

# **CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE COLCHÕES**

YOSCHIRO ZENO JACOBY KAIMOTO

OLIVIA TOSHIE OIKO

## **Resumo**

*O presente artigo consiste um estudo de caso do controle estatístico de processos em uma fábrica de colchões localizada no Norte do Paraná, este documento contém os métodos, desenvolvidos ao longo do projeto, inicialmente mapeou-se o processo alvo, definiu-se a característica a ser monitorada, no caso as alturas dos colchões, realizou-se gráficos de Pareto para definir os modelos de interesse e definiu-se o método de coleta de dados. Com os dados iniciou-se a etapa de análise, com o auxílio do software Minitab plotou-se as cartas de controle, os histogramas de capacidade/performance, calculou-se as estatísticas de capacidade/performance e analisou-se cada modelo alvo do estudo. Com base na análise realizou-se um plano de ação visando reduzir e corrigir os problemas identificados, fez-se o uso de ferramentas da qualidade como: Diagrama de Ishikawa, Matriz 5W2H. Através do estudo constatou-se possíveis reduções estruturais nas lâminas de espuma de dois dos modelos estudados, acarretando em uma economia anual. Também foram propostas diversas melhorias nos setores a fim de se reduzir a variabilidade atual.*

**Palavras-chave:** *Controle Estatístico da Qualidade; Cartas de Controle; Análise de capacidade; CEP.*

## **1. Introdução**

Nos dias atuais as empresas buscam cada vez mais formas de atender aos requisitos do cliente nos mais diversos aspectos. A qualidade dos produtos ganhou um maior impacto ao decorrer do tempo, a necessidade de um controle sobre o processo se torna cada vez mais indispensável para a competitividade no mercado, a capacidade de repetitividade com variações dentro de controle é um fator chave para o setor produtivo de um empreendimento eficaz. A gestão da qualidade proporciona uma cultura na qual o lucro é consequência da qualidade total do produto entregue ao cliente. Segundo a norma NBR ISO 9000:2005 (ABNT) a qualidade pode ser definida como: “grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos”. A presença de um órgão regulador somada a demanda de clientes cada vez mais exigentes quanto à qualidade, entrega e custo de seus produtos faz com que as empresas que buscam excelência em gestão da qualidade tenham destaque competitivo no mercado.

Os custos gerados para assegurar a qualidade do processo antes da entrega ao consumidor muitas vezes possuem um menor impacto orçamental do que os custos gerados com devoluções e retrabalhos, além do possível impacto sobre a credibilidade da empresa. Pela

diretoria da empresa para que se obtenha um desenvolvimento contínuo na qualidade de processos e produtos.

Este estudo foi realizado em uma fábrica de colchões de mola e de espuma, situada em Maringá – PR, no qual atualmente existe apenas um controle de qualidade dos produtos acabados com inspeção visual 100% que não gera registro histórico. Recentemente a empresa passou por um processo de certificação para alguns modelos de colchões, e estes agora estão sujeitos a inspeções pelo órgão sem aviso prévio. O intuito deste trabalho é criar um plano de inspeção dimensional amostral durante o processo para parâmetros importantes, para ação imediata mas também com a geração de registros que possam ser analisados em profundidade depois e gerar melhorias no processo.

Na empresa alvo do estudo o departamento de qualidade é relativamente novo e ainda pouco desenvolvido, não existe um controle de qualidade estatístico do processo sobre as especificações do produto. A empresa vêm reconhecendo a importância do setor responsável pela qualidade, pois foi essencial para as credenciações do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e Instituto Nacional de Estudos do Repouso (INER) para determinados modelos de colchões, o órgão avalia as especificações presentes na etiqueta do produto como densidade, espessura e camadas das espumas, como também uma série de outros testes específicos para as espumas flexíveis de poliuretano utilizadas nos produtos. Com base no atendimento dos requisitos propostos, certificaram-se determinadas famílias de colchões submetidos. Agora com os colchões já credenciados e sujeitos a auditorias pelo órgão regulador, surge uma nova demanda para a empresa, que até então não possuía um monitoramento das dimensões de seu produto acabado. Outro fator que contribuiu para a pertinência do estudo, é o questionamento de clientes para com o atendimento dos requisitos presentes nos produtos. Com isso mostra-se vantajoso introduzir o controle estatístico da qualidade nos processos para assegurar que estes produtos estejam com as especificações dentro das exigidas pelos clientes, monitorando parâmetros nos produtos que sejam avaliados pelos órgãos credenciadores e também no caso da existência de produtos fora de controle identificar as possíveis causas de tais variações.

Na empresa estudada o existe apenas uma inspeção de qualidade sobre o produto acabado, onde um operador realiza a conferência do acabamento do produto, e realiza as aparas de sobras de linhas. O mix de produção da empresa é vasto porém apenas alguns modelos selecionados possuem a certificação e são esses os objetos de estudo. A empresa não apresenta um estudo sobre as causas dos defeitos de seus produtos em geral, devido a isto, os custos da má qualidade são elevados. O trabalho realizado contribuirá para o desenvolvimento do

departamento de qualidade como um todo, introduzindo o controle estatístico da qualidade para a empresa proporcionando uma documentação estatística do processo, identificação das principais causas e as propostas de melhoria.

Assim, este trabalho tem por objetivo implementar o controle estatístico do processo para os produtos certificados e analisar as causas das variabilidades do processo.

Como objetivos específicos, tem-se:

- Mapear o processo alvo
- Elaborar o gráfico de controle para os produtos certificados
- Analisar as causas das variabilidades
- Analisar a necessidade de mudanças no processo

## **2. Gestão da qualidade**

Inicialmente surgiu como solução para os erros em produtos bélicos na Segunda Guerra Mundial, após o sucesso demonstrado observou-se uma evolução significativa nos estudos, passou a ser chamada de garantia da qualidade e posteriormente controle da qualidade. Na literatura, não existe uma definição única e universal para qualidade, os diversos gurus apresentam definições diferentes, para Crosby (1995), qualidade significa atender às especificações. Para Deming (2000), significa atender, e se possível exceder as expectativas do cliente. O foco da gestão está em atender os requisitos do mercado e do cliente, está relacionado as atividades para assegurar a qualidade desejada ao produto ou serviço. A ação da gestão da qualidade, passou a ganhar importância, visto que se considera que existe um processo natural de transferência de valores, hábitos e comportamentos do meio social para o interior das organizações. Os conceitos equivocados da qualidade resultam em esforços desnecessários e muitas vezes errôneos, com isso a gestão da qualidade foca agora na criação de uma cultura da qualidade, ou seja, transformar qualidade em valor (PALADINI, 2004).

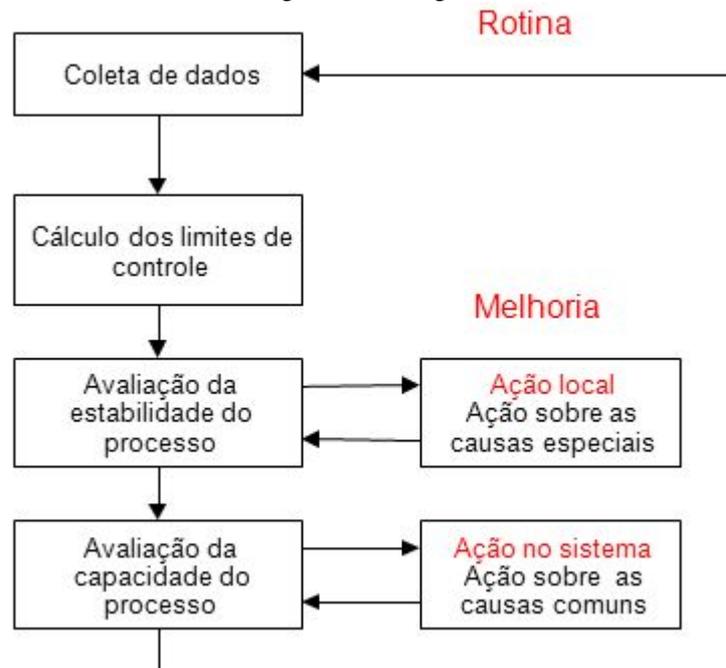
### **2.1 Controle Estatístico da Qualidade**

Uma das condições básicas para a manutenção da qualidade é o controle permanente dos processos. Walter A. Shewhart por volta de 1924 formalizou controle estatístico de processos quando desenvolveu e aplicou os gráficos de controle nos *Bell Telephone Laboratories*. A eficácia de uma carta de controle é medida pela rapidez com que se detecta as alterações no processo, os parâmetros de implantação devem ser norteados pela análise da relação entre o custo operacional e a eficácia da ferramenta (COSTA, EPPRECHT E CARPINETTI, 2004).

Todos os processos possuem variabilidade, porém existem variâncias aceitáveis para cada tipo de indústria. O uso das ferramentas estatísticas atua na diminuição da variabilidade, as causas de tal variação podem ser proveniente de Causas Comuns, que são as causas inerentes ao processo ou Causas Especiais, que são situações esporádicas e específicas (WERKEMA, 1995).

RIBEIRO e CATEN (1998) sugerem o uso da seguinte abordagem de melhorias no CEP:

Figura 1 - Fluxograma



Fonte: RIBEIRO e CATEN, 1998

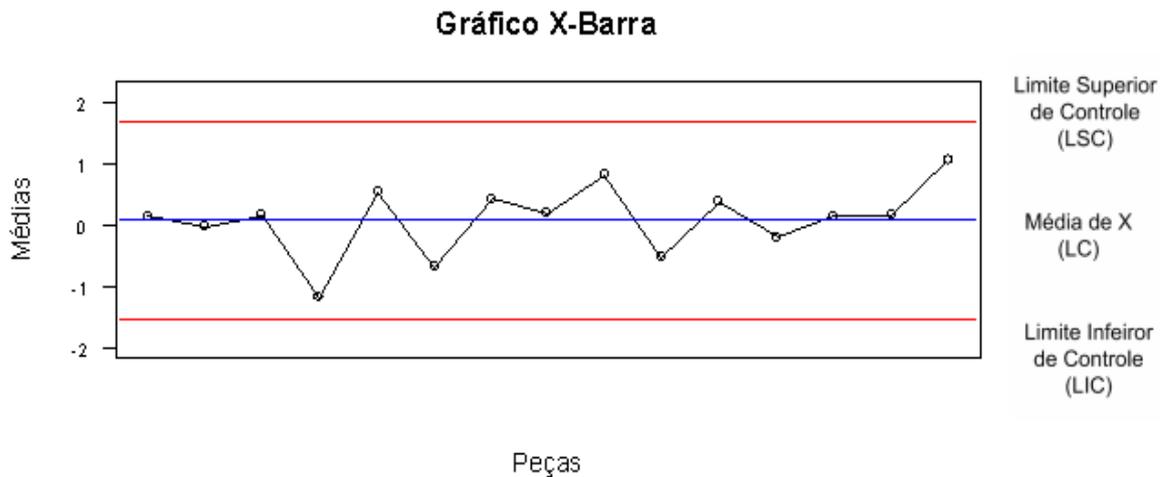
Nas seções a seguir, a avaliação da estabilidade do processo é apresentada no item 2.2. Em seguida, na seção 2.3 é apresentada a forma de avaliar a capacidade do processo, caso ele esteja sob controle, caso não esteja analisa-se a performance. E em caso de os dados não possuírem distribuição normal na seção 2.5.

## 2.2 Gráficos de Controle da qualidade

O gráfico de controle é uma ferramenta importante para verificar a estabilidade do processo, verificar as variações do processo, verificar a natureza das causas e analisar se o processo se encontra sob controle ou não. O foco desta ferramenta é identificar as Causa Especiais, pois estas são identificadas e eliminadas, pois são geralmente as responsáveis pela maior parte da variabilidade do processo, caso o processo esteja atuando sob estas causas, denomina-se o processo fora de controle estatístico (COSTA et al, 2004).

Existem dois tipos de gráficos de controle, por variáveis, no qual as características da qualidade são expressos por números contínuos em uma escala de medida e por atributos, onde as medidas do gráfico representam número de produtos com determinada característica estabelecida (atributo) (COSTA et al, 2004).

Figura 2 – Gráfico de controle X-Barra (Média)



Fonte: Portal Action (2016)

A Figura 1 mostra a representação de uma carta de controle de média.

### 2.2.1 Gráfico de Controle por variáveis

Os gráficos de controle por variáveis é utilizado quando as características da qualidade que se quer analisar do processo pode ser expressa por valores numéricos, características mensuráveis como espessura, diâmetro, peso, volume e etc. Entre os gráficos de controle por variáveis tem-se:

- Gráfico de média: é utilizado para se controlar a média do subgrupo, afere-se a média individual para cada amostra;
- Gráfico de valores individuais e amplitudes móveis: é usado quando a coleta de dados é demorada, são coletadas em um grande período de tempo, ou quando a formação de subgrupos não se mostra eficiente;
- Gráfico de desvio padrão: recomenda-se a elaboração deste gráfico quando o tamanho da amostra é maior que 9 unidades e possui a finalidade de se controlar o desvio padrão dos subgrupos;

- Gráfico de amplitude: usados em conjunto com a carta de média ou desvio, sua finalidade é controlar a amplitude dos valores do subgrupo (WERKEMA, 1995).

### 2.2.1.1 Carta X

De acordo com Montgomery (2004) na construção das cartas, o cálculo dos limites pode ser obtido pelas equações 1, 2 e 3:

Limite Superior de Controle:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} \quad (1)$$

Limite Inferior de Controle:

$$LIC = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} \quad (2)$$

Linha Central:

$$LC = \bar{\bar{X}} \quad (3)$$

Onde,

$\bar{\bar{X}}$  = Média das médias

$d_2$  = Constante

$n$  = Tamanho da amostra

$\bar{R}$  = Média das amplitudes

### 2.2.1.2 Carta R

Os limites de controle para carta R podem ser obtidos pelas equações 4, 5 e 6:

Limite Superior de Controle:

$$LSC = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (4)$$

Limite Inferior de Controle:

$$LIC = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (5)$$

Linha Central:

$$LSC = \bar{R} \quad (6)$$

Onde,

$\bar{R}$  = Média das amplitudes

$d_2$  = Constante

$d_3$  = Constante

### 2.2.1.3 Carta de amplitude móvel

Os limites de controle para carta de amplitude móvel podem ser obtidos pelas equações 7, 8, 9 e 10:

Amplitude Móvel:

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}| \quad (7)$$

Limite Superior de Controle:

$$LSC = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (8)$$

Limite Inferior de Controle:

$$LIC = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (9)$$

Linha Central:

$$LIC = \bar{X} \quad (10)$$

Onde,

$$\bar{X} = \text{Média}$$

$$d_2 = \text{Constante}$$

### 2.2.2 Gráfico de Controle por Atributos

As cartas de controle por atributos, são utilizadas quando as características da qualidade do produto ou processo não podem ser expressas por valores numéricos, são classificados como por exemplo, se o item é ou não defeituoso.

Tem-se as seguintes cartas de controle por atributos:

- Gráfico p: Gráfico de controle para proporção ou fração de itens defeituosos;
- Gráfico np: Gráfico de controle para o número de defeituosos;
- Gráfico c: Número de defeitos por amostra;
- Gráfico u: Taxa de defeitos por unidade (WERKEMA, 1995).

### 2.2.3 Carta de controle nominal

Também conhecida como Carta de controle Delta, é uma adaptação das cartas de controle para variáveis tradicionais, o que a torna útil é o fato de poder ser utilizada para avaliar produtos com características de produção semelhantes, porém especificações de engenharia diferentes. Sua vantagem é poder analisar vários modelos em uma única carta de controle.

As situações em que se enquadram o uso da carta de controle nominal são (WISE e FAIR, 1998):

- Produtos com características similares e com diferentes dimensões;
- Produção com pequenos lotes;
- Grande diversidade de produtos e com baixo volume de produção.

