mesmas conseguem atender às solicitações de seus clientes. Para isso, tempo de processo, qualidade do produto, agilidade de entrega são pontos chaves para se alcançar o sucesso e também requisitos que muitas vezes insere empresas no topo da cadeia de fornecedores, garantindo esses três pontos e se mantendo atualizado junto das novas tecnologias e tendências do mercado, faz com que o negócio se torne competitivo e se destaque entre a concorrência. Porém, um dos obstáculos para ganhar espaço neste ramo onde a cada ano aumenta o nível de exigência, considerando que a melhoria contínua prevaleça dentro da manufatura é manter o processo estável durante a produção e controlado a fim de transmitir confiança ao cliente no adquirir o produto acabado.

Empresas nos dias de hoje buscam sempre extrair o melhor de seus processos para obter lucratividade e satisfação dos envolvidos, para tal feito às atividades de manufatura são analisadas e planejadas para que durante a execução o gasto seja mínimo, assim como o tempo gasto eliminando desperdícios. Sendo assim, durante o percurso da matéria-prima crua até o produto acabado, variações de processos são muitas vezes identificadas e para tais, a necessidades de saná-las é evidente trazendo com elas o CEP (controle estatístico de processo).

Para reduzir o tempo de produção, aumentar a qualidade junto da produtividade, se faz necessário voltar os esforços unicamente para os processos de manufatura. O que faz da metodologia do CEP a ideal para destacar as variações de processo.

CEP, conhecido como um método complementar ao *Six Sigma*, busca aprimorar o processo eliminando as variações existentes durante a fabricação através de um trabalho em conjunto com auxílio de demais ferramentas, trazendo uma alta qualidade que é agregada ao produto. Para tal feito a metodologia utiliza um rol de dados quantitativos que são coletados para alimentar a chamada de cartas de controle onde a mesma auxilia na identificação e na análise das variações de processo.

Historicamente, os métodos estatísticos têm sido mais aplicados a peças e em alguns casos a processos, entretanto a literatura nos diz que o método pode ser aplicado para as duas situações, porém com a aplicação diferente cuja mesma é específica em cada caso, podendo ser avaliada com variáveis ou por atributos.

Buscando aplicar o método estatístico na prática, entra em vigor a empresa, cenário onde se desenvolve o produto objeto de estudo. Atualmente a empresa atua no segmento agrícola e é referência na região instalada, seu foco é usinagem de peças, porém também desenvolve conjuntos soldados de pequeno porte, atendendo as principais montadoras de colheitadeiras, tratores e retroescavadeiras do Brasil. Produz peças de diferentes modelos conforme projeto do cliente e é certificada pela NBR ISO 9001/2015.

Neste contexto, o presente estudo busca propor uma ação de melhoria através de uma análise feita nas variações de medidas encontradas com o auxílio das ferramentas da qualidade focando especificamente no controle do processo, tendo como objetivo aumentar a produtividade minimizando os defeitos sobre um item com índice de reincidência de não conformidade elevado.

1.1 TEMA

O tema deste trabalho consiste em analisar as variações de medida presente no processo de manufatura aplicando o método de CEP.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho delimita-se no desenvolvimento de um CEP avaliando as variáveis mais importantes de um estudo de capacidade, estas são representadas pelos índices de variações do processo e também pelo índice de descentralização de processo, partindo da extração de dados de uma peça classificada como a mais recorrente internamente dentro dos controles da qualidade da Metalúrgica JAMA.

Partindo do pressuposto de que a capacidade medida pelo índice de C_p busca sempre fazer comparações intrínsecas ao processo relacionadas com a variação máxima permitida considerando os limites estipulados pela engenharia e ignorando a centralização do processo. Já o índice C_{pk} responsável por gerir a centralização, leva em conta suas tolerâncias sejam elas bilaterais ou unilaterais, juntos esses dois

índices são de extrema importância serem avaliados em conjunto pois seus resultados afetam diretamente um ao outro.

Em toda a extensão do trabalho, será possível visualizar ferramentas da qualidade utilizadas exclusivamente para auxílio na obtenção de resultados pertinentes para se alcançar o objetivo de analisar estatisticamente um processo de usinagem em um componente manufaturado, essas ferramentas podem ser divididas em duas etapas, na primeira etapa haverá fluxogramas, diagrama de Pareto e sua extensão chamada curva ABC essas ferramentas estão classificadas na primeira etapa em virtude de que são voltadas para a extração de informações do processo.

Na chamada segunda etapa o uso da carta de controle, folha de verificação, e histograma serão utilizados na manipulação dos dados obtidos com o uso das ferramentas na primeira etapa.

Perante o fato de que o item é exclusivamente usinado, o trabalho abordará contextos referente ao processo de industrialização e se estenderá até o ponto de que uma sugestão de melhoria que será feita de acordo com os resultados encontrados, para informações mais aprofundadas e mais específicas, o mesmo caberá à trabalhos futuros ou extensões deste mesmo desenvolvimento.

O trabalho irá abranger o envolvimento com setores diferentes da empresa como o setor da produção em virtude da mão-de-obra e a usinagem, o setor do PCP (planejamento e controle da produção) com a programação e sequenciamento da produção com seus devidos processos, a engenharia com a escolha dos maquinários utilizados e tolerâncias de processo e pôr fim a qualidade junto da metrologia que será a mais envolvida em virtude do trabalho se referir à um controle que é gerenciado e ministrado normalmente por alguém desse setor.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Atualmente todos os itens desenvolvidos possuem identificação no projeto de quais são as dimensões consideradas características chaves, o que exige do fornecedor uma análise estatística comprovando que aquelas dimensões citadas estão controladas, porém é de total aceite por parte dos clientes que antes da manufatura do item se faça uma leitura do projeto e identifique quais dimensões são passivas a não conformidade, pois falhas e variações podem vir a apresentar durante a industrialização.

Em virtude das penalidades devido à produtos não conforme e do crescimento constante das exigências solicitadas pelos clientes referente melhorias contínuas de processo, no ano de 2019 iniciando pelo mês de Janeiro até o mês de Maio de 2020, foi registrado pela empresa em estudo que a lista de não conformidade contém itens possuidores de mais de 10% de margem de lucro, os mesmos tiveram repetidas falhas consequentemente acarretando em uma grande quantia de rejeição interna, para fins de comparação as rejeições reincidentes dos 3 primeiros itens da lista representam o valor de R\$428.785,32 que foi deixado de lucrar aproximadamente 26% da soma total de sucata do 15 meses.

Diante disso o problema de pesquisa, se encontra na dificuldade de encontrar qual é o motivo ou até mesmo quais são as variações de medida no processo que está deixando os produtos fora do especificado partindo de dois parâmetros que são: valor agregado e reincidência do não atendimento dos requisitos solicitados pelo cliente.

Sendo assim, o problema de pesquisa pode ser definido com a seguinte pergunta: A utilização da metodologia de análise através do CEP para identificação das variações e falhas do processo, será capaz de identificar e orientar soluções aos problemas de reincidência de não conformidade do item manufaturado, objeto deste estudo?

1.4 HIPÓTESES

Conforme Lakatos, Marconi (2017), a hipótese busca correlacionar variáveis inerentes ao estudo enunciando em forma de fatos que buscam ampliar a visão do leitor sobre determinado assunto abordado.

Mediante à um problema de pesquisa a hipótese busca propor de forma verbal possíveis soluções ao mesmo, ou seja, nesta etapa é declarado fatos desconhecidos que possam ser os causadores ou até mesmo caminhos a serem estudados para a identificação do problema.

Baseando-se na escolha de um produto manufaturado partindo de um índice de rejeições que se repetem nos diversos lotes produzidos e que interferem diretamente ao custo de produção, fica evidente a necessidade de ajustes sobre seus processos para garantir qualidade e produtividade, assim agregando credibilidade à empresa desenvolvedora do item.

Com um propósito de investigação dos resultados de um processo de usinagem já em vigor e em virtude de que qualquer processo de fabricação existe a chamada variação de processo, nos leva a crer que hipoteticamente a aplicação do CEP apontará os problemas existentes e conseqüentemente resultará na identificação da causa raiz solucionando o problema do item manufaturado.

Através da aplicação do CEP mantendo o processo do item em estudo sobre total controle, estima-se que os custos de produção atingiram os valores estipulados durante a negociação com o cliente, ou até mesmo reduzindo o valor estimado, gerando a melhoria de processo que sempre é solicitada aos fornecedores.

1.5 JUSTIFICATIVA

Com o avanço das tecnologias do ramo metal mecânico, empresas de pequeno e médio porte, buscam sempre atualizar seus processos fabris da melhor forma possível, assim se assemelhando a empresas maiores. Buscando automatização da fabricação junto de controle da produção eliminando erros e falhas sejam eles humanos ou de máquinas, elas procuram sempre reduzir o tempo de industrialização e aumentar a qualidade de seus produtos agregando mais valor aos seus serviços.

Embora seja caro para as indústrias de menor porte adquirir novas tecnologias que permitem reduzir os custos de produção e eliminar as variações de processo de forma automática, existem maneiras de mensurar as variações do processo e analisar seus dados de forma manual e obter os mesmos resultados. Porém para tal feito se faz necessário uma dedicação maior do tempo gasto no estudo e investigação do mesmo, entretanto os resultados são satisfatórios da mesma forma e se tornam mais baratos e acessíveis a quem desejar seguir esse método chamado CEP.

Sendo assim, o CEP que resulta em dados estatísticos através do monitoramento do processo é o método adequado para aplicar em empresas que possuem itens com um histórico de não conformidades na maioria dos seus ciclos produtivos, e ela requer um investimento mínimo para investigar o problema.

Atualmente a empresa selecionada para extrair um produto de seu mix de produção contém um controle interno das rejeições onde a mesma evidência a quantidade de vezes que um produto foi segregado junto do motivo à que foi condenado a peça. Escolhendo um entre os vários itens listados buscando comprovar através de dados estatístico que o CEP é o método ideal para solucionar problemas relacionados à variação de processo, baseado nos registros contabilizados de 15 meses e cruzando as informações de valores agregados e quantidade de ocorrência, se extraiu a informação de que 38% das peças produzidas de um total de 2.781 peças de um determinado produto foram segregadas, não gerando venda e passando a ser despesa para a empresa se tornando no produto que mais deixou de lucrar nesse período em estudo.

Essa situação vem se repetindo para mais itens que possuem uma margem de lucro considerável e que da mesma forma entra para o índice de rejeição, perdas como essa são inadmissíveis aos olhos dos interessados sendo que podem ser reduzidas ou até eliminadas com um simples acompanhamento de junto de análises que transformariam em lucro o que hoje é classificado em prejuízo.

Sendo assim, justifica-se o desenvolvimento deste trabalho considerando a importância do tema e impacto que os resultados poderão gerar na organização. Atuar com controle de qualidade e assertividade no mapeamento e ações de melhoria e correção são relevantes e poderão agregar ainda mais valor aos seus produtos industrializados trazendo níveis de padrões que amenizaram todas as rejeições, promoverá a otimização dos recursos e por fim incentivará a melhoria continua no ambiente produtivo.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

Diretamente interligado ao tema, o objetivo geral busca demonstrar de maneira mais abrangente os ganhos que se obtém com a execução do projeto.

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar a variação de processo através do CEP, detalhado com o uso das ferramentas da qualidade que compõem sua estrutura. Facilitar o entendimento sobre os dados obtidos e junto de uma tomada decisão, propor uma ação para minimizar os defeitos e falhas presentes.

Concretizando o projeto a empresa dona dos processos obterá uma maior segurança no processo além de mais produtividade e qualidade de produto.

1.6.2 Objetivos Específicos

Buscando ressaltar etapas que o trabalho deverá seguir e ampliar a visão do entendimento do presente trabalho, aqui será feito a divisão do objetivo geral em subdivisões do presente trabalho e que serão definidos como objetivos específicos:

- Coleta de dados em período específico;
- Aplicação da curva ABC para classificação dos itens;
- Representar por meio do gráfico de Pareto o item de maior criticidade;
- Aplicar o método CEP na verificação do processo para o item definido como crítico;
- Analisar e evidência dos resultados;
- Propor ações para correção das variáveis e atuar na otimização da sua produtividade.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 FUNDAMENTOS E MÉTODOS CIENTÍFICOS

Procurando explicar alguns conceitos necessários para a compreensão do real motivo deste trabalho, este capítulo tem como intuito reforçar a base teórica a partir de referências chaves citadas em literaturas bibliográficas, teses e dissertações, fundamentados no mesmo tema e especulações das hipóteses do presente estudo.

Referente a métodos científicos Gil (2017), profundo conhecedor de métodos para pesquisas com embasamentos científicos, afirma que a busca por conhecimento específico só é iniciada com o surgimento de algum problema pois para solucioná-lo, é necessário submeter o obstáculo diante de métodos que são capazes de resolver e indicar as possíveis causas.

Metodologia científica é a junção de análises e sínteses resultando em um trabalho em conjunto, uma procura esmiuçar os problemas difíceis e o outro, trabalhando inversamente, procura nas partes simplificadas do problema somar para que em um todo ache uma solução (SANTOS; FILHO.2012).

2.1.1 Métodos estatísticos

Segundo Kume (1993), métodos estatísticos normalmente são utilizados em processos fabris. Utilizando de ferramentas da qualidade para identificar e reduzir defeitos, os mesmos se constituem de um conjunto de tomadas de ações que fazem com que os métodos escolhidos se tornem perfeitamente capazes de resolver problemas gerados na produção.

Nesse mesmo contexto Kume (1993) salienta-se que ferramentas mal geridas ou aplicadas, podem não gerar os resultados esperados, pois elas agem conforme sua alimentação de informações e dados, uma vez inserida informações erradas ou equivocadas em sua matriz. Assim elas podem retornar ao usuário com resultados errados ou lhe posicionar para direções equivocadas fazendo que que perca tempo e não alcance o seu objetivo.

Para Montgomery (2004), métodos estatísticos são de extrema importância, pois seus papéis dentro de um estudo fornecem meios para analisar e avaliar um processo, muitas vezes ocasionando uma melhoria na produção.

Ainda sobre Kume (1993), é retratado que para se reduzir a fabricação de peças com defeitos é necessário aceitar que qualquer processo que procura replicar a qualidade de uma peça produzida conforme solicitação do cliente utilizando a mesma máquina e instruções de trabalho, existe a chamada variação que abrange até mesmo a condição de equipamentos e maquinários utilizados e que também é a causadora de defeitos. Uma vez identificado a causa específica do defeito podemos chegar à uma solução do problema.

2.1.2 Definição de CEP

De acordo com o Manual de CEP, descrito pela AIAG (2005), considerado como sistema de “*feedback*”, é a junção de técnicas estatísticas somadas a análises de capacidade de processo, usadas para monitorar e controlar resultados gerados da produção tornando da satisfação do cliente o objetivo central do método.

Ainda de acordo com AIAG (2005), a mesma expõe que altamente interligado com a qualidade o CEP pode ser definido com a ligação entre as cinco fases da ferramenta six sigma e DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*). Seu objetivos é identificar a variação de processo através de dados coletados durante a produção analisando as causas comuns, especiais, erros humanos e de máquinas para assim gerar os resultados que permitiram julgar se o processo está estável e se possui capacidade de processo, ou seja, partindo das informações geradas se toma ações tanto para o processo como para os resultados obtidos.

Baseado em processos estáveis a causa comum ou para alguns autores causas aleatórias, normalmente são reconhecidas por serem previsíveis e demonstram uma certa tendência de comportamento durante o processo. Diferente da comum as especiais ou atribuíveis são imprevisíveis, ou seja, por motivos diversos durante o processo o mesmo pode gerar uma variação considerável fora do normal, possibilitando a identificação do momento exato em que ocorre na primeira visualização dos dados (MONTGOMERY, 2004).

Ainda seguindo o manual de CEP, AIAG (2005), define que o uso correto do método pode trazer à organização, um aumento de qualidade e um processo mais refinado, porém caso contrário, a organização pode estar perdendo tempo e investimento em processos errados que não farão diferença alguma aos indicadores.

2.1.3 Amostragem

Para Aguiar (2002), a amostragem é considerado com um procedimento que faz parte da coleta de dados e escolha do tipo de amostragem é determinada conforme a situação do processo.

Segundo Prodanov e Freitas (2013), considerasse amostragem quando um responsável em busca de informações sobre uma população, seleciona uma parte de um todo com a intenção dessa proporção representar o restante. Quanto ao tipo, quando a necessidade de se trabalhar com dados e variáveis se faz presente, é necessário seguir o estudo com amostras probabilísticas pois costumam se sobressair com situações do tipo.

Quadro 1 – Amostragem

Tipos de Amostras	1. Amostras não probabilísticas (não causais).	<ul style="list-style-type: none"> - Amostras por acessibilidade - Amostras intencionais - Amostras por cotas
	2. Amostras probabilísticas (causais).	<ul style="list-style-type: none"> - Amostras aleatórias simples - Amostras causais simples - Amostras causais estratificadas - Amostras por agrupamentos - Amostras por etapas

Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas, 2013.

Buscando informações em AIAG (2005), o mesmo ressalta que escolhendo o tipo errado pode gerar confusão na leitura dos resultados causando forte impacto ao CEP. Para se fazer a escolha correta das amostras e quantidades é necessário analisar primeiramente a natureza do processo antes de ser definido, pois somente assim é possível visualizar qual será efeito da escolha do tipo nos estudos. Essa análise do processo ligada a amostragem é conhecida como autocorrelação, onde a mesma busca relacionar duas características distintas, muitas vezes vistas em processos rápidos e automatizados como usinagens CNC's (computado numérico computadorizado).

2.1.4 Capabilidade de processo

Para AIAG (2005), é imprescindível não citar desempenho de processo ao se referir de capacidade, pois os dois conceitos agem de maneira simultânea. Capacidade de forma geral vem a ser um conjunto de medidas tomadas para satisfazer a solicitação de seus clientes. O processo ou serviço que possuir capacidade é um processo estável e que atende todos os requisitos, pois sabe-se que um processo pode ser estável e não possuir capacidade pelo simples fato de não atender pontos do projeto sejam eles simples ou críticos.

Referente à desempenho do processo Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), refere-se como ponto crucial para decidir se um processo é capaz ou não de atender aos requisitos, analisando além das causas especiais, assim vinculado à variabilidade de processo com a variação natural, ou seja, as causas comuns.

Para Montgomery (2004), existem parâmetros que são as razões da capacidade de um processo, estes são divididos em 2 índices padrões que agem interpretando o processo de maneiras diferentes, eles são:

- Cp é o índice que analisa a variação de medida máxima permitida pela engenharia, ou seja, a leitura se aplica entre os limites LSE (Limite superior de engenharia) e LIE (Limite inferior de engenharia), não se aplica a dimensões unilaterais que possuem tolerâncias só para mais ou só para menos. Sendo assim este índice favorece a centralização do processo, usado para dimensões com tolerâncias chamadas de bilaterais, e também utiliza de uma estimativa para o σ (sigma / desvio-padrão). Sua fórmula é:

Equação 1: Índice de capacidade

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

Fonte: Montgomery, 2004.

- Cpk, grandeza avaliada com base na descentralização do processo, quando o Cp se iguala ao mesmo valor de Cpk o processo pode ser considerado centrado. Em casos em que as tolerâncias existentes possuem valores acima e abaixo da dimensão nominal o valor de Cpk sempre será menor ou igual a Cp. Para se obter o valor de Cpk é

necessário achar o valor mínimo com relação aos limites LSE e LIE considerando μ (Micro) como a média do processo e uma estimativa para o sigma.

Equação 2: Índice de centralização de processo curto prazo

$$Cpk = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma}$$

Fonte: Montgomery, 2004.

Para Louzada (2013), tais índices da capacidade de produção são de extrema importância pois permitem que o usuário junte todas as informações das amostras em um único resultado para tomar decisões sobre o processo, porém é ressaltado que algumas informações são geradas em cima de estimativas e suposições que são necessárias para a análise geral no caso do sigma da equação de Cp.

2.1.5 Performance de Processo

De acordo com Montgomery (2004), normalmente um estudo estatístico tem mais valor em um processo que já está estável, uma vez nesse estado o processo tende a conter apenas variações comuns que possibilitam o uso desses mesmos dados para previsões futuras do processo. Quando usamos esse estudo em um processo com bastante variação a análise sobre os altos e baixos dos valores coletados dificultam a leitura e dedução do processo elevando o nível de dificuldade no que se refere a encontrar causas especiais.

Ainda com Montgomery (2004), o mesmo resalta que a performance age em conjunto com a capacidade e é calculada de maneira semelhante, porém destinada a fins diferentes. Enquanto existe um estudo específico que analisa a capacidade real de um processo que tende a ser previsível. A performance age de maneira diferente e analisa além, estudando também a o não previsível, resultando no desempenho real da operação.

Conforme informações da AIAG (2005), quando um estudo minucioso de CEP trabalha centrado na medida nominal e foca nos resultados analisados do quanto as medidas se distanciaram da origem, os resultados gerados serão voltados para o

índice Pp, da mesma forma ocorre com o estudo de capacidade ou capacidade ao analisar o Cp.

Equação 3: Taxa de performance

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

Fonte: Montgomery, 2004.

Em Montgomery (2004), é exposto que ao iniciar os cálculos objetivando o desempenho do processo os dados a se levar em conta são: limite superior de engenharia, limite inferior de engenharia junto de 6 sigmas que considera o desvio padrão já calculado de toda a amostragem como valor para o sigma, essa característica se torna o que distingue uma equação da outra ao se referir em Cp e Pp.

De acordo com a AIAG (2005), para identificar um processo considerando a centralização e o desempenho o foco deve estar sobre o índice Ppk que vai de encontro à um processo bilateral, ou seja, seu valor resultante será sempre menor ou igual ao Pp e quanto mais próximo a variação estiver da nominal os valores de Ppk e Pp também se manterão próximos.

Equação 4: Índice de centralização e variação longo prazo

$$Ppk = \text{MIN} \cdot \frac{LSE - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LIE}{3\sigma}$$

Fonte: Montgomery, 2004.

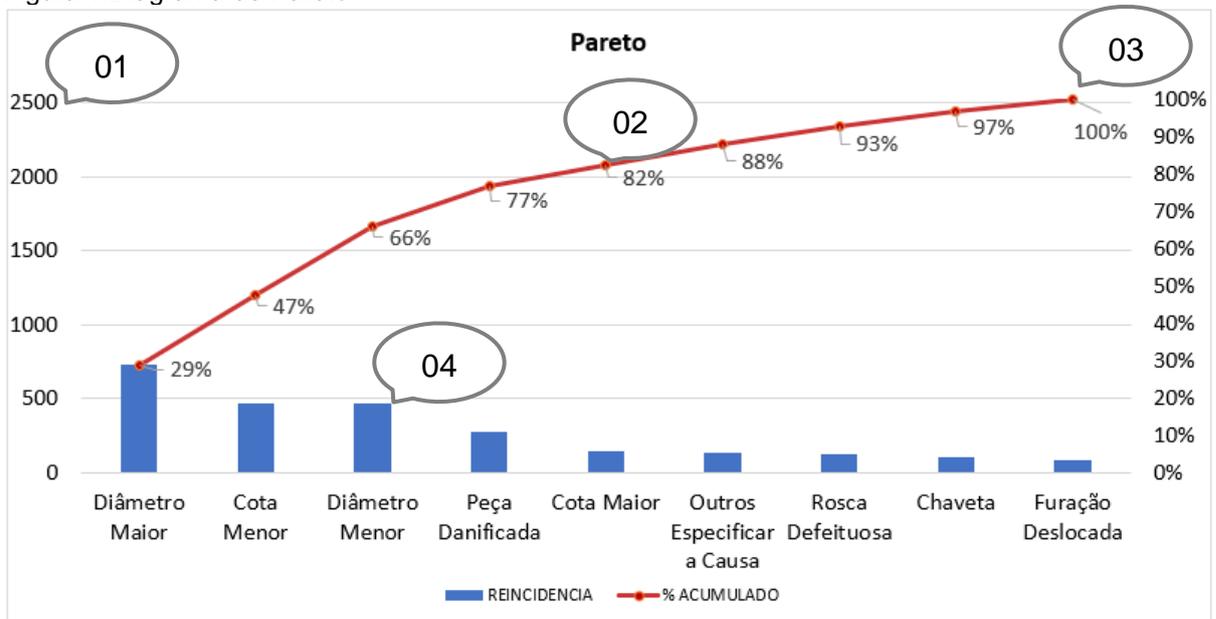
De forma semelhante ao Pp o Ppk é calculado considerando o limite superior de engenharia, limite inferior de engenharia, a média do processo e o desvio padrão (σ) calculado.

Resumidamente a AIAG (2005), ressalta que a diferença dos índices de capacidade para os índices de performance se deve ao fato de que a capacidade informa possíveis eventos que podem vir a ocorrer no futuro do processo sem que ocorram mudanças significativas, já a performance se divide em dois focos que são no histórico do processo (passado) e também no presente.

2.1.6 Diagrama de Pareto

Segundo Kume (1993), em meados de 1897 surgiu uma fórmula matemática feita por Vilfredo Federico Damaso Pareto, que buscava comprovar aos demais uma desigualdade com base em dados. No entanto, de acordo com a mesma teoria, em 1907 M. C. Lorenz, usou a mesma analogia, porém modificada a seu favor. Ambos obtiveram sucesso e conseguiram comprovar suas teorias partindo do mesmo meio gráfico de se expressar. Buscando agregar essa metodologia à qualidade, Dr. J. M. Juran com sua frase “poucos vitais e nos muitos triviais” adotou o método, inserindo o gráfico para classificar quais problemas são responsáveis pela maioria das perdas, denominando análise de Pareto.

Figura 1: Diagrama de Pareto



Fonte: Adaptado de KUME, 1993.

Conforme Kume (1993), O balão 01 representa o total de ocorrências, o 02 é o ponto que vai de encontro ao conceito de Pareto onde indica que aproximadamente 5 causas equivalem a 80% das reincidências totais, o balão 03 indica a percentagem de participação sobre o total registrado e por fim o balão 04 demonstra o total de colunas que totalizam 9 causas diferentes .

Referente ao gráfico de Pareto, Montgomery (2004), ressalta que o gráfico se assemelha à um histograma, onde as informações são organizadas, classificadas conforme a frequência e ilustradas em um gráfico para melhor visualização,

objetivando a comprovação de que a maioria das perdas são consequências de poucas causas.

Dando continuidade aos relatos de Kume (1993), o mesmo retrata que para a construção de um diagrama de Pareto é necessário seguir 9 passos estipulados por ele, são eles:

- Analisar o cenário e decidir quais problemas são possíveis retirar dados para o estudo e quais tipos de dados junto da quantidade.
- Criar documento onde o mesmo permita que o usuário consiga registrar os dados qualitativos ou quantitativos dependendo do objetivo, o importante é mantê-los de forma organizada e que auxilie o próximo passo.
- Após o registro dos dados, gerar um montante ou analisar a repetibilidade do ocorrido.
- Desenvolver uma planilha para a distribuição por classes de problemas junto das quantidades de ocorrências e porcentagens sobre os totais de problemas encontrados.
- Na sequência ordenar os dados do maior para o menor valor é indispensável.
- Através de um eixo cartesiano, no lado esquerdo no sentido vertical é necessário distribuir números de acordo com a quantidade de defeitos partindo inicialmente do número 0. Seguindo ainda na vertical, porém no lado direito, é necessário distribuir porcentagens também se iniciando do 0. Para concluir essa etapa, na horizontal entre intervalos iguais, incluir as classes de problemas encontrados no processo.
- Iniciando o uso dos dados para gerar informações pertinentes ao processo monitorado, com a frequência dos problemas, deve-se construir barras com cada classe de problema e referenciadas na quantidade de vezes em que o problema veio a acontecer, consequentemente a porcentagem deve estar coerente com as colunas geradas.
- Utilizar os valores montantes registrados ao traçar a curva de Pareto ligando os acumulados encontrados à suas respectivas porcentagens da linha ao lado dinheiro do diagrama.

- Retirar informações cujo diagrama lhe disponibilizará.

Além dos fatos apresentados Kume (1993), reforça que o diagrama é um método que serve para identificar em um banco de dados ordenados o que deve ser levado mais a sério em virtude de seu valor perante os demais para ele essa descrição é citada como “poucos vitais”. Dito pelo mesmo e reafirmado várias vezes, 80% dos desperdícios podem ser gerados em virtude de 20% dos problemas, essa analogia também é muito conhecida na curva ABC.

2.1.7 Folha de verificação

Em busca de praticidade para a coleta de dados em situações reais a escolha de uma folha de verificação é a opção mais simples e correta de se seguir, pois seu preenchimento é de fácil compreensão e seus resultados são tão eficazes como outras ferramenta mais complexas, porém sua simplicidade vem quando uma pessoa assume o papel de coordenar os dados, quando mais que um usuário manipula a folha o nível de veracidade pode diminuir por consequência do aumento da chance de existir erros nos registros (KUME, 1993).

De acordo com Montgomery (2004), a folha serve para a coleta de dados históricos como atuais, porém é necessário estar ciente do que realmente se deseja anotar pois se o objetivo é computar os dados posteriormente da coleta, seus valores contidos devem estar adequados ao verdadeiro propósito.

Figura 2: Folha de verificação ilustrativa

FOLHA DE VERIFICAÇÃO												
Data:	30/08/2020	Característica:	Diâmetro									
Processo:	Usinagem	Máquina:	RT - 02									
Produto:	ABC89464	Inspetor:	Alexandro Ass.									
Quant. Inspeccionado:	100	Turno:	1º									
Nº Lote:												
Especificações (mm)	Verificações										Frequência	
35,000											1	
34,999											3	
34,998											4	
34,997											1	
34,996	x	x	x	x							4	
34,995	x	x	x								3	
34,994	x	x									2	
34,993	x	x	x	x							4	
34,992	x	x	x								3	
34,991	x	x	x	x	x	x					6	
34,990	x	x	x								3	
34,989	x	x	x	x	x	x	x	x			8	
34,988	x	x	x	x	x						5	
34,987	x	x									2	
34,986	x	x	x	x	x						5	
34,985	x	x	x	x	x	x					6	
34,984	x	x	x								3	
34,983	x	x									2	
34,982	x	x	x								3	
34,981	x	x	x	x	x	x	x	x	x		9	
34,980	x	x									2	
34,979	x	x	x	x							4	
34,978	x	x	x	x	x						5	
34,977	x	x	x	x	x	x					8	
34,976	x	x	x								3	
34,975	x										1	
											Total:	100

Fonte: Adaptado de KUME, 1993.

Para Aguiar (2002), a ferramenta fornece procedimentos e ações aos usuários que deverão ser realizados pelos responsáveis da melhoria de processo. Em seu ponto de vista o objetivo da folha de verificação é organizar os dados de forma simples e resumida e quanto ao seu formato, o mesmo pode ser modificado conforme o tipo de informação que se deseja extrair do processo observado, podendo ser classificados como:

- Localização dos defeitos;
- Estratificação dos defeitos;
- Características de lotes.