### 2.3 Capacidade do processo

As análises de capacidade dos processos, possui a finalidade de se verificar se o processo está estatisticamente sob controle e se atende às especificações de engenharia. Montgomery (2004) cita as principais utilizações da análise de capacidade, isto é, prever até que ponto o processo manterá as tolerâncias, auxiliar os laboradores/planejadores do produto na seleção ou modificação de um processo, especificar exigências de desempenho para um equipamento novo selecionar entre vendedores concorrentes, planejar a sequencial de processos de produção quando há um efeito interativo de processo sobre as tolerâncias e reduzir a variabilidade em um processo de fabricação. Existem diversas técnicas para a análise do processo, dentre eles, os índices Cp, Cpk e Cpm. As interpretações dos índices estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Escalas de capacidade

Valor do Cpk	% peças fora da especificação (aproximado)	Diagnóstico
0,33	32,0	Totalmente Incapaz
0,67	4,4	Incapaz
1,0	0,27	Capaz
1,33	0,0064	Muito Capaz
1,67	< 0,0064	Extremamente Capaz

Fonte: Adaptado de RIBEIRO e CATEN, 1998

#### 2.3.1 Índices de capacidade

Para o cálculo dos índices de capacidade, seguem as equações 11, 12, 13 e 14:

Índice de capacidade potencial do processo (Juran, 1974) que avalia a variabilidade **inerente** ao processo com suas especificações:

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (11)$$

Índice de capacidade potencial inferior (Kane, 1986) avalia a localização em relação ao limite inferior de especificação:

$$Cpi = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad (12)$$

Índice de capacidade potencial superior (Kane, 1986) avalia a localização em relação ao limite superior de especificação:

$$Cps = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad (13)$$

Índice Cpk, (Kane, 1986) avalia a localização em relação ao pior caso obtido entre Cpi e Cps.

$$Cpk = \min\{Cpi, Cps\} \quad (14)$$

Onde,

$$\mu = \text{Média do processo}$$

$$\sigma = \text{Desvio padrão entre as amostras}$$

## 2.4 Performance do processo

Se trata de uma estimativa da capacidade do processo, quando o mesmo se encontra fora de controle. Os conceitos são similares aos de capacidade, porém a performance considera o desvio padrão entre os subgrupos, enquanto que a capacidade considera o desvio padrão total (MONTGOMERY, 2004).

### 2.4.1 Índices de performance

Para o cálculo dos índices de performance, utiliza-se as equações 15, 16, 17 e 18 propostas por Herman (1989).

Índice de Performance potencial do processo, que avalia a variabilidade **total** ao processo com suas especificações:

$$Pp = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} \quad (15)$$

Índice de Performance potencial inferior, avalia a localização em relação ao limite inferior de especificação:

$$Ppi = \frac{\mu - LIE}{3\hat{\sigma}} \quad (16)$$

Índice de Performance potencial superior, avalia a localização em relação ao limite superior de especificação:

$$Pps = \frac{LSE - \mu}{3\hat{\sigma}} \quad (17)$$

Índice Ppk, avalia a localização em relação ao pior caso obtido entre Ppi e Pps:

$$Ppk = \min\{Ppi, Pps\} \quad (18)$$

Onde,

$$\mu = \text{Média do processo}$$

$$\hat{\sigma} = \text{Desvio padrão populacional}$$

## 2.5 Capacidade para dados não normais

No caso de prosseguir para a análise de capacidade ao se obter dados com distribuição não normal, Montgomery (1996) propõe três alternativas:

- Realizar o cálculo dos índices por meio de outra distribuição de probabilidade que se ajuste aos dados;
- Realizar uma transformação nos dados, para ajusta-los a uma distribuição normal;
- Analisar a capacidade através de índices não paramétricos.

No trabalho optou-se pelo uso da alternativa de transformar os dados.

### 2.5.1 Transformação de Johnson

Slifker e Shapiro (1980) demonstram a seleção das famílias e estimação dos parâmetros, chamada também de famílias de transformação de Johnson, consistem em três diferentes famílias da distribuição de Johnson:

Figura 3 – Famílias de distribuição Johnson

Johnson Distribution	Formula
SU	$Y = \gamma + \eta \sinh^{-1} \left( \frac{x - \epsilon}{\lambda} \right)$
SB	$Y = \gamma + \eta \log \left( \frac{x - \epsilon}{\lambda + \epsilon - x} \right)$
SL	$Y = \gamma + \eta \log \left( \frac{x - \epsilon}{\lambda} \right)$

Fonte: Adaptado de SLIFKER e SHAPIRO, 1980

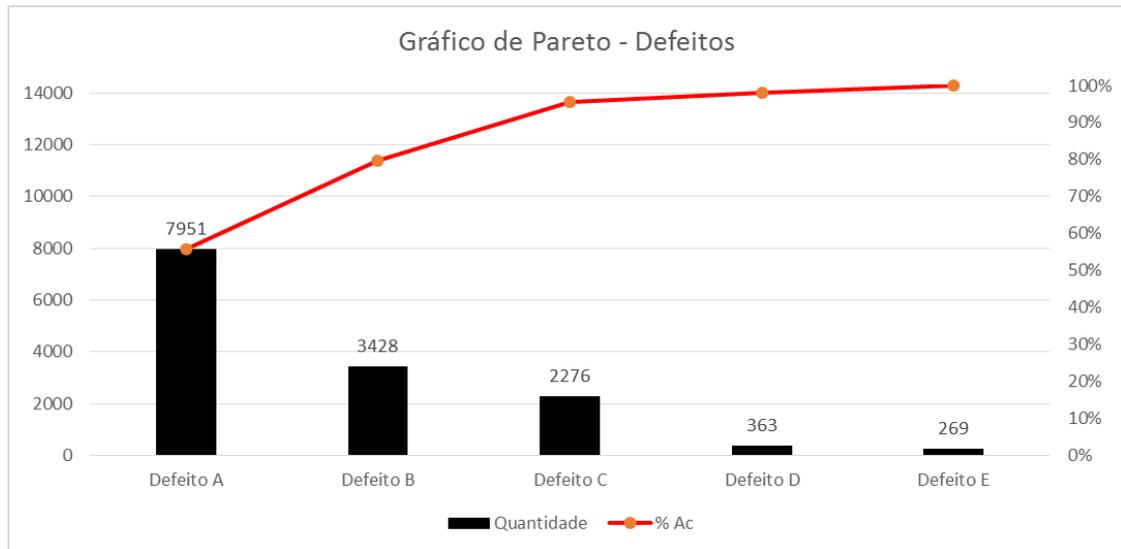
Onde Y é o dado transformado, X o dado original e Eta, Epsilon, Lambda e Gamma são os parâmetros de Johnson. Regras de decisão foram formuladas para a seleção da melhor família de distribuição SU, SB ou SL. O método exige o uso de um algoritmo para realizar diversas combinações dos parâmetros de Johnson para determinar qual conjunto de parâmetros faz com que os dados transformados sejam o mais próximo possível de uma distribuição normal.

## 2.6 Diagrama de Pareto

O princípio de Pareto afirma que para vasto número de eventos, cerca de 80% dos efeitos são provenientes de 20% das causas.

A ferramenta consiste em um gráfico de barras verticais, onde a informação é disposta de forma a identificar a priorização de temas. A proposta de Pareto segue a lei dos poucos vitais onde um problema pode ser atribuído a um pequeno número de causas vitais, portanto **direcionando os esforços** para a solução de tais, os ganhos serão maiores (WERKEMA, 1995).

Figura 4 - Gráfico de Pareto



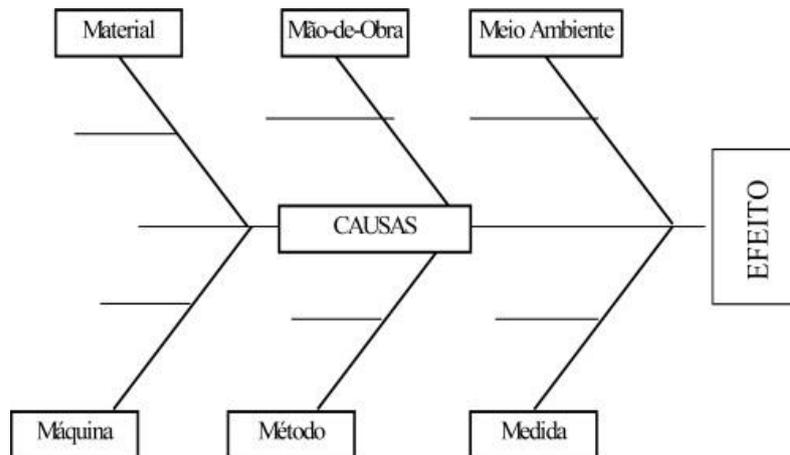
Fonte: Autoria própria 2018

A Figura 4 apresenta os dados presentes em um Diagrama de Pareto.

## 2.7 Diagrama de Ishikawa

Também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Espinha de Peixe, o primeiro diagrama foi elaborado pelo Professor Kaoru Ishikawa, para explicar para alguns engenheiros de uma indústria que os fatores dos processos estavam relacionados. O Diagrama proporciona sumarizar e apresentar as causas de um problema analisando os 6 M's (Medida, Mão de obra, Máquina, Matéria Prima, Meio Ambiente, Método), auxiliando na identificação da causa principal do problema e corrigi-la (WERKEMA, 1995).

Figura 5 – Diagrama de Ishikawa (6 M's)



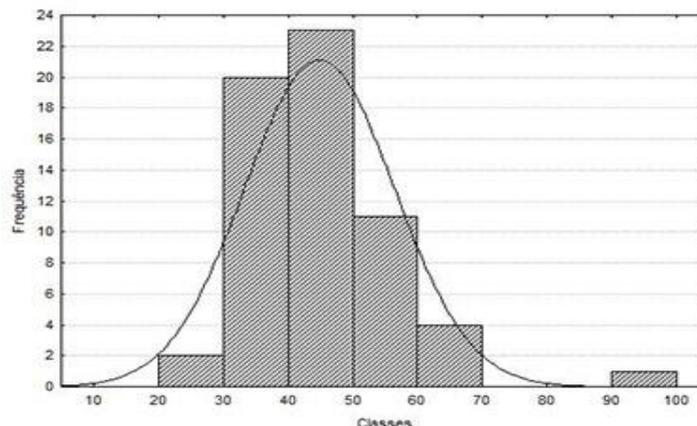
Fonte: Autoria própria 2018

Na Figura 5 é possível observar a representação do diagrama de Ishikawa, o formato lembra uma espinha de peixe no qual o efeito é gerado pelas causas divididas nos 6 M's.

## 2.8 Histograma

O Histograma consiste em um gráfico de barras, onde o eixo consiste em intervalos e para cada um dos intervalos é construída uma barra vertical, na qual a área deve ser proporcional ao número de aferições na amostra. O gráfico proporciona uma visualização dos valores centrais e a dispersão dos dados ao redor, seu objetivo é evidenciar a distribuição de frequência de determinada ocorrência (WERKEMA, 1995).

Figura 6 - Histograma (Classes x Frequência)



Fonte: JACOBS; ZANINI (2013, p.6)

Na Figura 6 tem-se um Histograma genérico com distribuição normal

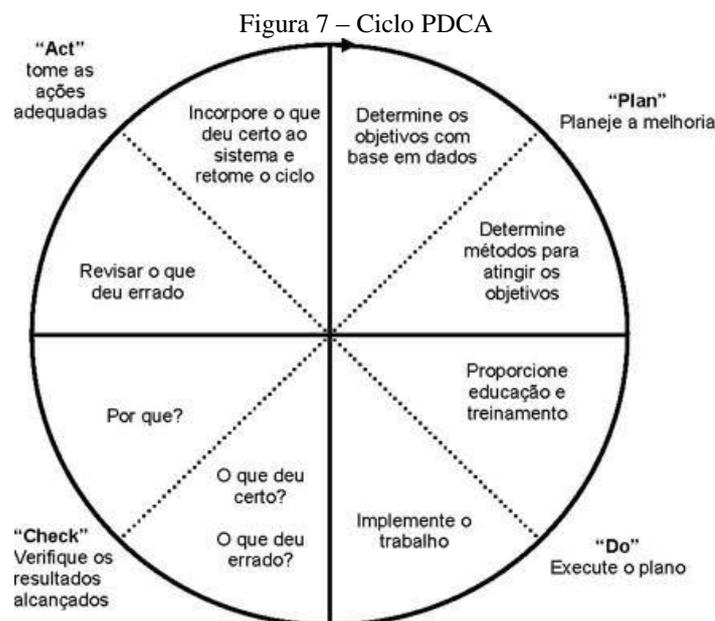
## 2.9 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões, a empresa estipula a meta e realiza os passos necessários para alcançar o objetivo. Aguiar (2002) afirma que o PDCA deve ser utilizado com foco no Gerenciamento pelas Diretrizes, alinhado com o planejamento estratégico da empresa e voltado as seguintes formas de gerenciamento:

- Manutenção da Qualidade: dar previsibilidade aos resultados da empresa
- Melhoria da Qualidade: para se obter melhoria contínua dos resultados da empresa
- Planejamento da Qualidade ou Inovação: para promover mudanças radicais nos produtos e processos existentes com a finalidade de melhoria contínua.

O ciclo é composto pelas seguintes etapas:

- Planejamento (P): Estabelecimento de metas e os métodos para alcançar tal meta;
- Execução (D): Executar as tarefas como planejadas na etapa anterior, e realizar a coleta de dados para a próxima etapa de controle do processo;
- Verificação (C): Com os dados coletados anteriormente, realizar as análises e comparar o resultado real com o resultado planejado;
- Atuação Corretiva (A): Atuar no processo em função dos dados obtidos, seja adoção de novo padrão ou outras medidas para corrigir o não atingimento da meta (WERKEMA, 1995).



Fonte: Shewart (1939)

## 2.10 Tamanho da amostra para população finita

As técnicas de amostragem são usadas em diversos setores de atividades humanas, viabilizam estudos onde existe a impraticabilidade de se observar numericamente uma população por completa e também devido aos custos das investigações. As técnicas proporcionam estudos com menor custo, tempo além de possibilitar precisão nos resultados. (COCHRAN, 1965).

O cálculo do tamanho de amostra para uma população finita, pode ser obtido pela equação 19:

$$n = \frac{Z^2 \cdot \sigma^2 \cdot N}{\varepsilon^2(N-1) + Z^2 \cdot \sigma^2} \quad (19)$$

Onde,

$Z$  = Abcissa da normal padrão

$\sigma^2$  = Variância populacional

$N$  = Tamanho da população

$\varepsilon$  = Erro amostral

$n$  = Tamanho da amostra

Normas de Qualidade aplicadas a colchões

A certificação dos produtos tanto pelo INMETRO como pelo INER define os requisitos que são avaliados propostos pela NBR. Após a certificação os produtos levam costurados o selo de certificação do órgão, dando credibilidade aos produtos e a empresa, além de abrir portas para novos clientes que consideram a credenciação como diferencial necessário no momento da compra. Existem atualmente três modelos de certificação distintos, e cabe a empresa optar por um deles (INMETRO, Portaria n 52):

d) Modelo de certificação 2 – Avaliação inicial consistindo de ensaios em amostras retiradas no fabricante, seguida de avaliação de manutenção periódica através de coleta de amostra do produto no mercado (exclusivo para MPE).

e) Modelo de certificação 5 – Avaliação inicial consistindo de ensaios em amostras retiradas do fabricante, seguida de avaliação de manutenção periódica através de coleta de amostra do produto no mercado.

f) Modelo de certificação 1b – Ensaio de lote.

A Norma NBR 13579-1: Colchão e colchonete de espuma flexível de poliuretano e bases – Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio (ABNT, 2011) para colchões de espuma propõe outros documentos indispensáveis para a sua aplicação, sendo eles:

- ABNT NBR 8537, Espuma flexível de poliuretano – Determinação da densidade;
- ABNT NBR 8619, Espuma flexível de poliuretano – Determinação da resiliência;
- ABNT NBR 8797, Espuma flexível de poliuretano – Determinação da deformação permanente à compressão;
- ABNT NBR 9176, Espuma flexível de poliuretano – Determinação da força de indetação;
- ABNT NBR 9177, Espuma flexível de poliuretano – Determinação da fadiga dinâmica;
- ABNT NBR 14961, Espuma flexível de poliuretano – Determinação do teor de cinzas;
- ABNT NBR 13579-2, Colchão e colchonete de espuma flexível de poliuretano e bases – Parte 2: Revestimento.

As normas ABNT NBR 15413-1 e ABNT NBR 13579-1 contém os parâmetros avaliados e as tolerâncias aceitáveis para os colchões de molas e espumas, bem como os métodos de ensaios realizados em suas avaliações.

As tolerâncias em relação a comprimento e largura do produto acabado é de  $\pm 1,5$  cm e para sua altura final é de  $- 0,5/+ 1,5$  cm para modelos de espuma e  $\pm 1,5$  cm para os modelos de mola, com base nas dimensões declaradas na etiqueta pelo fabricante. Para a espessura das lâminas admite-se  $\pm 0,5$  cm da espessura total e individual de cada lâmina.

### **3. Metodologia**

Quanto à natureza da pesquisa, ela é considerada como uma pesquisa aplicada, ou seja, gera conhecimentos para aplicação prática para a solução de problemas, envolvendo interesses reais. Quanto à abordagem, a pesquisa é quantitativa, ou seja, uma aplicação em um caso real que pode ser traduzido números e estará presente a aplicação de ferramentas estatísticas para análise.

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa é descritiva, envolve técnicas de coleta, levantamento e análise de dados.

Quanto aos procedimentos técnicos, o trabalho é uma pesquisa experimental, no qual envolve a análise estatística de variáveis que influenciam no produto.

Para atender ao objetivo proposto, as seguintes etapas serão desenvolvidas:

- Mapear o processo alvo

- Definir os atributos e variáveis a serem monitorados
- Realizar a coleta de dados
- Elaborar o gráfico de controle para os produtos
- Analisar as causas atuais de variabilidade do processo
- Elaborar uma rotina para análise das causas de variabilidade do processo
- Propor ações corretivas

#### **4. Desenvolvimento**

A empresa alvo de estudo opera na fabricação de colchões no norte do Paraná a mais de 64 anos, e apresenta alto envolvimento da diretoria para melhoria contínua da empresa como um todo. Atualmente a fábrica conta com 4 linhas de produção para colchões de espuma e 4 linhas de produção para os colchões de mola. A empresa contratou nos últimos anos uma consultoria em Produção Enxuta, que vem realizando melhorias nos processos e na cultura da empresa em si. A produção atual é baseada nos pedidos fornecidos pelo setor comercial (produção sob pedido) e ocasionalmente, em épocas com poucas vendas, completa-se a produção com produtos para estoque, baseado nos produtos que tem mais saída a fim de não deixar as linhas ociosas.

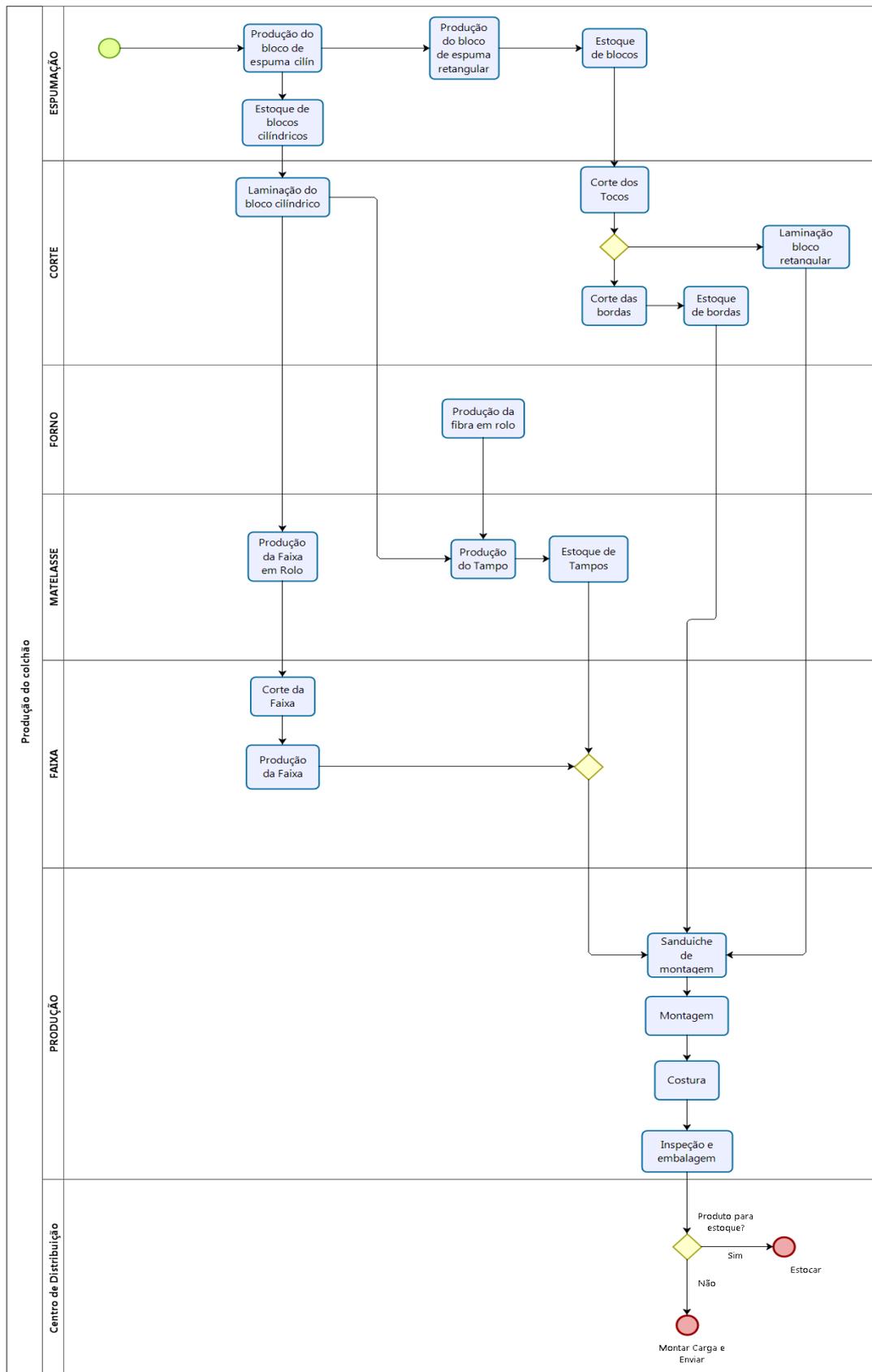
Para cada produto, é realizada a cronoanálise para aferir o tempo de produção unitário, portanto, todos os produtos cadastrados no sistema devem possuir seus respectivos tempos de produção, e esses dados são utilizados pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP) na elaboração das sequencias de produção (filas). O PCP possui os tempos disponíveis em cada linha, e quando os produtos são vendidos pelo comercial a produção é programada. Os lotes de produção são estratificados e separados de acordo com características como: densidade da espuma utilizada, assim a produção pode permanecer mais constante e evita o acontecimento de erros na etapa de montagem do colchão. Os lotes são dimensionados não por unidades do produto, e sim por tempo de produção. O tempo ideal para os lotes de acordo com o balanceamento de linha realizado é de 60 minutos, permitindo uma variação de 5 minutos para mais ou menos sem complicações para a cadeia de produção.

O processo envolve desde a produção do bloco de espuma até a entrega ao cliente. O bloco de espuma é cortado ao meio originando dois tocos, os tocos são encaminhados para a laminação e cortado em lâminas da espessura desejada por um operador. As lâminas são separadas e preparadas para a produção de acordo com os respectivos lotes, o operador pega as

matérias primas já na sequência correta para a montagem, facilitando o trabalho e evitando erros na montagem. O operador então monta o colchão realizando as colagens necessárias de acordo com o modelo, deixando o colchão estruturalmente completo, então passa a outro operador para realizar a costura da faixa de revestimento lateral, após a costura o produto é colocado na esteira, é inspecionado visualmente pelo operador, onde este realiza possíveis pequenos reparos no acabamento (corte da farpa de fio, limpeza). O produto, após inspecionado, é embalado e colocado no carrinho de transporte, quando o carrinho está carregado, os colchões são então levados ao centro de distribuição para montagem de carga ou estocagem.

Na Figura a seguir está ilustrado o fluxograma do processo produtivo:

Figura 8 – Fluxograma



Fonte: Autoria própria 2018

Como é possível observar no fluxograma, não existe um monitoramento da qualidade eficaz, para parâmetros importantes tanto para o cliente, quanto para as normas. Indagações de clientes em relação ao cumprimento das especificações, bem como a crescente concorrência no mercado e a excelência em qualidade faz com que a introdução ao Controle Estatístico da Qualidade nos processos seja benéfico para a empresa e ao consumidor. O esperado é que este estudo consiga incentivar uma abordagem estatística dos processos contínua, gerando análises referente a qualidade dos produtos confeccionados, e monitorar o cumprimento com as especificações. O estudo também possibilitará a detecção de divergências entre as especificações de engenharia que constam no sistema para com os produtos fabricados, sendo possível realizar correções nas árvores dos produtos, de redução nos componentes, o que acarretaria em uma redução nos custos de manufatura dos produtos.

#### **4.1 Situação atual**

Atualmente a empresa tem se adequadado aos parâmetros avaliados, no setor de espumação são realizados os testes nas espumas, usando como base os critérios avaliados pelas NR's e as metodologias utilizadas. Os parâmetros essenciais para os colchões de espuma como resiliência, deformação, força de indetação, fadiga e teor de cinzas todos são analisados pelo laboratório da fábrica seguindo as metodologias descritas nas suas respectivas normas, sendo os testes elaborados mensalmente. Este é o setor que fornece a matéria prima para todos os processos de montagem, e que por se tratar de um processo químico, é essencial que se tenha um controle de qualidade constante eficaz, entretanto quando se desenvolve um novo produto, não é realizado nenhum tipo de teste para monitorar se as características reais do colchão condizem com as especificadas pela engenharia. Isso faz com que existam casos de divergência entre as especificações presentes no sistema fornecidos pela engenharia para com as especificações reais do produto.

A empresa possui certas famílias produtos que são certificadas, tanto pelo INER quanto pelo INMETRO. Com o crescimento das vendas internacionais, as exigências dos novos clientes estão cada vez maiores, indagações vindas de clientes fazem com que a empresa questione o real cumprimento com as especificações propostas tanto pelos clientes quanto pelos órgãos credores. A soma destes fatores gera uma necessidade de que a empresa realize um monitoramento de variáveis de interesse em seus produtos.

## **4.2 Pontos do críticos do processo**

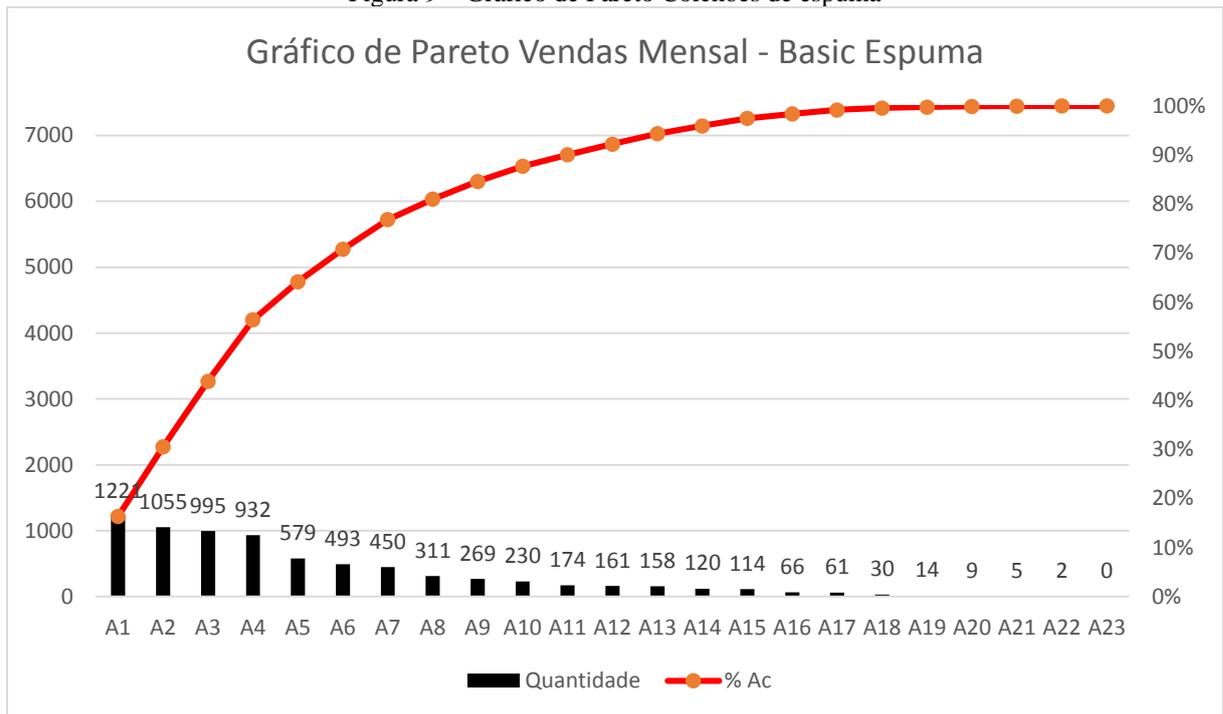
Todas as lâminas utilizadas nos colchões são cortadas no setor de corte de espuma, para depois serem distribuídas nas linhas de produção. O corte é realizado por um operador na máquina de corte sem conferência de qualidade nesta etapa, por se tratar de uma operação que depende de um manuseio correto do operador com a máquina, mostra-se interessante realizar um estudo neste ponto do processo. Portanto analisando o processo o setor de corte, ele produz um subproduto que faz parte e tem impacto nas características finais do colchão acabado. Outra característica que deve ser analisada é a altura final do produto, verificar se a variação está sob controle como proposto pela NBR 13579-1 e analisar as características atuais refletidas no produto, portanto após a etapa de montagem, quando se têm o produto acabado é um ponto de interesse, onde devem ser analisadas as dimensões finais dos produtos acabados.

## **4.3 Variáveis a serem acompanhadas**

Por se tratar de um processo manual, a presença de metas para o ganho de prêmios, o fato de que os tempos de produção dos colchões alimenta o PCP, faz com que a coleta das variáveis de controle se não fizer parte do processo aumente o tempo de produção dos produtos, e assim o estudo acabaria prejudicando tanto o PCP, quanto os operadores, que teriam mais dificuldade cumprimento das metas. Visto que o projeto tem a intenção de padronizar um método de controle estatístico com baixo custo e sem impacto inicial no tempo de processo, optou-se por inicialmente acompanhar as variáveis de altura dos colchões e espessura das lâminas de espuma, consolidando a metodologia para uma posterior aplicação em outras partes de interesse nos processos produtivos.

Dado a característica de produção da empresa, foram selecionados os modelos mais fabricados/vendidos mensalmente em 2018, com os registros históricos utilizou-se do gráfico de Pareto para determinar os modelos com maior impacto por linha. Os nomes dos modelos foram substituídos por um código composto de uma letra que representa a linha do produto (A, B, C, D ou E) e um número sequencial. As linhas fabricadas são: Basic, Prime, Plus e Premium para os colchões de mola e somente Basic para os de espuma. Os gráficos são ilustrados a seguir:

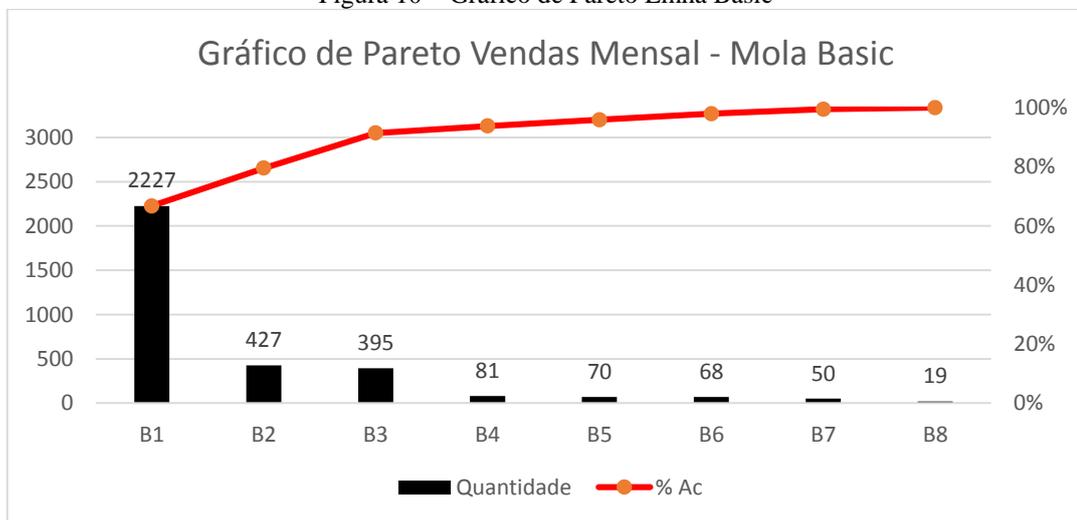
Figura 9 – Gráfico de Pareto Colchões de espuma



Fonte: Autoria própria 2018

Nos modelos de espuma, tem-se a predominância dos colchões: A1, A2, A3.

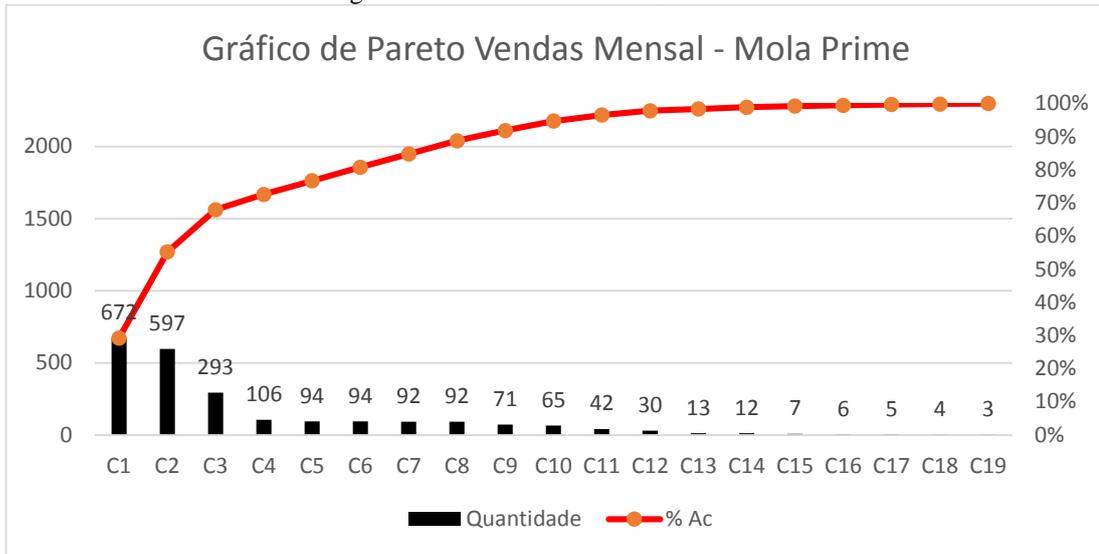
Figura 10 – Gráfico de Pareto Linha Basic



Fonte: Autoria própria 2018

É possível visualizar que somente os modelos B1 e B2 já representam 80% da categoria.