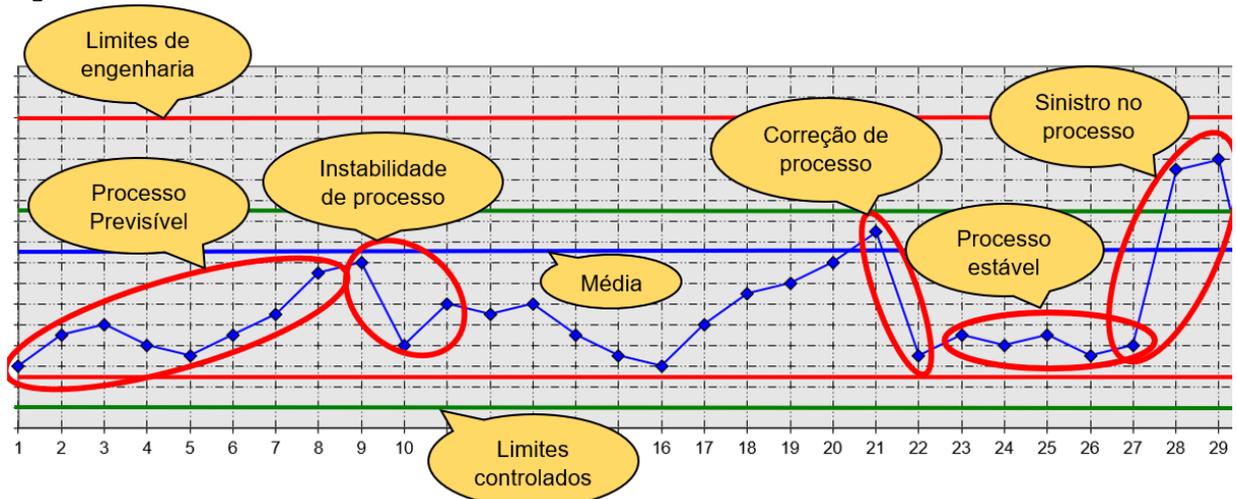
2.1.8 Gráficos de controle por variáveis X barra

Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), ao resolver os problemas geradores das causas especiais e impor ações para que o fato não ocorra novamente, é chegada a hora para dar início ao desenvolvimento de um gráfico de controle com o objetivo de monitorar o processo. Esse monitoramento deve ser feito com leituras feitas nas subdivisões do gráfico que são: média, amplitude, variância e desvio-padrão.

- Muitas vezes visto como X-barra em cartas de controle, a média normalmente é a dimensão nominal usada para verificar amplitudes seja ela acima da linha média como para baixo.
- Após a coleta de dados de um processo, organizando o rol em ordem crescente, ou seja, do menor valor para o maior, com os valores das extremidades desses dados podemos gerar a amplitude da variação do processo.
- Durante a inclusão das dimensões no gráfico é possível identificar o quanto distante esse valor está da medida nominal ou da média, esse ponto distante chamamos de variância pois é ele que caracteriza a dispersão dos valores durante o estudo.
- Após a inserção dos dados e durante a análise é possível identificar uma dispersão dos valores, essa dispersão é calculada através da grandeza chamada desvio-padrão que procura a variação de medida em relação a nominal, quanto mais próximo de zero essa grandeza ficar melhor está o processo.

Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), quando um processo demonstra estabilidade é recomendável que não seja alterado pois pequenas alterações ou ajustes feitos podem gerar uma instabilidade nos resultados. Um processo permanecendo em controle reduz as chances de um ponto ou medida ficar na zona de controle onde requer uma ação para a correção.

Figura 3: Gráfico de controle ilustrativo



Fonte: Adaptado de KUME, 1993.

Um gráfico de controle é composto de um valor nominal referenciado por uma linha que é localizado ao centro do gráfico e normalmente no sentido horizontal, acompanhando esse valor dois limites são expostos na mesma representação, um acima da linha nominal e outro abaixo. Os pontos que se encontrarem ao meio dos limites e que representam os dados coletados do processo, são as dimensões conformes e dentro da tolerância de variação do processo, (KUME, 1993).

2.1.8.1 Cartas de controle por variáveis

É recomendado utilizar cartas de controles se houver a necessidade de inspecionar algum trecho do processo produtivo que vem apresentando irregularidades que acarretam em produtos não conforme, em busca da identificação de mudanças no padrão do processo, (KUME, 1993).

Para tamanhos de amostragem onde condizem com um subgrupo e se faz necessários análises específicas referente suas amplitudes entre os mesmos, a carta indicada é X-Am da mesma forma para processos que possui inspeção 100%, processos pertinentes a produção baixa e para amostragens que se tornam inviáveis quando o tamanho é maior que um, (MONTGOMERY, 2004).

Quando a variável em estudo possui um padrão que a classifica como continua, ou seja, durante a inspeção das amostras essa variável em estudo tende a permanecer a mesma, deve-se analisar o processo em duas partes uma que é voltada para centralização e outra com dispersão. Essa análise em conjunto é chamada de Xbarra- R e é recomendada para subgrupos que possuem entre 2 e 9 amostras, (COSTA, EPPRECHT, CARPINETTI, 2005).

Montgomery (2004) relata que, excedendo o número do tamanho de amostras chegando a 10 ou mais a carta indicada para a verificação é a chamada Xbarra – S, porém essa é menos usada pelas indústrias pelo fato de que a produção das amostragens nessa quantidade muitas vezes torna inviável economicamente.

2.1.8.2 Cartas de controle por atributos

Embora empresas normalmente utilizem de variáveis para se analisar processos, também existe aqueles que utilizam de valores não numéricos como (conforme/ não conforme, aprovado/reprovado, passa/não passa, baixo/médio/alto) que contam como registros para a avaliação da atividade monitorada (AIAG, 2005).

Cartas por atributo possuem aplicações para qualquer processo fabril e também para atividades administrativas, seus usos são abrangentes e de fácil entendimento. Uma vez definido o que é certo e o que é errado dentro do processo, a classificação se torna mais rápida (AIAG, 2005).

Conforme Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), na modalidade atributo é existente 4 tipos diferentes de cartas, a primeira delas é denominada carta “p”, sua aplicação é destinada a proporção de itens defeituosos de lotes de produção, ela requer um número grande de amostras para encontrar mudanças dentro do processo. Focada no controle total de defeitos de um produto a carta “c” procura por número de não conformidades em lotes produzidos, ela é empregada quando existe diferentes defeitos em uma amostra que contém um fluxo contínuo de ocorrências.

Ainda com Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), referente a carta “u”, a mesma retrata o número de não conformidade por unidade, semelhante a carta “c”, porém mais específica a carta “u” se diferencia devido ao número do tamanho do subgrupo em virtude de ser maior.

Similar a carta “p” a “np” é aplicada quando há necessidade de identificar o número de itens não conformidades em determinados lotes, o número de amostras deve ser considerável para que se obtenha um histórico consistente para avaliar o lote e ter mais confiança nos resultados gerados (AIAG, 2005).

2.1.8.3 Seis Sigmas

De acordo com Montgomery (2004), o gráfico de controle contém subdivisões denominadas sigmas, conforme os pontos vão se distanciando da medida nominal, maior é a necessidade de atuar sobre o processo.

Para Aguiar (2002), a empresa que aderir ao programa seis sigma nos processos, a mesma estará direcionando ao mais alto nível de qualidade, pois uma vez implementado todos os membros da instituição são interligados e obrigados a agirem em conjunto para se alcançar o objetivo, ou seja, para usar o seis sigma é necessário mudar a cultura de toda a empresa.

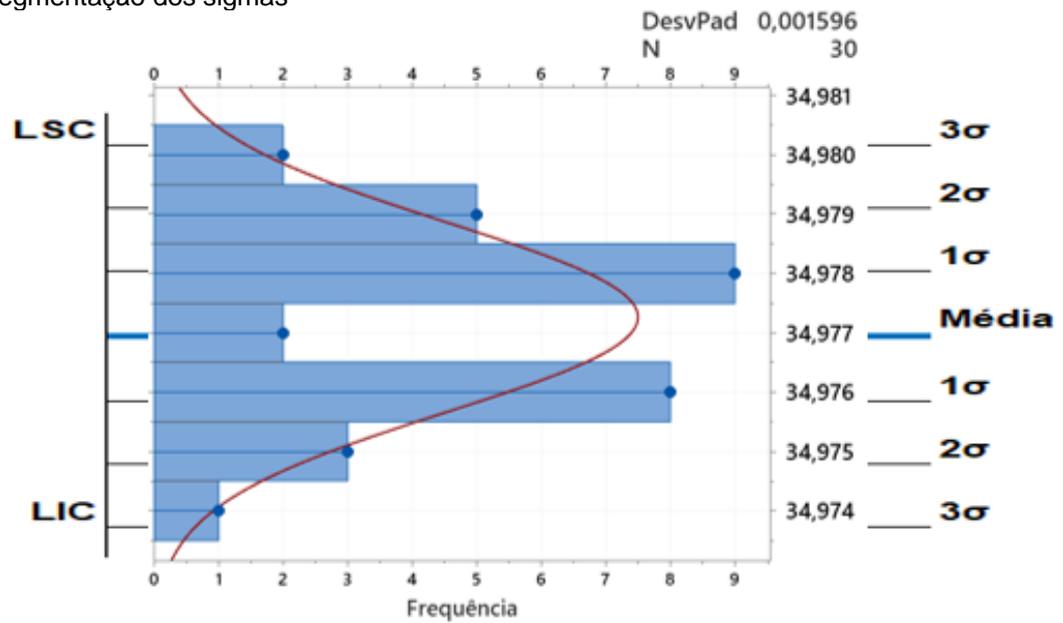
Figura 4: Regiões correspondentes de cada sigma



Fonte: Adaptado da AIAG, 2005.

Referente aos níveis dos sigmas AIAG (2010) ressalta, quando os pontos ultrapassam o LSC ou estão próximos ao 3º σ o processo requer uma ação corretiva. Para pontos localizados no 2º σ é aconselhável manter-se em alerta para cuidar que a situação não se agrave e torne um caso para o 3º σ . Por fim a região do 1º σ fica os pontos do processo que são considerados estáveis e controlados.

Figura 5: Segmentação dos sigmas



Fonte: Adaptado da AIAG, 2005.

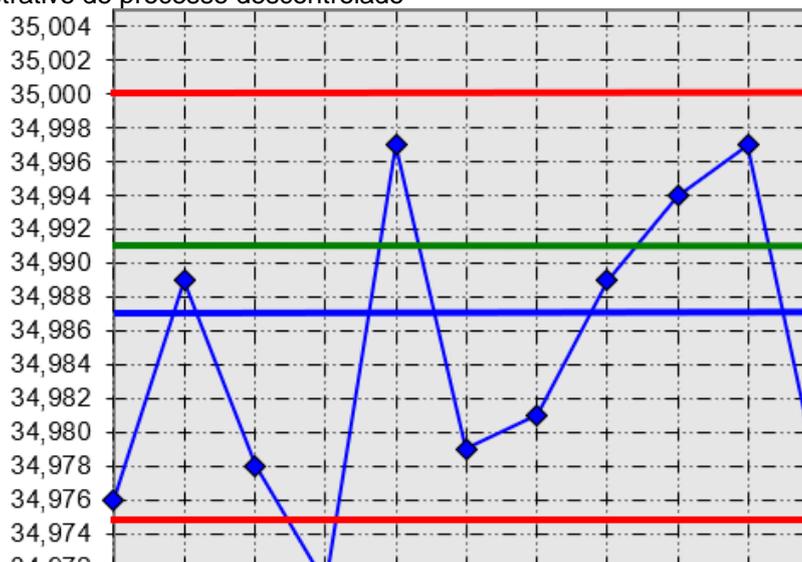
Referente a segmentação de ou a chamada divisão dos sigmas entre os dados coletados, a letra grega σ é diretamente empregada ao desvio padrão, ou seja, os sigmas representam 6 vezes o desvio padrão, esse meio representativo auxilia na interpretação da distribuição dos dados (AIAG, 2005).

A busca por melhoria de processo é norteadada pela diminuição de variabilidade ou identificação da sua distribuição e é por isso que todas as partes interessadas sempre almejam um processo que foi desenvolvido com base na abordagem do *six sigma*.

2.1.8.4 Processo descontrolado

De acordo com Montgomery (2004), pontos que se encontram fora do limite especificado são classificados como potenciais causadores da instabilidade do processo, diversos motivos podem ser os causadores da dispersão dos dados e cada um deve ser analisado de forma minuciosa e embasada, porém deve se analisar em especial o instrumento de medição usado pois ele pode ter induzido o usuário a registrar uma medida fora do especificado.

Figura 6: Gráfico ilustrativo de processo descontrolado



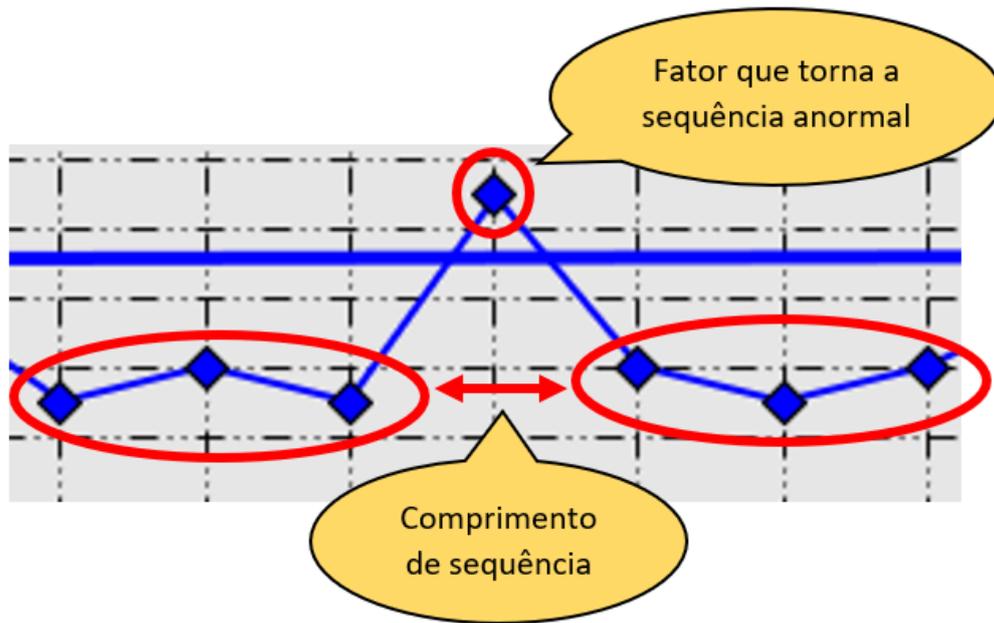
Fonte: Adaptado de Montgomery, 2004.

Kume (1993), relata o que dá ênfase em uma tentativa de controlar um processo é entender o verdadeiro comportamento objetivando chegar o mais próximo possível do estado real em que o processo apresenta, tendências proximidades dos limites sequências são características que auxiliam na interpretação dos gráficos, porém o que realmente julga um processo é os pontos que estão fora dos limites de controle.

2.1.8.5 Sequência de pontos

Segundo Kume (1993), o ponto mais importante de um gráfico de controle é saber interpretar o que significa os picos, vales e as sequências. Para identificar uma sequência é considerado a posição da linha central, ou seja, é considerado sequência quando os pontos se encontram do mesmo lado (acima ou abaixo da linha central) e a quantidade de dimensões encontradas do mesmo lado é chamado de “comprimento de sequência”.

Figura 7: Sequência de pontos anormais



Fonte: Adaptado de KUME, 1993.

Kume (1993) ainda ressalta, comprimentos com 7 pontos seguidos no mesmo lado (considerando a linha nominal) é julgado com anormal, assim como:

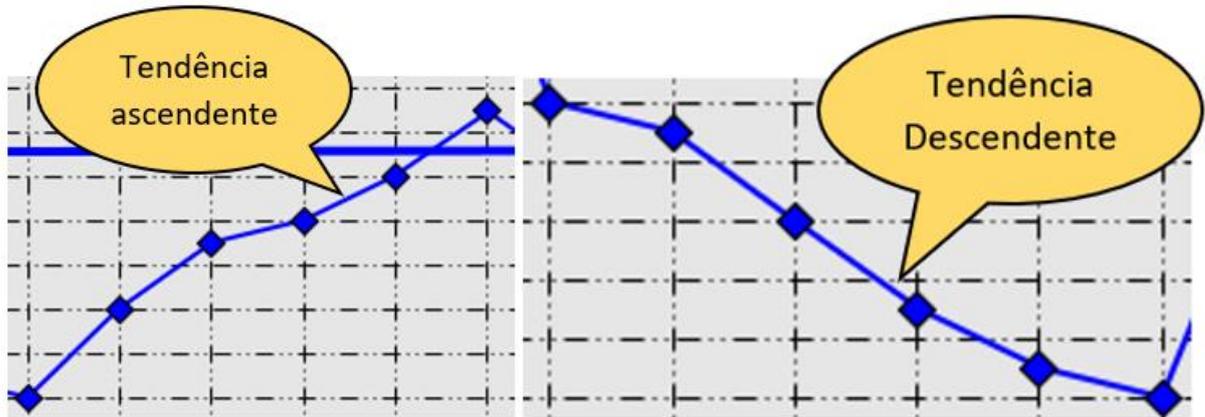
- 10 pontos no mesmo lado da linha central de 11 inspecionados;
- 12 pontos no mesmo lado da linha central de 14 inspecionados;
- 16 pontos no mesmo lado da linha central de 20 inspecionados.

Essa lógica é seguida da mesma forma para mais amostras. Sempre considerando uma quantia de um lado da linha central e uma minoria do outro lado o que torna a sequência anormal.

2.1.8.6 Linhas de tendência

Conforme Kume (1993), ao identificar um acumulado de pontos formando uma linha na diagonal sendo ela ascendente ou descendente durante a visualização de todo o gráfico, esse ato é chamado de tendência de processo. Essa linha pode estar ilustrando um processo que está tendencioso a sair fora do limite especificado ou até do limite controlado. Para os operadores essa tendência auxilia na tomada de decisão no quesito de quando fazer ajustes ao processo.

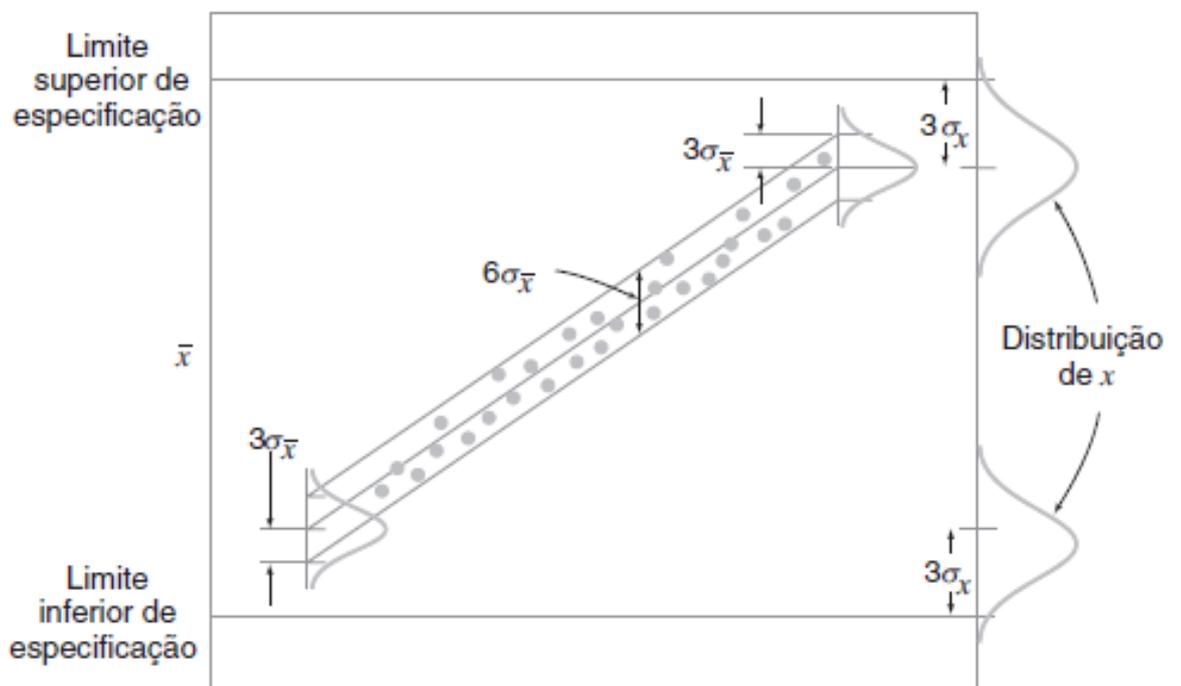
Figura 8: Dois tipos existentes de tendência



Fonte: Adaptado de KUME, 1993.

Para Montgomery (2004), uma análise de processo é composta de etapas que se iniciam em um planejamento, seguem com coletas de dados que são envolvidas em uma série de análises estatísticas voltadas para o entendimento das causas dos problemas. Em meio dessas análises, o entendimento do que os dados dos gráficos nos dizem é essencial para desenvolver uma ação de melhoria no caso da tendência, ela proporciona ao leitor do gráfico uma melhor compreensão do quanto os dados coletados estão afastados da nominal prendendo a atenção do responsável pela melhoria.

Figura 9: Linha de tendência



Fonte: Montgomery, 2017.

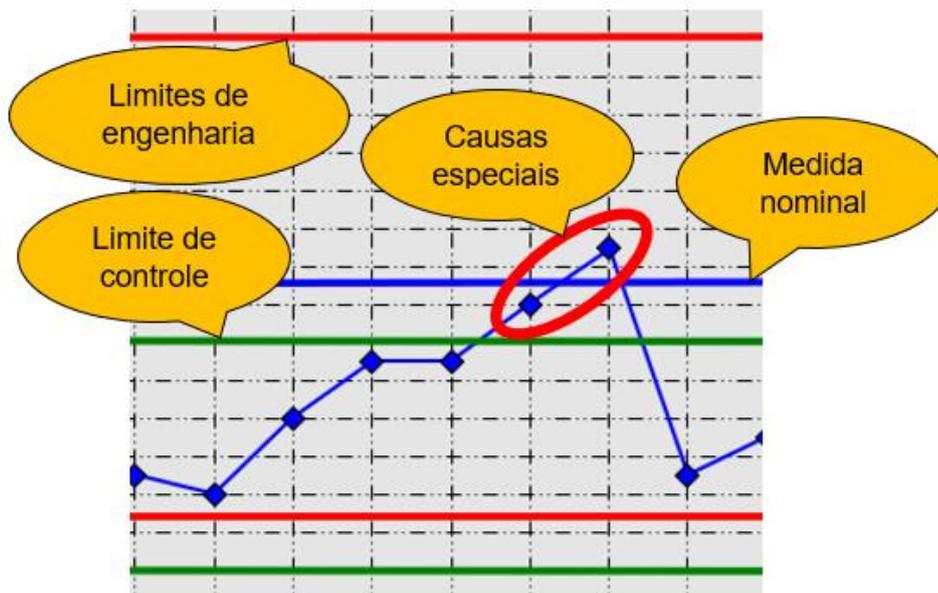
Ainda com Montgomery (2017), existe diversos processos que ao longo do tempo são tendenciosos a conter variabilidade, isso é mais comum ver em processos que aderem ao desgaste de algo seja da ferramenta utilizada, máquina ou até o equipamento. Para tal feito, a resultante acaba normalmente ultrapassando os 6 sigmas em casos aplicados a controle de produção o que torna o processo disperso e dificulta o entendimento ou a previsão das peças seguintes.

2.1.8.7 Causas especiais

Conforme AIAG (2005), um gráfico de controle é baseado em um valor que age como uma espécie de alvo onde cada dimensão objetiva alcançar a medida nominal conforme estipulada pela engenharia do projeto. É sabido por todos que não existe processo algum que mantém toda as peças em uma mesma dimensão, em virtude desse fato as variações são divididas em aceitáveis e não aceitáveis.

Variações consideradas como aceitáveis são as que se mantém entre os limites estipulados pelas engenharias e seguem um mesmo padrão. Fugindo do termo aceitável se deparamos com as causas especiais que são dimensões fora do controle, ou seja, fora dos limites, as mesmas normalmente foram afetadas por algo durante o processo que fizeram com que ela se distanciasse e não seguisse o desvio padrão como as demais dimensões.

Figura 10: Ilustração de uma causa especial



Fonte: Adaptado da AIAG, 2005.

Para Montgomery (2004), uma causa especial costuma ser imprevisível e também é a causadora da instabilidade de um processo, ela pode ser considerada por um ou mais pontos fora do limite de controle, ou seja, só é descoberto uma causa especial quando ela tem uma diferença muito grande dos demais dados coletados ou quando os dados são lançados na carta de controle, pois nesse momento é possível identificar qual é a região de controle do processo e o que está fora dessa região que por sua vez é automaticamente julgado como causa especial.

De acordo com AIAG (2005), para julgar ponto ou até mesmo partes de uma carta de controle com causas especiais, existe alguns critérios que podem ser considerados na hora do julgamento dos pontos ou amostras de uma carta, eles são:

Quadro 2: Critérios de causas especiais

	Causas especiais
1	1 ponto a mais do que 3 desvios padrão a partir da linha central
2	7 pontos consecutivos no mesmo lado da linha central
3	6 pontos consecutivos, todos aumentando ou diminuindo
4	14 pontos consecutivos, alternando acima e abaixo
5	2 de 3 pontos > 2 desvios padrão a partir da linha central (mesmo lado)
6	4 de 5 pontos > 1 desvio padrão a partir da linha central (mesmo lado)
7	15 pontos consecutivos dentro de 1 desvio da linha central (qualquer lado)
8	8 pontos consecutivos > 1 desvio a partir da linha central (qualquer lado)

Fonte: Adaptado da AIAG, 2005.

Conforme AIAG (2005), esses critérios são usados por empresas automobilísticas que não se restringe apenas nos 8 tópicos, essas questões podem ser definidas com um olhar crítico e uma definição das partes interessadas referente do que pode ser considerado causa especial.

2.1.9 Fluxograma

Em resumo Montgomery (2004) ressalta, buscando diferenciar cada processo e de acordo com sua sequência cronológica pré-estabelecida, o mapeamento age como apoio para o desenvolvimento e serve de guia para os processos que agregam valor aos produtos industrializados.

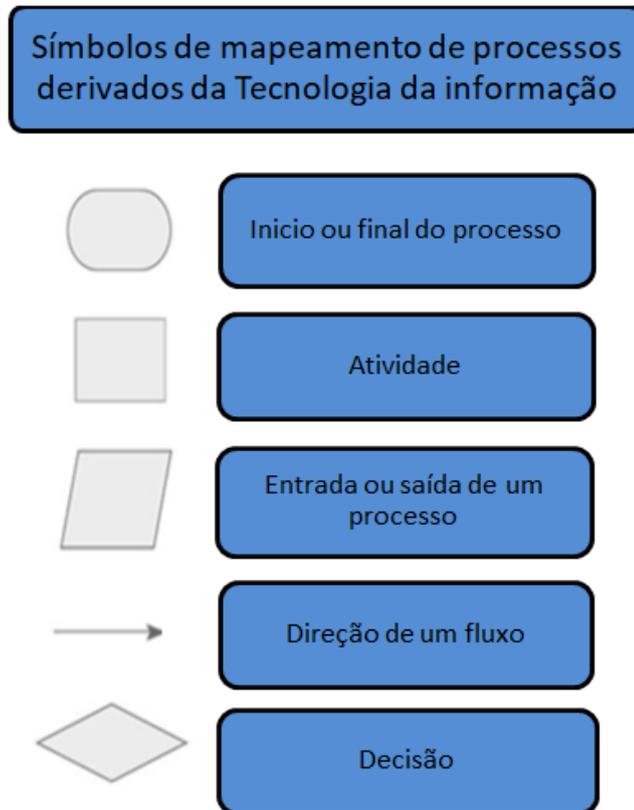
Cada etapa é altamente detalhada e ilustrada seus futuros caminhos a se percorrer até o produto acabado, ou seja, a ferramenta busca identificar todos os processos e suas sequências através de símbolos, assim possibilitando a visualização de futuras melhorias e perdas na movimentação interna e externa do produto gerado na linha de produção (MONTGOMERY, 2004).

Referente ao planejamento do fluxo produtivo Lozada (2016) retrata que, um estudo no fluxo de processo produtivo visa de forma estratégica organizar o processo através do agrupamento em produtos similares, classificando os itens em famílias e grupos de máquinas é possível reduzir o fluxo de processos consequentemente diminuindo o tempo de produção.

Para Rocha e Nonohay (2016), fluxograma é uma representação de forma gráfica de um conjunto de processos, seu objetivo é ilustrar todo o caminho que um produto segue até o final de sua industrialização.

O fluxograma busca interligar um processo com outro de maneira lógica e de fácil entendimento possibilitando que qualquer pessoa ao interpretar o modelo gráfico entenda quais são os processos que dão continuidade através de representações por símbolos e setas que indicam a sequência ou mais conhecido como fluxo de processo (ROCHA, NONOHAY, 2016).

Figura 11: Simbologia de fluxograma



Fonte: Slack, Brandon-Jones, Johnston, (2018).

Slack, Brandon-jones, Johnston (2018), ressaltam que existe vários tipos de fluxogramas, alguns com ramificação outros em linha reta também é existente aqueles que são voltados para o mapeamento de fluxo de valor e aqueles que são específicos de processos.

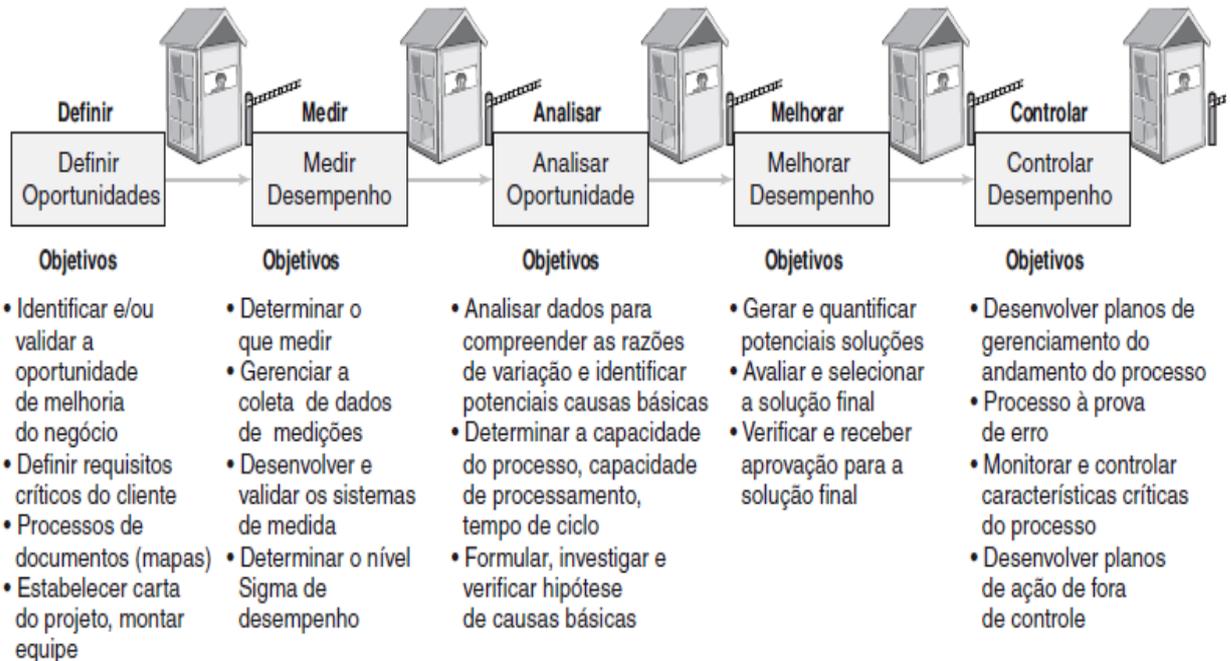
2.1.10 DMAIC

Para Montgomery (2017), o método composto pelas ações que são: definir, medir, analisar, melhorar e controlar, representa a melhoria continua em 5 etapas que sempre buscam respostas para os problemas de determinada produção. Servindo também para validações de processo para implementação das atividades em outros itens que possuam similaridade em seus projetos o DMAIC procura estabelecer um padrão continuo para que as práticas adotadas possam ser replicadas.

Montgomery (2017) ressalta, o DMAIC é diretamente interligado com os seis sigmas pois ele auxilia em tomadas de decisões que visam escolher os caminhos

corretos a se seguir, preza por melhorias em processos, promove qualidade aos produtos ou serviços e também incentiva o planejamento das ações.

Figura 12: Objetivos de cada ação do DMAIC



Fonte: Montgomery (2017).

De acordo com Aguiar (2002), DMAIC é extraído do PDCA e ambos possuem objetivos e alcances similares em suas aplicações, porém o DMAIC é mais aprofundado e costuma seguir as diretrizes dos métodos estatísticos.

Aguiar (2002), retrata que métodos como o DMAIC auxilia na sobrevivência de empresas pois sua atuação abrange áreas vinculadas como a manutenção da qualidade que busca deixar dar visão aos gestores do segmento, melhoria da qualidade que procura refinar os processos já existentes promovendo resultados duradouros e contínuos e por fim planejamentos e inovações ideal para mudanças e desenvolvimentos novos.

Figura 13: Ferramentas ideais para cada estágio do DMAIC

Ferramenta	Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar
Carta do projeto	x				
Mapas & gráficos de fluxo do processo	x	x			
Análise de causa e efeito		x			
Análise da capacidade do processo		x			
Testes de hipótese, intervalos de confiança			x		
Análise de regressão, outros métodos multivariados			x		
Medidor R & R		x			
Modo de falha & análise de efeitos			x		
Experimentos planejados			x	x	
SCP e planos de controle do processo		x	x		x

Fonte: Adaptado de Montgomery, 2017.

Aguiar (2002), aborda em seu livro que a manutenção da qualidade é a etapa indicada para empresas que queiram monitorar seus processos, registrar o comportamento gerado pelos seus planos de controle e também que necessitam de confiança em suas atividades para entregar produtos conforme os requisitos dos clientes. Também é descrito que para melhor visão futura da qualidade e agir sobre circunstâncias similares a um CEP é necessário usar 3 das 5 fases do DMAI, elas são: definir, medir e analisar.

2.2 HISTÓRICO DA ESTATÍSTICA NA QUALIDADE

Ao se referir de CEP é imprescindível não citar qualidade pois todos os métodos estatísticos já criados partilhavam de um mesmo objetivo que era elevar a qualidade e a produtividade de um processo seja eles varejistas, industriais ou até programas militares de defesa. Conseqüentemente, o termo qualidade se torna o aspecto mais observado pelas partes interessadas pelo motivo de ser o fator de decisão de compra de um produto, onde o fornecedor que obter seu processo mais alinhado e estável agregando qualidade ao produto, automaticamente é favorecido aos olhos dos clientes (MONTGOMERY, 2004).

Ainda com Montgomery (2004), o histórico da estatística em meia a qualidade de produção, se deve em virtude de Walter A. Shewhart em meados de 1924 ter criado o que vinha a ser no futuro as cartas de controle de processo. Em meio a calamidade gerada pós-guerra e em virtude da necessidade de organização da produção junto de qualidade de produto, os métodos estatísticos foram identificados como chave para a padronização. Ganhando força com a utilização dos métodos na Segunda Guerra Mundial, para a fabricação de armamento em grande escala e variação de processo controlada, os EUA (Estados Unidos da América) demonstraram ao mundo a real eficiência ao utilizar o método conhecido nos dias de hoje como CEP.

Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), devido a praticidade da criação de Walter A. Shewhart, o uso sem moderação em diversos casos fizeram com que o método estatístico evoluísse e incentivasse o desenvolvimento de novos métodos assim se tornando famoso durante a era do controle estatístico.

De acordo com Juran e Defeo (2015), esses métodos estatísticos foram fundamentais para a qualidade que conhecemos nos dias de hoje, pois elas auxiliam em diversos aspectos ao se tratar de qualidade e planejamento. Isso tudo se deve aos treinamentos que foram elaborados e aprimorados para diferentes cargos dentro das indústrias.

2.2.1 Controle Estatístico da Qualidade

A qualidade interligada aos processos produtivos se torna a chave para se alcançar o sucesso. Partindo do ponto onde a qualidade foi reconhecida durante a revolução industrial e em virtude das linhas de produção de Ford, o nome Qualidade ganhou mais ênfase e valor à medida em que se passou os anos.

Para Montgomery (2004), com o passar dos anos a qualidade se tornou requisito para aprovação, seja de processo ou produtos. Este parâmetro adotado por muitas empresas, acabou se alastrando para diversas áreas fora do segmento metal mecânico em virtude do histórico positivo, atingindo até mesmo o comércio varejista. Demonstrando aos interessados que para se obter um retorno considerável sobre o investimento que foi aplicado ao produto, é necessário estar ciente do significado de qualidade para seus clientes.

De acordo com Kume (1993), o controle estatístico da qualidade é atribuído nas empresas em virtude de que as mesmas costumam produzir em massa seus produtos, o que torna as variações algo comum no processo, em consequência disto o controle por parte da qualidade é obrigado a estudar a fundo todas as características intrínsecas à qualidade do produto. Em seu livro também é ressaltado a importância de manter um controle sobre quatro tipos de variações que são existentes em qualquer processo, as mesmas são:

- Variações na matéria-prima;
- Variações de maquinários e equipamentos;
- Variações por parte humana envolvendo operadores e procedimentos adotados;
- Variações dimensionais.

Ainda sobre Kume (1993), o mesmo retrata os 4M's citados acima como fundamentos para o controle estatístico da qualidade, ou seja, todas os métodos e técnicas adotados para a investigação em busca da quantidade efetiva de cada variação, são extraídos destes 4 pontos que possuem o objetivo de informar ao responsável pelo controle do quanto cada um está influenciando o produto. Uma vez feitas análises em cima das variações a qualidade poderá trabalhar em cima da maior variação resultando na diminuição da instabilidade do processo.

2.3 CONTROLE DA QUALIDADE

Um controle de qualidade robusto e duradouro dentro de uma empresa é de extrema importância para as indústrias se manterem competitivas no mercado inserido, no entanto deve se definir o que vem a ser qualidade para o serviço gerado por seus processos. Em literaturas podemos achar diversas definições para qualidade, até mesmo deduções com diferentes sentidos dos “gurus” mais conhecidos como Juran e Deming, porém de modo geral suas estimativas devem ser adequadas ao que o cliente exige de seus fornecedores, ou seja, atendendo aos requisitos que são estabelecido nos projetos, pois a avaliação da qualidade vem por parte da satisfação das partes interessadas (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI; 2005).

Seguindo a mesma ideologia Montgomery (2004), relata que a definição de qualidade é realmente um fator-chave, porém não deve ser considerada somente durante a produção e sim algo a ser considerado junto do planejamento estratégico da empresa pois uma produção com controle da qualidade bem aplicado resultará em um fator que retorna um valor considerável sobre o investido. Ele também põe em pauta alguns aspectos do controle da qualidade como:

- Desempenho;
- Confiabilidade;
- Durabilidade;
- Assistência técnica;
- Estética;
- Características;
- Qualidade percebida;
- Conformidade com especificações.

Buscando algo relacionado ao termo qualidade Aguiar (2002), menciona que as empresas de hoje estão focadas no atendimento dos requisitos dos clientes e que para tal, devem ter uma previsibilidade dos resultados de seus processos. Para obter essa segurança ele indica a aplicação do PDCA (*Plan Do Check Action*) para a manutenção da qualidade, com o uso desse método reduzirá as inseguranças e incertezas do processo gerando um procedimento padrão de qualidade.

3 METODOLOGIA

Conforme Lakatos, Marconi (2017), a parte maior de uma monografia é retratada pela metodologia da pesquisa, pois é nela que é inserida todos os detalhes que são necessários para o leitor conseguir interpretar como será o desenvolvimento do trabalho. Nesse capítulo será incluso todo o passo a passo que será seguido para conseguir alcançar cada objetivo específico julgado como pontos chaves para o desenvolvimento desta monografia. De forma sucinta, porém clara, dados como localização do estudo, métodos escolhidos para aplicar o CEP, o que foi utilizado e como se procedeu, deverão ser descritos neste trecho.

Seguindo o mesmo raciocínio lógico, em Prodanov, Freitas (2013), é exposto que a metodologia é a parte onde conhecimentos específicos voltados ao assunto do trabalho são construídos e descritos com fins de comprovar através de métodos e técnicas o que realmente se deseja obter com os estudos, ou seja, é utilizado procedimentos já desenvolvidos para se alcançar o objetivo do trabalho.

3.1 LOCAL DE PESQUISA

Como objetivo do presente estudo, o trabalho busca a aplicação do CEP em uma peça usinada, manufaturada por uma metalúrgica situada na região Noroeste do Rio Grande do Sul, seus serviços são inteiramente voltados para a usinagem de peças em tornos CNC's, centros de usinagem e também fresadoras utilizando diversas classificações de aços, voltados para o ramo agrícola com uma parcela automotiva seus principais clientes são: John Deere, AGCO, Agrale, Randon.

3.2 MONOGRAFIA OU ESTUDO DE CASO

Seguindo procedimentos rigorosos o trabalho é classificado com um estudo de caso que busca de forma minuciosa e bastante ampla, explorar um assunto específico tendo sempre como foco o mesmo tema.

No que se trata da aplicação do estudo, o trabalho foi originado de um caso real onde por diversas vezes um item, o mesmo foco do estudo, permaneceu no radar da qualidade pois suas repetidas não conformidades, gerava altos custos de produção. Para dar origem ao item, a necessidade de buscar um meio de justificar a sua escolha acabou apontando para as técnicas estatísticas originadas de

ferramentas da qualidade como a curva ABC ou descrita por muitos como Diagrama de Pareto.

De acordo com Lakatos, Marconi (2017), a estatística é um segmento matemático que induz à uma coleta de dados grande o suficiente para se analisar e interpretar o que a gama de dados está nos dizendo. Com base neste conceito, optar por seguir os passos dos métodos e técnicas estatísticos torna a melhor opção para escolher a peça que servirá de comprovação que uma aplicação de CEP em casos semelhantes, pois auxiliaria os indicadores da empresa.

3.3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Lakatos, Marconi (2017), pesquisa se refere a um conjunto de ações focadas a descobrir a solução dos problemas encontrados durante o desenvolvimento do trabalho, seja eles simples ou complexos o objetivo é encontrar o melhor método para a solução das adversidades.

Após a dedução do tipo de trabalho à se descrever e a escolha da peça usinada, o primeiro passo para iniciar o desenvolvimento será uma busca em bibliografias caracterizando como uma pesquisa bibliográfica, através de publicações a fim de encontrar o melhor método de coleta dos dados e adquirir o máximo de conhecimento para se iniciar uma abordagem quantitativa no geral e em partes qualitativa, transformando os dados numéricos extraídos do processo e buscando seus significados analisados do ambiente, permite uma conversão do registro em informações essenciais para a compreensão dos atuais e futuros problemas que surgirão ao longo do tempo.

Diante do pressuposto de que informações de natureza básica não seriam o suficiente para a resolução do problema, a opção de seguir os passos de uma pesquisa aplicada mostra-se de grande valia para o alvo em estudo.

3.3.1 Pesquisa aplicada

Segundo Gil (2002), a pesquisa aplicada se descreve como: a procura por sanar dúvidas e adquirir mais conhecimento sobre determinados assuntos com base em acontecimentos ocorridos na realidade e não hipotéticos.

Para Santos e Filho (2012), se deve em virtude de uma grande necessidade de resolver algo ocorrido, em virtude disso a pessoa por executar a pesquisa foca mais no objetivo e que por sua vez encontra a solução mais rapidamente pois ela já sabe o que procura.

Com a natureza da pesquisa focada em gerar conhecimento para que no futuro seja aplicado na prática, as chances de um desenvolvimento de um controle estatístico robusto, se tornam maiores e o estudo avança saindo dos papéis e toma lugar em uma situação real.

3.3.2 Pesquisa Descritiva

Para Andrade (2010), essa classificação procura registrar todos os fatos observados inclusive deduções sobre o processo. Em virtude do tema do trabalho ser voltado para o CEP, essas anotações são obrigadas a adotar a classificação dos dados durante a coleta, levando como regra a divisão dos erros possivelmente originados dos humanos e os originados das máquinas para padronizar a pesquisa, porém deve se levar em conta que os fatos observados e julgados com importantes devem ser invioláveis pelo pesquisador, ou seja, não devem ser alterados simplesmente anotados de acordo com o acontecimento.

Referente a pesquisa descritiva Prodanov, Freitas (2013), afirma que na pesquisa descritiva é buscado dados qualitativos e quantitativos para desvendar a origem do problema levando em consideração todos os fatos registrados.

Resumidamente a pesquisa descritiva é um conjunto técnicas que nortearam a coleta de dados de forma organizada, possibilitando descrever as características observadas e julgadas como importantes para relacionar com um possível motivo da variação do processo, outro fato que deve-se levar em conta é que o motivo da não violação dos dados serve como garantia para que os futuros resultados sejam os mais verdadeiros possíveis.

3.3.3 Pesquisa-ação

Definida como empírica devido a associação com experiências reais de diversos gêneros, ela faz a mediação de um problema comum entre os interessados e com um modo cooperativo faz com que se crie uma ponte até chegar à uma determinada ação.

Gil (2002) ressalta, a pesquisa-ação está diretamente ligada a detecção de um problema em determinadas circunstâncias, nela é feito uma auto-reflexão do cenário e com auxílio de profissionais capacitados que fazem parte do grupo que está atrás da solução e através das ideias surgidas desta cúpula, os mesmos buscam uma resposta prática e de fácil obtenção.

3.4 TÉCNICAS DE PESQUISA

De acordo com Andrade (2010), as técnicas de pesquisa estão voltadas para os meios de coleta de informações e também são a ligação da teoria com a realidade, ou seja, é a hora em que se aplicar os conceitos que as literaturas trazem em situações reais com o objetivo de se extrair aquilo que se deseja.

Andrade (2010), também se refere que existe tipos de técnicas específicas para cada situação e elas são baseadas em normas e regras criadas para direcionar o usuário para o melhor caminho onde se consiga ministrar os dados retirados da situação onde se aplicou a técnica.

Para Lakatos, Marconi (2017), as técnicas servem para direcionar os passos de como o estudo deve ser conduzido, ao mesmo tempo indicar que meios e técnicas são necessários seguir para uma coleta de dados.

3.4.1 Observação direta intensiva

Abordando técnicas para acompanhar o processo em atividade, a observação direta intensiva proporciona meios para examinar ou comprovar fatos do estudo com base em observações.

Do ponto de vista de Andrade (2010), a observação direta intensiva se classifica nas seguintes modalidades:

- Sistemática;
- Assistemática;
- Participante;
- Não participante;
- Individual;

Conforme as classificações apresentadas e com o objetivo alvo estabelecido a escolha das modalidades se dá o destaque para a participante, sistemática e a individual, pois se restringem em observar aspectos já conhecidos que são as variações de processo e para tal atividade será necessário se incluir no ambiente produtivo e por fim, estas atividades serão realizadas exclusivamente pelo autor deste trabalho.

3.5 MÉTODO DE ABORDAGEM

Constituído por diversos procedimentos, o método é uma sequência macro de como se chegar no seu objetivo, pode ser considerado como caminho ou pensamento, enquanto a abordagem refere-se a uma sequência de atividade que foca na aproximação do objetivo de estudo. Quanto a escolha dos métodos, a mesma é diretamente relacionada com o tema de pesquisa.

Para Andrade (2010), o método de abordagem é a base de um trabalho no quesito de investigar algo, nele é selecionado o método que através de lógica ao processo intrínseco auxilia a processar a realidade de situações para desvendar o real motivo dos problemas analisados.

Em seu livro Prodanov e Freitas (2013) afirmam, as abordagens proporcionam meios que fazem com que os pesquisadores possam atingir seus objetivos. Separando o que é de senso comum e o que é anormal, os meios são fundamentados em um raciocínio amplo que direcionam a pesquisa para o caminho certo.

Referente a métodos, podemos dizer que de fato eles estão sempre buscando deixar de forma mais clara como seguir os procedimentos lógicos.

3.5.1 Método dedutivo

Vinculado com o processamento do conhecimento e a aplicação na realidade, o método dedutivo é a ponte da construção lógica resumida de um raciocínio até a causa do alvo analisado.

Para Andrade (2010), o método é utilizado para conciliar um turbilhão de informações que ao analisar situações as mesmas são geradas e transformadas em deduções concretas e assim deduzir possíveis soluções, ou seja, o todo é esmiuçado até chegar em um ponto que pode ser o que procura.

Seguindo o mesmo pensamento Lakatos, Marconi (2017), retrata que o método dedutivo é retirado de teorias e estudos mais aprofundados aplicados para solucionar um problema através um compilado de dados até encontrar os chamados “fenômenos particulares”.

Esse método de modo geral faz do todo, caminhos lógicos que apontam para uma conclusão com base no desmembrando do problema em fatos já conhecidos e indiscutíveis.

3.5.2 Abordagem quantitativa

Converter dados numéricos de uma coleta em informações para uma melhor interpretação de um problema, se chama abordagem quantitativa.

Seguindo a mesma linha de raciocínio referente a abordagem quantitativa:

Essa forma de abordagem é empregada em vários tipos de pesquisas, inclusive nas descritivas, principalmente quando buscam a relação causa-efeito entre os fenômenos e também pela facilidade de poder descrever a complexidade de determinada hipótese ou de um problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos experimentados por grupos sociais, apresentar contribuições no processo de mudança, criação ou formação de opiniões de determinado grupo e permitir, em maior grau de profundidade, a interpretação das particularidades dos comportamentos ou das atitudes dos indivíduos (PRODANOV, FREITAS, 2013).

Sendo complementada pela abordagem qualitativa, a quantitativa em específico leva em conta o objetivo a se chegar. Seguindo as palavras de Lakatos, Marconi (2017), o que leva a pesquisa a uma objetividade é o tema, os problemas e a teoria utilizada.

3.6 MÉTODO DE PROCEDIMENTO

Dividido em segmentos o que não permite ser apenas um método, em outras palavras exclusivo, suas fragmentações são específicas para cada caso.

Descrito por Andrade (2010), o método de procedimento trabalha mais especificamente em cada etapa de acordo com o assunto a ser abordado no trabalho e não considera o plano geral, em outras palavras ele é o ajuste das abordagens.

Referente a métodos de procedimentos Lakatos, Marconi (2017) afirma que, esse método vai além de investigar as situações, ele busca explicações plausíveis que explique a sua causa partindo dos fatos menos complicados, agindo em específico nas particularidades das ocorrências e tem como objetivo supor possíveis atitudes que resolveria o problema.

Considerando os métodos de processo como um refinamento das abordagens, deve-se levar em conta que o problema do presente trabalho requer procedimentos estatísticos para ser solucionado, então a ligação com outros métodos para facilitar a tomada de decisões é válido.

3.7 OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES

Com as pesquisas em busca de conhecimento, as abordagens e técnicas definidas e procedimentos estabelecidos junto da clareza do objetivo, inicia se a coleta de dados na prática. Uma vez concluída essa etapa os fatos pertinentes ao processo começam a aparecer possibilitando as tomadas de decisões.

Dando sentido à coleta de dados e sendo fiel aos métodos e técnicas, é necessário acompanhar o processo causador da variação e seguir os seguintes passos:

- Definir do que será abordado;
- Definir os meios que serão utilizados (instrumentos, material de registro, pessoas);
- Criação da carta de controle adequada conforme o objetivo;
- Durante o processo de registro, seguir as recomendações do manual de CEP.
 - Na carta de controle junto do diário de bordo deve ser anotado todos os eventos avistados.
 - Deve-se evitar ao máximo a interferência externa sobre os dados.
 - Registrar as medições de acordo com as quantidades de repetições;
 - Anotar qualquer tipo de ajuste de processo que tenha feito durante a usinagem;
 - Verificar se houve troca de ferramental;
- Organizar os dados;

Em meio ao acompanhamento é necessário registrar tudo o que achar necessário, o ideal é registrar aspectos que se caracterizam com tempo de produção, local de manufatura (máquinas), tipo de processo e efeitos causados aos produtos. Outro fato importante a se observar são aqueles que não são possíveis ser registrados em forma de dados, os mesmos se classificam como qualitativos.

Resumidamente, um estudo de processo sempre se dá início mediante a algum fato que venha a chamar a atenção dos interessados, seja algo que ocorreu e veio a causar prejuízo ou algo que contem reincidência ou repetidas falhas registradas. É nessa etapa que é identificado o que vai ser abordado ou qual o item vai ser estudado retirando informações dos registros da qualidade.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, o cenário onde o processo é feito e que ali resulta em peças não conforme, deve ser rapidamente inspecionado e coletado todas as informações possíveis, pois cada detalhe pode fazer uma enorme diferença para o entendimento.

Para identificar qual é o cenário, os registros das não conformidades normalmente contém informações que indicam em qual parte do fluxo de processo ocorreu o evento, conseqüentemente obtendo essa informação já é possível prever qual característica da peça estudar junto do processo, em virtude de que cada parte do fluxo é responsável por moldar uma parte da mesma, exemplo: corte segmenta a matéria-prima, usinagem remove o material para deixar no perfil do projeto, retifica remove o sobremetal formando o ajuste da peça e assim por diante.

Com o processo e a característica de estudo definida é chegada a hora da escolha de qual tipo de carta usar mediante ao meio em que a situação se encontra e os objetivos de que se deseja alcançar.

É existente vários tipos de cartas com diferentes finalidades, porém essa gama de recursos deve se restringir unicamente a coleta de dados por variáveis pois esse é um dos objetivos do trabalho.

Quanto a escolha dos instrumentos, isso deve estar condizente a ambos no que se refere a característica da peça estudada e ao tipo de carta adotada para dar seqüência no estudo.

Em meio aos registros, manter o contato com o operador de máquina e ter uma conversa investigativa é de suma importância, pois somente ele pode fornecer informações pertinentes ao processo.

3.8 ANÁLISE DE DADOS

Objetivando descobrir as principais causas da variação neste ponto do trabalho deve se analisar o histórico dos registros da qualidade referente a não conformidade de peças com intuito de classificar o defeito mais recorrente.

Fazendo um intermédio entre coleta de dados e análise, após a classificação do defeito durante a resolução, é de extrema importância retornar para a coleta de dados e observar apenas o defeito mais recorrente com o gráfico de controle, que de forma visual identifica as causas comuns e as especiais presentes no processo. Nessa etapa, temos apenas um defeito a se analisar, o que possibilita uma melhor identificação dos limites de engenharia, ou seja, a variação de medida que o projeto permite, também é possível observar durante a análise as tendências do processo, seja elas estáveis ou suscetíveis a saírem do controle.

Prosseguindo com a análise, os mesmos dados do gráfico de controle são alimentados no método de CEP para gerar os índices de Cp e Cpk além da variância e desvio padrão. Concluído essa etapa, deve se analisar se os resultados gerados estão condizentes com a hipótese gerada.

3.9 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Buscando ferramentas e equipamentos, orientações e os melhores métodos para se desenvolver o trabalho voltado para a criação de um CEP, foi utilizado de recursos humanos e de recursos materiais.

3.9.1 Recursos Humanos

Este recurso não se trata exatamente do setor RH, mas sim do auxílio recebido por parte de pessoas que se envolveram diretamente e indiretamente na construção do trabalho, eles são:

- Orientador;
- Bibliotecários;
- Colaboradores da JAMA (Gestores, Operadores de Máquinas, Programadores CNC's, Inspetores da Qualidade).

3.9.2 Recursos Materiais

Entre os equipamentos e recursos materiais necessários, os principais são:

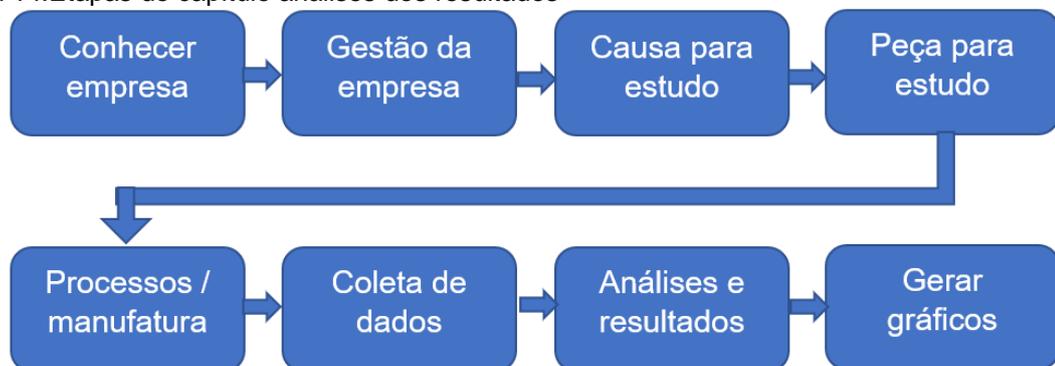
- Livros, Artigos, Manuais;
- Computadores;
- Tornos CNC's;
- Equipamentos para registro (Folhas, canetas);
- Instrumentos de medição (Paquímetros, micrômetros);
- Software (Minitab, Word, Excel);

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo será abordado os dados coletados as variações identificadas durante a busca de informações junto das decisões e caminhos tomados, os mesmos serão esclarecidos de forma minuciosa e clara através de ilustrações e relatórios gerados de acordo com o desenvolvimento.

Todos os dados aqui expostos serão justificados e elucidados os motivos de sua utilização junto de sua procedência. Cada informação descrita nesse trecho, contribui para alcançar o objetivo maior que é desenvolver um CEP em uma peça usinada.

Figura 14: Etapas do capítulo análises dos resultados



Fonte: Autor (2020).

Buscando alcançar cada etapa com intuito de retirar o máximo de dados ou informações possíveis, esse fluxo da Figura 14 foi criado acreditando que esses são os passos fundamentais para se desenvolver uma análise de controle estatístico sobre um componente usinado.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Hoje caracterizada como médio porte a Metalúrgica JAMA que iniciou suas atividades no ano de 1992 conta com uma excelente estrutura e maquinários junto de profissionais altamente capacitados. Vindo de origens humildes, os fundadores Moacir Maronez e Francisco Albeia Neto conseguiram obter sucesso no ramo agrícola tornando a empresa uma referência no segmento atuante na região Noroeste.

Através de seu Norte objetivando promover satisfação de seus principais clientes que são montadoras que possuem nomes de peso como John Deere e AGCO, a JAMA através de sua especialização em usinagem conseguiu atingir níveis altos

perante o mercado sendo reconhecida como uma das empresas mais séria e competente do ramo metal mecânico.

Figura 15: Imagem panorama da JAMA



Fonte: JAMA (2020).

A empresa atualmente fornece serviços em usinagem para peças em aço carbono e ligas contando com usinagem em tubos e chapas além de soldas de pequenos conjuntos. Ela também possui dois laboratórios bem estruturado contendo todos os instrumentos e equipamentos necessários para garantir a qualidade dos produtos industrializados.

Quadro 3: Portfólio de peças JAMA



Fonte: Autor (2020).

Para se manter no mercado a empresa possui maquinários de ponta de última geração contendo as funções necessárias para a confecção de todos os produtos de seu portfólio, isso inclui furação, retíficas, geradora, usinagem grossa e fina, usinagem interpolada, entre outras. Esses diferentes tipos de usinagem são estudados e aplicados com um único fim que é para que seus produtos sempre sejam entregues aos clientes com a máxima qualidade.

Além do fato das tecnologias adquiridas pela JAMA tornarem de seus produtos algo possuidor de uma qualidade indiscutível, os maquinários presentes em seu pátio fabril proporcionam uma maior flexibilidade para a produção, ou seja, uma única peça pode ser feita em mais de uma máquina.

Figura 16: Layout interna da JAMA



Fonte: Autor (2020).

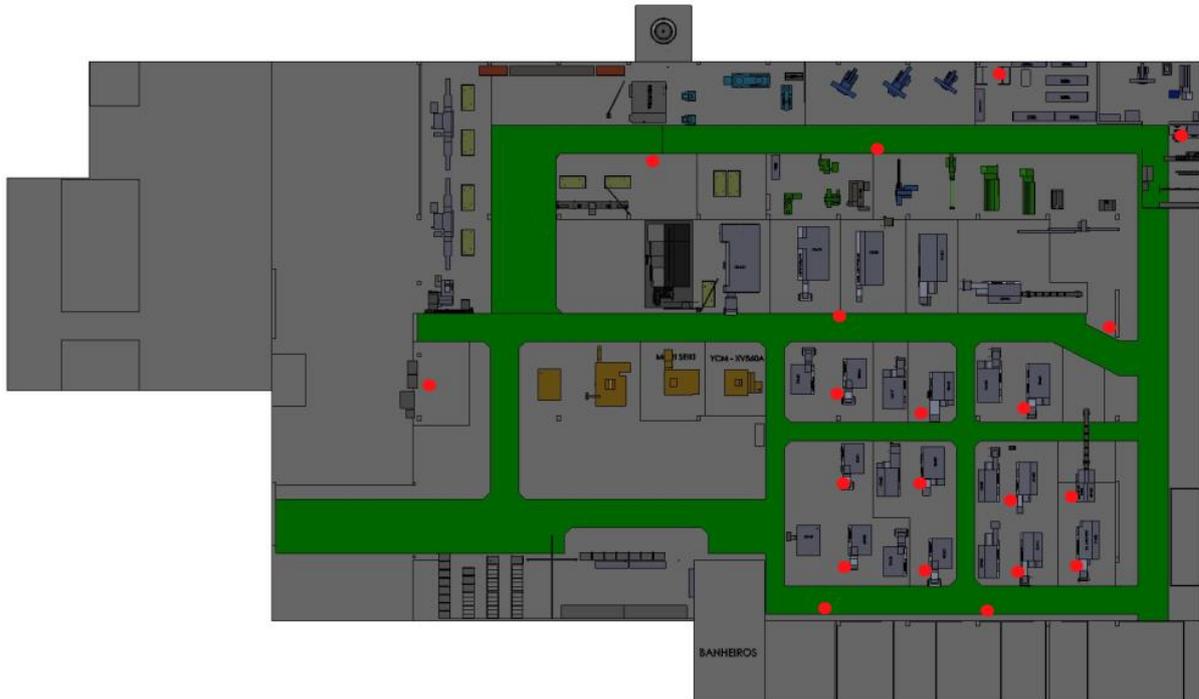
Para não sobrecarregar uma pessoa ou para facilitar o gerenciamento da empresa os diretores decidiram por bem pegar para si uma função, assim dividindo a tarefas tornando o Moacir Maronez o diretor comercial e Francisco Albeia Neto o diretor Financeiro.

4.1.1 Gestão dos produtos

Fazendo parte do setor da qualidade da empresa, a JAMA possui pessoas responsáveis por gerenciar as não conformidades internas que são lançadas ao sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) pelos próprios operadores, para ser mais preciso duas pessoas são as encarregadas por ministrar essa tarefa, ou seja, no momento em que o operador em sua máquina identifica uma peça não conforme entre

as produzidas por ele mesmo, ele tem o dever de ir até um terminal eletrônico entre os vários instalados pelo pátio fabril e lançar a peça encontrada fora do especificado. Esse ato é a primeira de três etapas de registro.