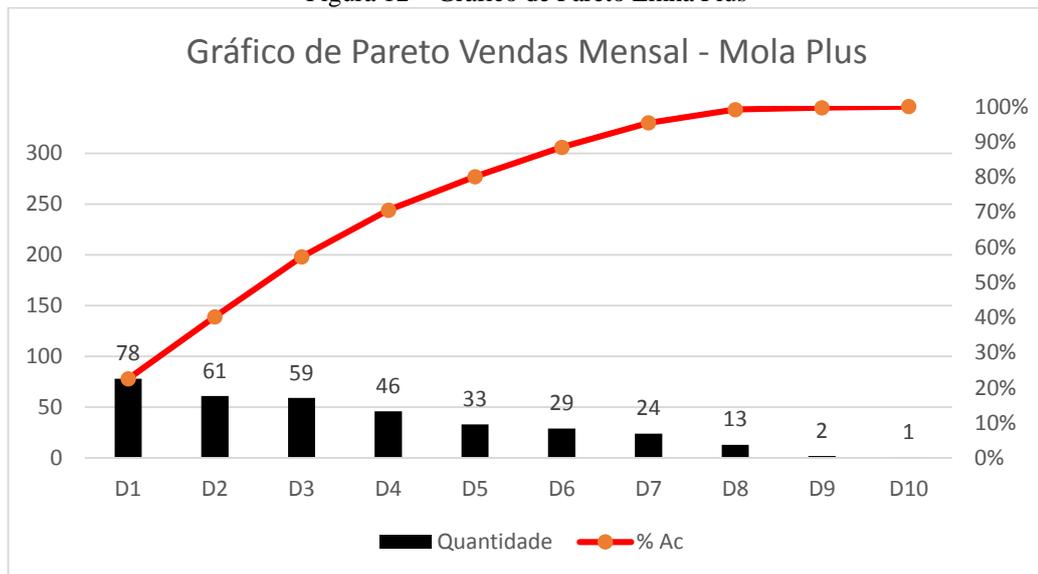
Figura 11 – Gráfico de Pareto Linha Prime



Fonte: Autoria própria 2018

Na linha Prime tem-se, C1, C2 e C3 que representam 68% da linha.

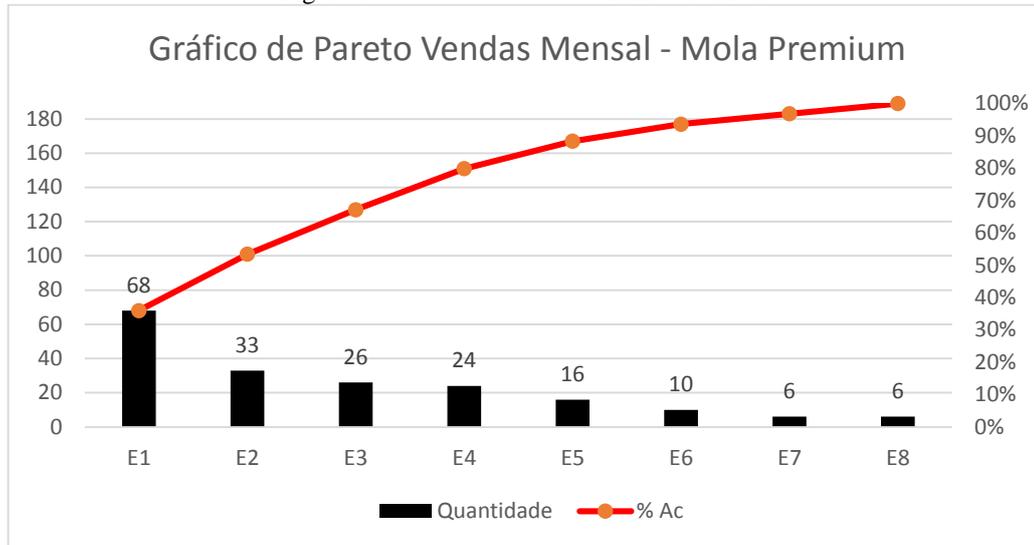
Figura 12 – Gráfico de Pareto Linha Plus



Fonte: Autoria própria 2018

Na linha Plus, os três modelos que se destacam são, D1, D2 e D3 compondo 57% do total.

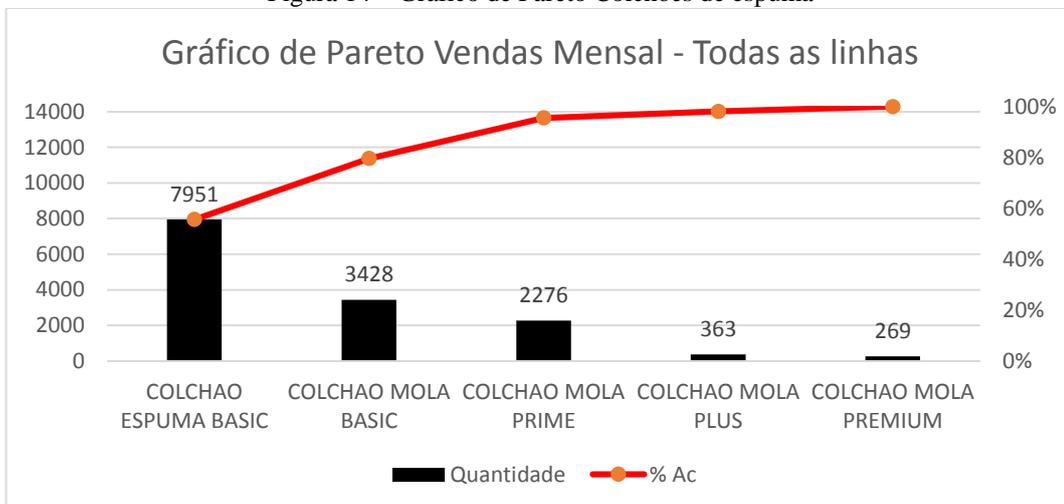
Figura 13 – Gráfico de Pareto Linha Premium



Fonte: Autoria própria 2018

Os colchões com maior saída da linha Premium são os modelos: E1, E2 e E3, juntos representam 67% das vendas da linha.

Figura 14 – Gráfico de Pareto Colchões de espuma



Fonte: Autoria própria 2018

Através da análise dos gráficos acima selecionou-se os modelos mais vendidos por cada linha para que o projeto tenha uma quantidade aceitável de dados e foque nos produtos preferidos pelos clientes. O maior volume de vendas é disparado a linha Basic, por ser mais acessível a qualquer cliente, porém mesmo o gráfico apontando que a linha representa 56% dos produtos vendidos, o estudo não pode se limitar apenas a essa família de produtos, visto que é de interesse da diretoria uma análise das famílias de produtos além de também serem produtos certificados. Contudo realizou-se um Pareto para cada uma das linhas, a fim de determinar pelo

menos um modelo de colchão para ser monitorado por linha, os gráficos foram importantes para assegurar que os modelos escolhidos teriam saída. Feita a análise determinou-se os modelos a serem alvo do estudo inicial, representados no Quadro a seguir:

Quadro 1 – Modelos alvo de estudo

<b>Tipo</b>	<b>Linha</b>	<b>Modelos</b>
Espuma	Basic	A1
	Basic	A2
	Basic	A3
	Basic	A8
Mola	Basic	B1
	Basic	B2
	Prime	C1
	Plus	D1
	Premium	E1

Fonte: Autoria própria 2018

A característica a ser avaliada é a altura, que se enquadra como dados do tipo variável. Calculou-se um plano amostral apenas para se ter uma estimativa baseada em um registro histórico. Para cada modelo de colchão selecionado, foi calculado o tamanho da amostra necessário pela equação 19 utilizando um nível de confiança de 80% e uma margem de erro de 5%. No Quadro 2 segue ilustrado as quantidades obtidas para cada modelo.

Quadro 2 – Plano amostral

<b>Modelos</b>	<b>Amostras</b>	<b>Subgrupo</b>
A1	152	5
A2	154	5
A3	148	5
A8	132	5
B1	158	5
B2	140	5
C1	143	5
D1	82	1
E1	84	5
<b>Total</b>	1334	-

Fonte: Autoria própria 2018

Na parte do controle da espessura das espumas, selecionou-se algumas lâminas consideradas críticas pela Norma, ou seja, na qual deve possuir uma espessura não inferior a especificação. Optou-se por realizar a coleta das alturas na etapa anterior a expedição do produto, e para a coleta das espessuras das lâminas, logo após a laminação, quando estas esperam para prosseguir no processo de montagem, os locais escolhidos para a coleta foram



O método de coleta de dados foi desenvolvido exclusivamente para o projeto, com o uso de uma régua metálica milimétrica e o auxílio de uma régua de alumínio sem escala para coleta das alturas dos colchões, para as espessuras das lâminas utilizou-se uma trena. Os métodos para as aferições foram realizados conhecendo os métodos utilizados pelos órgãos credores nas avaliações, mas seguir a metodologia idêntica não seria viável, portanto cabe a empresa desenvolver a melhor metodologia de monitoramento que seja possível, com os recursos dispostos. A figura a seguir ilustra o equipamento e método utilizado.

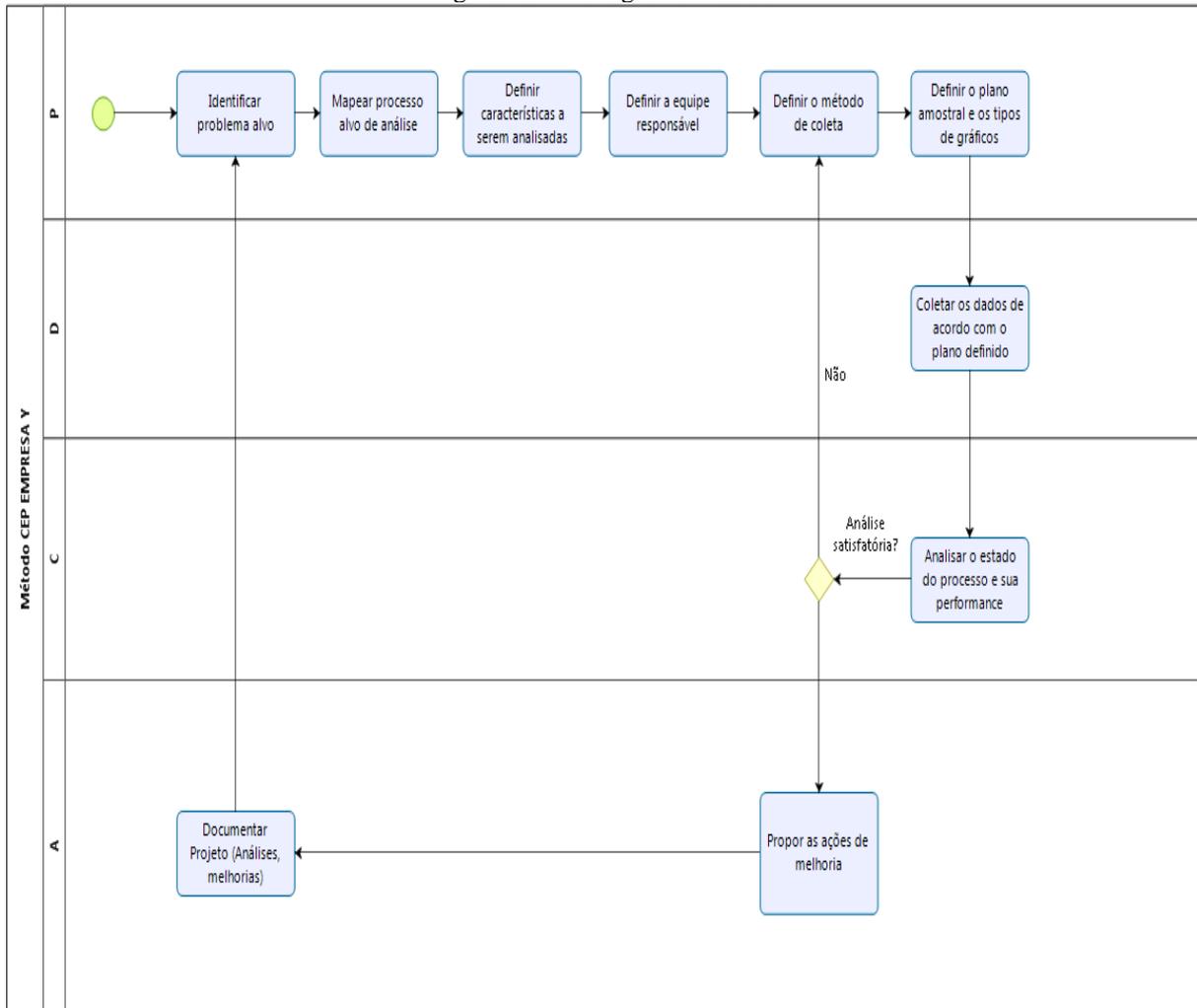
Figura 15 – Equipamento de coleta



Fonte: Autoria própria 2018

De forma a facilitar e padronizar os métodos, elaborou-se o fluxograma da metodologia, para permitir a reprodução do estudo para áreas de interesse da empresa, e possibilita um treinamento padronizado e prático para o operador. A abordagem está ilustrada a seguir:

Figura 16 – Fluxograma método



Fonte: Autoria própria 2018

## 5. Resultados e análise

Ao final da etapa de coleta de dados, obtiveram-se a quantidade de dados desejados, e montou-se um relatório com as análises de cada modelo de colchão estudado. A abordagem consiste em analisar as cartas a fim de verificar a estabilidade do processo, se o processo for estável e os dados forem normais realiza-se um estudo, plotando o histograma de capacidade calculando os índices de capacidade, o percentual de defeituosos e os Defeitos Por Milhão de Oportunidades (DPMO), se as cartas apontarem instabilidade, analisa-se analogamente a capacidade, a performance. No caso de dados não normais podem ser realizadas diversas alternativas para o cálculo dos índices, neste projeto optou-se pela transformação de Johnson para dados normais. Através dos índices analisa-se o comportamento do processo e características inerentes ao mesmo, o estudo proporciona possíveis ações de melhorias sobre causas comuns que influenciam na variabilidade.

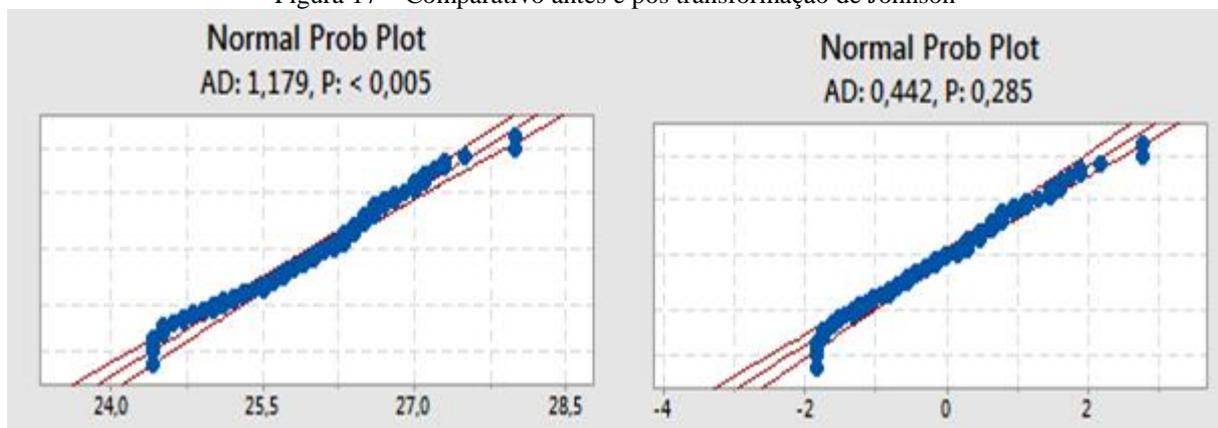
Os gráficos foram elaborados utilizando o software Minitab 2017, foram escolhidos três testes para causas especiais, sendo eles:

- Um ponto a mais do que  $3\sigma$  da linha central;
- Nove pontos em uma linha no mesmo lado da linha central;
- Quinze pontos em uma linha dentro de  $1\sigma$  da linha central (qualquer dos lados).