Figura 17: Layout interno



Fonte: Autor (2020).

Cada ponto em vermelho na Figura 17 é a representação de um terminal de apontamentos de OP (Ordem de Produção) ou registros de não conformidades. Esses terminais são constituídos de computadores que possuem uma rede interligada com o sistema ERP.

Durante o registro da não conformidade, o operador irá analisar o motivo da rejeição e através de códigos que se referem à uma determinada característica da peça e conseqüentemente a causadora da rejeição, ele irá registrar juntar informações do ocorrido como a quantidade de peças encontradas junto da característica julgada como fora do padrão solicitado e irá inserir em um cartão vermelho, isso tudo para que o analista da qualidade possa ter mais informações sobre a não conformidade registrada. Esse preenchimento no cartão vermelho representa a segunda etapa dos registros.

Figura 18: Cartão vermelho preenchido

 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	
CARTÃO DE PRODUTO NÃO-CONFORME	
Operador	CÓDIGO: <u>ABC93464</u> OP: <u>36181</u>
	DESCRIÇÃO: <u>Shaft</u> QTDE: <u>7 Pç's</u>
	CÓD. DEF.: <u>02</u> MÁQUINA: <u>CN-27</u>
DESCRIÇÃO DA NÃO-CONFORMIDADE	
<u>Ø 35 a 34,975 ficou maior com Ø 35,032</u>	
CARTÃO PONTO: <u>1175</u> DATA: <u>05/08/20</u>	
AÇÃO DE CORREÇÃO	
Resp. pelo processo	<u>Verificar a possibilidade de recuperar a centragem da peça e retrabalhar</u>
	NOME: <u>Alexandro A</u> DATA: <u>05/08/20</u>
DISPOSIÇÃO DO PRODUTO	
Controle Qualidade	<input checked="" type="checkbox"/> Retrabalho <input type="checkbox"/> Sucata <input type="checkbox"/> Devolução <input type="checkbox"/> Classificar <input type="checkbox"/> Aproveitamento do material <input type="checkbox"/> Liberado cliente <input type="checkbox"/> Liberado por: _____
	NOME: <u>Dione S.</u> DATA: <u>06/08/20</u>

Fonte: Autor (2020).

Visto na Figura 18 o que é um cartão vermelho, os dados que são inseridos à mão pelo operador como por exemplo o *part number*, número da OP, descrição do motivo do erro e destino da peça, são informações que o sistema ERP não comporta e servem para auxiliar a análise e também para dar um destino para a peça, o único dado solicitado pelo sistema para identificar é o código da não conformidade e a quantidade.

Tabela 1: Códigos e causas

Código Causa	Descrição da Causa	Código Causa	Descrição da Causa	Código Causa	Descrição da Causa
1	001 – Diâmetro Menor	15	015 – Oxidação	34	034 – Batimento
2	002 – Diâmetro Maior	17	017 – Código Trocado	35	035 – Perpendicularidade
3	003 – Cota Menor	18	018 – Peça Trocada	36	036 – Estriar
4	004 – Cota Maior	19	019 – Operação Não Executada	37	037 – Rugosidade
5	005 – Matéria-Prima	20	020 – Raios Não Conforme	38	038 – Outros Especificar a Causa
6	006 – Rosca Defeituosa	21	021 – Ausência de Zinc. / Tratamento	39	039 – Fornecedor Reajustou as Peças
7	007 – Furação Deslocada	22	022 – Zincagem / Tratamento	40	040 – Peças Usada para Corpo de Prova
8	008 – Ângulo não conforme	23	023 – Divergência NF x Quantidade	41	041 – Itens Faltantes Somente Grefortec
9	009 – Quebra de Insumo	25	025 – Pintura	44	044 – Diferença entre Quantidade Produzida
10	010 – Dureza Não Conforme	26	026 – Peça Danificada	45	045 – Empenamento
11	011 – Solda Porosa	27	027 – Revisão desatualizada	46	046 – Peças Faltantes Terceiros
12	012 – Solda Trincada	28	028 – Chaveta	47	047 – Rebarba
13	013 – Cordão Desuniforme	29	029 – Dispositivos	49	049 – Cor do Cromatizante Trocado
14	014 – Solda Fora de Posição	33	033 - Acabamento		

Fonte: Autor (2020).

Os códigos foram desenvolvidos com base nas diversas possibilidades de erros existentes que podem ocorrer durante todos os processos que a empresa contempla, essa criação foi desenvolvida pensando em facilitar o controle da qualidade interna e agilizar o método de registro feito pelos operadores.

No momento em que os dois gerenciadores da qualidade citados anteriormente estão fazendo seus registros referentes às não conformidades, para manter o controle e obter informações do histórico de cada peça produzida e lançada as ocorrências em seu banco de dados, eles devem levar em conta o valor que foi agregado ao produto até o processo onde foi identificada a rejeição.

Uma parte desse serviço é feito pelo ERP que identifica automaticamente o processo onde surgiu o imprevisto ou o erro, a outra fica a cargo do operador ao definir a característica que fez com que a peça saísse do programado e por fim os gestores da não conformidade são os responsáveis por conferirem o valor que foi gasto para produzir a peça até chegar na rejeição.

Em virtude da utilização dos códigos de causas por parte do sistema, onde os mesmos são parâmetros para registro, a informação extraída desse meio se torna mais concisa e confiável pelo fato de ser um processo semi-automático. Levando em conta esse fato que a decisão da aplicação do CEP sobre uma característica de uma peça será baseada nos registros contabilizados e assim será escolhido a mais repetitiva para o estudo.

Figura 19: Cabeçalho de registro de NC

VALORES GERAL							
REFERÊNCIA	DATA	QUANTIDADE	CUSTO UNIDADE	CUSTO TOTAL	CAUSA NC	DESCRIÇÃO NC	DESTINO MATERIAL

Fonte: Autor (2020).

Visualizando o cabeçalho exposto na Figura 19 que representa parte da tabela do apêndice A do trabalho, podemos identificar quais são os dados necessários para armazenar informações de cada registro feito e assim obter um histórico quando preciso.

Em outras palavras o cabeçalho é formado pelo código da peça, a data de registro da NC (não conformidade), quantidade de peças registradas com o mesmo problema, custo agregado para cada produto, o custo gerado por todas as peças identificadas NC, código referente a causa da NC, descrição do acontecido, local de destino da peças podendo ser encaminhadas direto para a sucata ou retrabalhadas (interno/externo).

4.2 ESCOLHA DA CAUSA PARA APLICAÇÃO DO CEP

Utilizando dos registros de não conformidade contabilizados pela qualidade, foi usada uma parte da planilha para a retirada de dados, essa pequena parte resultava em 2804 registros o que resumia 15 meses que se iniciavam em janeiro de 2019 e se estendiam até março de 2020 e correspondia a coluna das causas geradoras das NC's.

Retirando este trecho e analisando exclusivamente o mesmo, foi criado uma planilha onde nela elencou cada causa de registro neste período junto da porcentagem de reincidência considerando o número total de lançamentos. Vale ressaltar que essa análise foi feita para identificar qual a causa estudar e para ela foi considerado todos os itens produzidos pela JAMA nos 15 meses citados.

Tabela 2: Porcentagem das causas

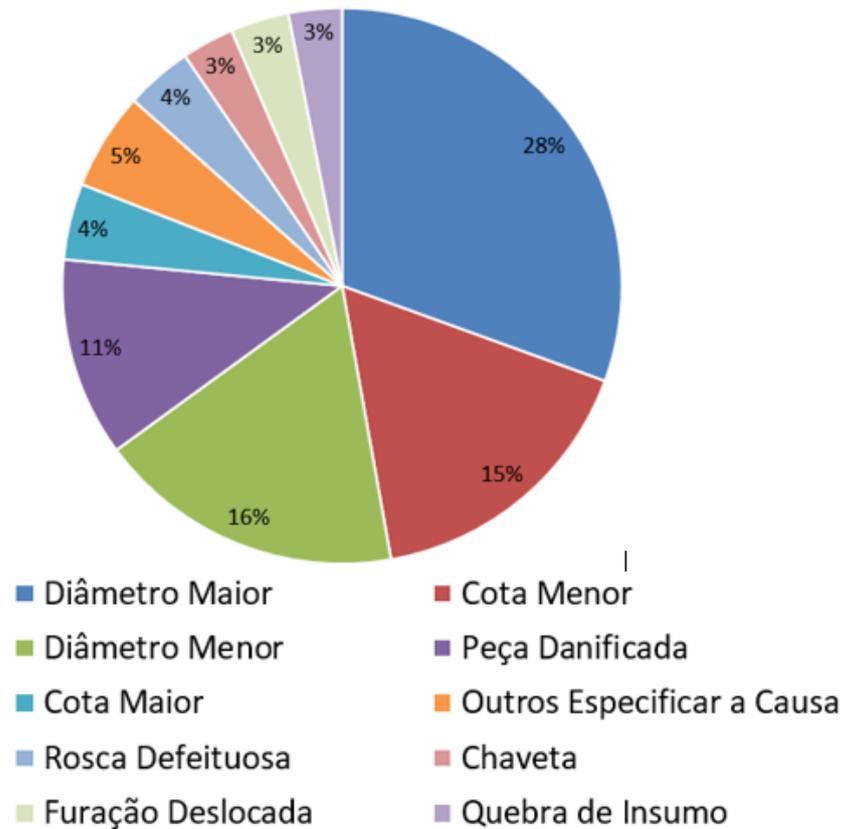
DESCRIÇÃO DA CAUSA	REINCIDENCIA	%	DESCRIÇÃO DA CAUSA	REINCIDENCIA	%
Diâmetro Maior	496	28%	Estriar	7	0,40%
Diâmetro Menor	288	16%	Zincagem / Tratamento	6	0,34%
Cota Menor	270	15%	Diferença entre Quantidade Produzida	6	0,34%
Peça Danificada	188	11%	Batimento	5	0,28%
Outros Especificar a Causa	92	5%	Acabamento	3	0,17%
Cota Maior	72	4%	Solda Fora de Posição	3	0,17%
Rosca Defeituosa	63	4%	Dureza Não Conforme	2	0,11%
Furação Deslocada	55	3%	Pintura	2	0,11%
Quebra de Insumo	50	3%	Revisão desatualizada	2	0,11%
Chaveta	49	3%	Raios Não Conforme	1	0,06%
Matéria Prima	22	1%	Peças Faltantes Terceiros	1	0,06%
Ângulo não conforme	20	1%	Solda Porosa	1	0,06%
Oxidação / Operação Não Executada	18	1%	Rebarba	1	0,06%
Operação Não Executada	17	1%	Divergência NF x Quantidade	0	0,00%
Peças Usada para Corpo de Prova	11	1%	Rugosidade	0	0,00%
Empenamento	9	1%	TOTAL	1760	

Fonte: Autor (2020).

Observando as porcentagens e se referenciando nas repetições, pode se observar que existe uma grande concentração de erros espalhados entre as causas já registradas como não conforme nos 15 meses, porém os mais graves no que se trata de 50 reincidências para mais, estão variando entre 3% a 28%.

Buscando uma melhor visualização foi criado o gráfico da Figura 20 onde o mesmo demonstra a quantidade em percentuais que separa as 10 características mais repetidas durante os 15 meses considerados para estudo.

Figura 20: Gráfico dos 10 mais reincidentes



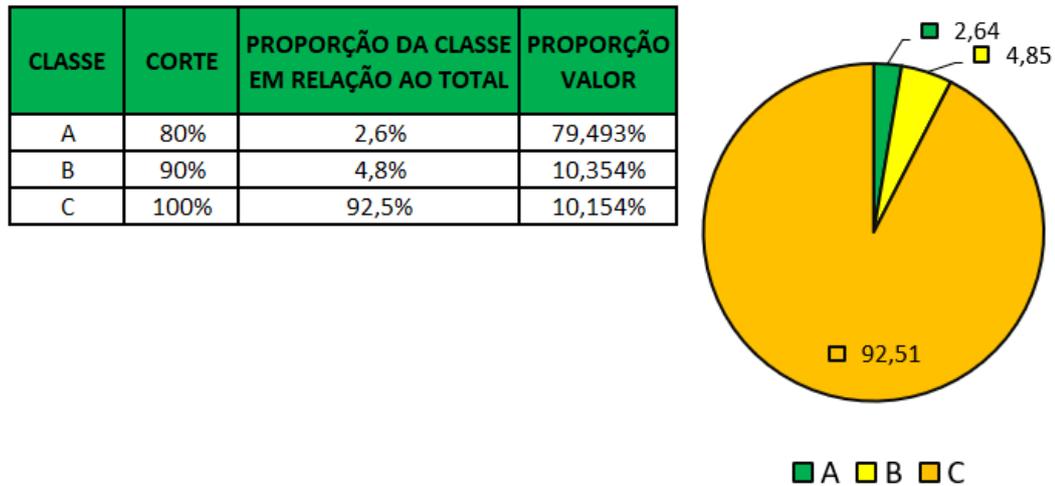
Fonte: Autor (2020).

Ilustrado de azul na porção maior do gráfico de pizza, se igualando a porcentagem de 28%, a causa que mais aparece na distribuição, se dá à diâmetros maiores, ou seja, essa é a característica responsável por nortear o estudo do CEP, finalizando a primeira etapa para a escolha do que se analisar, sendo assim as próximas etapas serão voltadas para a escolha do *part number* cruzando referências de valores para justificar qual é a razão do estudo CEP em cima da peça escolhida.

4.3 ESCOLHA DO *PART NUMBER* PARA APLICAÇÃO DO CEP

Dando início a segunda etapa, a necessidade de obter todas as informações de custos que constituem juntos os valores de industrialização, se tornam algo de grande importância e essencial para diferir os itens classificados como *ranking A* de uma curva ABC.

Figura 21: Proporção curva ABC (15 meses / registros de diâmetros maiores)



Fonte: Autor (2020).

Ao analisar a curva gerada (Apêndice B) com todos os registros de 2019 até Março de 2020 referentes a diâmetros maiores, suas distribuições se equivalem a Figura 21, onde pode se observar que a classe A tem um ponto de corte de 80%, a classe B em 90% e o 100% se deve a classe C.

Em relação ao total de registros, a classificação “A” que foi selecionada para a retirada do *part number* e conforme a Tabela 3 é a mais relevante ao se tratar de valor agregado, a mesma representa 3% do total de registros (registros de diâmetros maiores nos 15 meses), porém se equivale a 79% do valor total desperdiçado.

Tabela 3: Ranking - A - Curva ABC

CLASSIFICAÇÃO CURVA ABC							
ITENS EXISTENTES	VALOR UNITARIO	REPETIÇÕES	QUANTIDADE NÃO CONFORME	VALOR DISPERDIÇADO	PORCENTAGEM INDIVIDUAL	PORCENTAGEM ACUMULADA	CLASSIFICAÇÃO
ABC89464	R\$312,62	25	1059	R\$331.064,58	20,572927%	20,57293%	A
ABC131534	R\$305,00	23	611	R\$186.355,00	11,580423%	32,15335%	A
TT51867	R\$6,88	132	24182	R\$166.372,16	10,338655%	42,49201%	A
TT51867	R\$5,21	132	24182	R\$125.988,22	7,829127%	50,32113%	A
DD45039	R\$33,30	227	1763	R\$58.707,90	3,648211%	53,96934%	A
DD45039	R\$31,22	227	1763	R\$55.040,86	3,420335%	57,38968%	A
DD45039	R\$30,80	227	1763	R\$54.300,40	3,374321%	60,76400%	A
DD41079	R\$14,21	524	3387	R\$48.129,27	2,990836%	63,75483%	A
DD41079	R\$14,20	524	3387	R\$48.095,40	2,988732%	66,74357%	A
DD41079	R\$12,40	524	3387	R\$41.998,80	2,609878%	69,35344%	A
71413877	R\$272,35	7	126	R\$34.316,10	2,132462%	71,48591%	A
ABC106786	R\$12,40	16	2509	R\$31.111,60	1,933329%	73,41924%	A
R113692	R\$9,87	31	2664	R\$26.293,68	1,633935%	75,05317%	A
A201777	R\$227,15	9	92	R\$20.897,80	1,298626%	76,35180%	A
A206770	R\$56,69	3	241	R\$13.662,29	0,848998%	77,20079%	A
IPM004000222	R\$577,20	7	22	R\$12.698,40	0,789101%	77,98989%	A
159784OXBO	R\$714,96	2	17	R\$12.154,32	0,755291%	78,74519%	A
A156938	R\$26,04	14	462	R\$12.030,48	0,747595%	79,49278%	A

Fonte: Autor (2020).

Considerando os valores desperdiçados que representa o quanto em reais a empresa deixou de receber, pois os itens foram reprovados durante as inspeções internas, o *ranking A* da curva que representa 80% do valor total do desperdício em rejeições somando em 18 registros e 13 itens diferentes são equivalentes a R\$1.279.217,26. Dando continuidade aos resultados da curva o *ranking B* e *C*, cada um representa 10% do valor das rejeições destinadas aos diâmetros maiores e contabilizadas durante os 15.

A diferença do número de registros para a quantidade de itens se deve em virtude de que o mesmo item pode sofrer alteração de preço durante o período estudado, sendo assim ele deve ser considerado como se fosse outro item para se somar seus valores com os demais.

Figura 22: Eixo ABC89464



Fonte: Autor (2020).

Finalizando a última etapa da escolha do *part number*, o escolhido se deve ao item ABC89464 da Figura 22 referente ao projeto do Apêndice D, pois ele ficou em 1º na classificação dos itens relacionados como os possuidores dos maiores valores agregados e desperdiçados em virtude da rejeição, como pode se observar no gráfico de Pareto disponível para visualização nos apêndices (Apêndice C) o item ABC89464 é dono de 26% do valor de R\$ 1.279.217,26 que a empresa deixou de lucrar com a venda dos 13 itens da classe A.

O resultado da escolha do item para estudo fica incontestado a partir da visualização do Pareto (Apêndice C), pois a diferença da primeira coluna para a segunda na classificação ficou com 11% de diferença, os valores resultantes da

quantidade de reprovação multiplicados pelos valores de vendas, entre o primeiro colocado que ficou com R\$ 331.064,58 e o segundo, a diferença de valores ficou com R\$ 144.709,58, ou seja, o item escolhido é o que mais gerou despesas para a empresa por ser fabricado até o momento onde surgiu a característica que fez com que o item fosse rejeitado, tirando a possibilidade da venda do produto.

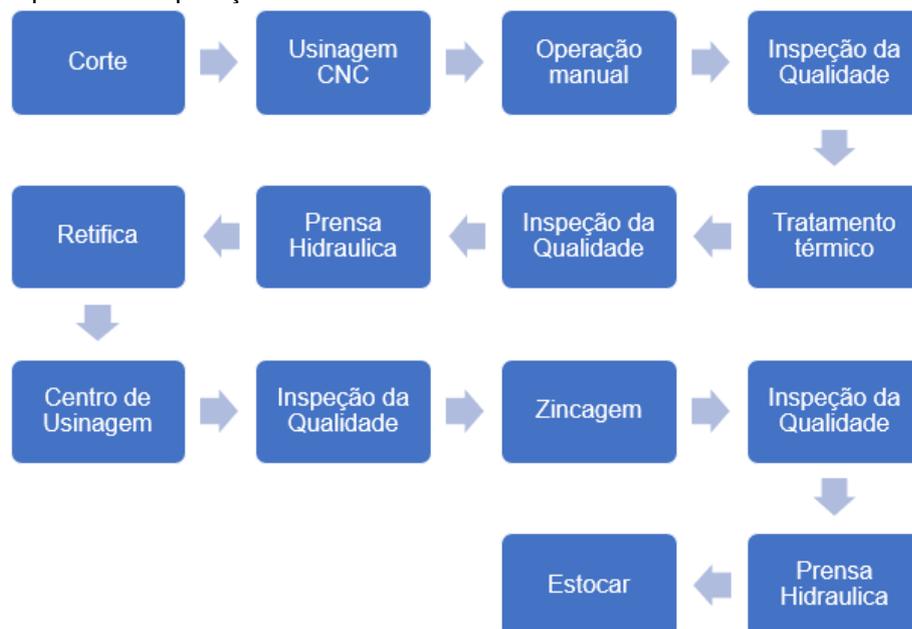
Outro fato é que entre a porcentagem de 28% (diâmetros maiores) da causa que mais se repete, o item ABC89464 se repetiu apenas 7 vezes e essas vezes resultaram em R\$180.069,12, porém o que se deve levar em conta é a quantidade de peças que foram reprovadas durante essas 7 vezes de reincidência que foi um total de 576 peças.

Pegando esse valor e comparando com a quantidade desperdiçada da classe A da curva ABC torna evidente a necessidade de uma ação corretiva pelo fato de que poucas peças desse item uma vez rejeitado podem resultar em um grande prejuízo.

4.4 PROCESSOS PRIMARIOS DE FABRICAÇÃO DO ITEM ABC89464

A importância de conhecer todos os processos que constituem a peça para estudo é de extrema importância, uma vez que analisado a fundo a manufatura a identificação dos possíveis causadores de causas especiais no processo, podem ser identificados rapidamente e pode reduzir o tempo gasto na investigação a procura do agente nocivo a produção do item ABC89464.

Figura 23: Sequência de operações



Fonte: Autor (2020).

Para deixar a peça no perfil conforme solicitado pelo cliente através do projeto, o material escolhido de acordo com a preferência do solicitante chamado *blank* é cortado com o auxílio da serra e deixado com um comprimento maior, esse processo é conhecido por cota de processo, que por sua vez tende a deixar o *blank* com o comprimento maior para ser ajustado durante a remoção de material na usinagem.

Transferindo o material para o próximo processo, chega a vez da usinagem dar o perfil desejado ao material cortado na serra, o processo se inicia com o desbaste do *blank*, ou seja, durante esse desbaste a máquina CNC retira o excesso de material da barra ainda bruta e a cada raio, chanfro e comprimento que vai sendo usinado, os mesmos vão moldando a matéria-prima fazendo com que a cada segundo usinado a MP se pareça mais com o projeto, também é nessa etapa que o operador deve deixar um sobremetal no ajuste para garantir essa dimensão no processo de retifica.

Após a conclusão do processo de usinagem, é feito uma rebarbagem na peça onde é removido todas as rebarbas causadas pela usinagem e também os cantos vivos deixados com o intuito de eliminar as chances do corte dos operadores durante o manuseio das peças.

Seguindo o processo produtivo, uma inspeção na peça é feita e nela é inspecionado todos os processos já aplicados ao *blank* até a atualidade, em outras palavras, nessa inspeção é verificado se todos os processos anteriores foram executados conforme o planejado.

Passando para o processo de tratamento térmico, nessa etapa a peça é enviado para empresas terceiras fazerem o endurecimento da peça. Esse endurecimento da peça é requerido devido a sua aplicação que exige resistência do material por ser acoplado à outras peças que podem ser chamadas de componentes que regem o conjunto por inteiro.

Retornando do processo de tratamento térmico, ao dar entrada na JAMA, uma nova inspeção é feita para novamente verificar se os processos anteriores ficaram conforme o planejado, porém essa inspeção tem um caráter especial que deve se levar em conta, pois dependendo do estado que a peça vir tratada a mesma influenciará diretamente na característica escolhida para estudo que é o diâmetro.

Conforme descrito anteriormente o processo de tratamento térmico tem como função atribuir para a peça à resistência requerida em projeto, isso se referindo ao objetivo geral do projeto (desenho da peça), no entanto esse processo também tem

grande importância para alcançar o ajuste que é adquirido durante o processos futuros como o ato de retificar o diâmetro externo da peça.

Devido às altas temperaturas atribuídas a superfície da peça e o revenimento (resfriamento) feito, a estrutura do material se altera ocasionando empenamentos na superfície do eixo, para reduzir a imperfeição da superfície causada pelas altas temperaturas, a peça passa pelo processo de prensa onde o eixo é desempenado deixando o batimento radial com uma variação aceitável pois o processo seguinte eliminará as imperfeições restantes.

Dando início ao processo de ajuste feito na retífica, a dureza deixada pelo tratamento térmico pode influenciar no ajuste do diâmetro de $\varnothing 34,970 \text{ mm} +0,15$ (cota de processo), se a peça retornar do tratamento com a dureza baixa isso solicitará uma rotação maior da máquina e tem pequenas chances, porém não nulas de resultar em uma superfície rugosa que dificulta alcançar a dimensão desejada.

Caso a dureza da peça estiver em um nível elevado, a situação pode elevar o tempo de produção, pois exige mais passadas do rebolo da retífica sobre a superfície da peça para remover o material (sobremetal), porém não traz insegurança quanto ao atendimento da dimensão e nem do acabamento da peça.

De maneira geral, verificando os dois estados da dureza apenas em situações de dureza menor a dimensão tem um pequeno risco de resultar em uma não conformidade e também em pontos caracterizados como causas especiais pelo fato de que no processo haverá uma oscilação repentina de dimensões devido ao estado do material.

Responsável por atribuir a última característica de perfil à peça, o centro de usinagem fica a cargo de efetuar o chaveteamento do eixo respeitando as posições de chaveta, ângulos, profundidades, aberturas e perfil.

Após passar por mais um processo de inspeção para conferir os processos posteriores a última inspeção feita (inspeção do tratamento em diante), chega a hora de enviar a peça para o acabamento superficial.

Para a peça resultar na aparência requerida do projeto é necessário aplicar um revestimento em zinco na sua superfície, esse processo é chamado de zincagem onde é feito em terceiros (JAMA não possui processo de zincagem).

A zincagem consiste em um processo eletrolítico de imersão da peça em um tanque com zinco onde passa uma corrente elétrica que faz com que o composto de zinco fique fixado na superfície do metal, esse processo costuma enriquecer o metal

com hidrogênio o que não é um bom sinal, pois fragiliza a peça, no entanto para solucionar esse problema é feito uma desidrogenação onde utiliza do calor de um forno para reter o hidrogênio em seus interstícios.

No mesmo processo é depositada uma fina camada de zincagem onde é solicitado no mínimo 5 μ m e no máximo 15 μ m em milímetros isso poderia variar em 0,005 ou 0,015mm, porém como a peça é cilíndrica e a fina camada é medida da superfície, ao medir o diâmetro a variação máxima pode variar de 0,010 até 0,030mm. Devido à esse acréscimo que o processo considera para processo uma medida de segurança (cota de processo) para que após a zincagem a medida final da peça seja obtida.

Pelo fato de expor a peça ao calor, novamente requer um processo de prensa para planificar a superfície da peça deixando no batimento solicitado em desenho.

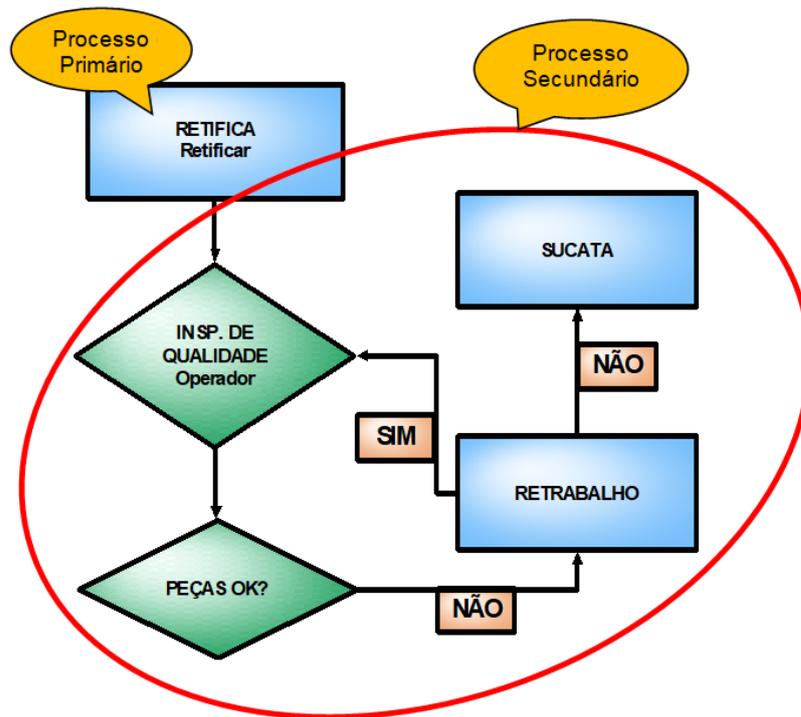
Um último processo de inspeção interna é feito, nesse momento é inspecionado todos os detalhes da peça para se certificar de que toda a manufatura julgada como necessário foi aplicada, principalmente o ajuste que é uma cota crítica no projeto.

Para finalizar com a industrialização do item escolhido, é feito a estocagem do produto e preparado para os embarques conforme os pedidos dos clientes em suas devidas embalagens.

4.5 PROCESSOS SECUNDÁRIOS DE FABRICAÇÃO DO ITEM ABC89464

Os processos secundários são constituídos de inspeções, tomadas de decisões, retrabalhos e sucata. Basicamente são as atividades que auxiliam na execução do processo primário, enquanto o primário foca em moldar o *blank* no perfil da peça o processo secundário prioriza a garantia de que o produto siga seus processos de manufatura sem sinistros ou com características julgadas como fora do especificado.

Figura 24: Ciclos dos processos secundários



Fonte: Autor (2020).

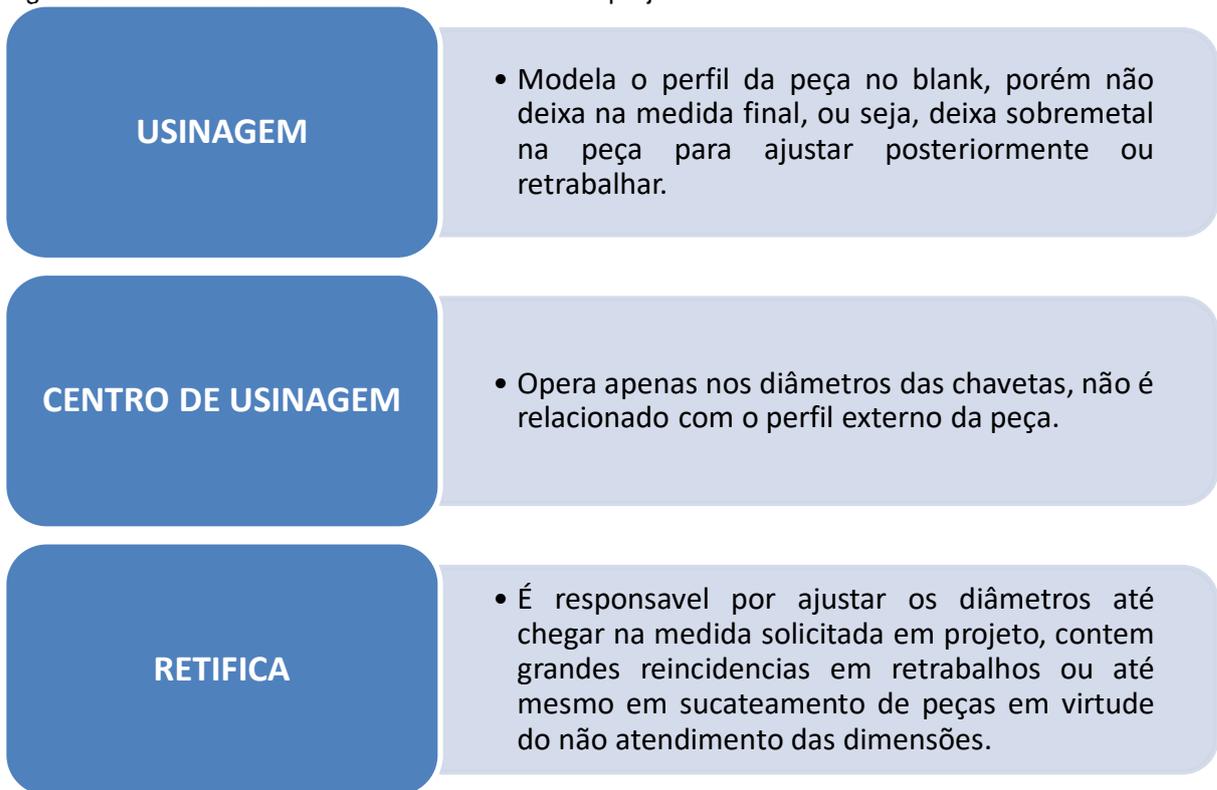
Ao analisar o fluxo de processo produtivo do item ABC89464 disponível no Apêndice E, é identificado um ciclo onde se inicia na inspeção do processo primário segue até a primeira tomada de decisão onde o operador se pergunta se a peça está “OK” ou não.