Quanto mais testes forem realizados, maior a sensibilidade das cartas mas também está mais sujeita a alarmes falsos. Portanto cada caso deve ser estudado considerando o tipo de indústria/processo e o conhecimento que se tem sobre. Dependendo do tipo de indústria pode existir a necessidade de cartas mais sensíveis. O software o histograma de capacidade/performance, os índices de capacidade/performance, percentual fora de especificação e defeito por milhão de oportunidades (DPMO).

Para dois casos foi necessário o uso de transformação de dados para obtenção de uma distribuição normal, a figura a seguir apresenta o teste de normalidade para os dados originais e ao lado os dados após a transformação de Johnson.

Figura 17 – Comparativo antes e pós transformação de Johnson



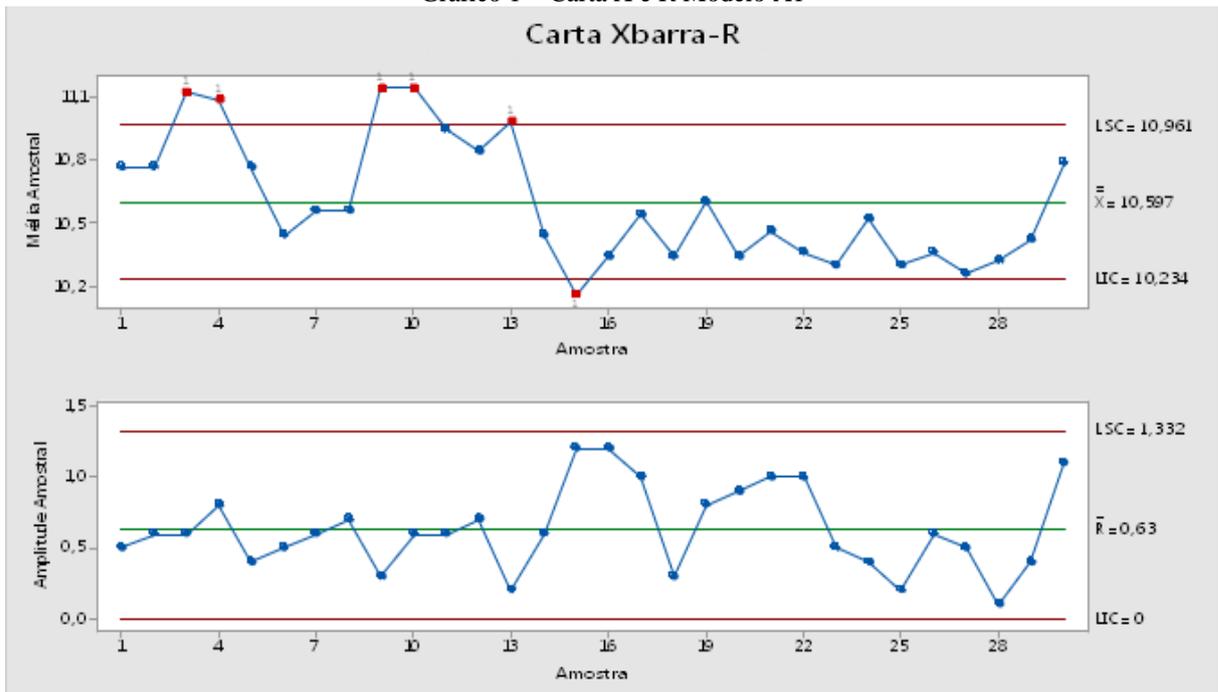
Fonte: Autoria própria 2018

Como ilustrado acima, a transformação permite uma adequação aos dados, para aplicar ferramentas que assumem normalidade. A obtenção de um p-valor maior que 0,05 significa a rejeição da hipótese de não normalidade.

## 5.1 Modelo A1

Cartas X e R para o modelo A1

Gráfico 1 – Carta X e R Modelo A1

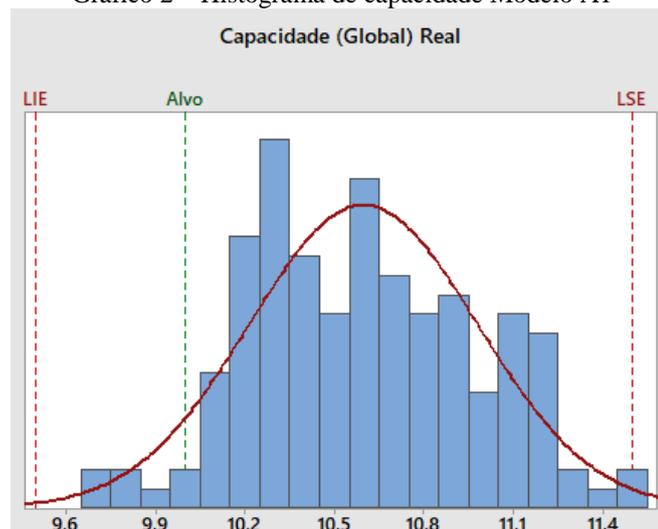


Fonte: Autoria própria 2018

Interpretando os gráficos, observa-se que o gráfico de média aponta um processo fora de controle, os limites de controle ambos se encontram maior que o limite inferior de especificação.

Prosseguindo para análise de performance do processo:

Gráfico 2 – Histograma de capacidade Modelo A1



Fonte: Autoria própria 2018

Tabela 2 – Estatísticas de capacidade Modelo A1

Índices	Valores
<b>N</b>	150
<b>n</b>	5
<b>Pp</b>	0,87
<b>Ppk</b>	0,79
<b>Z.Bench</b>	2,28
<b>% Fora de espec.</b>	1,13
<b>PPM</b>	11340

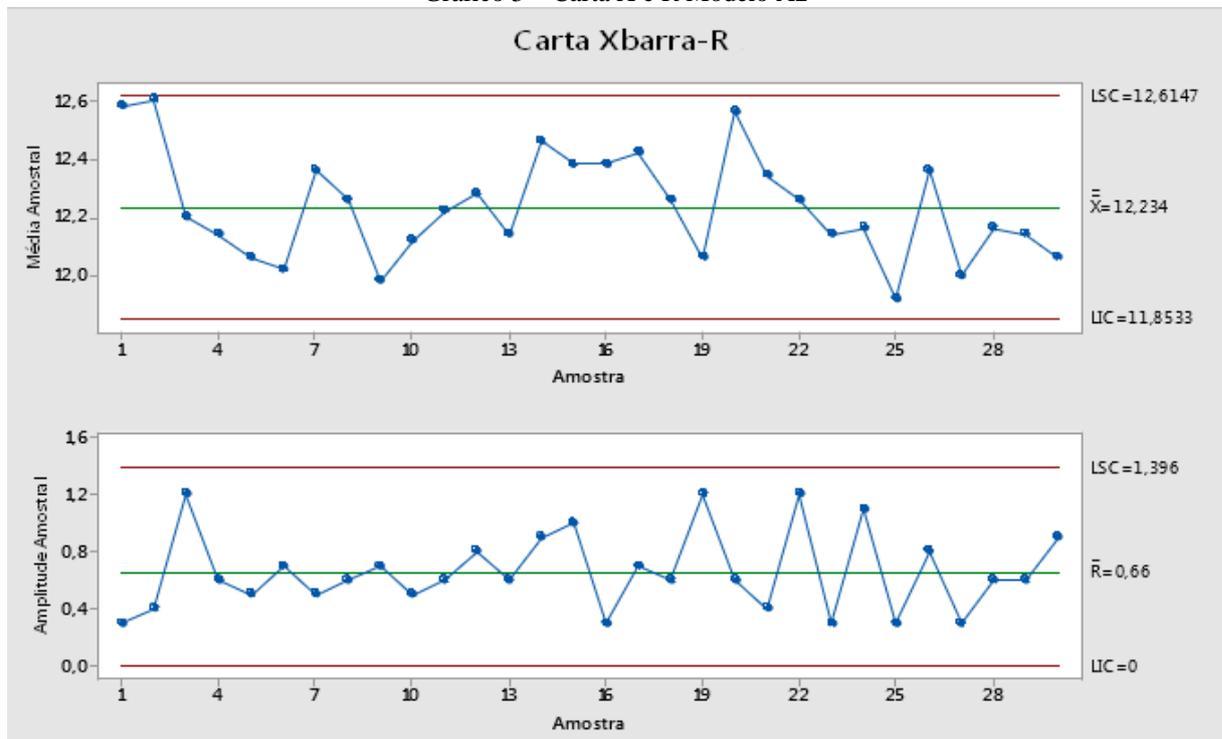
Fonte: Autoria própria 2018

O processo se mostra incapaz e com um deslocamento da média próximo ao LSE de acordo com os índices e os gráficos, mostra-se interessante uma análise de alinhamento das especificações de engenharia do produto. Foram entregues 1,13% de itens fora de especificação, quantificado em 11.340 peças por milhão.

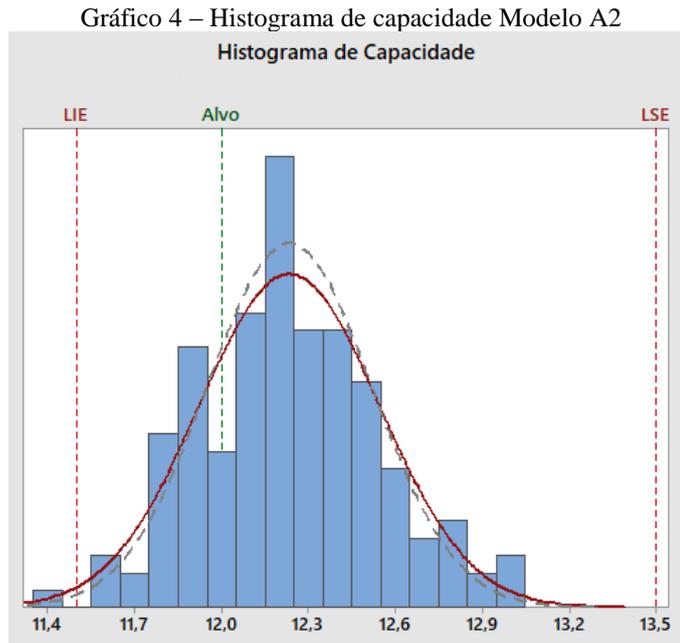
## 5.2 Modelo A2

Cartas X e R para o modelo A2

Gráfico 3 – Carta X e R Modelo A2



Fonte: Autoria própria 2018



Fonte: Autoria própria 2018

Tabela 3 – Estatísticas de capacidade Modelo A2

Índices	Valores
<b>N</b>	150
<b>n</b>	5
<b>Cp</b>	1,17
<b>Cpk</b>	0,86
<b>Z.Bench</b>	2,57
<b>% Fora de espec.</b>	0,5
<b>PPM</b>	5044

Fonte: Autoria própria 2018

Os índices e o histograma, mostram a consistência e o comportamento do processo analisado, os índices apontam um processo incapaz no atendimento das especificações. Cp é maior que 1 enquanto que Cpk é menor, o que indica que a média não se encontra centrada, o que caracteriza o processo como incapaz, o processo entregou 0,5% de produtos fora de especificação, quantificado em 5044 peças por milhão. Por mais que a média se encontre levemente deslocada, é um processo consistente e previsível.

### 5.3 Modelo A3

Gráfico de X e R para o modelo A3

Gráfico 5 – Carta X e R Modelo A3

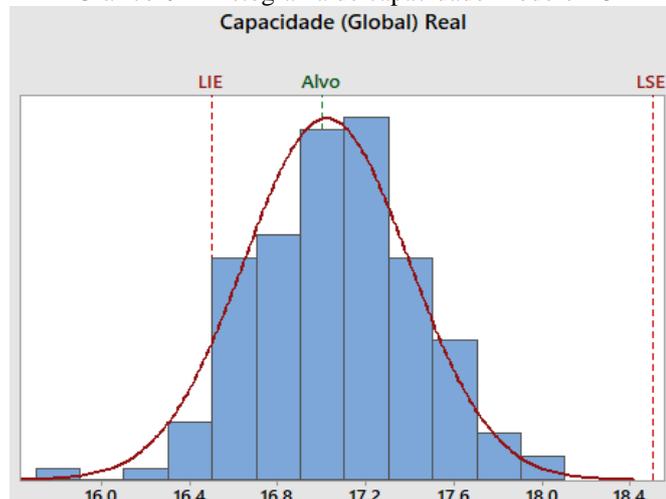


Fonte: Autoria própria 2018

O gráfico do modelo A3 aponta instabilidade no gráfico de amplitude e média, os pontos fora dos limites mostram a falta de consistência durante o processo, não existe qualidade assegurada em nenhuma etapa dos processos envolvidos em sua fabricação, o que gera margem para variações não previsíveis.

Prosseguindo para a análise de performance:

Gráfico 6 – Histograma de capacidade Modelo A3



Fonte: Autoria própria 2018

Tabela 4 – Estatísticas de performance Modelo A3

Índices	Valores
<b>N</b>	145
<b>n</b>	5
<b>Pp</b>	0,89
<b>Ppk</b>	0,46
<b>Z.Bench</b>	1,39
<b>% Fora de espec.</b>	8,28
<b>PPM</b>	82793

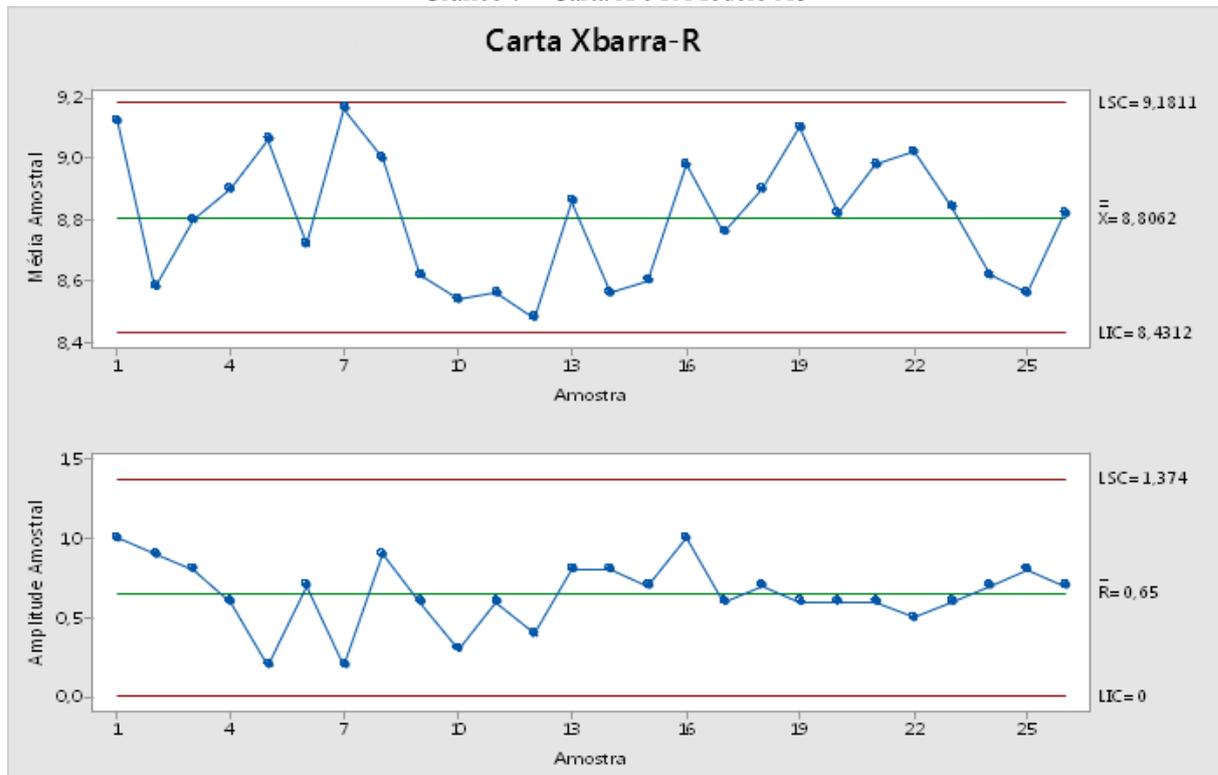
Fonte: Autoria própria 2018

O processo enquadra-se como incapaz, ambos os índices são menores que 1, são entregue produtos majoritariamente abaixo do limite inferior de especificação. O processo entrega 8,28% de produtos fora de especificação, quantificado em 82.793 peças por milhão.