Caso a peça estiver “NOK” ela é avaliada como retrabalho, onde uma segunda tomada de decisão é feita após as peças serem corrigidas, nessa etapa caso a peça estiver de acordo com o projeto ela é encaminhada novamente para inspeção da qualidade uma vez concluída por eles que a peça está conforme ela está autorizada a seguir para os próximos processos. No caso de não conseguir corrigir o erro ela é julgada como sucata onde caracteriza as peças como irrecuperáveis e elas são desperdiçadas.

4.6 COLETA DE DADOS

Iniciando com as informações obtidas no decorrer desse trabalho, o item a ser estudado é o ABC89464, a característica da peça para coleta dos dados foi definida como diâmetros, e agora para a coleta dos dados darem início falta identificar quais são os processos que definem os diâmetros da peça sobre o *blank*.

Figura 25: Processos relacionados a diâmetros do projeto



Fonte: Autor (2020).

Analisando as três opções de atuação sobre a coleta de dados a primeira opção se torna inviável, pois ela apenas desbasta o *blank* e deixa a peça com sobremetal, em outras palavras caso o processo não saia como o planejado tem grandes chances de haver um retrabalho o que não resultaria em sucateamento da peça. Outra situação é que o intuito da aplicação do controle estatístico é aplicar sobre uma característica da peça que seja crítica.

A segunda opção não é diretamente interligada aos diâmetros da peça, ela só está na listagem porque ela é responsável por fazer as chavetas que possuem um perfil de meia lua, ou seja, possui diâmetros no perfil da chaveta, porém não tem registros de não conformidades suficientes para classificá-la como crítica.

A terceira opção é classificada como a mais importante, pois nela é executado o processo chave que proporciona a dimensão do projeto que tem a finalidade de casar com a contra peça, caso esse processo seja mal feito as chances do lote de produção resultarem em sucatas são grandes o suficiente para atrair a atenção das partes interessadas, ou seja, esse processo é crítico em função da sua importância ao se referir da aplicação, se for falho o cliente pode receber peças fora do especificado.

Em virtude da importância do processo de retífica, o mesmo será o processo escolhido e como consequência a característica resultante será o foco da retirada de dados. Porém é necessário destacar que o processo retificação não é algo onde simplesmente é escolhido a medida desejada e inserir a peça entre os rebolos que o ajuste será feito.

O processo consiste em várias passadas, ou seja, quando é selecionada uma dimensão no anel graduado da retifica a peça passa entre os rebolos para desbastar e eliminar o sobremetal deixado durante a usinagem no torno CNC assim deixando um pouco acima da medida desejada para que seja ajustado na última passada.

Pode ser considerado normal à situação onde a máquina é ajustada para deixar na dimensão final desejada (última passada entre os rebolos) e a peça se mantém na mesma medida forçando o operador a passar a peça mais uma vez sem ajustar o anel graduado da máquina.

Figura 26: Retífica Centerless convencional



Fonte: Autor (2020).

A retífica centerless convencional que será utilizada para a fabricação do eixo em estudo basicamente tem por função usinar peças com formato cilíndrico como eixos, pinos buchas tubos entre outros. Sua utilização normalmente é vista em produção em séries onde o que é produzido é sempre em larga escala ou muitas vezes chamado de produção em linha. O processo de retífica consiste em proporcionar ajustes finos nas dimensões das peças.

4.6.1 Iniciando os registros do CEP

Tendo como foco o diâmetro externo do eixo que por sua vez é confeccionado no processo de retífica, para a extração dos dados é necessário a colaboração do operador que vai retificar a peça e depois vai medir, um inspetor para registrar as medidas e o mais importante, uma carta de controle adequada ao processo que por sua vez deve vir acompanhada do instrumento à se utilizar junto da especificação da dimensão que vai ser monitorada.

Pelo fato do processo supervisionado ser condizente à uma dimensão apenas e em função de que o CEP analisa junto das causas a amplitude entre as medidas, facilita a escolha de qual o tipo de carta utilizar. Para o acompanhamento de um processo com variáveis a melhor escolha fica por conta da carta X-AM (amplitude móvel) pois ela leva em conta os intervalos de medição entre cada amostra, ou seja, ao utilizar essa carta estarei utilizando dois gráficos, um que leva em conta as médias obtidas com o acompanhamento do processo sobre o diâmetro de $\varnothing 34,970 +0,015$ que é a medida deixada antes da zincagem, e a outra considera as amplitudes entre as dimensões obtidas.

Conforme visto no Apêndice F, a carta desenvolvida para os devidos fins deste trabalho possui a descrição da peça, código (*part number*), limites de tolerância gerados pela engenharia do projeto, instrumento com sua resolução e intervalo de tolerância. Essas informações podem ser mais bem visualizadas na Figura 27 abaixo.

Figura 27: Cabeçalho da carta de controle



Fonte: Autor (2020).

Procurando manter todos os registros que possam ser úteis para a compreensão dos dados coletados a carta de controle tem uma extensão onde a mesma é chamada de diário de bordo, essa extensão foi criada para informar quais que mudanças feitas durante a fabricação que possam causar instabilidade do processo.

Quadro 4: Cabeçalho diário de bordo parte da carta de controle

DIÁRIO DE BORDO DO PROCESSO					
PARA TODOS OS SINAIS DE INSTABILIDADE DO PROCESSO DEVE HAVER ANOTAÇÕES. ESTAS INFORMAÇÕES AJUDARÃO NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS ASSINALADOS NA CARTA DE CONTROLE. SITUAÇÕES COMO: TROCA DE PASTILHA, CORRETORES DE MEDIDAS, TROCA DE OPERADOR, LOTE PARTIDO DE MATERIA PRIMA OBS: SEMPRE OBSERVAR SE A RESOLUÇÃO DO INSTRUMENTO ESTÁ DE ACORDO COM A CARTA DE CONTROLE E COM O DIÁRIO DE BORDO VERIFICAR A FREQUÊNCIA DE INSPEÇÃO DAS PEÇAS					
DATA	HORA	CÓD. PEÇA	COMENTARIOS	AÇÃO TOMADA	RESPONSAVEL

Fonte: Autor (2020).

No diário de bordo possui espaços para os preenchimentos cujo mesmos foram elaborados pensando em especificar ao máximo o momento exato em que ocorreu alguma mudança junto da justificativa para mais tarde fazer uma ligação com as causas comuns e as causas especiais caso acontecer.

4.6.2 Seleção dos instrumentos de inspeção

Com a etapa de elaboração da carta de controle concluída, é chegada a hora de atuar em chão de fábrica. Iniciando a atividade através da escolha do equipamento de medição que será utilizado em virtude da tolerância da medida estudada, o equipamento deve ser o mais adequado possível e deve comportar uma dimensão que possui 3 casas depois da vírgula, chamado de dimensão milesimal.

Figura 28: Dimensões do ajuste



Fonte: Autor (2020).

Identificado anteriormente que o CEP seria em cima de um ajuste da peça. Para escolher um instrumento de acordo com suas tolerâncias deve se analisar os seguintes tópicos:

- Intervalo de tolerância;
- Resolução;
- Dimensão do diâmetro;
- Perfil da dimensão (semicírculo, círculo, secção de círculo, esfera);
- Número de casas decimais da medida;
- Status de calibração do instrumento.

Figura 29: Micrômetro 25 - 50mm utilizado



Fonte: Autor (2020).

Atendendo todos os requisitos que o instrumento deveria cumprir, o micrômetro escolhido tem a capacidade de 25mm até 50mm, como a dimensão é de $\varnothing 34,970 + 0,015\text{mm}$ (cota de processo) o micrômetro comporta essa dimensão e sua resolução é compatível.

Partindo para o campo de tolerância, o projeto especifica um acréscimo de 0,025mm ao diâmetro de 34,975 ou seja seu intervalo de tolerância é de 0,025mm,

observando a Figura 29 podemos observar que o micrômetro possui uma identificação que especifica que ele atende um intervalo de tolerância até 0,009mm, ou seja, ele consegue medir do diâmetro monitorado de $\varnothing 34,975$ e também consegue medir em condições mais ajustadas desde que a soma das tolerâncias seja igual ou maior que 9 milésimos.

Analisando o perfil da dimensão pode se constatar que o micrômetro escolhido possibilita a medição do mesmo, porque ele mensura diâmetros e comprimentos desde que não haja obstrução do contato dos batentes do micrômetro (pontas).

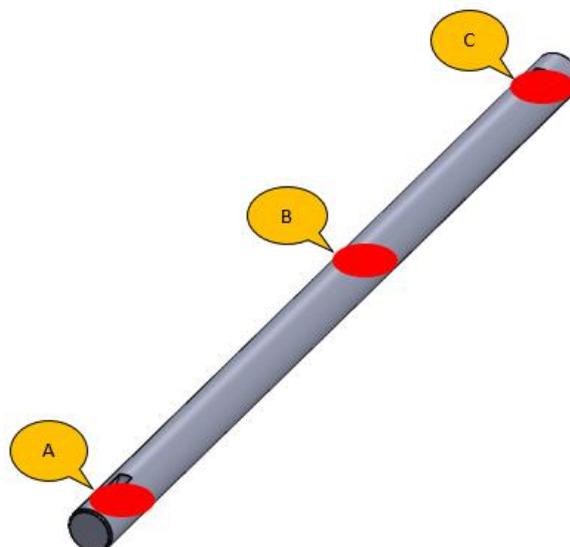
4.6.3 Diretrizes da coleta de dados

As regras de procedimentos durante a coleta de dados até a análise junto da sugestão de melhoria seguirão os passos Apêndice G.

Conforme descrito anteriormente a amostragem será de acordo com o padrão utilizado pela JAMA que é de 30 peças, ou seja, o método de amostragem utilizado foi o aleatório simples através da carta de controle que foi gerada (Apêndice F) é específica para uma medida que é de $\varnothing 34,970$ até $\varnothing 34,985$, essa medida será utilizada em virtude do processo de zincagem que é feito logo após a confecção do ajuste na peça por isso é adotado medidas para processo com o âmbito de atende o especificado em projeto no seu estado final de produção.

O instrumento para uso durante a retirada das medidas deve ser o mesmo descrito na carta (micrômetro milesimal).

Figura 30: Regiões de medição



Durante mensuração das 30 peças para evitar erros durante a coleta de dados os registros serão divididos em 3 subgrupos, ou seja, a mesma medida será inspecionada 3 vezes e registrada, as 3 medições serão conforme a Figura 30 onde identifica os pontos A, B e C.

O registro deve ser das peças em sequência sem pular a ordem, qualquer parada, troca de ferramenta ou até a troca do operador deve ser descrita no diário de bordo. As dimensões serão consideradas a partir da última passada no rebolo em virtude do desbastamento que é feito na retifica.

Evitar rasuras na carta pois a mesma é considerada um documento que tem por função comprovar que houve o monitoramento sobre a peça. Caso surgir uma medida muito distante da nominal ou das demais medições, a mesma deve ser registrada da mesma forma pois pode estar indicando uma descentralização do processo, por esse fato as anotações devem ser as mais sinceras possíveis para se alcançar melhores resultados.

As medições devem ser feitas pelo operador e informadas para o anotador, ou seja, é necessário no mínimo de duas pessoas para a tarefa de coletar os dados uma medindo e outra anotando.

4.6.4 Dimensões coletadas e dedução prévia

Após duas horas e cinco minutos de monitoramento o acompanhamento terminou e com isso foi registrado as 90 dimensões que podem ser vistas nos Apêndices H, I e J, os dados foram transcritos para uma melhor interpretação, os mesmos são:

Quadro 5: Dados coletados

Dados coletados (3 subdivisões)										
Nº	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
X1	34,975	34,975	34,976	34,977	34,978	34,977	34,977	34,976	34,975	34,976
X2	34,974	34,976	34,975	34,978	34,977	34,979	34,976	34,977	34,973	34,978
X3	34,976	34,978	34,976	34,975	34,978	34,978	34,978	34,978	34,976	34,976
Nº	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	19º	20º
X1	34,976	34,975	34,974	34,975	34,976	34,975	34,978	34,979	34,978	34,979
X2	34,978	34,977	34,976	34,977	34,976	34,977	34,978	34,977	34,979	34,977
X3	34,978	34,975	34,975	34,976	34,974	34,976	34,976	34,978	34,977	34,980
Nº	21º	22º	23º	24º	25º	26º	27º	28º	29º	30º
X1	34,979	34,978	34,977	34,977	34,976	34,978	34,979	34,979	34,978	34,977
X2	34,978	34,977	34,977	34,978	34,978	34,978	34,977	34,977	34,978	34,979
X3	34,979	34,976	34,979	34,978	34,977	34,979	34,978	34,980	34,979	34,979

Fonte: Autor (2020).

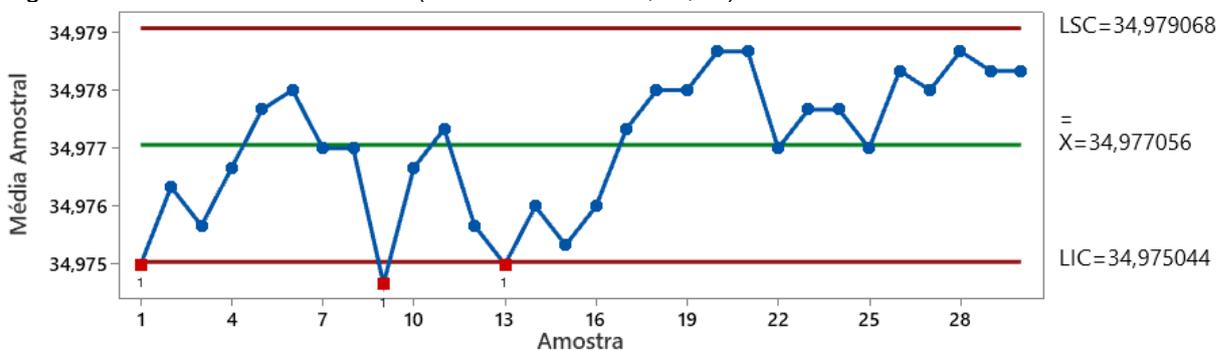
Todas as dimensões coletadas foram tratadas igualmente com o mesmo nível de criticidade, evitou-se ao máximo não interferir no processo para que os dados coletados sejam os mais próximos do real, assim facilitando o entendimento do processo. Qualquer alteração feita durante o processo a mesma foi registrada no diário de bordo conforme visto no Apêndice L.

Com base nos dados coletados inicia-se o desenvolvimento e análises sobre o processo, nesta etapa a utilização de gráficos e cálculos são de extrema importância para se extrair o máximo de informações possíveis. O objetivo do acompanhamento do processo consiste em desvendar a partir da distribuição do processo (dados estatísticos) a média, amplitude e desvio padrão.

Analisando o Quadro 5 com os dados podemos observar que todas as medidas considerando as 3 classes (3 medições em cada peça) estiveram dentro da tolerância ($\text{Ø}34,970 + 0,015\text{mm}$) entretanto, estatisticamente um processo pode manter todas as dimensões dentro do especificado e mesmo assim estar fora do controle de processo.

Muitas vezes os chamados limites especificados que são os limites estipulados pela engenharia e divulgados nos projetos (tolerâncias) são confundidos com os limites de controle que esse sim pode julgar um processo controlado ou não. A razão do limite de controle ter maior valor do que os limites especificados é simples, durante a avaliação de um processo o que se deve levar em conta é a distribuição da amostragem e suas variações entre elas, ou seja, um processo pode ser julgado controlado mesmo estando bem próximo da linha do limite especificado desde que ele não possua oscilações.

Figura 31: Gráfico média amostral (Carta Xbarra-R X1;X2;X3)



Fonte: Minitab (2020).

Normalmente em empresas que aderem ao controle estatístico, costumam apenas usar um dos critérios de causa especial para julgar o processo que seria 1

ponto a mais do que 3 desvios padrão a partir da linha central, esse mesmo critério que será usado para a interpretação geral do gráfico da Figura 31.

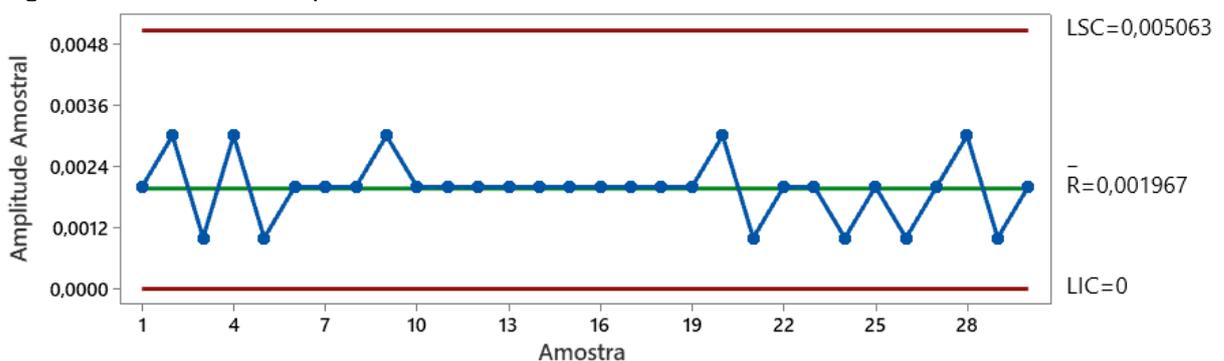
Observando o gráfico gerado na carta de controle (Figura 31), a primeira impressão deixada é que possui 3 pontos em vermelho, onde o vermelho é uma sinalização universal para algo não conforme. Nesse caso, entre os pontos vermelhos um se destaca em virtude do vale formado no gráfico. Sua diferença entre os demais dados registrados é incontestável e no mínimo suspeito pois a 8ª e a 10ª medida estão próximas da linha da média enquanto a 9ª medida se desloca ultrapassando o limite de controle e depois volta para a origem.

O segundo aspecto observado é as grandes oscilações registradas no decorrer das 30 amostras. Porém se observar o Quadro 5 e cruzar informações com a Figura 31 podemos resumir que as oscilações estão na terceira casa depois da vírgula, em outras palavras as oscilações são causadas por milésimos o que é um fato muito importante ao se referir ao controle de um processo.

Aprofundando um pouco mais na primeira leitura do gráfico, pode se observar que as medidas chegam bem próximas dos limites de controle e isso serve para os dois extremos, em virtude disso pode ser constatado que os dados foram distribuídos entre os 6 sigmas do processo que são localizados dentro do campo de controle.

Outro aspecto observado é que o gráfico possui poucas sequências previsíveis o que dificulta na leitura e interpretação do mesmo.

Figura 32: Gráfico das amplitudes



Fonte: Minitab (2020).

Se referindo a outro gráfico gerado do mesmo processo e da mesma coleta de dados, as amplitudes indicam quanto cada dimensão se distanciou uma da outra, ou seja, ela mostra qual foi a menor medida e qual foi a maior entre os dados coletados.

Em geral quando as amplitudes estão estáveis sem muita variação, isso indica que o processo está estável.

Verificando todos os pontos do gráfico da Figura 32, o processo possui uma instabilidade no início e no final enquanto ao meio dos dados o processo permanece constante. Entre todos os pontos registrados todos permaneceram dentro do limite de controle, os pontos máximos e mínimos visíveis se repetem com o mesmo valor ao longo das amostras.

4.7 ANÁLISES E RESULTADOS

De forma geral, aqui será esclarecido todos os resultados gerados durante a coleta de dados. Iniciando pelas dimensões retiradas durante o monitoramento do processo, as mesmas que foram referentes a três leituras feitas em cada uma das 30 amostras estipuladas para o presente estudo.

A divisão em sub níveis da coleta de dados foi desenvolvida objetivando uma maior precisão e uma maior confiabilidade sobre a medição da peça essas subdivisões foram denominadas como X1, X2 e X3 como podem ver no Quadro 5.

Quanto ao número de amostras, o mesmo foi seguido o padrão da empresa JAMA que junto de seus clientes adotou para si o número de 30 amostras, essa quantia foi consensada por todos os clientes que julgaram como suficiente para fins de monitoramento de processo.

Antes mesmo de partir para cada ponto do gráfico, analisar os limites é algo tão importante como verificar a variação do processo. O limite de controle é baseado na variação total das medições coletadas, já os limites de engenharia são de acordo com a necessidade do cliente. Eventualmente no processo acompanhado seus limites de controle calculados são de 34,975mm para o limite inferior e 34,979mm para o superior, em geral qualquer dimensão resultante entre os limites é considerado como controlado podendo haver variação entre as dimensões.

Em meios aos limites de controle servindo como referência é usado a média das médias, ou seja, como o processo de coleta considerou 3 subníveis para as medições dessas 3 medidas que são feitas na mesma peça, das mesmas é feito a primeira média, esse procedimento segue para as demais amostras até a 30ª peça. Tendo uma média para cada amostra é pego o valor total das medias e é feito a segunda média onde esse valor será utilizado para referência do processo de

limitação dos controles. No caso estudado esse valor é de 34,977mm conforme visto na Figura 33.

Figura 33: Valores dos limites de controle das médias

$$LSC=34,979068$$

$$\bar{X}=34,977056$$

$$LIC=34,975044$$

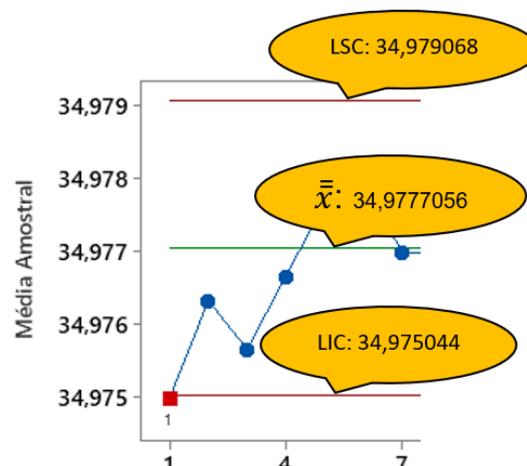
Fonte: Autor (2020).

Iniciando as análises de cada ponto registrado, o início do processo já parte de uma dimensão que de acordo com os cálculos feitos pelo Minitab é fora do controle.

O motivo da escolha do uso do Software Minitab se deve em virtude do mesmo conter uma interface interativa com a produção e seu controle estatístico, suas ferramentas disponíveis para uso são exclusivas para fins de controle de dados estatísticos.

Pertencente ao valor de 34,975 a 1ª amostra só é classificada como descontrolada em função da 5ª casa depois da vírgula, pois o valor mínimo do controle conforme dito anteriormente que é de 34,975 e é considerado a medida milesimal em virtude da dimensão estudada que também é, de acordo com o Minitab representa o valor de 34,975044 se estendermos o número de casas. Essa diferença pode ser visualizada melhor na Figura 34.

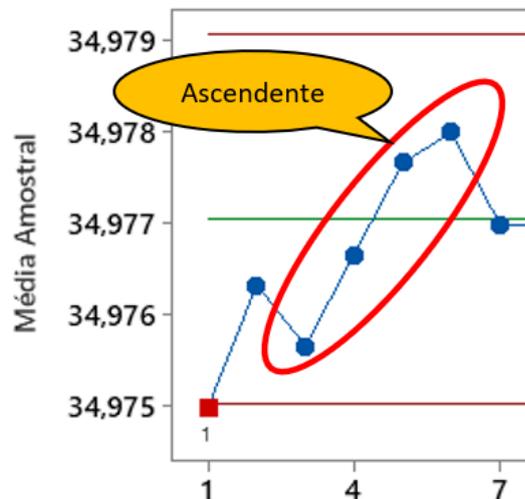
Figura 34: Média da 1ª amostra



Fonte: Autor (2020).

Na sequência dos dados o monitoramento mostrou pontos considerados controlados e próximos da linha central. Na segunda amostra o processo demonstrou-se tender para medidas mais centralizadas ou mais próximas da média das médias porém ao passar para a 3^o amostra se teve um decréscimo nos valores coletados que fez com que se formasse um vale entre os pontos 2 e 4, embora a diferença entre os valores seja pequena de um milésimo (0,001mm) isso é considerado como uma variação controlada.

Figura 35: 1^o registro de dados ascendentes



Fonte: Autor (2020).

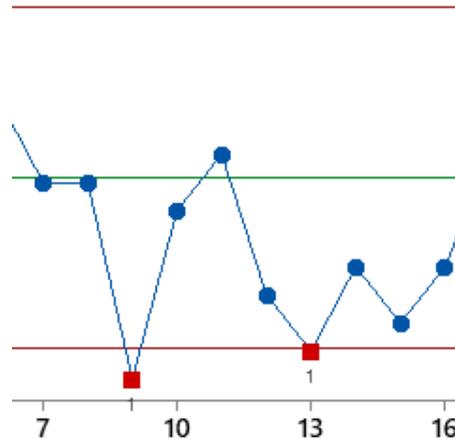
Se referindo ao primeiro registro de dados ascendentes conforme ilustrado na Figura 35, uma sequência de 3 pontos pode ser visualizada entre as amostras 3 e 6. Levando em conta o que a literatura feita por kume em 1993 o número de sequência é considerado na amostra seguinte da inicial da sequência, ou seja, nesse caso podemos ver claramente que a sequência ascendente se inicia na amostra 3 e termina na 6, porém para fins de contagem ela começa a contar na 4^o amostra e termina na 6^o amostra.

Buscando entender o que esses dados anotados da amostra 3 a 6 estão informando, pode-se dizer que o processo removeu mais material nas primeiras passadas entre os rebolos da retifica do que nas últimas, essa interpretação se deve em virtude de que na 3^o amostras o diâmetro estava com a média em 34,9755mm e na 6^o a média estava em 34,978mm.

Outro aspecto notável entre esses registros da Figura 35 é que na 5^o amostra se obtém a primeira medida acima da linha média o que fez com que a ascendente

ficasse dividida entre a parte inferior do controle e outra metade na parte superior dos campos de controle da carta.

Figura 36: Análise da 7^o até a 16^o amostra



Fonte: Autor (2020).

Visualizando os dados da 7^o amostra até a 16^o identificamos não só duas amostras com média fora do limite de controle, mas também algo preocupante que se chama de causas especiais. Iniciando pela 7^o e 8^o amostra, ambas seguiam com a mesma medida gerada pelas médias, em outras palavras seguiam-se controladas e estáveis, porém na 9^o amostra sua variação de medida para suas amostras vizinhas é muito grande comparado com as demais variações do gráfico.

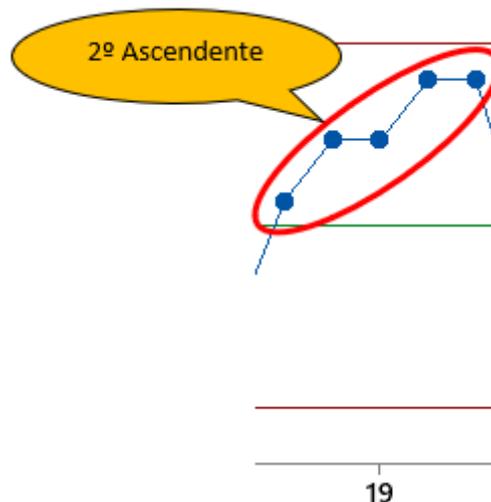
A diferença de medida para a 8^o amostra é de 0,003mm e comparado com a 10^o amostra à diferença fica de 0,002mm, sua média é 34,974mm. Dando continuidade na observação a 10^o amostra retorna para a margem de variação da 7^o e 8^o amostra o que caracteriza ainda mais a causa especial.

Em especial o que poderia se caracterizar como uma descendente entre a 10^o amostra até a 13^o o mesmo não foi consolidado, pois a 11^o amostra se demonstrou com uma variação diferenciada, ela não só se afastou da tendência descendente que o que processo vinha proporcionando como também passou para o lado de cima da linha média que fez com que ela obtivesse uma amplitude em relação a 12^o amostra de 0,002mm.

Sua média que ficou com 34,977mm fez com que essa amostra ficasse bem próxima da linha central o que por consequência deixou dentro dos limites de controle e não fez com que se tornasse uma mais uma indicação de causa especial no processo.

Entre a 12ª amostra e a 16ª as médias mostraram seguir um padrão que se estendeu em 5 pontos do gráfico com oscilação e levando em consideração o que o manual da AIAG (2005) relata, essa variação chega perto de se caracterizar como especial, porém o manual diz que entre 6 pontos consecutivos que estiverem subindo e descendo no gráfico são critérios para julgar uma causa especial, então por um ponto à menos na sequência que não é gerado mais um registro de causa especial.

Figura 37: Segmento do gráfico da 17ª amostra até a 21ª



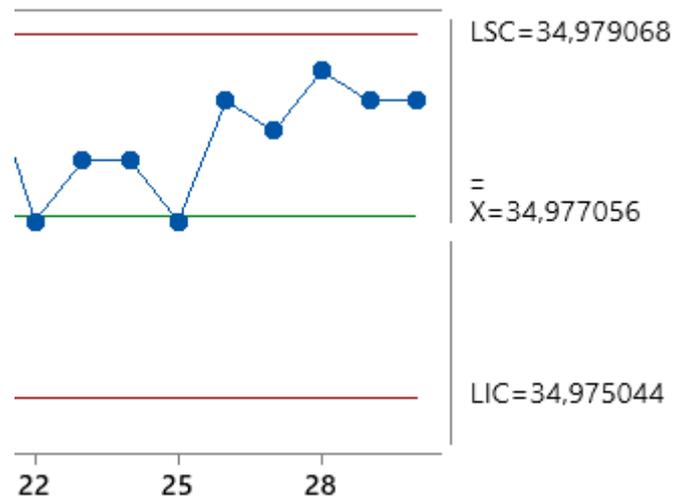
Fonte: Autor (2020).

De modo geral esses pontos são os mais previsíveis vistos no gráfico, todos os 5 pontos permanecem dentro da zona de controle, porém diferente dos anteriores eles seguem na parte superior do gráfico, também é demonstrado que os 5 pontos são representantes claros da 2ª ascendente da carta de controle.

Segmentos como este são bons para o processo pelo fato de proporcionarem ao operador uma segurança e uma instabilidade do processo em atividade, caso todo o processo fosse previsível igual a esse trecho a prevenção contra causas especiais seria mais fácil, pois seria facilmente identificada a hora exata da tomada de ação e a partida para a correção do processo quando as médias se aproximam do LSC e do LIC.

O alerta é disparado quando é identificado o valor da 20ª e 21ª amostra que possuem o valor de 34,978mm, a preocupação se deve em virtude da proximidade do LSC.

Figura 38: Últimas 9 amostras da carta de controle



Fonte: Autor (2020).

Diferente da 21ª amostra que estava próxima do LSC a 22ª ficou com seu valor igual à da linha média, ou seja, 34,975mm e 0,001mm de distância uma da outra. Essa diferença repentina de valor normalmente caracteriza muito um corretor feito durante o processo.

É evidente que entre a 22ª e a 25ª existe uma instabilidade no processo, porém ela é tão pouca que se torna praticamente insignificante, suas médias se mantêm próximas do centro de controle o que faz da sequência bons dados para o julgamento do processo.

Novamente uma instabilidade relativamente grande ao se comparar com as demais do gráfico surge na 26ª amostra, o que eleva os valores das amostras trazendo uma constante até a 30ª e última amostra.

4.7.1 Auditoria dos dados em relação ao diário de bordo e projeto

Um olhar de forma geral nos gráficos gerados com a coleta de dados pode muitas vezes ser equivocado, porém para entender um processo se faz necessário olhar todos os pontos até mesmo nos mínimos detalhes e é por isso que nesse trecho todos os fatos relacionados com o processo serão analisados e expostos.

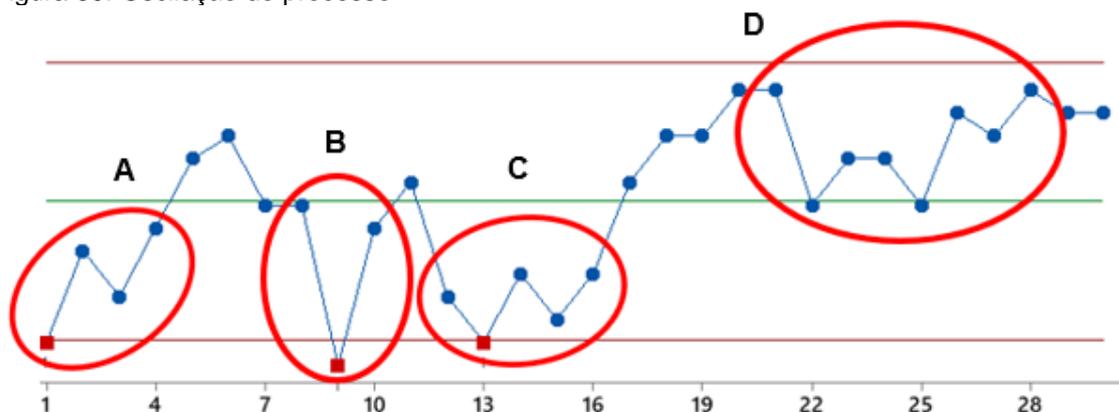
Iniciando pela dimensão estudada, ao verificar o desenho do eixo o diâmetro de onde são retiradas as medições é de $\varnothing 34,975$ a 35,000mm com um intervalo de tolerância de 0,025mm.

Comparando esse diâmetro com o exposto na carta de controle que é $\varnothing 34,970$ a 34,985mm temos um decréscimo de 0,015mm e isso se deve em virtude do

processo de zincagem que é feito posteriormente ao retificar e por isso é usado essa cota de processo, ou seja, o intervalo de tolerância para a carta de controle que foi usada é de 0,015mm.

Essa diferença de 1 centésimo acarreta diretamente na interpretação de oscilação dos registros feitos pois o range de medidas possíveis que possam ocorrer e se manter controladas diminui em função da pouca variação permitida gerada pelos limites de controle.

Figura 39: Oscilação do processo



Fonte: Autor (2020).

Na Figura 39 é demonstrado as maiores oscilações do processo monitorado, entre os 4 segmentos do gráfico circulado em vermelho a maior delas é a B, porém se analisar e comparar o tamanho dessa oscilação que é de 0,003mm com todo o campo de limite se percebe que cada minúscula oscilação do gráfico se torna em uma grande proporção pois o campo controlado gerado através de um decréscimo da dimensão real é muito pequeno sendo de 0,004mm.

Buscando simplificar os resultados, a cada mudança de valor nas médias do gráfico seja de 1 milésimo entre as amostras, sua ocupação no gráfico equivale a $\frac{1}{4}$ referente ao espaço.

Essas proporções requerem um certo nível de compreensão do gerenciador do processo pois retificar peças que suas medidas não ultrapassem de uma oscilação de 4 milésimos o que é todo o campo controlado solicita maior investimento e tempo de processo o que iria encarecer o produto e possivelmente ser tirado do fornecedor JAMA pois seu custo não seria mais competitivo.

Cruzando dados do diário de bordo no Quadro 6 com os resultados obtidos é possível agregar ainda mais informações sobre o processo.

Quadro 6: Seção do diário de bordo

COMENTARIOS	AÇÃO TOMADA
INICIO DO CONFECCÃO DOS AJUSTES	MONITORAR MEDIÇÕES
PROCESSO INICIOU ABAIXO DA LINHA DA MÉDIA	VERIFICAR SE EXISTE INSTABILIDADE NAS PRÓXIMAS PEÇAS
PEÇA NÃO REMOVEU MATERIAL DE FORMA RETILINEA (6ª PEÇA)	PASSAR MAIS UMA VEZ ENTRE O REBOLO E CONTINUAR MONITORANDO AS PRÓXIMAS PEÇAS
IDENTIFICADO SOBREAQUECIMENTO NO PROCESSO	VERIFICAR DIMENSÃO RESULTANTE DA ÚLTIMA PEÇA E APLICAR CORRETOR
ADICIONADO CORRETOR NO PROCESSO DE 0,003mm	ALTERAR ANÉL GRADUADO DA MÁQUINA RETIFICA
PROCESSO CONTINUOU SOBREAQUECENDO PORÉM SE MANTEVE OSCILANDO 0,001mm	CONTINUAR MONITORANDO AS PRÓXIMAS PEÇAS
IDENTIFICADO A NECESSIDADE DE PASSAR A PEÇA MAIS VEZES PELO REBOLO (21ª PEÇA)	MONITORAR DIMENSÕES COM O INSTRUMENTO PARA ACOMPANHAR A DIMENSÕES RESULTANTES DE UMA PASSADA À MAIS
TERMINO DA ÚLTIMA PEÇA	ENCERRAR APONTAMENTOS

Fonte: Autor (2020).

Visto o Apêndice L ou o Quadro 6 acima, é identificado que o processo se iniciou com a primeira amostra tendo seus resultados das medições abaixo da linha média após essa percepção não se efetuou nenhum ajuste na retifica para se alterar a medida apenas deu continuidade.

Voltando ao gráfico nota-se que as médias vão aumentando seus valores exponencialmente até chegar na 6ª amostra onde no diário foi registrado a ocorrência onde ao passar a peça entre os rebolos da retifica a peça não limpou toda a superfície isso nos diz que pode haver medições diferentes umas das outras por conta dessa falha na superfície da peça.

O gráfico em coerência com o diário demonstra na 7ª amostra uma variação de medida considerável e isso se deve ao fato de que a peça passou uma vez a mais entre os rebolos para se obter uma medida próxima da linha média.

Chegando na 9ª amostra onde foi registrado mais uma presença de causa especial ao mesmo tempo foi identificado no diário um sobreaquecimento dos fluidos de corte e rebolos algo que é normal do processo em virtude do atrito contínuo com as peças, porém isso foi o causador de uma grande variação de medida onde obrigou o operador da máquina a aplicar um corretor no processo alterando o anel graduado buscando novamente deixar as medições próximas do centro.

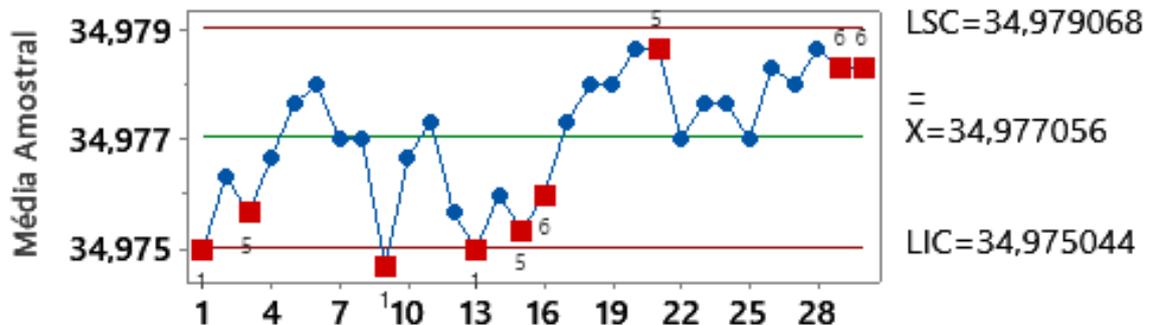
Para solucionar o aquecimento somente trocando o fluido ou parando o processo em virtude de nenhum desses dois ter acontecido a oscilação de medida continuou a ocorrer porém como o operador verificou que a diferença era pouca ele resolver continuar o processo até porque as medidas estavam dentro no limite de engenharia.

A variação foi se agravando cada vez mais porém de forma previsível até a 21ª amostra onde foi registrado no diário a necessidade de adicionar mais passadas no processo pois não estava mais removendo material. O número de passadas acabou não seguindo um padrão e foi sendo adicionado quando necessário até chegar na medida desejada.

4.7.2 Análise em consideração aos 8 critérios de causas especiais

Para o atendimento de um processo de controle estatístico em nível automotivo o mesmo requer bastante investimento considerando todos os 8 critérios isso engloba tanto investimento monetário para o melhoramento do processo como de tempo para o acompanhamento que segue as mesmas diretrizes de uma linha automotiva onde todos os níveis de criticidades são elevados.

Figura 40: Carta de controle com 8 critérios de causas especiais



Fonte: Autor (2020).

Diferente do gráfico considerando apenas o 1º dos 8 critérios citados no Quadro 2, o gráfico acima considera todos os critérios 8 como definição de testes que buscam identificar as causa especiais.

Em uma primeira leitura pode ser facilmente percebido que o aumento das causas especiais subiu ao longo das 30 amostras, antes possuindo apenas 3 causas onde duas permaneciam em cima da linha LIC, nesta nova análises foi acrescentado mais 9 causas.

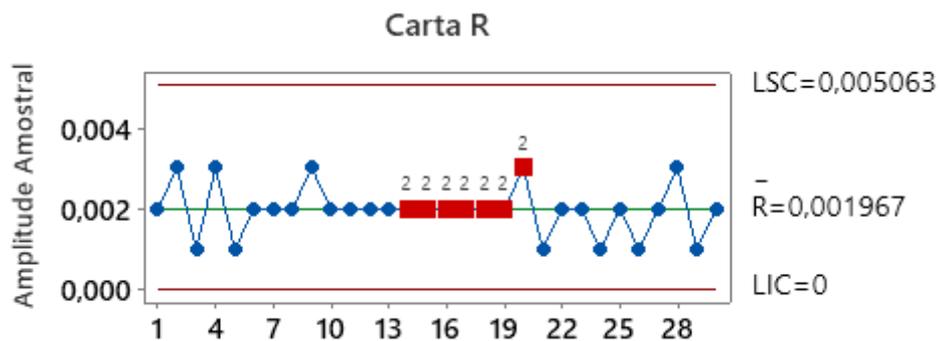
De acordo com o 1º critério, as amostras 1, 9 e 13 se classificam pelo fato de que sua colocação mediante a sua distância de 3 desvios padrão da linha de centro.

A 3º, 13º, 15º e 21º amostras se enquadram com o 5º critério onde 2 de 3 pontos com uma distância de 2 desvios padrão longe da linha central, em especial a 13º amostra se demonstrou ser classificada por 2 dos 8 critérios.

Se referindo aos últimos apontamentos de causas presentes o 6º critério engloba a 15º, 16º, 21º, 29º e 30º amostra do gráfico, isso se deve em virtude de 4 de 5 pontos com mais de um desvio padrão da linha central. Novamente surgiu amostras que condizem com dois critérios que é a amostra 15 e 21.

Outra particularidade que muda considerando todos os critérios é que no gráfico das amplitudes também ocorre causas especiais.

Figura 41: Gráfico das amplitudes com os 8 critérios



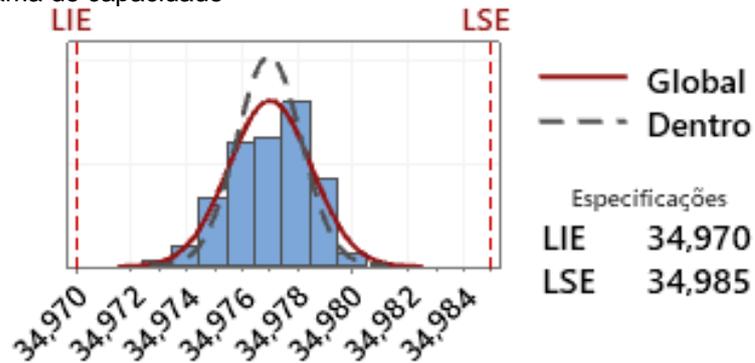
Fonte: Autor (2020).

A Figura 41 demonstra basicamente que durante os testes, apenas o 2º critério identificou causas especiais e isso ocorreu devido ao número de pontos consecutivos em um mesmo lado da linha central, isso ocorreu para a 14º, 15º, 16º, 17º, 18º, 19º e 20º amostra. Outras causas não foram identificadas ou consideradas.

4.7.3 Dados estatísticos gerados do processo

Buscando mais resoluções gráficas para o melhor entendimento do comportamento do processo estudado se criou um histograma onde é possível identificar a centralização das dimensões coletadas junto da variabilidade dos dados.

Figura 42: Histograma de capacidade



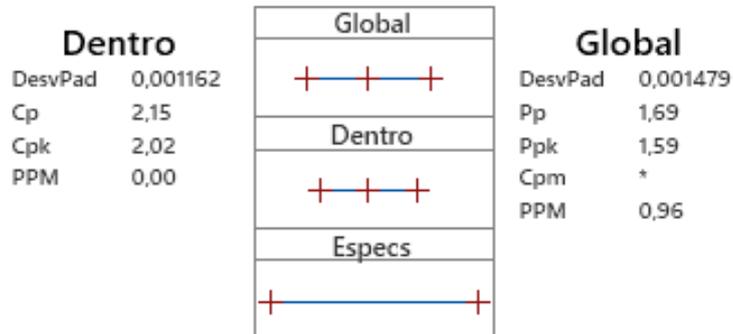
Fonte: Autor (2020).

Iniciando a avaliação do histograma da Figura 42 o mesmo é semelhante à um histograma simétrico pois suas extremidades estão distribuídas por igual e possui uma frequência considerável ao centro, porém o que distinguem o gráfico é o local de onde está posicionado a maior concentração da frequência, neste caso o pico maior está levemente pendido para a direita em direção ao LSE o que nos diz que a parte maior das frequências está controlada no campo superior onde é encontrado a maior parte das amostras. Devido a esses fatos extremamente importantes o histograma se auto denomina como assimétrico positivo.

Tirando o fato da tendência a direita o restante das amostras se mostraram centradas em relação às especificações da engenharia. Sua capacidade potencial representada pela linha tracejada demonstra a forma que o processo ficaria se eliminasse os desvios e os deslocamentos entre os grupos.

Já a linha contínua denominada global considera não só a variação do processo e as variações dos subgrupos, mas sim a variação de todos os dados do processo em um todo. Essa informação faz tornar visível o estado do processo e torna a compreensão de que os dados coletados demonstram que as medições permaneceram dentro de um campo controlável.

Figura 43: Gráfico de capacidade



Fonte: Autor (2020).

O gráfico de capacidade é a maneira visual mais simples de expor os resultados obtidos. A representação chamada dentro demonstra o processo baseado em seis segmentos no valor do desvio padrão dentro do subgrupo e contempla a tolerância potencial.

A representação global demonstra o verdadeiro status do processo e da mesma forma é composto por seis desvios, porém usa-se o global. E por fim a representação do especificado que busca demonstrar os limites de engenharia.

Os objetivos dessa ilustração é comparar um índice com o outro, o global deve ser menor que o especificado assim como o dentro. Caso essa hipótese for confirmada como é esse o caso o processo não necessita de melhorias.

Referente aos índices calculados, o objetivo é alcançar os requisitos do cliente e para isso fazer do processo algo capaz de atingir as expectativas, o valor de 1,33 ou superior a isso para o Cpk deve ser alcançado.

Para os atuais clientes, a condição é que se o Cpk atingir o valor ente 1,0 e menor que 1,33 o processo é aceito, porém com ressalvas que exigiram da JAMA planos de ações e acompanhamento do processo até que atinja a faixa segura controlada que é de 1,33 ou mais.

Conforme visto no gráfico da Figura 43 o Cpk do processo é condizente ao número 2,02 o que excede o esperado e faz do todo um processo controlado e aceito pelo cliente.

A medida de dispersão dos resultados obtidos se resultou em 0,001479 (desvio padrão), o que para fins estatísticos é um dado importante e que nos diz que a dispersão dos dados é muito pequena.

Em termos de capacidade o processo observado é representado pelo valor de 2,15 e seu desempenho no valor de 1,69. Já a relação de proporção de não conformidade indicada pelo índice de Ppk, o mesmo resultou no valor de 1,59.

4.7.4 Causas especiais identificadas no processo

Uma amostra descontrolada por um processo julgado possuidor de causas especiais indica que o processo pode ter passado por uma mudança no decorrer da manufatura ou algo não intrínseco ao processo veio a gerar a causa especial, em meio a busca do entendimento dessas causas a AIAG (2005) traz diretrizes usadas pelas maiores montadoras automotivas do mundo como referência que são os 8 critérios do

Quadro 2 elas buscam trazer um melhor entendimento do comportamento do processo que muitas vezes é influenciado por apenas uma causa.

Conforme relatado anteriormente o processo estudado possui 9 causas especiais, porém apenas 3 entre elas são críticas essas são as amostras 1, 9 e 13. As demais são causas que possuem seu peso menor na avaliação do CEP pelo fato de se localizarem dentro do campo controlado e não serem consideradas pela JAMA dona do processo e do título de fornecedora do item.

Todas as causas especiais devem ser acompanhadas e estudadas, porém, a prioridade é das mais críticas. Pelo fato de que os limites de controles são gerados após a manufatura de todas as peças e o valor considerado para a 1^o amostra foi uma resultante de uma média de 3 medições sobre a mesma peça, isso fez com que o operador não tivesse a visão necessária do processo para mudar a dimensão do eixo e deixar dentro dos limites aceitos como controlados.

Para o melhor entendimento o operador fez a primeira peça ficar dentro da tolerância estipulada pela engenharia, pois ele não tinha a informação no momento de que o LIC seria exatamente no ponto da dimensão da 1^o amostra. Por isso que a 1^o amostra não seria um risco para o processo se as seguintes mantivessem pouca variação da 1^o.

A 13^o amostra também se manteve sobre o LIC, porém o que diferencia é que o processo já estava em andamento e o operador já tinha um histórico das peças anteriores que podia ter tomado como base para não deixar muito distante da concentração das amostras anteriores mesmo não sabendo no momento onde ficaria localizado o LIC, em outras palavras essa causa poderia ter sido evitada, porém da mesma forma que a primeira ela não proporciona um risco para o processo seguinte pois estando em cima do limite inferior de controle ela também está a 0,005mm distante do limite mínimo de engenharia.

Ao se referir do ponto mais crítico e preocupante de todo o gráfico, a 9^o amostra é citada, pois além de ultrapassar o LIC e ser o ponto mais distante da linha média ele também teve uma grande diferença de valor comparada com a amostra anterior e posterior.

Essa diferença pode ser causada por engano de medição, erro no instrumento, folgas na máquina ou no instrumento de medição, irregularidades na superfície em um dos 3 pontos medidos da peça.

Quadro 7: Valores de calibração do micrômetro

Faixa de indicação: 0,000 mm à 25,000 mm

Valor de uma divisão: 0,001 mm

Valores Encontrados						
VRef	VI - Média de 3 Leituras	Erro	Unidade de Medida	Incerteza Expandida	k	Veff
0,00000	0,0000	0,0000	mm	0,00090	2,00	∞
2,50003	2,5003	0,0003	mm	0,00090	2,00	∞
5,10002	5,1002	0,0002	mm	0,00090	2,00	∞
7,70003	7,7000	0,0000	mm	0,00090	2,00	∞
10,30001	10,3000	0,0000	mm	0,00090	2,00	∞
12,90002	12,9002	0,0002	mm	0,00090	2,00	∞
15,00019	15,0001	-0,0001	mm	0,00090	2,00	∞
17,60015	17,6003	0,0002	mm	0,00090	2,00	∞
20,20012	20,2001	0,0000	mm	0,00090	2,00	∞
22,80008	22,8002	0,0001	mm	0,00090	2,00	∞
24,99945	25,0001	0,0007	mm	0,00090	2,00	∞

Erro de Paralelismo (μm)	Erro de Planeza do Fuso (μm)	Erro de Planeza do Batente (μm)
1,92	0,96	0,96

Fonte: Autor (2020).

Buscando respostas e eliminando as possibilidades, foi identificado que o instrumento denominado ME-195 utilizado nas medições foi calibrado no dia 11 de março de 2020, os erros encontrados durante a calibração conforme Quadro 7 (Anexo A) foram julgados como aceitáveis pois as calibrações são feitas anuais e suas oscilações permaneceram dentro da faixa aceitável o que elimina essa possibilidade de ser uma falha no instrumento de medição.

Voltando a atenção para o maquinário, o mesmo passou por uma revisão recente, porém essa revisão não foi focada diretamente para a principal função da máquina e sim para a troca de uma bomba e isso não faz com que invalide a possibilidade de que o problema esteja na retífica. Entretanto a qualidade da JAMA vem observando ocorrências de peças fora do especificado em virtude da dilatação do material após sair do processo e entrar em um outro ambiente com temperatura diferente. Isso poderia ser o causador da causa especial identificado na 9^o amostra então essa possibilidade continua como suspeita, no entanto essa investigação se deve a trabalhos futuros.

De maneira semelhante, a possibilidade de que uma superfície irregular foi medido durante as 3 medições para a retirada da média não é descartada pois ao observar a carta de controle da 2^o medição (Apêndice I) foi registrado uma medida bem abaixo comparado com a 1^o e a 3^o medição (Apêndice H e Apêndice J) e da mesma forma essa comprovação se deve a trabalhos futuros.

4.7.5 Sugestão de melhoria

Analisando todos os dados estatísticos coletados e levantados de uma leitura sobre o comportamento de um processo que utiliza de uma dimensão criada para se alcançar a medida final após o acabamento superficial (zincagem), o final deste trabalho se resume em um único objetivo que é propor melhorias com base nos resultados obtidos do processo de usinagem por retífica.

Durante o acompanhamento feito e descrito como parte prática do trabalho alguns pontos foram observados que possuem grandes influências tanto nas variações e causas especiais encontradas como na produtividade do produto, tais eles são:

- Peça possui comprimento total bastante extenso;
- O processo envolvendo a fricção dos rebolos da retifica causam o aquecimento do fluido refrigerante;
- A temperatura ambiente afeta a dimensão da peça em virtude da dilatação térmica do material;
- A última manutenção da máquina relevante a sua principal função foi feita a muito tempo atrás;
- O número de passadas da peça sobre os rebolos da retifica não seguem um padrão.

Cada ponto citado acima tem sua parcela de envolvimento sobre todos os eventos observados do processo. Iniciando pelo tópico onde é exposto que o eixo estudado possui um comprimento extenso o que dificulta o processo de retificar, essa questão se deve pelo fato da possível existência de divergência de medidas entre as extremidades do eixo.

Esse fato é claramente algo que propicia um cuidado maior além de um acompanhamento mais frequente do operador durante a medição, porém isso é algo fácil de resolver se manter sempre as 3 medições em cada peça nos pontos A,B e C ilustrados na Figura 30 como é feito hoje, porém estipular uma variação padrão onde a amplitude máxima entre as três medidas não ultrapasse essa variação julgada como segura, prosseguindo dessa maneira elimina as chances de que apenas uma medição das três feitas resulte em uma média distante das demais fazendo com que a oscilação no gráfico das médias das amostras saia do limite de controle.

Referente ao segundo ponto onde retrata o aquecimento do fluido em função do processo, isto pode ser resolvido atribuindo menos esforço a máquina durante a passada do eixo entre os rebolos, o procedimento para tal ação é retirar menos material em cada passada assim o esforço diminui e o aquecimento também, porém o que vem a agravar é o tempo de processo onde que por consequência pode aumentar, entretanto não iria resultar em peças fora de medida.

Durante as medições foi constatado que algumas peças possuíam dilatação térmica em seus materiais o que dificultava o controle das medidas, as peças eram medidas após a execução do processo e verificado que as dimensões estavam de acordo com as especificações, porém em pouco tempo e com a temperatura ambiente resfriando a peça foi identificado variações máximas de 0,015mm, o que para um processo de retífica é muito.

Essa dilatação ocorrida foi relatada pelo operador, onde ele informou que a dilatação do material aumenta ou diminui conforme a temperatura do ambiente, porém é apenas para temperaturas consideradas frias.

Essa questão é bastante delicada, pois para solucionar este problema teria que trabalhar com padrões de parâmetros conforme a temperatura ou até mesmo conforme as estações do ano.

Para tal ação um estudo do comportamento dos diversos materiais usados é necessário se fazer em diferentes temperaturas para assim obter um histórico e gerar um parâmetro relacionando o clima com os coeficientes de dilatação dos diversos materiais utilizados

Em relação a manutenção da máquina a mesma é sim considerada um risco em potencial para o CEP do processo, porém pelo histórico das reprovações de itens da retífica, nenhuma se caracteriza por causa de alguma manutenção não feita na máquina, em consequência pelo fato de não ter sido mantida a muito tempo as principais áreas da máquina que condizem com sua função, as chances de ocorrer algum sinistro aumentam a cada dia.

Devido a esses fatos que manutenções periódicas deveriam ser feitas em toda a máquina, o que mudaria da manutenção corretiva que é feito hoje para a preventiva, essa questão é algo que deve partir da direção da JAMA que decidiria se seria viável ou não aderir a essa mudança.

Outro fato muito preocupante e pertinente ao CEP é a maneira de como se controla o processo de retífica, como visto anteriormente o processo de CNC usina o

perfil da peça e deixa um sobremetal para ser removido no processo de retífica, esse sobremetal é para estar entre uma faixa de 0,25 a 0,30mm, ou seja, a variação desses 0,05mm é previsto.

Durante a execução do processo de retifica, o mesmo é dividido em etapas, a 1º é onde se faz o desbaste e a 2º é o momento onde se faz o ajuste final sobre o diâmetro Ø34, 970 +0,015mm, essa 2º etapa é onde foi executada a coleta de dados.

Nestes dois períodos foi observado que não existe um padrão para seguir, referente ao número de vezes que a peça deve passar entre os rebolos da retífica, cada peça é diferente uma da outra.

Quadro 8: Quantidade de passadas

FOLHA DE VERIFICAÇÃO (Número de passadas no rebolo)																						
Data:	31/08/2020	Característica:	Ø34,970 +0,015																			
Processo:	Retifica	Máquina:	RT-01																			
Produto:	ABC89464	Inspetor:	Alexandro Ass.																			
Quant. Inspeccionado:	30	Turno:	1º																			
Nº Lote:	-																					
Especificações	Verificações											Frequência										
1º Amostra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												9
2º Amostra	X	X	X	X	X	X	X	X														7
3º Amostra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												8
4º Amostra	X	X	X	X	X																	5
5º Amostra	X	X	X	X	X																	5
6º Amostra	X	X	X	X	X																	5
7º Amostra	X	X	X	X	X	X																6
8º Amostra	X	X	X	X	X	X																6
9º Amostra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10
10º Amostra	X	X	X	X	X	X																6
11º Amostra	X	X	X	X	X																	5
12º Amostra	X	X	X	X	X																	5
13º Amostra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												9
14º Amostra	X	X	X	X	X	X	X															7
15º Amostra	X	X	X	X	X	X	X															7
16º Amostra	X	X	X	X	X	X	X															7
17º Amostra	X	X	X	X	X	X	X															6
18º Amostra	X	X	X	X	X																	5
19º Amostra	X	X	X	X	X																	5
20º Amostra	X	X	X	X	X																	5
21º Amostra	X	X	X	X	X																	5
22º Amostra	X	X	X	X	X	X	X															7
23º Amostra	X	X	X	X	X	X																6
24º Amostra	X	X	X	X	X	X																6
25º Amostra	X	X	X	X	X	X																6
26º Amostra	X	X	X	X	X	X																5
27º Amostra	X	X	X	X	X	X																6
28º Amostra	X	X	X	X	X																	5
29º Amostra	X	X	X	X	X																	5
30º Amostra	X	X	X	X	X	X																6
												Total:										163

Fonte: Autor (2020).

Conforme demonstrado no Quadro 8, fica evidente a falta de padronização pois algumas peças passaram apenas 5 vezes na retifica outras com as mesmas características passaram até 9 vezes. Essa alternância de passadas é diretamente

interligada com a medida final do processo de retífica, ou seja, quanto mais passadas a tendência é diminuir o diâmetro do ajuste.

Referente ao motivo das diferenças entre uma amostra e outra, o mesmo se deve em virtude do estado da peça ou da temperatura. Em peças mais duras devido a variação de dureza do tratamento térmico, ocorre muito de que o operador ao passar a peça nos rebolos o processo não remove o que era desejado exemplo: a retífica foi regulada para remover 0,1mm de material da superfície por passada, durante a inspeção da peça o operador verifica que a peça removeu apenas 0,08mm, identificando isso o operador imediatamente passa a peça novamente para remover os 0,02mm faltantes.

A não remoção também pode ocorrer em virtude da quantidade em excesso ajustado para remover o sobremetal da peça, onde faz com que exija muito esforço da máquina e não atinja a dimensão desejada.

Outro fato importante é que muitas vezes devido ao empenamento causado pelo tratamento térmico, a peça fica empenada e quando passa pelos rebolos os defeitos sobre a superfície impedem que o processo faça uma remoção contínua até o final da peça ocasionando falhas.

Como sugestão de melhoria para o quesito de passadas da peça sobre o rebolo, a ação mais fácil, rápida e de menor valor de investimento seria padronizar o processo definindo junto da engenharia da JAMA um valor máximo para ajuste da máquina durante o estágio de desbaste do sobremetal, cruzando as informações geradas da carta de controle pode ser visto que para todas as peças, no mínimo foram passadas 5 vezes na retífica.

O valor de 5 passadas poderia ser usado como padrão para o desbaste, porém deveria se analisar a quantidade de remoção adequada para ajustar a máquina e não sobreaquecer o fluido de corte que é um passivo para surgimento de causa especial no processo. Na sequência o número de frequência que mais se repete é o 7, esse valor pode ser usado como o número máximo de passadas, ou seja, de 1 a 5 seria estipulado um valor padrão de remoção para o desbaste somando mais 2 que seria a etapa do ajuste que seria aplicado na 6ª e 7ª passada.

Essa sugestão deveria ser estudada melhor para verificar sua viabilidade, porém em geral ela tende a padronizar o processo evitando o retrabalho de repetir o mesmo processo sobre a mesma peça.

CONCLUSÃO

Em todos os processos produtivos conhecidos pelo homem, variações intrínsecas ao meio de produção são presentes. Um processo controlado não é a identificação de algo sem falhas ou erros ele é apenas a representação de algo controlado que possui tendências futuras a permanecer no mesmo estado. Empresas nos dias de hoje adquirem a metodologia de CEP em seus produtos pois seus objetivos é atenderem seus clientes e fornecerem produtos com garantia de qualidade que atendam todos os requisitos do projeto.