#### 5.4 Modelo A8

As cartas utilizadas para o modelo A8 foram de média e amplitude:

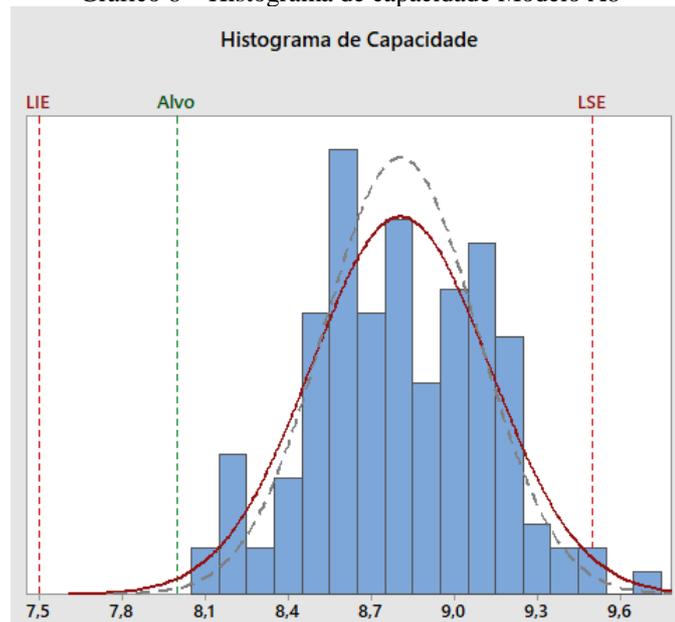
Gráfico 7 – Carta X e R Modelo A8



Fonte: Autoria própria 2018

Os gráficos indicam que o processo encontra-se estável, ambos os limites de controle estão acima da média nominal do produto, o que indica um deslocamento da média próximo ao limite superior de controle. Seguindo para a análise de capacidade tem-se:

Gráfico 8 – Histograma de capacidade Modelo A8



Fonte: Autoria própria 2018

Tabela 5 – Estatísticas de capacidade Modelo A8

Índices	Valores
<b>N</b>	130
<b>n</b>	5
<b>Cp</b>	1,20
<b>Cpk</b>	0,83
<b>Z.Bench</b>	2,49
<b>% Fora de espec.</b>	0,63
<b>PPM</b>	6331

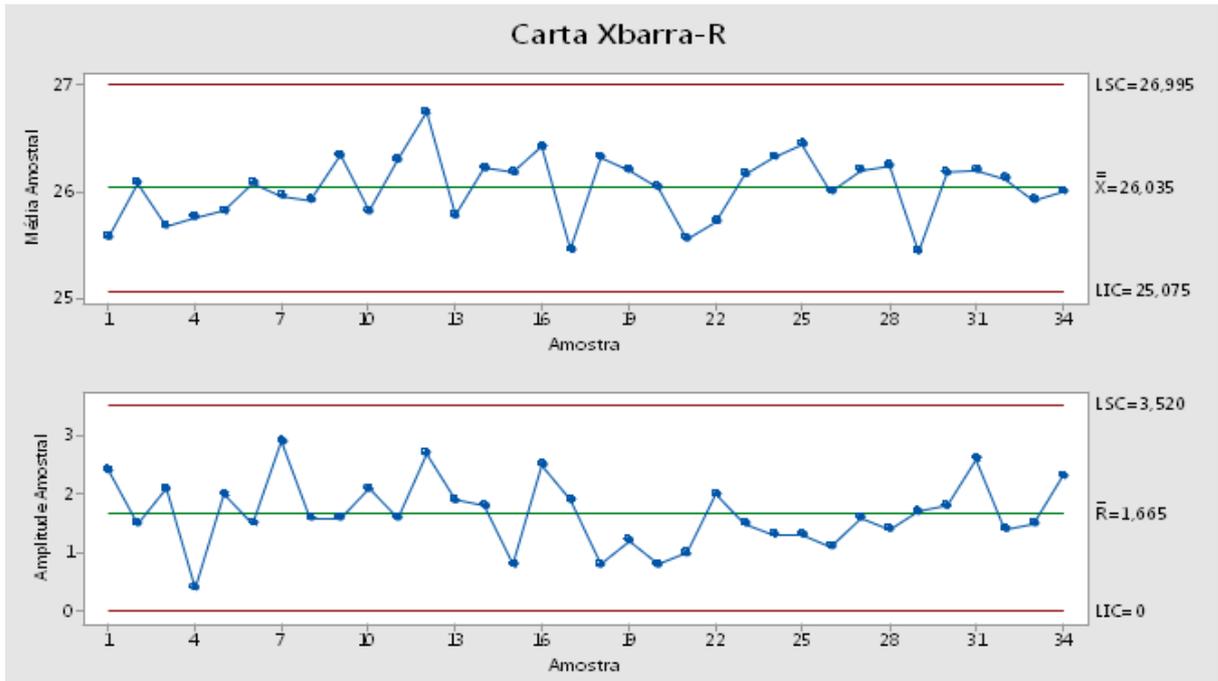
Fonte: Autoria própria 2018

Analisando o modelo A8 observa-se claramente um deslocamento da média próximo ao limite superior de especificação, o valor do índice Cpk confirma o deslocamento e mostra que o processo é considerado como incapaz, entregando produtos que passam da especificação superior, o que viabiliza um estudo de alinhamento das especificações nominais do produto com as reais observadas no processo. O percentual de produtos fora de especificação observado foi de 0,63% quantificado em 6.331 peças por milhão.

## 5.5 Modelo B1

Cartas de média e amplitude para análise do modelo B1

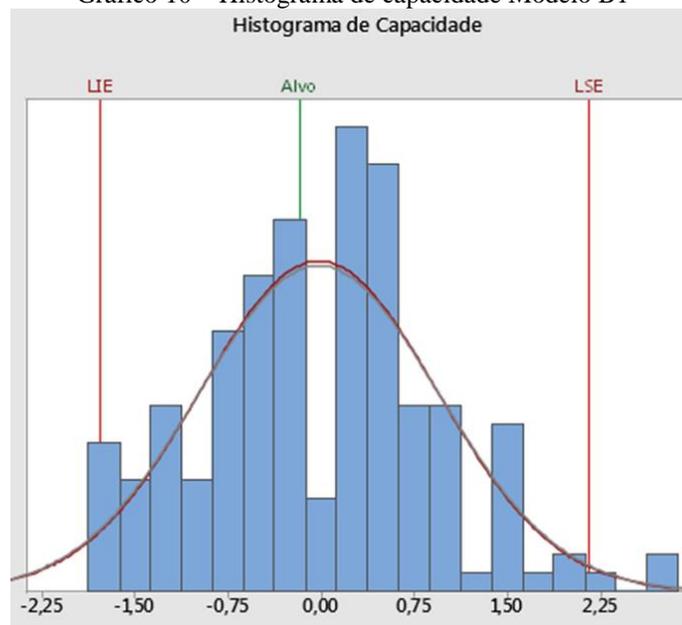
Gráfico 9 – Carta X e R Colchão B1



Fonte: Autoria própria 2018

Ambos os gráficos apontam estabilidade no processo. Portanto é possível a realização de uma análise de capacidade para o modelo para verificar o atendimento das especificações. Neste caso fez-se o uso da transformação de Johnson para dados normais.

Gráfico 10 – Histograma de capacidade Modelo B1



Fonte: Autoria própria 2018

Tabela 6 – Estatísticas de capacidade Modelo B1

Índices	Valores
<b>Cp</b>	0,68
<b>Cpk</b>	0,61
<b>Z.Bench</b>	1,68
<b>% Fora de espec.</b>	4,66
<b>PPM</b>	46623

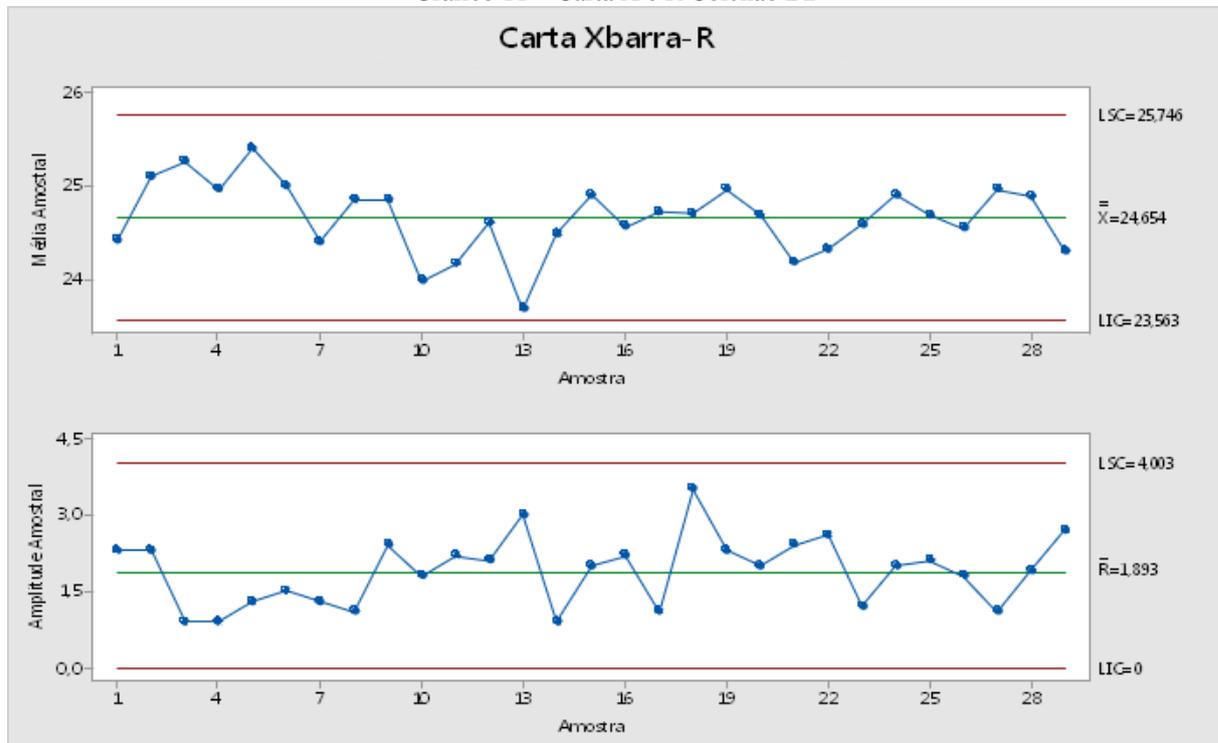
Fonte: Autoria própria 2018

Cp e Cpk são menores que 1, o que caracteriza o processo como incapaz, analisando-se o histograma, também podemos observar que são entregues 4,66% dos produtos fora dos limites de especificação, quantificado em 46623 PPM.

## 5.6 Modelo B2

Cartas de média e amplitude para o modelo B2

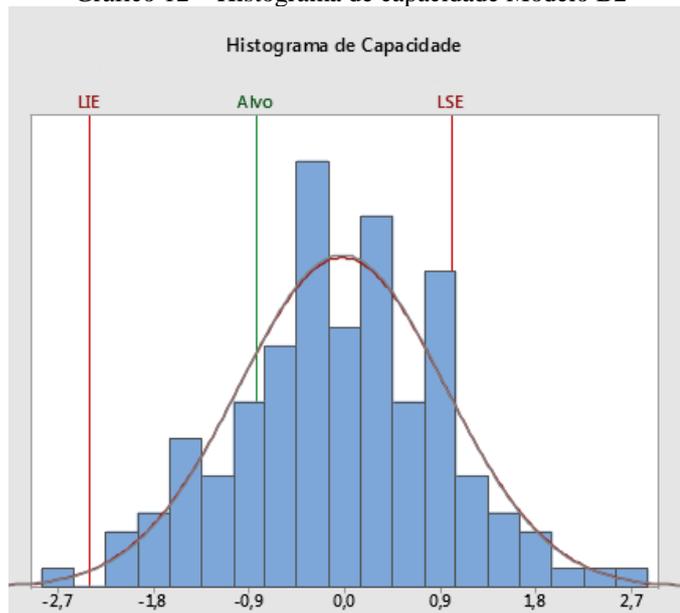
Gráfico 11 – Carta X e R Colchão B2



Fonte: Autoria própria 2018

Neste caso, foi necessário o uso da transformação de Johnson para dados normais, a fim de prosseguir para a análise de capacidade.

Gráfico 12 – Histograma de capacidade Modelo B2



Fonte: Autoria própria 2018

Tabela 7 – Estatísticas de capacidade Modelo B2

<b>Índices</b>	<b>Valores</b>
<b>N</b>	170
<b>n</b>	5
<b>Cp</b>	0,59
<b>Cpk</b>	0,35
<b>Z.Bench</b>	1,03
<b>% Fora de espec.</b>	15,21
<b>PPM</b>	152134

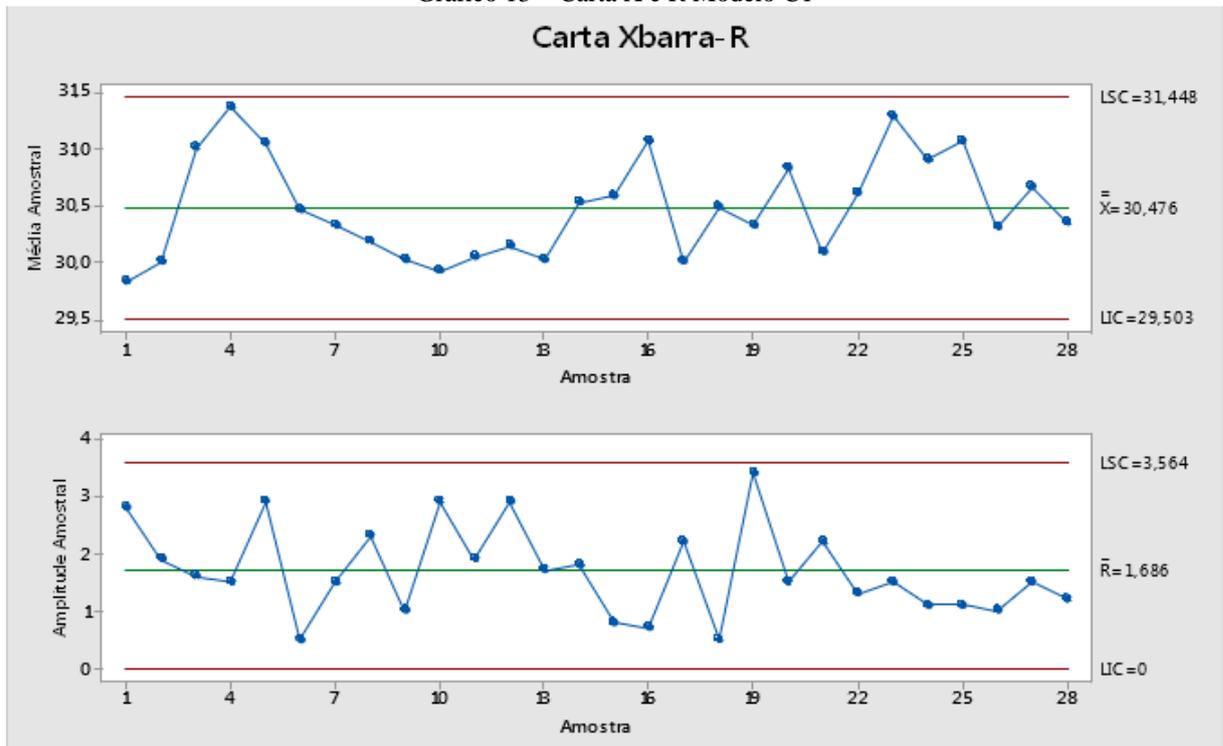
Fonte: Autoria própria 2018

O processo enquadra-se como incapaz, o histograma mostra um deslocamento da média próximo ao limite superior de especificação, entregues 15,21% de itens fora de especificação quantificados em 152.134 peças por milhão.