Diante disso, o objetivo geral deste trabalho foi analisar as variações de um processo de usinagem já em uso pela metalúrgica JAMA, com a aplicação da metodologia CEP e com auxílio de ferramentas da qualidade para identificar cada detalhe percebido durante os testes avaliativos julgando o processo como controlado ou não.

Sendo assim, através dos meios gráficos e descrições feitas pelos dados coletados, considerando apenas o requisito do cliente que é diferente do solicitado para linha automotiva, ou seja, é menos criterioso. Trazendo maior confiança para a metalúrgica JAMA o processo pode ser considerado controlado em virtude de seus ótimos resultados obtidos.

Observando que o processo possui 3 causas especiais com o requisito do cliente e 9 causas especiais considerando o requisito automotivo, ambas as situações são consideradas aptas pois sua capacidade e seu desempenho estão acima do nível aceitável, ou seja, os resultados foram melhores do que o esperado.

Recapitulando todos os objetivos específicos que foram: Coleta de dados, aplicação da curva ABC para identificar qual item estudar seu processo, identificar quais foram os maiores valores desperdiçados em virtude da não conformidade, aplicar a metodologia CEP, analisar todos os pontos inerentes e por fim sugerir melhorias ao processo.

Pode se dizer que todos esses pontos citados foram atendidos, a coleta foi feita conforme o previsto utilizando o operador da máquina sem interferir nos resultados, a curva ABC foi criada e com ela foi retirado os maiores custos devido as rejeições além do item ABC89464 que foi o escolhido para estudo do seu processo devido ao seu alto custo que acordo com o histórico da qualidade é de R\$331.064,58 equivalente à 20,57% de todas as rejeições registradas entre os 15 meses considerados, analisando

todos os processos do item escolhido e cruzando com os registros de não conformidade constatou-se que 28% das rejeições estava sobre o quesito diâmetro, com deduções feitas entre os processos de manufatura foi destacado a retífica como a mais importante devido ao ajuste de $\varnothing 34,970 +0,015\text{mm}$ que nela é feito, o estudo deu continuidade com a aplicação da metodologia CEP sobre o mesmo diâmetro de ajuste onde constatou que o processo contém causas especiais porém nenhuma fez com que o processo viesse a resumir-se em não conformidade.

De modo geral a metodologia de CEP busca sempre proporcionar ao dono do processo um melhor entendimento do comportamento da manufatura, no caso estudado não foi diferente, em uma primeira visão dos resultados gerados o processo contém vários pontos a melhorar, muitos deles cabem a trabalhos futuros como o estudo do coeficiente de dilatação térmica dos diferentes materiais utilizados em relação a temperatura ambiente de processo de retífica e também o estudo de viabilidade da padronização do número de passadas de peças sobre os rebolos junto da troca de manutenção mudando da corretiva para a preventiva, entretanto os eventuais pontos surgidos com o estudo são relativamente estáveis e não indicam grandes ameaças ao processo porém merecem um atenção para o atual grau de criticidade não aumentar.

Para toda a análise feita realmente contribuir ela deve ser registrada como lições aprendidas e no que possível deve ser descrita nas ordens de produção junto dos planos de controle do processo.

Hoje o segmento de usinagem já é bem explorado pelo mercado o que torna das inovações algo difícil de surgir entre as metalúrgicas do ramo, normalmente pequenas ações sugeridas como foi o caso deste trabalho retornam com grandes resultados ao longo do tempo.

Portanto, conclui-se que o CEP comprovado historicamente ser muito útil para controlar e prever tendências do processo foi a ferramenta certa a se aplicar, os resultados foram bastante satisfatórios para a empresa portadora do processo e para enriquecer o conhecimento adquirido com o desenvolvimento deste presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, S. **Integração das ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. 1º. Ed. Nova Lima- MG:INDG Tecs, 2002.
- ANDRADE, M. M. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**. 10º. ed. Atlas S.A. São Paulo, 2010.
- COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2º. Ed. São Paulo: Atlas S.A, 2005.
- DOWN, M. H.; *et al.* **Análise dos Sistemas de Medição (MSA)**. Manual de Referência. 4º. Ed. São Paulo.AIAG, 2010.
- DOWN, M. H.; *et al.* **Controle Estatístico de Processo (CEP)**. Manual de Referência. 2º. Ed. São Paulo.AIAG, 2005.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4º. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GONÇALVES, T. V. A. **Controle estatístico do Processo de Usinagem de Peças Automotivas: Um estudo de caso em uma empresa do centro oeste de Minas Gerais**: 2011. Bacharel em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1744593-Centro-universitario-de-formiga-unifor-mg-bacharel-em-engenharia-de-producao-thiago-victor-araujo-goncalves.html>. Acesso em: 07 mai. 2020.
- JURAN, J. M.; DeFEO, J. A. **Fundamentos da Qualidade para Líderes**. Porto Alegre; Bookman, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603468/cfi/6/30!/4/4/2@0:0> Acesso em 22 Jun 2020.
- KUME, Hitoshi. **Métodos Estatísticos para melhoria da Qualidade**. 2º. ed. São Paulo: Gente,1993.
- LOUZADA, F.; *et al.* **Controle estatístico de processos: uma abordagem prática para cursos de engenharia e administração**. 1º. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- LOZADA, G. **Administração da Produção e Operações**. 1º. Ed. Porto Alegre: SAGAH,2016.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 8º. ed. Atlas. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597012408/cfi/6/10!/4/2@0:0>.
- MONTGOMERY, D.C **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC,2004.
- MONTGOMERY, D.C **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7. Ed. Rio de Janeiro: LTC,2017.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad->

1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf. Acesso em: 01 jun. 2020.

RAMOS, E. M. L. S.; ALMEIDA, S. S.; ARAÚJO, A. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 1º. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ROCHA, H. M.; NONOHAY, R. G. **Administração da Produção**. Porto Alegre; SAGAH, 2016. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788569726654/>. Acesso em: 16 Jun 2020.

SANTOS, J. A. ; FILHO, D. P. **Metodologia científica**. 2º. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. Rio de Janeiro: Atlas, 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597015386/epubcfi/6/30%5B%3Bvnd.vst.idref%3Dchapter01%5D!/4/48/4/2%400:0>. Acesso em: 01 junho 2020.

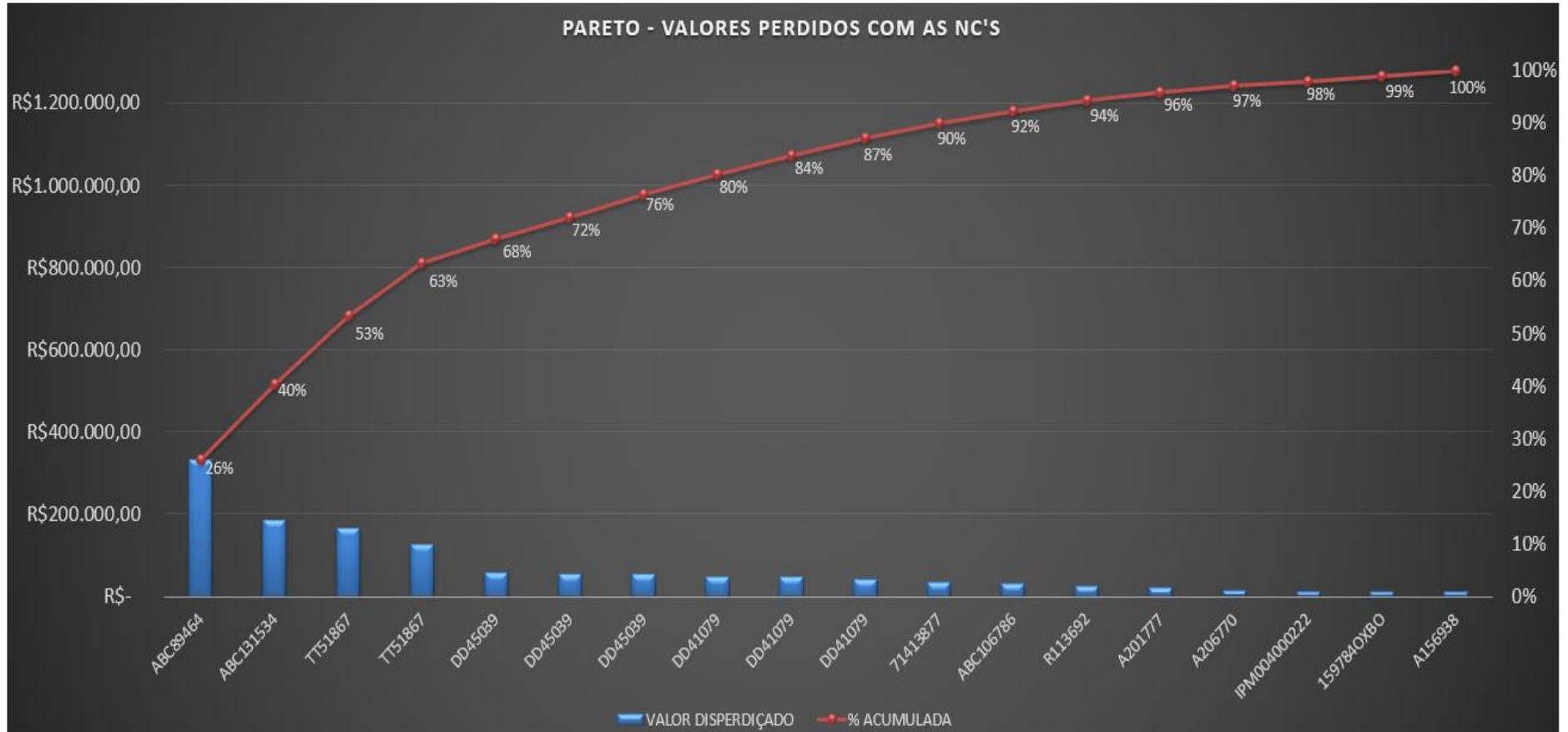
APÊNDICE A – FRAÇÃO DA TABELA REGISTRO DE NC (MARÇO DE 2020)

VALORES GERAL							
REFERÊNCIA	DATA	QUANTIDADE	CUSTO UNIDADE	CUSTO TOTAL	CAUSA NC	DESCRIÇÃO NC	DESTINO MATERIAL
17081904	02/03/2020	1	R\$7,96	R\$7,96	1	DIAMETRO 17-0,01 ESTÁ COM 16,98	SUCATA
HXE133337	02/03/2020	1	R\$95,00	R\$95,00	1	DIAMETRO 24,91+0,02 ESTÁ COM 24,7	SUCATA
17080403	02/03/2020	1	R\$10,55	R\$10,55	1	DIAMETRO 16,97 ESTÁ COM 16,95	SUCATA
370060545	03/03/2020	2	R\$31,80	R\$63,60	2	DIAMETRO 65+0,15+0,2 ESTÁ COM 65,24	SUCATA
6221781M1	02/03/2020	1	R\$80,54	R\$80,54	3	PEÇA VEIO CORTADA TORTA DA SERRA, FICANDO MENOR NO FINAL	SUCATA
100000195750	02/03/2020	1	R\$68,00	R\$68,00	3	COTAS DE 7+0,2 FICOU COM 6,70	SUCATA
100000195750	03/03/2020	1	R\$68,00	R\$68,00	4	COTA 2,3+0,1 ESTÁ COM 3,3	SUCATA
L110777	03/03/2020	1	R\$22,84	R\$22,84	7	QUEBRA DE MACHO NA PEÇA	SUCATA
71399508	03/03/2020	1	R\$35,59	R\$35,59	1	COTA 110+1 ESTÁ COM 107 (VEIO MENOR DO CORTE)	SUCATA
71398332	03/03/2020	1	R\$154,70	R\$154,70	28	CHAVETA FORA DE CENTRO	SUCATA
H232231	03/03/2020	2	R\$41,55	R\$83,10	1	PEÇA FICOU COM A COTA MENOR DE 40 +0,5	SUCATA
71399508	03/03/2020	2	R\$35,59	R\$71,18	5	COTA 108,17+0,25 ESTÁ COM 107,4	SUCATA
H226032	03/03/2020	1	R\$166,06	R\$166,06	28	CHAVETA DESALINHADA	SUCATA
71438693	03/03/2020	1	R\$70,00	R\$70,00	2	DIAMETRO 28,43+0,07 MAIOR COM 28,57	SUCATA
71438693	03/03/2020	1	R\$70,00	R\$70,00	2	FURO FICOU MAIOR COM 28,65 DE DIAMETRO	SUCATA
A21870	04/03/2020	1	R\$5,36	R\$5,36	3	COTA MENOR ESTÁ COM 60,5	SUCATA
70060050104	04/03/2020	1	R\$2,00	R\$2,00	1	DIÂMETRO DE 7,897-0,022 FICOU COM 7,69	SUCATA
H214618CQ1	04/03/2020	1	R\$462,89	R\$462,89	22	VERIFICADO DEFORMAÇÃO NO TRATAMENTO	SUCATA
71419302	04/03/2020	1	R\$28,47	R\$28,47	1	DIÂMETRO 34,86 A 34,91 FICOU MENOR	SUCATA

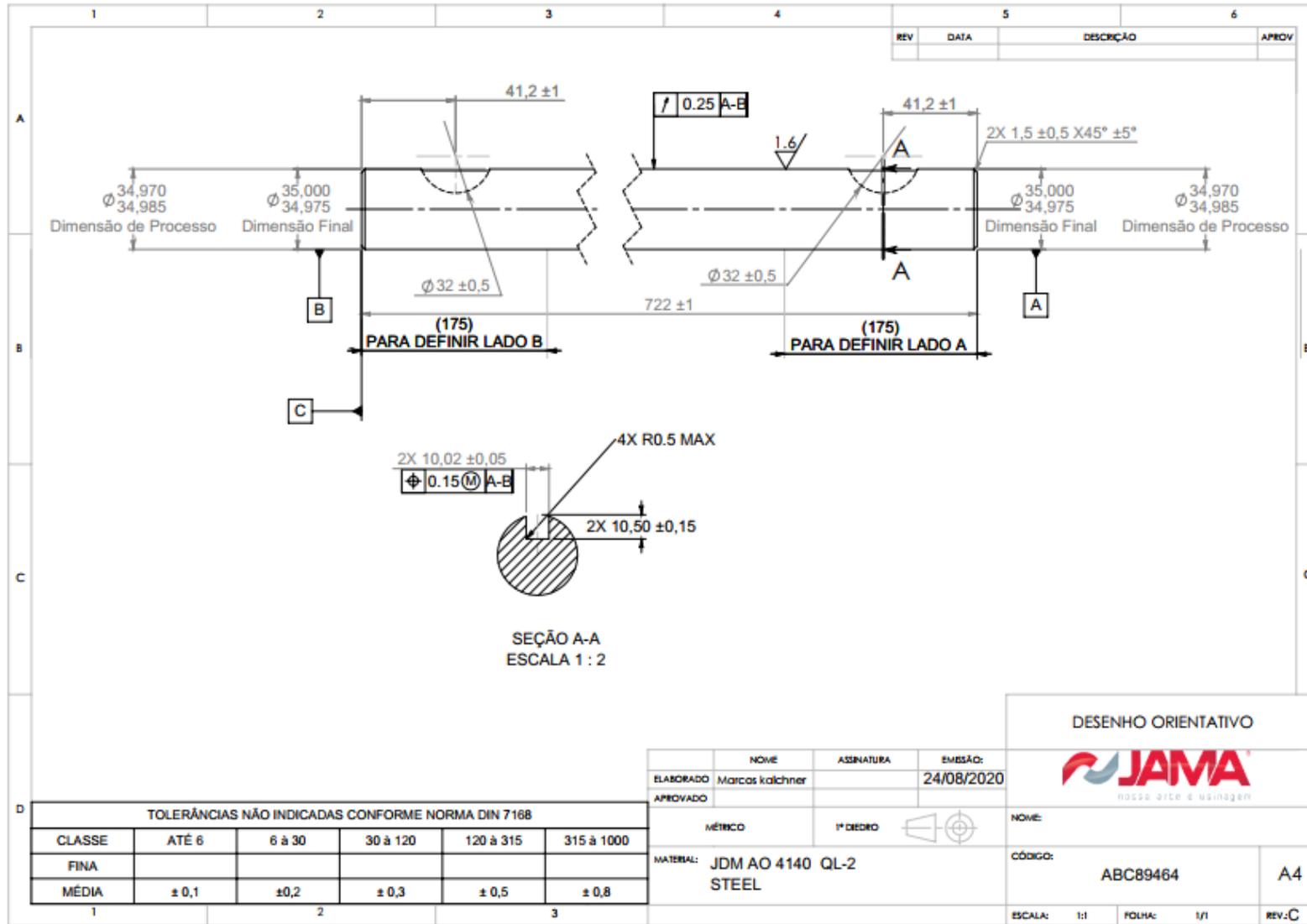
APÊNDICE B – SEGMENTO DA CURVA ABC

CLASSIFICAÇÃO CURVA ABC							
ITENS EXISTENTES	VALOR UNITARIO	REPETIÇÕES	QUANTIDADE NÃO CONFORME	VALOR DISPERDIÇADO	PORCENTAGEM INDIVIDUAL	PORCENTAGEM ACUMULADA	CLASSIFICAÇÃO
ABC89464	R\$312,62	25	1059	R\$331.064,58	20,572927%	20,57293%	A
ABC131534	R\$305,00	23	611	R\$186.355,00	11,580423%	32,15335%	A
TT51867	R\$6,88	132	24182	R\$166.372,16	10,338655%	42,49201%	A
TT51867	R\$5,21	132	24182	R\$125.988,22	7,829127%	50,32113%	A
DD45039	R\$33,30	227	1763	R\$58.707,90	3,648211%	53,96934%	A
DD45039	R\$31,22	227	1763	R\$55.040,86	3,420335%	57,38968%	A
DD45039	R\$30,80	227	1763	R\$54.300,40	3,374321%	60,76400%	A
DD41079	R\$14,21	524	3387	R\$48.129,27	2,990836%	63,75483%	A
DD41079	R\$14,20	524	3387	R\$48.095,40	2,988732%	66,74357%	A
DD41079	R\$12,40	524	3387	R\$41.998,80	2,609878%	69,35344%	A
71413877	R\$272,35	7	126	R\$34.316,10	2,132462%	71,48591%	A
ABC106786	R\$12,40	16	2509	R\$31.111,60	1,933329%	73,41924%	A
R113692	R\$9,87	31	2664	R\$26.293,68	1,633935%	75,05317%	A
A201777	R\$227,15	9	92	R\$20.897,80	1,298626%	76,35180%	A
A206770	R\$56,69	3	241	R\$13.662,29	0,848998%	77,20079%	A
IPM004000222	R\$577,20	7	22	R\$12.698,40	0,789101%	77,98989%	A
159784OXBO	R\$714,96	2	17	R\$12.154,32	0,755291%	78,74519%	A
A156938	R\$26,04	14	462	R\$12.030,48	0,747595%	79,49278%	A
100000077250	R\$60,00	12	168	R\$10.080,00	0,626389%	80,11917%	B
TT40748	R\$4,35	8	1946	R\$8.465,10	0,526036%	80,64520%	B
ABC119428	R\$193,53	18	42	R\$8.128,26	0,505104%	81,15031%	B
063352P1	R\$560,00	3	14	R\$7.840,00	0,487191%	81,63750%	B
ACW0644770	R\$350,00	4	22	R\$7.700,00	0,478491%	82,11599%	B
ABC42567	R\$413,90	11	17	R\$7.036,30	0,437248%	82,55324%	B
A235687	R\$48,45	6	144	R\$6.976,80	0,433550%	82,98679%	B
ACX0094930	R\$640,00	5	10	R\$6.400,00	0,397707%	83,38450%	B
ABC156835	R\$302,94	4	21	R\$6.361,74	0,395330%	83,77983%	B
TT67433	R\$45,90	16	128	R\$5.875,20	0,365095%	84,14492%	B
ABC123099	R\$99,93	6	57	R\$5.696,01	0,353960%	84,49888%	B
FF534193	R\$1.093,16	3	5	R\$5.465,80	0,339654%	84,83854%	B
A214618	R\$462,89	8	11	R\$5.091,79	0,316413%	85,15495%	B
ABC113306	R\$266,46	13	19	R\$5.062,74	0,314607%	85,46956%	B
ABC10467	R\$251,78	12	20	R\$5.035,60	0,312921%	85,78248%	B
6220342M1	R\$31,90	9	147	R\$4.689,30	0,291401%	86,07388%	B
A112543	R\$3,54	20	1266	R\$4.481,64	0,278497%	86,35237%	B
ABC76366	R\$263,48	4	17	R\$4.479,16	0,278343%	86,63072%	B
CB01487609	R\$19,78	10	225	R\$4.450,50	0,276562%	86,90728%	B
ACW0516980	R\$286,81	6	15	R\$4.302,15	0,267343%	87,17462%	B
A112543	R\$3,32	20	1266	R\$4.203,12	0,261189%	87,43581%	B
TT51868	R\$8,55	9	491	R\$4.198,05	0,260874%	87,69669%	B
FF850820	R\$1.276,00	1	3	R\$3.828,00	0,237879%	87,93456%	B
A220549	R\$10,00	3	350	R\$3.500,00	0,217496%	88,15206%	B
290248282	R\$285,63	9	12	R\$3.427,56	0,212995%	88,36506%	B
TT51868	R\$6,88	9	491	R\$3.378,08	0,209920%	88,57497%	B
ABC148433	R\$410,00	3	8	R\$3.280,00	0,203825%	88,77880%	B
ACW2230480	R\$205,00	4	15	R\$3.075,00	0,191086%	88,96989%	B
AX10002	R\$52,94	9	56	R\$2.964,64	0,184228%	89,15411%	B
A228063	R\$3,35	44	874	R\$2.927,90	0,181945%	89,33606%	B
71422599	R\$63,13	2	44	R\$2.777,72	0,172612%	89,50867%	B
ACW1763150	R\$227,48	11	12	R\$2.729,76	0,169632%	89,67830%	B
R116540	R\$10,06	16	269	R\$2.706,14	0,168164%	89,84647%	B
A228063	R\$2,99	44	874	R\$2.613,26	0,162393%	90,00886%	C
ABC33824	R\$51,23	19	51	R\$2.612,73	0,162360%	90,17122%	C
A172777	R\$10,29	11	247	R\$2.541,63	0,157941%	90,32916%	C
100000077250	R\$15,00	12	168	R\$2.520,00	0,156597%	90,48576%	C
ABC10465	R\$243,16	8	10	R\$2.431,60	0,151104%	90,63686%	C
ABC109067	R\$268,61	9	9	R\$2.417,49	0,150227%	90,78709%	C

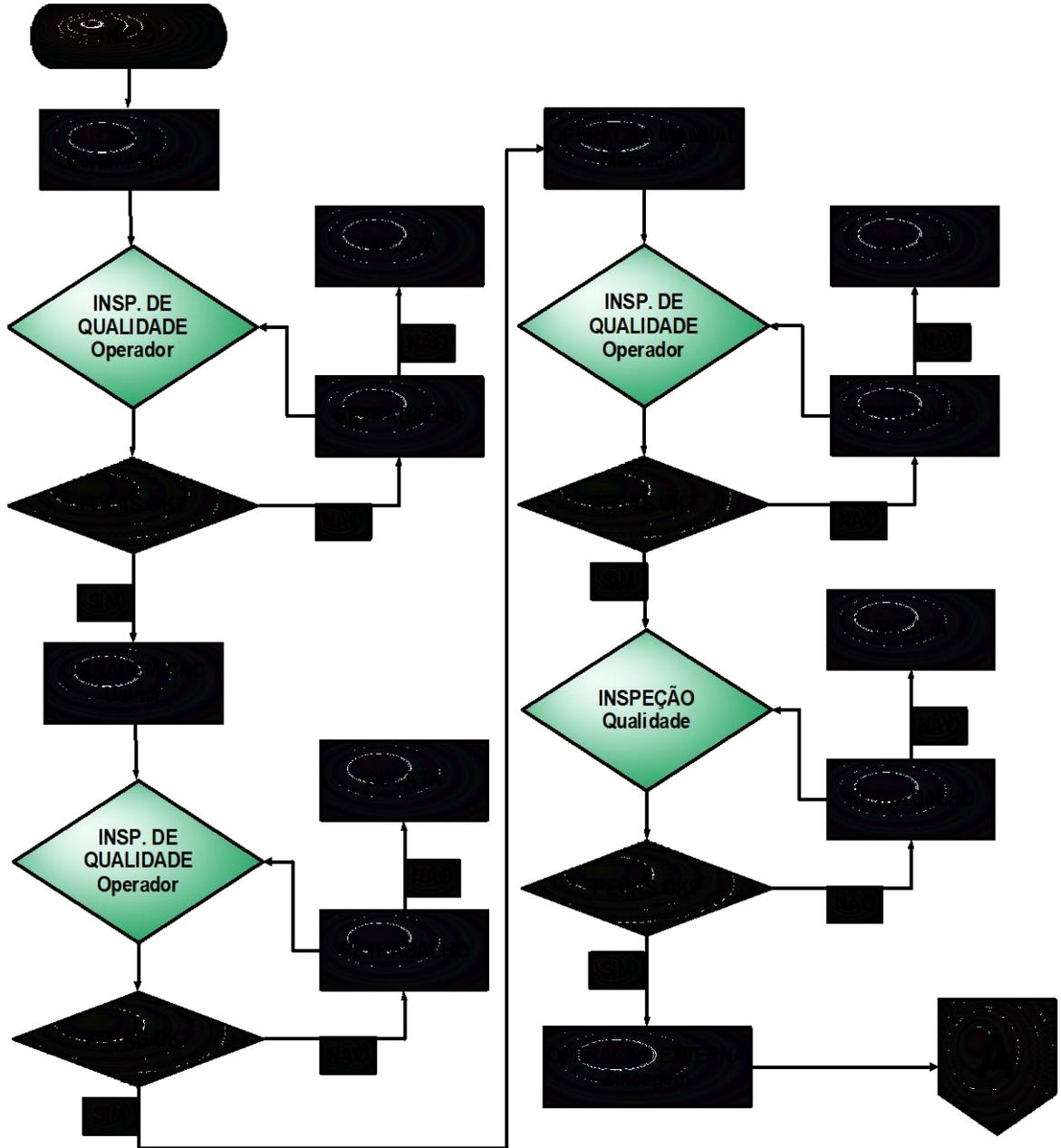
APÊNDICE C – PARETO – CLASSE A – QUANTIDADE DESPERDIÇADA

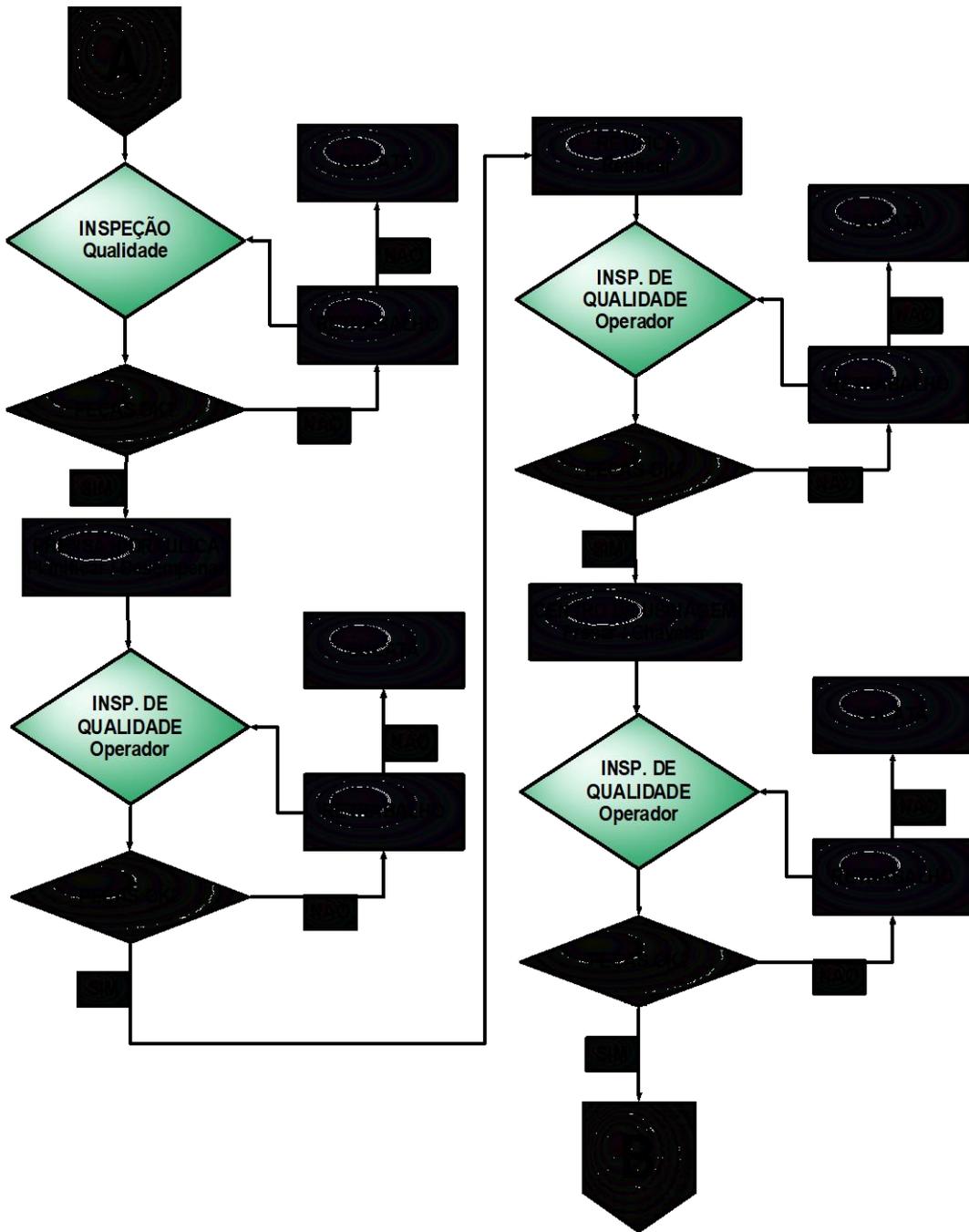


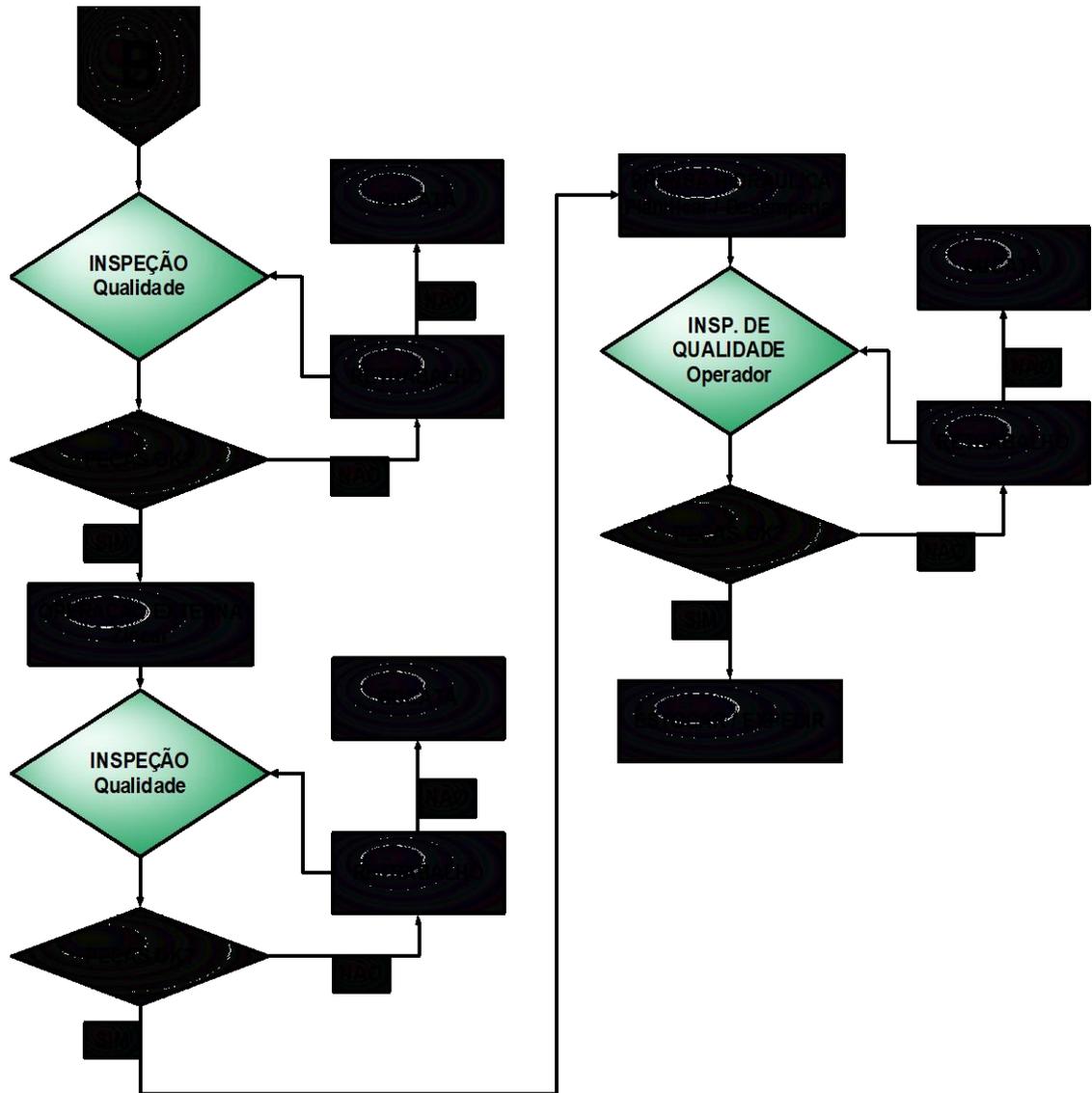
APÊNDICE D – DESENHO DO ITEM ESCOLHIDO PARA ESTUDO ABC89464



APÊNDICE E – FLUXOGRAMA DE PROCESSO DO ITEM ABC89464







APÊNDICE F – CARTA DE CONTROLE X-AM



Sistema de Gestão da Qualidade CARTA DE CONTROLE PARA VARIÁVEIS (X-AM)