## 5.7 Modelo C1

Cartas X e R para o modelo C1

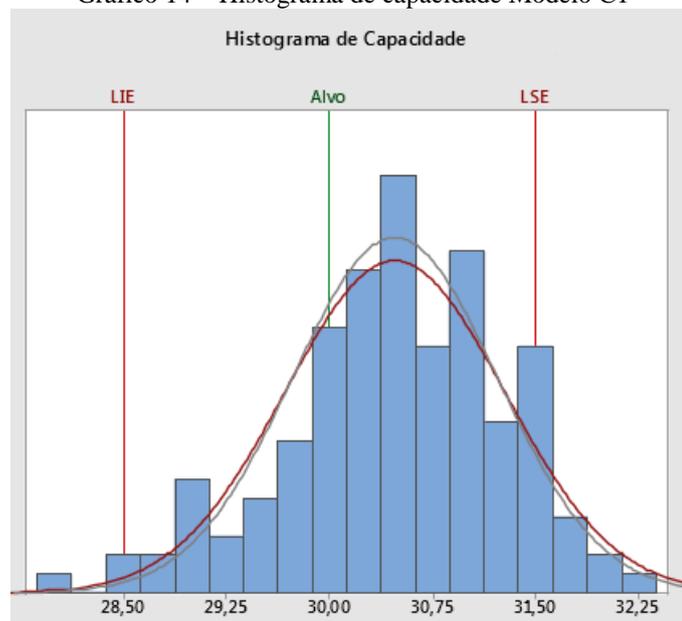
Gráfico 13 – Carta X e R Modelo C1



Fonte: Autoria própria 2018

Neste caso, ambas as cartas apontam estabilidade do processo usando os testes estabelecidos. Prosseguindo para a análise de capacidade tem-se:

Gráfico 14 – Histograma de capacidade Modelo C1



Fonte: Autoria própria 2018

Tabela 8 – Estatísticas de capacidade Modelo C1

Índices	Valores
N	140
n	5
Cp	0,67
Cpk	0,46
Z.Bench	1,35
% Fora de espec.	8,86
PPM	88637

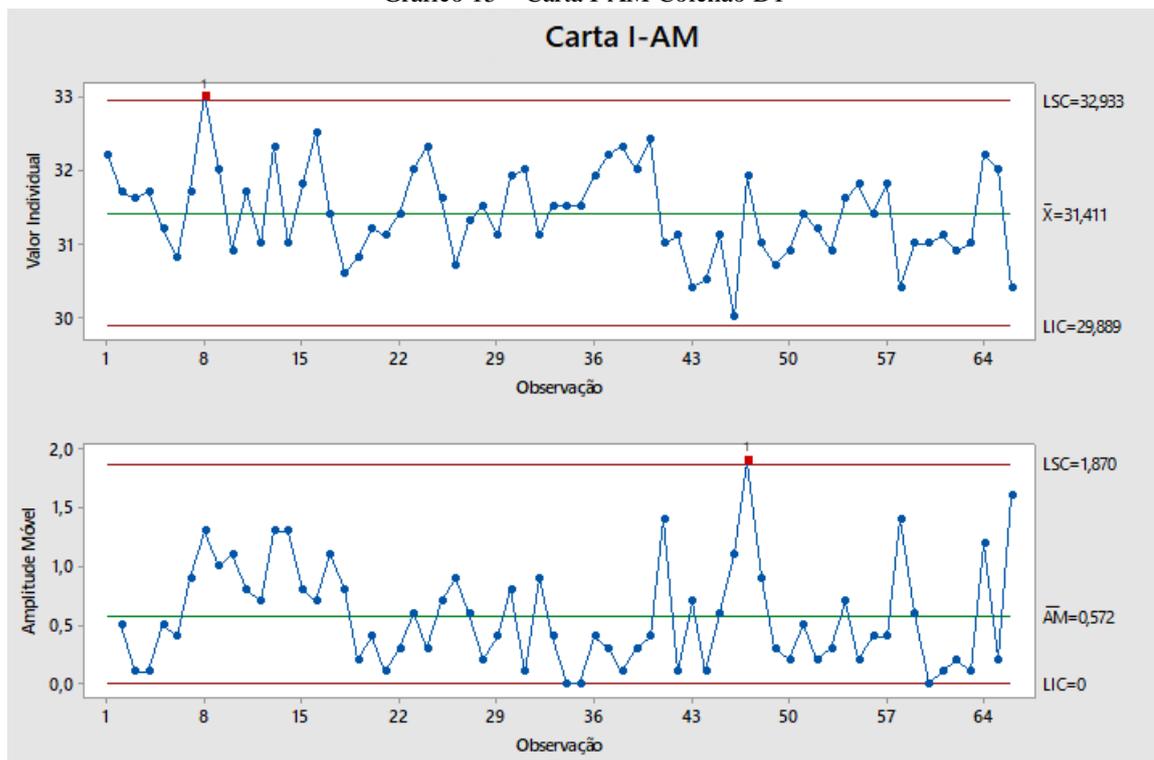
Fonte: Autoria própria 2018

Os índices Cp e Cpk são menores que 1, o que caracteriza o processo como incapaz, analisando-se o histograma, também podemos observar que são entregues cerca de 8,86% dos produtos fora dos limites de especificação, quantificado em 46623 PPM. O modelo C1 apresenta produtos que extrapolam tanto o limite superior de controle quanto o limite inferior de controle, indicando que o processo necessita de maior padronização e controle em determinadas etapas.

## 5.8 Modelo D1

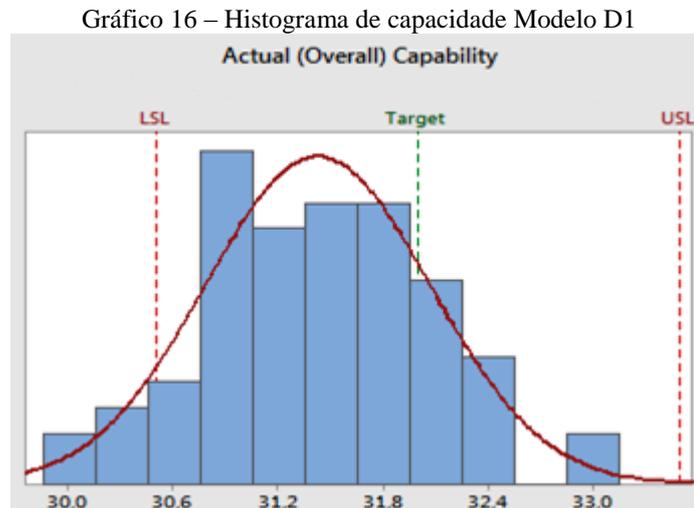
Para o modelo D1, optou-se pelo uso da Carta I – AM visto que não seria garantido a formação de subgrupos, então mostrou-se mais vantajoso a coleta de valores individuais.

Gráfico 15 – Carta I-AM Colchão D1



Fonte: Autoria própria 2018

Analisando o gráfico acima, é possível observar que existe um ponto fora do limite superior de controle para ambas as cartas, caracterizando como um processo instável, para a análise de performance tem-se:



Fonte: Autoria própria 2018

Tabela 9 – Estatísticas de performance Modelo D1

Índices	Valores
<b>N</b>	69
<b>n</b>	1
<b>Pp</b>	0,78
<b>Ppk</b>	0,48
<b>Z.Bench</b>	1,42
<b>% Fora de espec.</b>	7,71
<b>PPM</b>	77085

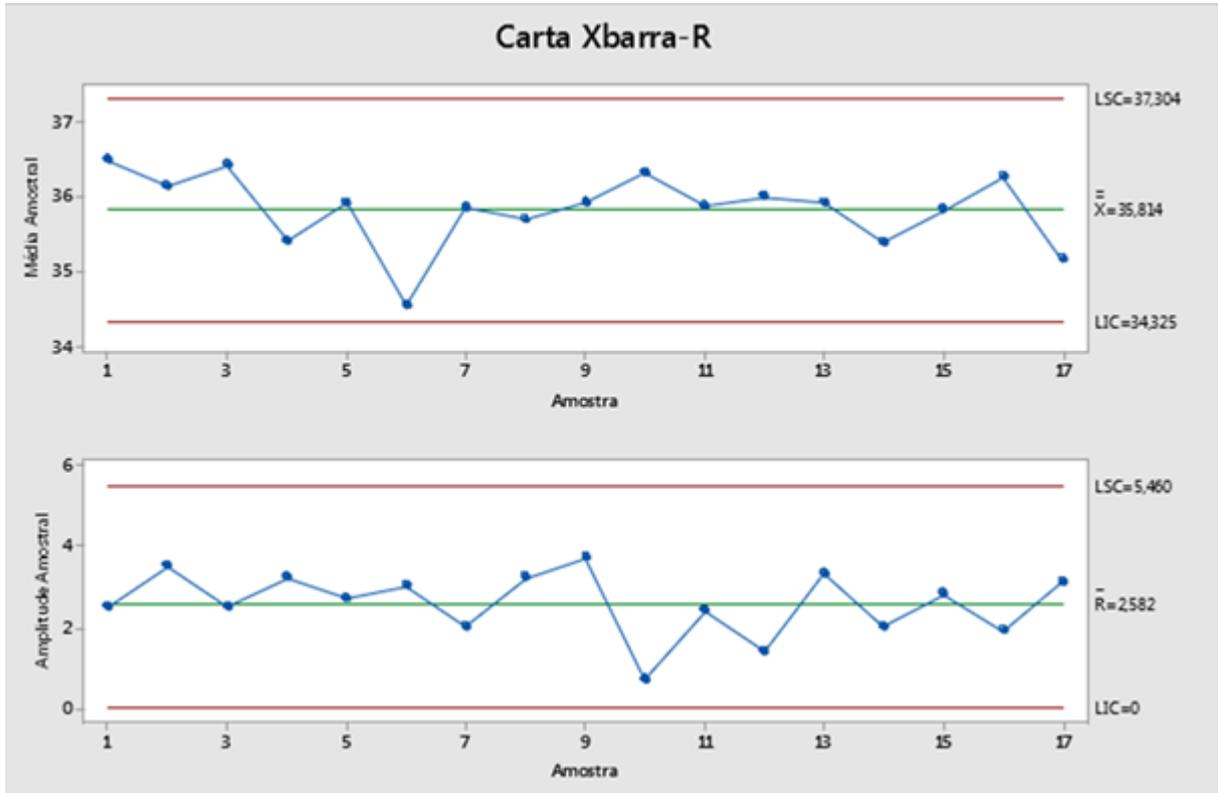
Fonte: Autoria própria 2018

Os índices menores que 1 apontam o processo como incapaz, observa-se pelo gráfico um leve deslocamento da média próximo ao limite inferior de especificação, e em geral os produtos fora de especificação extrapolam apenas o limite inferior. No período analisado o processo entregou 7,71% de itens fora de especificação, quantificado em 77.085 peças por milhão.

## 5.9 Modelo E1

Cartas X e R para o modelo E1

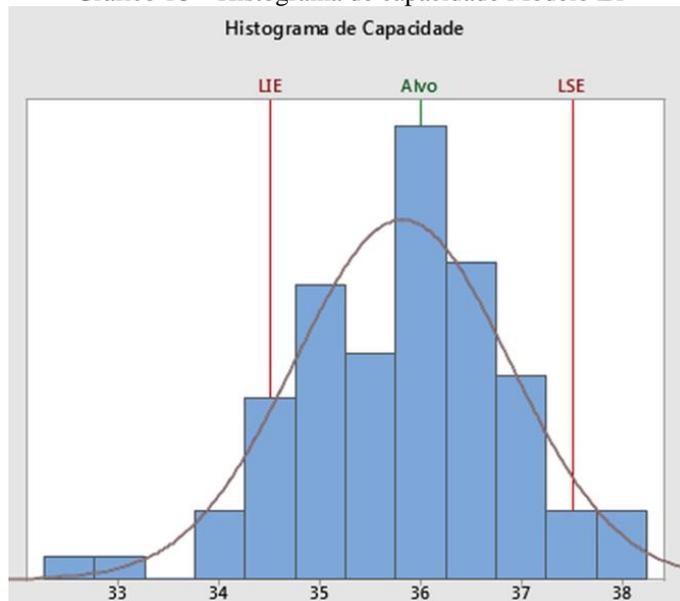
Gráfico 17 – Carta X e R Modelo E1



Fonte: Autoria própria 2018

Os gráficos apontam estabilidade do processo, portanto é possível analisar a capacidade do processo verificando o atendimento aos requisitos normativos e seu desempenho.

Gráfico 18 – Histograma de capacidade Modelo E1



Fonte: Autoria própria 2018

Tabela 10 – Estatísticas de capacidade Modelo E1

Índices	Valores
<b>N</b>	85
<b>n</b>	5
<b>Cp</b>	0,47
<b>Cpk</b>	0,41
<b>Z.Bench</b>	0,97
<b>% Fora de espec.</b>	16,61
<b>PPM</b>	166137

Fonte: Autoria própria 2018

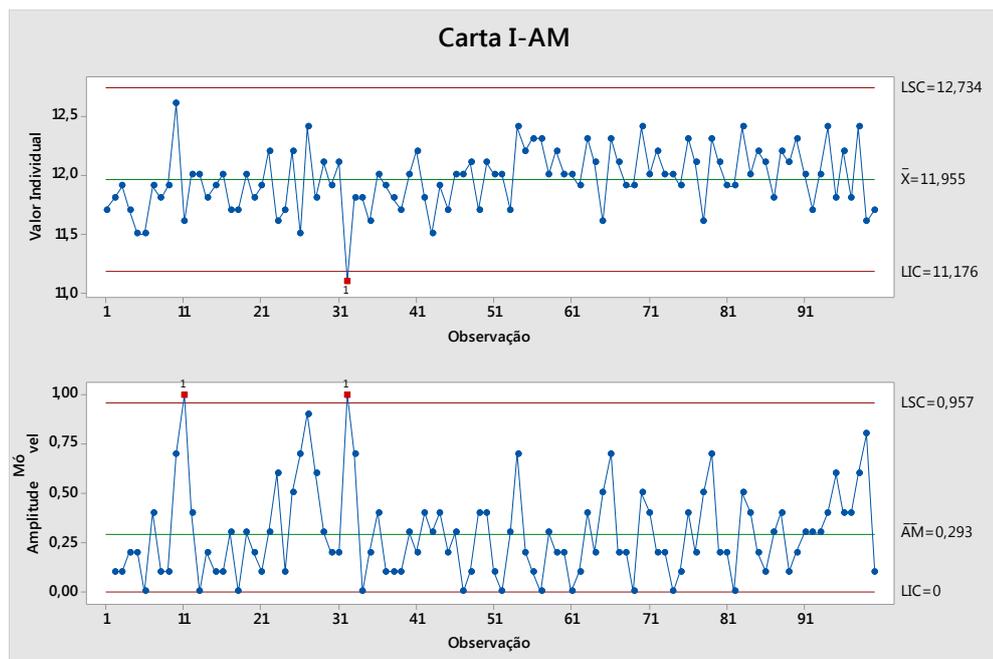
Os índices indicam um processo incapaz, entregando um percentual alto de produtos fora de ambos os limites de especificação. Atualmente são entregue 16,61% de produtos fora de especificação, que são quantificados em 166.137 peças por milhão. Analisando o processo, não possui qualidade assegurada nas etapas predecessoras, podendo justificar a falta de padrão na produção e os índices baixos.

### 5.10 Lâmina de espuma

A lâmina escolhida para acompanhamento foi de densidade 20 (D20), as cartas foram de amplitude móvel, visto que não era viável a coleta em subgrupos.

Carta I-AM para lâminas D20

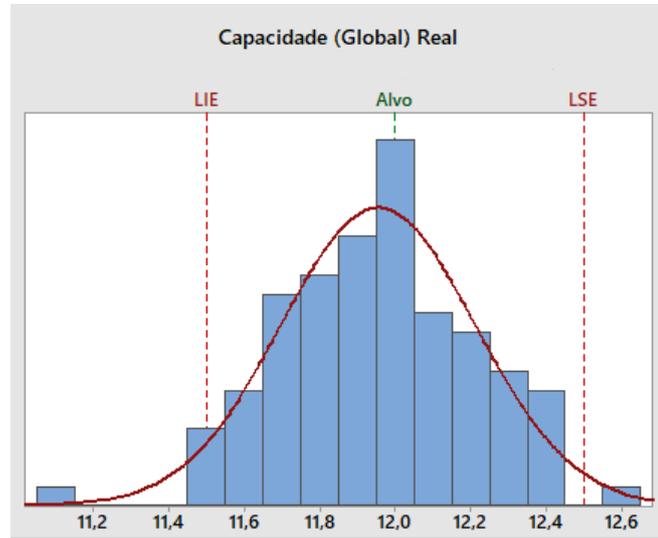
Gráfico 19 – Carta I-AM Lâminas D20



Fonte: Autoria própria 2018

As cartas apontam instabilidade no processo. Existem pontos fora do limite superior de controle em ambas as cartas, prosseguindo para análise de performance:

Gráfico 20 – Histograma de performance Espuma D20



Fonte: Autoria própria 2018

Tabela 11 – Estatísticas de performance lâmina de espuma D20

Índices	Valores
N	100
n	1
Pp	0,65
Ppk	0,59
Z.Bench	1,59
% Fora de espec.	5,62
PPM	56186

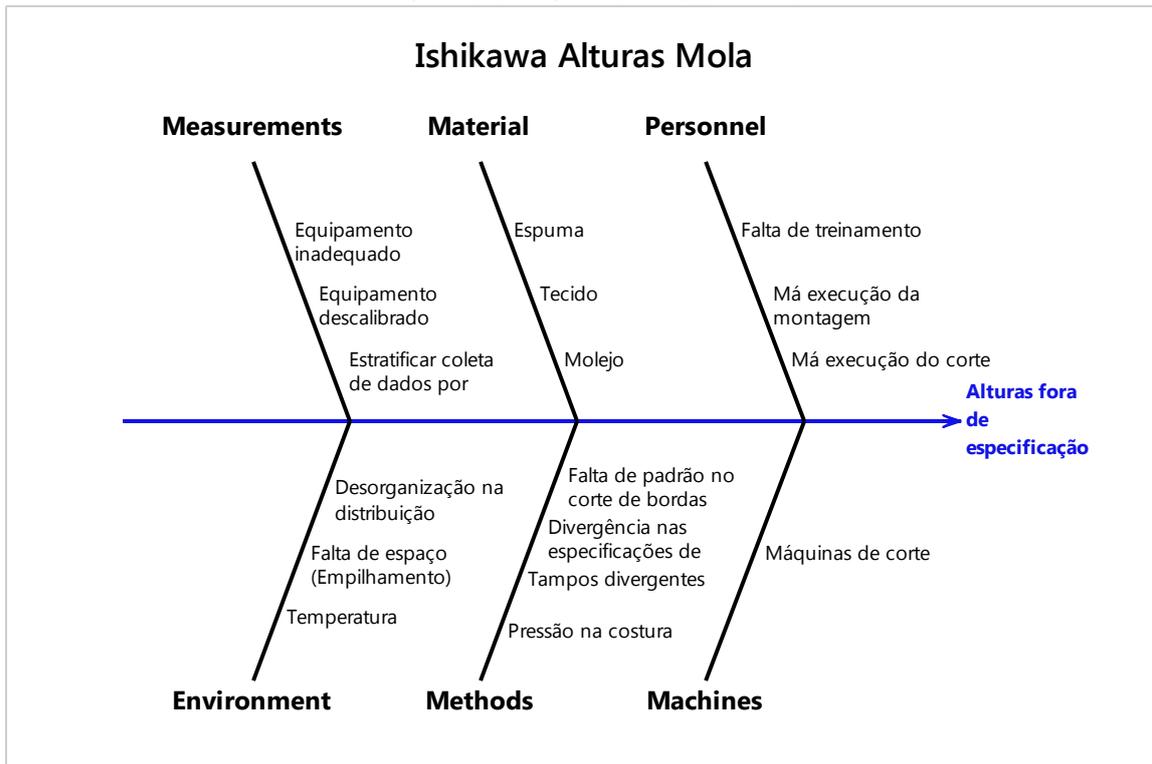
Fonte: Autoria própria 2018

Ambos os índices menores que 1 apontam o processo como sendo incapaz. A média está centrada, porém são entregues lâminas tanto abaixo quanto acima dos limites de especificação. O processo de laminação entregou 5,62% de itens fora de especificação, quantificado em 56.186 peças por milhão.

## 6. Propostas de melhoria

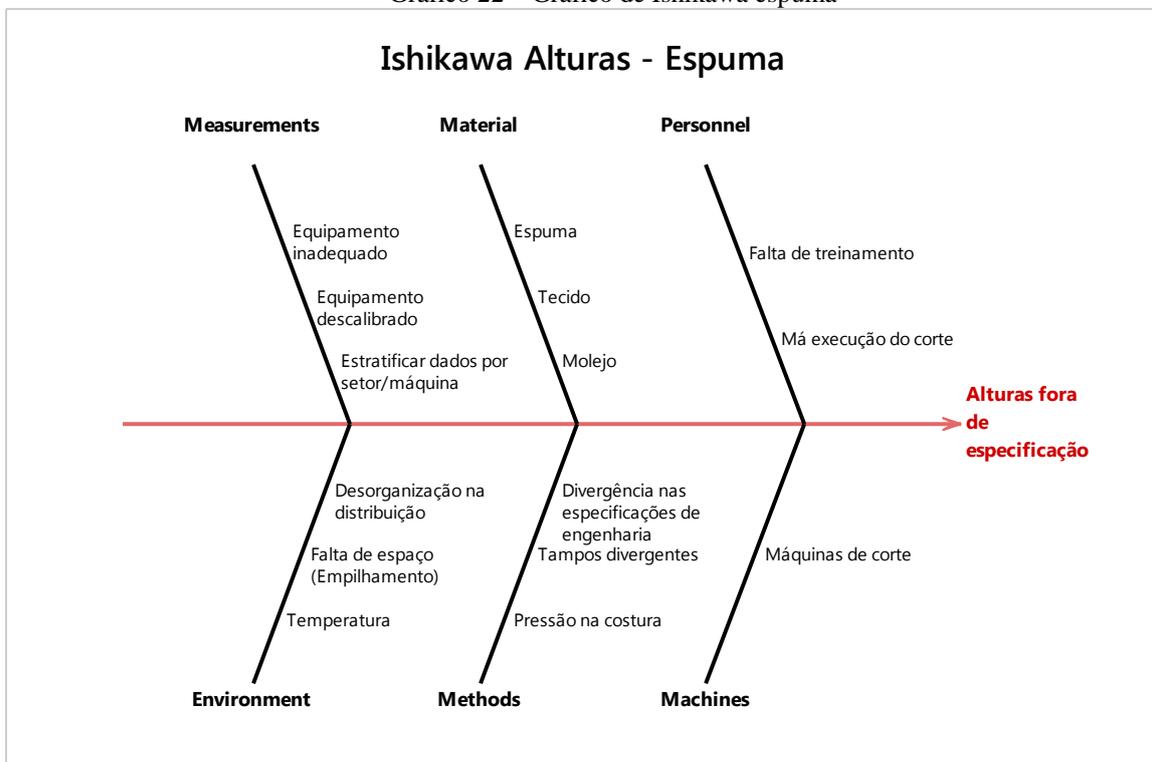
Com as análises realizadas, reuniu-se a equipe do projeto e operadores dos setores envolvidos realizou-se um Brainstorming, para a elaboração dos gráficos de Ishikawa a seguir:

Gráfico 21 – Gráfico de Ishikawa mola



Fonte: Autoria própria 2018

Gráfico 22 – Gráfico de Ishikawa espuma



Fonte: Autoria própria 2018

A reunião com os operadores possibilitou um afinamento nas causas, visto que possuem familiaridade com os principais problemas enfrentados na rotina de trabalho dos seus respectivos setores. As melhorias em sua maioria afetam todos os produtos estudados, visto que eles compartilham etapas no processo.

A partir dos resultados discutidos, elaborou-se uma matriz 5W2H para detalhar as melhorias propostas com base no estudo ilustrada a seguir:

Quadro 4 – Matriz 5W2H

What	Why	Where	When	Who	How	How much
Calibragem das máquinas de corte	Assegurar a precisão da máquina, garantindo que as espumas cortadas não sofram influência do maquinário	Setor de Corte	7 dias	Gerente de manutenção	Solicitar calibragem das lâminas de corte e criar rotina para tal procedimento, de forma a se tornar parte da manutenção preventiva da empresa.	R\$100,00
Substituição da escala utilizada na máquina de corte	A escala utilizada é antiga e apresenta desgaste nas marcações, podendo acarretar em erros nos cortes	Setor de Corte	10 dias	Gerente de manutenção	Solicitar nova régua de escala para máquina	R\$50,00
Alinhamento/Substituição de peças na máquina de corte	Máquina com desalinhamento causa variações de espessura nas bordas	Setor de Corte	10 dias	Gerente de Manutenção	Substituir ou alinhar a peça de suporte a escala do corte	R\$ 50,00
Conferência da qualidade na espuma cilíndrica usada nos tampos	Os tampos são compostos pela espuma, tecido e fibra. O componente que mais impacta na altura final é a espuma.	Setor de tampos	Imediato	Operadores do setor	Medir com a trena a espessura do começo do rolo cilíndrico, antes de inserir na máquina	R\$ -
Conferência e padronização no método usado para corte de bordas de espuma	Atualmente nada assegura as dimensões das bordas utilizadas nos colchões, sendo este um componente estrutural presente em todos os colchões de mola.	Setor de Corte	20 dias	Gerente de processos	Deve ser realizado um planejamento de corte para os blocos destinados a bordas.	R\$ -

Reduzir lâmina de espuma usados no modelo A1	As análises apontam um deslocamento da média próximo ao LSC. A medida alinhará a especificação nominal com a real, além de acarretar em uma redução imediata de custos no produto.	Setor Industrial	2 dias	Gerente de processos	Mudar a árvore do produto no sistema, alterando a espessura da lâmina e se necessário alterar altura que consta na etiqueta.	R\$ -
Reduzir lâmina de espuma usados no modelo A8	As análises apontam um deslocamento da média próximo ao LSC. A medida alinhará a especificação nominal com a real, além de acarretar em uma redução imediata de custos no produto.	Setor Industrial	2 dias	Gerente de processos	Mudar a árvore do produto no sistema, alterando a espessura da lâmina e se necessário alterar altura que consta na etiqueta.	R\$ -
Conscientização dos colaboradores da importância de assegurar a qualidade nas etapas dos processos	Atualmente os funcionários priorizam o cumprimento das metas sobre a qualidade. Mostra-se importante mudar a visão dos colaboradores e conscientiza-los sobre a importância de assegurar a qualidade nas etapas dos processos.	Todos os setores da produção	7 dias	Gerente de RH	Reuniões por setores, distribuição de folhetos educativos, jornais e etc.	R\$ -
Conferência e padronização no método usado para a manufatura das faixas	Costureiros reclamam da falta de padrão nas faixas fornecidas pelo setor. Faixas muito abaixo das alturas impactam no produto final.	Setor de Faixas	15 dias	Gerente de processos	Operador conferir se os tecidos cortados para fabricação das faixas está dentro das tolerâncias	R\$ -
Levantamento dos Procedimentos Operacionais Padrão	Não existe registro sobre as funções de cargos da produção, o que dificulta treinamentos	Todos os setores da produção	45 dias	Gerente da Qualidade	Acompanhar os operadores, registrar as funções exercidas no postos de trabalho, melhora-las e documenta-las	R\$ -

Fonte: Autoria própria 2018

Portanto, com as análises feitas, os planos de ações foram elaborados para causas especiais e comuns identificadas nos processos. As causas especiais são mais facilmente

eliminadas do processo, visto que não é um padrão de comportamento, já as causas comuns demandam uma análise mais detalhada das etapas da cadeia produtiva, rever os métodos de trabalho utilizados, identificar a origem dos desvios inerentes ao processo e em alguns casos propor novo método/abordagem no setor. Algumas ações podem ser avaliadas já de início, como os casos de mudança na especificação dos produtos, onde a economia é imediata. Outras necessitam de um acompanhamento após as execução para verificar os resultados.

Outro ponto importante que o projeto trouxe é a importância de se dar autonomia ao operador, de forma a possibilitar que ele identifique erros no processo, informe ao líder ou ainda corrija em casos simples. Deu-se como sugestão a inclusão da calibragem da máquina de corte como rotina de manutenção preventiva da empresa.

A economia anual em matéria-prima foi estimada em dois cenários possíveis com base na demanda histórica, com redução de 1 centímetro e 0,5 centímetros como na tabela a seguir:

Tabela 11 – Economia anual estimada

<b>Colchão</b>	<b>Redução 0,5 cm</b>		<b>Redução 1,0 cm</b>	
<b>Modelo C</b>	R\$	15.467,30	R\$	30.934,60
<b>Modelo C7</b>	R\$	6.995,84	R\$	13.991,68
<b>Total</b>	R\$	22.463,14	R\$	44.926,28

Fonte: Autoria própria 2018

As estimativas de economia foram passadas a diretoria para avaliação, posteriormente o próximo passo é fabricar os primeiros lotes de produtos alterados e monitora-los.

Os modelos compartilham etapas, são processos semelhantes com diferenças nos componentes estruturais, porém não se assegura a qualidade por etapa e nem existe conferência no produto final. As medidas propostas visam minimizar e controlar a variabilidade nos setores predecessores a montagem, de modo que os produtos que forem separados para montagem já estejam com as medidas asseguradas. Componentes como lâmina de espuma, tampo, bordas de espuma, molejo devem ter suas características asseguradas previamente a montagem, de modo a restringir as causas de variação a determinada etapa do processo. O setor de corte de bordas, apresentou uma série de inconformidades no maquinário e algumas referente ao método, a borda é um componente crítico nas dimensões dos colchões, e um plano de ação intenso foi elaborado focado no setor.

Para que todas as medidas sejam implantadas, é essencial o apoio de todos os gestores responsáveis em cada ação, gerente de produção, gerente de manutenção, gerente de processos, gerente de qualidade, pois as ações de melhoria englobam e dependem dos mesmos.

## **7. Considerações finais**

O trabalho foi desenvolvido com a intenção de identificar o comportamento atual dos processos de fabricação dos colchões, identificar problemas nas etapas predecessoras, e propor melhorias que englobem todos os setores da cadeia produtiva. A demanda surgiu inicialmente a partir de questionamentos vindos de clientes referente às características dimensionais dos produtos aliado ao fato de existirem produtos certificados por órgãos credores como INMETRO e INER sujeitos a auditoria.

O estudo possibilitou introduzir os conceitos de controle estatístico do processo para a empresa, quantificando o cumprimento das especificações de seus produtos e verificando a consistência na fabricação. Os resultados obtidos foram além da expectativa e proporcionaram um conhecimento estatístico de seus processos, viabilizou a elaboração de planos de ação nos setores visando minimizar a variabilidade observada e controlar-se a mesma. No que tange aos produtos atuais, devem ser conferidas algumas estruturas de produtos, ao se desenvolver novos produtos, por vezes faz-se uso de itens de outros modelos como tampos e bordas, as alturas são consideradas as mesmas, mas muitas das medidas foram tiradas de um número pequeno de protótipos. Portanto é provável que no sistema existam itens que estejam considerando uma altura divergente da real entregue pelo processo, esses casos devem ser corrigidos para uma maior confiabilidade nas especificações cadastradas no sistema. No setor responsável pelas bordas falta procedimentos de padronização, como um bloco de espuma planejado para as dimensões das bordas facilitando para o operador, a máquina com manutenções em dia e melhor gestão visual. O maior desafio observado é a cultura atual presente na empresa, que está voltada para as metas dos setores acima da qualidade dos produtos, o que resulta em *inputs* defeituosos, que acabam passando à frente na espera de que não seja identificado. Somado a isso, não existe um registro dos procedimentos operacionais padrão (POP) para delimitar quais e como devem ser executadas as funções em cada setor, no decorrer do projeto o levantamento desses procedimentos estava em andamento, tal documento é de extrema importância para padronização dos treinamentos para colaboradores novos. A conscientização dos operadores leva tempo e dedicação por parte da empresa, mas é essencial para assegurar a qualidade nos processos.

O projeto conseguiu mostrar para a empresa o quanto pode ser benéfico o uso do controle estatístico da qualidade, com baixos custos e uma equipe capacitada, a reprodução do estudo se tornou possível para qualquer área de interesse na cadeia produtiva.

Sugere-se a empresa o acompanhamento do processo pós melhorias, a fim de comparar os resultados obtidos. Mostra-se interessante uma expansão do estudo em outros setores, para de forma contínua reduzir as variabilidades do processo, de forma a garantir o atendimento dos requisitos do cliente e conhecer melhor as características dos processos de manufatura.

## Referências

AGUIAR, Silvio. **Ferramentas da qualidade**: Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma. Belo Horizonte: 2002. 229 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13579-1: Colchão e colchonete de espuma flexível de poliuretano e bases Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15413-1: Colchão de mola e bases Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

COCHRAN, W. G. **Sampling Techniques**. 3rd. ed. Nova York: John Wiley, 1977.

COSTA, Antonio Fernando Branco; EPPRECHT, Eugênio Kahn; CARPINETTI, Luiz César Ribeiro. **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas, 2004. 334 p.

HERMAN, J. T. Capability index – enough for process industries? **Annual Quality Congress**, Toronto, vol. 43, n. 0, p. 670-675, 1989.

HRADESKY, John L. **Aperfeiçoamento da qualidade e da produtividade**: guia prático para a implementação do controle estatístico de processos-CEP. São Paulo, McGraw-hill, 1989. 301 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS DO REPOUSO. **Norma Técnica para colchões de espuma flexível de poliuretano**. São Paulo, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS DO REPOUSO. **Norma Técnica para colchões de molas**. São Paulo, 2017.

JACOBS, W.; ZANINI, R. R. A utilização do controle estatístico de qualidade como ferramenta de suporte à gestão dos desperdícios de alimentos em uma unidade de alimentação e nutrição. **Revista Espacios**. Vol. 34 (11) 2013. Pág. 6. Disponível em: < <http://www.revistaespacios.com/a13v34n11/13341106.html>>. Acesso em: 2 mai. 2018.

JURAN, J. M. **Quality Control handbook**, New York, Mc Graw-Hill, 1974.

KANE, V. E. Process capability índices, **Journal of Quality Technology**, Milwaukee, vol. 18, n. 1, p. 41-52, 1986.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513 p.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. John Wiley & Sons. New York, 1985.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade**: teoria e pratica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

PORTAL ACTION. **Diagrama de Pareto**. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/estatistica-basica/15-diagrama-de-pareto>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

RIBEIRO, J. L.; CATEN, C. T. **Controle Estatístico do Processo**. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998.

SLIFKER, J. F.; SHAPIRO, S. S. The Johnson system: Selection and parameter estimation. **Technometrics**, p. 239-246. 1980.

SOMERVILLE, S. E.; MONTGOMERY, D. C. **Process Capability indices and nonnormal ditribution**. Quality Engineering, 9:2, 305-316, 1996.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Serie ferramentas da qualidade**: Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia, 1995. 290 p.

WISE, S. A., FAIR D. C. **Innovative Control Charting. Pratical SPC Solutions For Today's Manufacturing Environment**. ASQ Quality Press. Milwaukee, Wisconsin, 1998.