Código Peça: ABC89464
ESPECIFICAÇÃO: SHAFT
 Diâmetro
Ø34,970 A 34,985

MÉTODO DE VERIFICAÇÃO (instrumento):

Micrômetro 25-50
 Resolução: 0,001
 It: 0,009

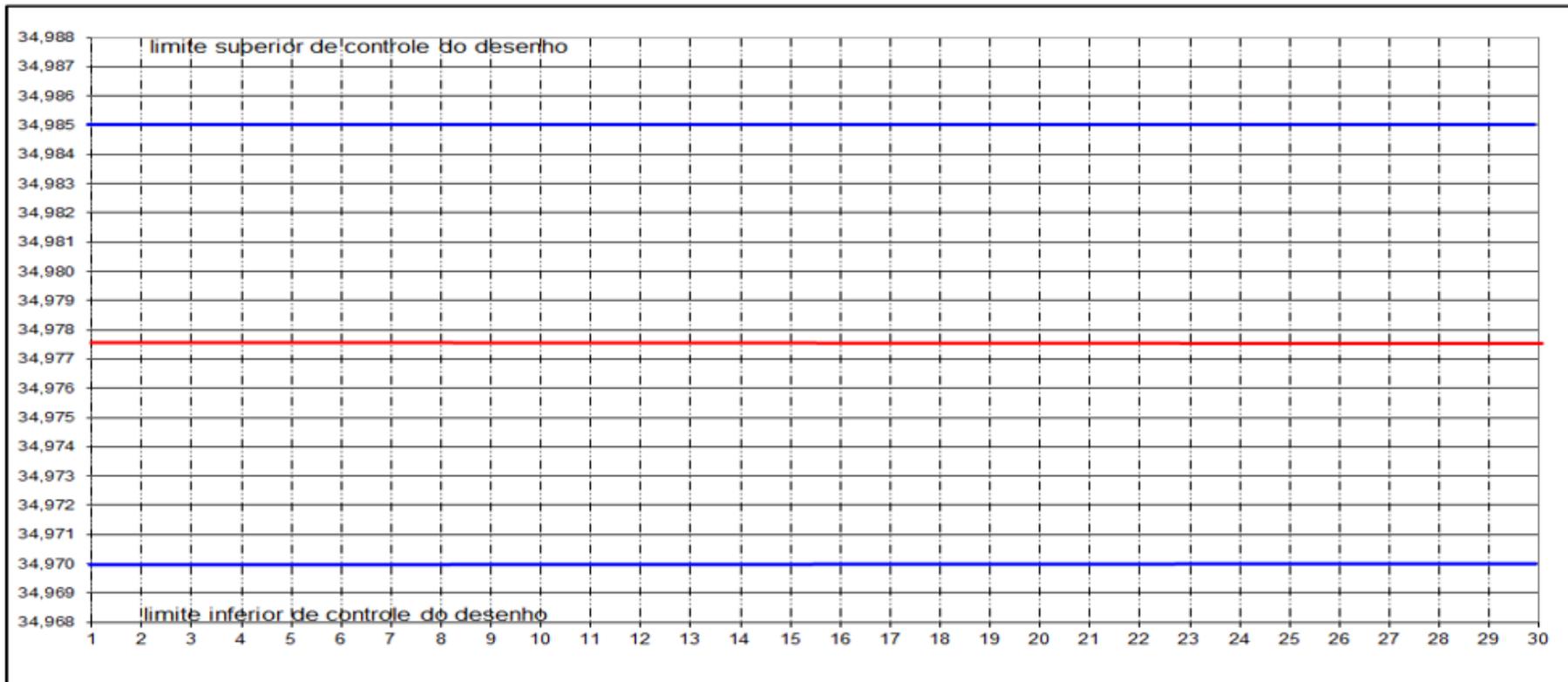
LSE= 34,985
 LIE= 34,970

FREQUÊNCIA: 100%

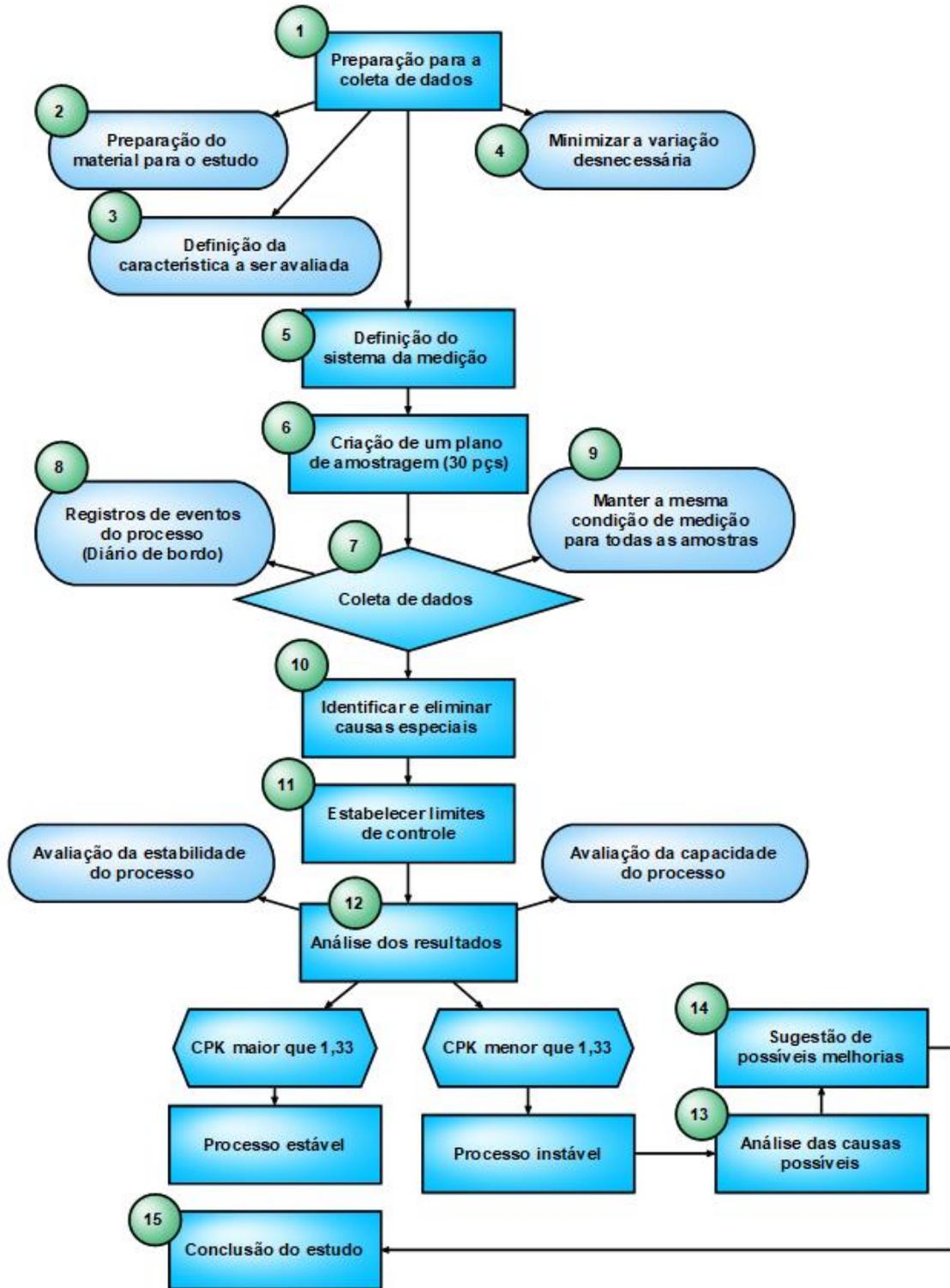
Ø 34,970
34,985

**** As medidas apuradas na carta de CEP deverão ser lançadas no Sistema Minitab****

**** Medida fora dos limites de controle deverão ser estudadas ****



APÊNDICE G – FLUXOGRAMA DA COLETA DE DADOS



APÊNDICE H – DADOS COLETADOS (1º medição)



Código Peça: ABC89464
 ESPECIFICAÇÃO: SHAFT
 Diâmetro
 Ø34,970 A 34,985

Sistema de Gestão da Qualidade
 CARTA DE CONTROLE PARA VARIÁVEIS (X-AM)

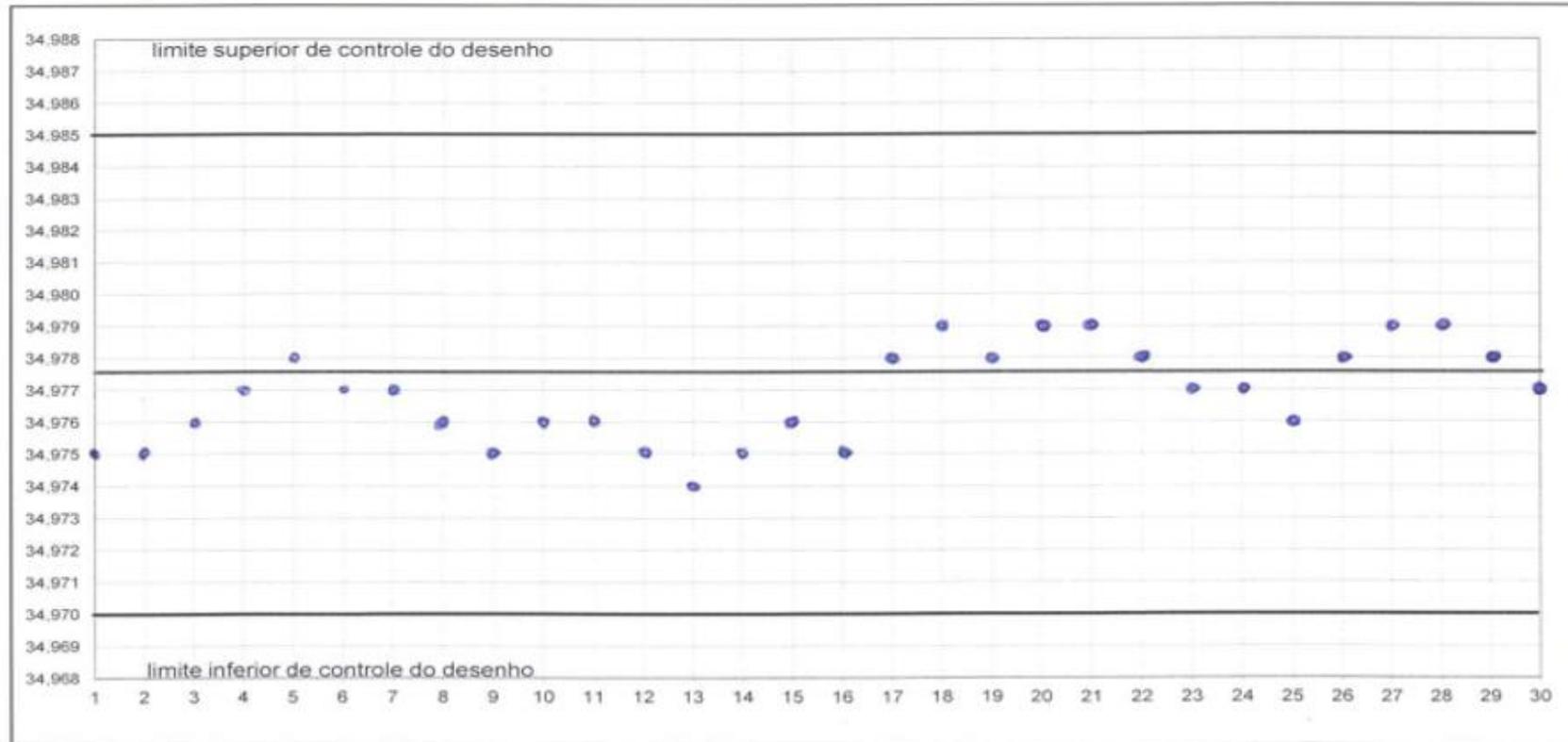
MÉTODO DE VERIFICAÇÃO (instrumento): Micrômetro 25-50
 Resolução: 0,001
 It: 0,009

LSE= 34,985
 LIE= 34,970

FREQUÊNCIA 100%

Ø 34,970
 34,985

**** As medidas apuradas na carta de CEP deverão ser lançadas no Sistema Minitab****
**** Medida fora dos limites de controle deverão ser estudadas ****



APÊNDICE I – DADOS COLETADOS (2º medição)



Sistema de Gestão da Qualidade
CARTA DE CONTROLE PARA VARIÁVEIS (X-AM)

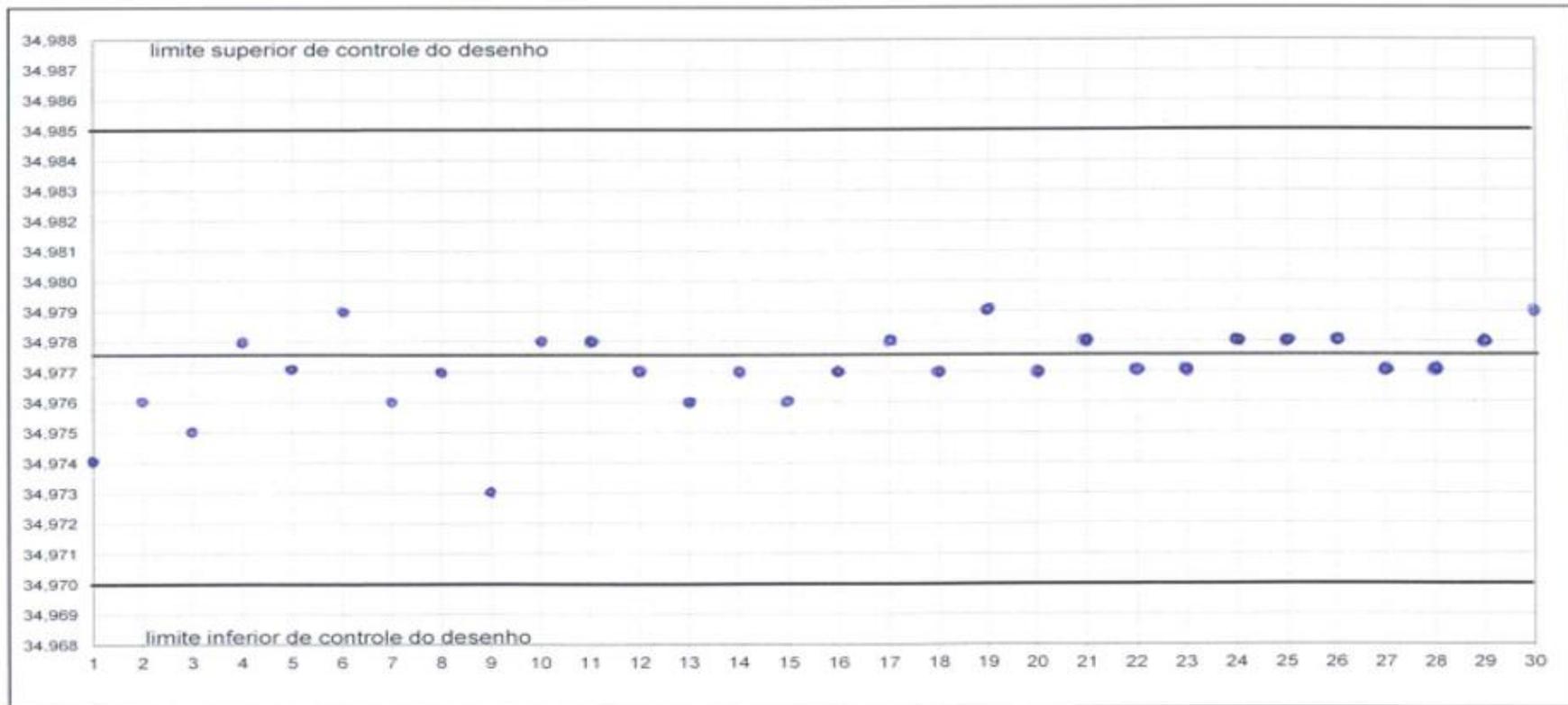
Código Peça: ABC89464
ESPECIFICAÇÃO:
SHAFT
Diâmetro
Ø34,970 A 34,985

MÉTODO DE VERIFICAÇÃO (instrumento):
LSE= 34,985
LIE= 34,970
FREQUÊNCIA 100%

Micrômetro 25-50
Resolução: 0,001
It: 0,009

Ø 34,970
34,985

** As medidas apuradas na carta de CEP deverão ser lançadas no Sistema Minitab**
** Medida fora dos limites de controle deverão ser estudadas **



APÊNDICE J – DADOS COLETADOS (3º medição)



Código Peça: **ABC89464**
 ESPECIFICAÇÃO:
SHAFT
 Diâmetro
Ø34,970 A 34,985

Sistema de Gestão da Qualidade
 CARTA DE CONTROLE PARA VARIÁVEIS (X-AM)

MÉTODO DE
 VERIFICAÇÃO (instrumento):

Micrômetro 25-50
 Resolução: 0,001
 It: 0,009

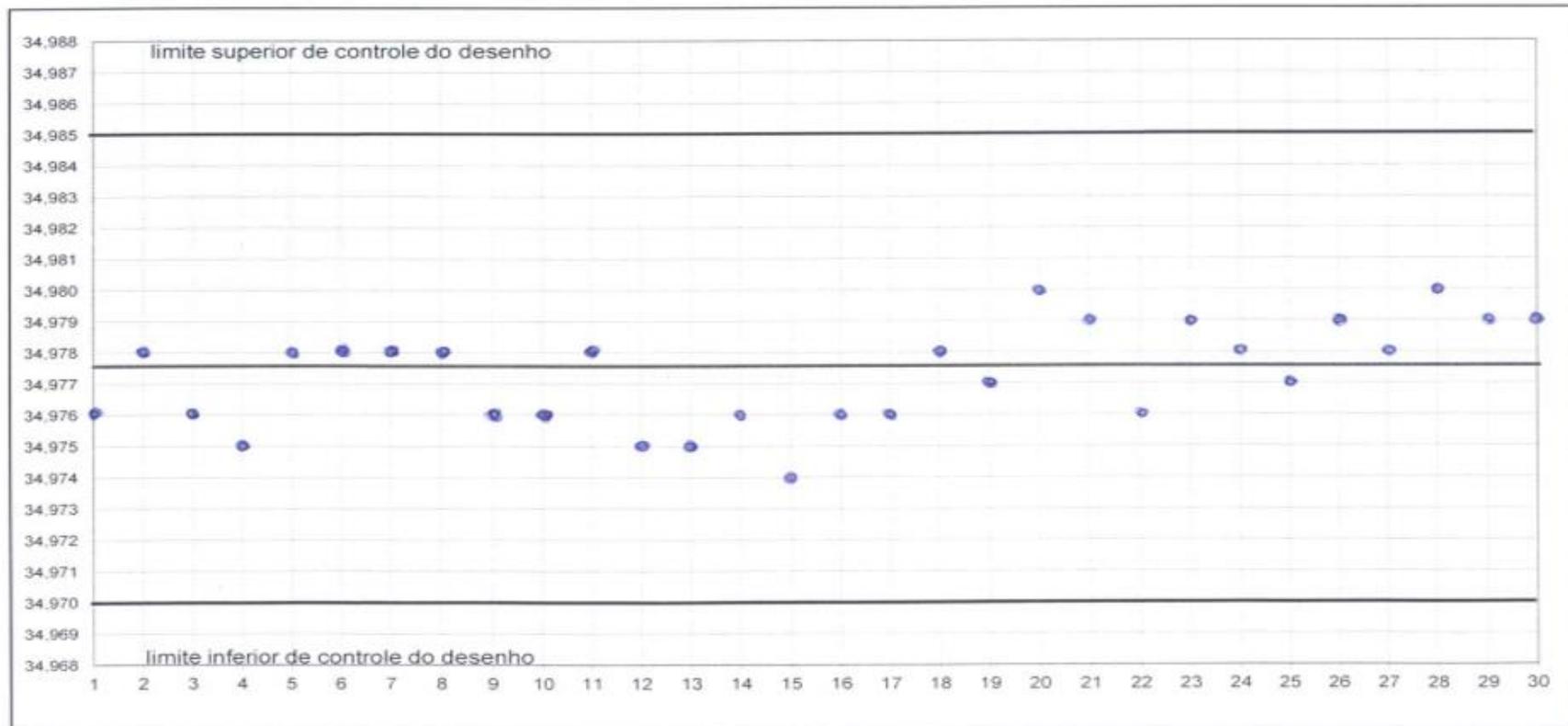
LSE= 34,985
 LIE= 34,970

FREQUÊNCIA 100%

Ø 34,970
 34,985

**** As medidas apuradas na carta de CEP deverão ser lançadas no Sistema Minitab****

**** Medida fora dos limites de controle deverão ser estudadas ****



APÊNDICE L – DIARIO DE BORDO

DIARIO DE BORDO DO PROCESSO					
PARA TODOS OS SINAIS DE INSTABILIDADE DO PROCESSO DEVE HAVER ANOTAÇÕES, ESTAS INFORMAÇÕES AJUDARÃO NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS ASSINALADOS NA CARTA DE CONTROLE. SITUAÇÕES COMO: TROCA DE PASTILHA, CORRETORES DE MEDIDAS, TROCA DE OPERADOR, LOTE PARTIDO DE MATERIA PRIMA. OBS: SEMPRE OBSERVAR SE A RESOLUÇÃO DO INSTRUMENTO ESTÁ DE ACORDO COM A CARTA DE CONTROLE E COM O DIÁRIO DE BORDO VERIFICAR A FREQUÊNCIA DE INSPEÇÃO DAS PEÇAS					
DATA	HORA	CÓD. PEÇA	COMENTARIOS	AÇÃO TOMADA	RESPONSAVEL
17/08/2020	07:29	ABC89464	INICIO DO CONFECCÃO DOS AJUSTES	MONITORAR MEDIÇÕES	ALEXANDRO ASSUNÇÃO
17/08/2020	08:02	ABC89464	PROCESSO INICIOU ABAIXO DA LINHA DA MÉDIA	VERIFICAR SE EXISTE INSTABILIDADE NAS PRÓXIMAS PEÇAS	ALEXANDRO ASSUNÇÃO
17/08/2020	08:34	ABC89464	PEÇA NÃO REMOVEU MATERIAL DE FORMA RETILINEA (6ª PEÇA)	PASSAR MAIS UMA VEZ ENTRE O REBOLO E CONTINUAR MONITORANDO AS PRÓXIMAS PEÇAS	OPERADOR DA MAQUINA
17/08/2020	09:14	ABC89464	IDENTIFICADO SOBRE AQUECIMENTO NO PROCESSO	VERIFICAR DIMENSÃO RESULTANTE DA ÚLTIMA PEÇA E APLICAR CORRETOR	OPERADOR DA MAQUINA
17/08/2020	09:15	ABC89464	ADICIONADO CORRETOR NO PROCESSO DE 0,003mm	ALTERAR ANÉL GRADUADO DA MÁQUINA RETIFICA	OPERADOR DA MAQUINA
17/08/2020	09:19	ABC89464	PROCESSO CONTINUOU SOBRE AQUECENDO PORÉM SE MANTEVE OSCILANDO 0,001mm	CONTINUAR MONITORANDO AS PRÓXIMAS PEÇAS	ALEXANDRO ASSUNÇÃO
17/08/2020	09:25	ABC89464	IDENTIFICADO A NECESSIDADE DE PASSAR A PEÇA MAIS VEZES PELO REBOLO (21ª PEÇA)	MONITORAR DIMENSÕES COM O INSTRUMENTO PARA ACOMPANHAR A DIMENSÕES RESULTANTES DE UMA PASSADA À MAIS	OPERADOR DA MAQUINA
17/08/2020	09:34	ABC89464	TERMINO DA ÚLTIMA PEÇA	ENCERRAR APONTAMENTOS	ALEXANDRO ASSUNÇÃO

ANEXO A – LAUDO DE CALIBRAÇÃO DO MICRÔMETRO

METROSUL Uma empresa *Trescal*

Rua Da Varzea, 236 - Jardim São Pedro - Porto Alegre - RS - 91040-600 - Fone(51) 3345 - 2266 - Fax(51) 3345 - 2266 - comercial@metrosul-rs.com.br

**Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de
acordo com a ABNT NBR ISO/ IEC 17025, sob o N º 0325
CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 3Z9PX320
Chave de Autenticidade (QRCode): 9XCIM4OHV77P472O9G41I3**



Pág. 1/2

1. CLIENTE: Metalúrgica Jama Ltda

Endereço: Av. Expedicionário Fernando Hartmann, Nº 339 - Distrito Industrial - Santa Rosa
- RS - Brasil
Contato: Ivete de Oliveira / (55) 3513-5800

2. INSTRUMENTO CALIBRADO: MICROMETRO EXTERNO

Código: ME-195
Marca: MITUTOYO **Modelo:** NÃO CONSTA
Nº Série: 59101722 **Tipo:** ANALOGICO

3. IDENTIFICAÇÃO DA CALIBRAÇÃO:

Data de recebimento: 29/02/2020 **Período de calibração:** 11/03/2020 **Data de emissão:** 18/03/2020
Local de calibração: METROSUL
Endereço: Rua Da Varzea, 236 - Jardim São Pedro - Porto Alegre - RS - Brasil

4. CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Temperatura Ambiente **Umidade Relativa do Ar**
(20±1) °C (55±15) %ur
Incerteza de medição referente as condições ambientais:
Temperatura: 0,4 °C **Umidade:** 2 %ur

5. RESUMO DO MÉTODO DE CALIBRAÇÃO:

Método(s): M-002 Rev - 10
Descrição do Método: A Calibração foi realizada conforme método citado comparando-se o instrumento com o padrão listado no item 8. A série de medições (números de leituras e pontos na escala) estão definidas nas tabelas de valores encontrados.

6. COMENTÁRIOS:

A reprodução deste documento somente poderá ser feita integralmente. Reprodução de partes requer a aprovação prévia e por escrito da METROSUL. Os resultados apresentados referem-se exclusivamente ao equipamento/código em questão, submetido à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo a qualquer lote. Eventuais ajustes, laudo e interpretações dos resultados não fazem parte do escopo de acreditação deste Laboratório. Este certificado atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, a qual avaliou a competência de medição do Laboratório e comprovou sua rastreabilidade à padrões nacionais de medida. A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k), o qual para uma distribuição t com graus de liberdade efetivos (V_{eff}) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02. O valor de referência (V_{ref}) e o Erro são formatados em função da Incerteza Expandida conforme orientações da Cgcre.

7. EQUIPAMENTOS AUXILIARES:

THM011 - TERMOHIGROMETRO - 627F5619 (METROSUL CAL 0325) - Válido até:31/08/2020

8. PADRÕES UTILIZADOS NA CALIBRAÇÃO:

BLP007 - BLOCO PADRAO - 2603/16 (CERTI CAL 0034) - Válido até:31/08/2020
PAO008 - JOGO DE PARALELO OPTICO - 0250/19 (CERTI CAL 0034) - Válido até:31/01/2022

IGOR DA ROZA VARGAS

Executante

CLAUDIO LUIZ PRIETO HERMAN

Signatário autorizado

**Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de
 acordo com a ABNT NBR ISO/ IEC 17025, sob o N ° 0325
 CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 3Z9PX320**

Pág. 2/2

9. VALORES ENCONTRADOS:
Faixa de indicação: 0,000 mm à 25,000 mm

Valor de uma divisão: 0,001 mm

Valores Encontrados						
VRef	VI - Média de 3 Leituras	Erro	Unidade de Medida	Incerteza Expandida	k	Veff
0,00000	0,0000	0,0000	mm	0,00090	2,00	∞
2,50003	2,5003	0,0003	mm	0,00090	2,00	∞
5,10002	5,1002	0,0002	mm	0,00090	2,00	∞
7,70003	7,7000	0,0000	mm	0,00090	2,00	∞
10,30001	10,3000	0,0000	mm	0,00090	2,00	∞
12,90002	12,9002	0,0002	mm	0,00090	2,00	∞
15,00019	15,0001	-0,0001	mm	0,00090	2,00	∞
17,60015	17,6003	0,0002	mm	0,00090	2,00	∞
20,20012	20,2001	0,0000	mm	0,00090	2,00	∞
22,80008	22,8002	0,0001	mm	0,00090	2,00	∞
24,99945	25,0001	0,0007	mm	0,00090	2,00	∞

Erro de Paralelismo (µm)	Erro de Planeza do Fuso (µm)	Erro de Planeza do Batente (µm)
1,92	0,96	0,96

VI - Valor Indicado pelo Instrumento **VRef** - Valor de Referência

 ----- **Fim do certificado** -----

INFORMAÇÕES ADICIONAIS
Calibração realizada sem ajuste prévio.

As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório.

Fator de interpolação: 10