



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS**  
**ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**LARISSA TENÓRIO DE LIMA**

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE  
PROCESSO PARA O ENVASE DE GARRAFAS DE  
IOGURTES EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

**Garanhuns– PE**

**2019**

**LARISSA TENÓRIO DE LIMA**

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO PARA O  
ENVASE DE GARRAFAS DE IOGURTES EM UMA INDÚSTRIA DE  
LATICÍNIOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, como parte das exigências do curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

**Orientadora:** Suzana Pedroza da Silva

**Co-orientador:** Romero Luiz Mendonça Sales Filho

**Garanhuns– PE**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- L732a Lima, Larissa Tenorio de  
Aplicação do controle estatístico de processo para o envase de garrafas de iogurtes em uma indústria de laticínios /  
Larissa Tenorio de Lima. - 2019.  
55 f. : il.
- Orientadora: Suzana Pedroza da Silva.  
Coorientador: Romero Luiz Mendonça Sales Filho.  
Inclui referências e anexo(s).
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em  
Engenharia de Alimentos, Garanhuns, 2019.
1. Controle estatístico de processo. 2. Diagrama causa e efeito. 3. Gráficos de controle. 4. Amostragem. 5.  
Indústria. I. Silva, Suzana Pedroza da, orient. II. Filho, Romero Luiz Mendonça Sales, coorient. III. Título

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO PARA O**  
**ENVASE DE GARRAFAS DE IOGURTES EM UMA INDÚSTRIA DE**  
**LATICÍNIOS**

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Suzana Pedroza da Silva  
Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. Romero Luiz Mendonça Sales Filho  
Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE  
(Coorientador e Examinador)

---

Prof. Dr. Thiberio Pinho Costa Souza  
Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE  
(Examinador)

*“Qualidade é conformidade com as especificações e os requisitos do cliente”.*

*Crosby*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao meu Deus, pois sem Ele a elaboração desse trabalho não teria sido possível, agradeço por me manter firme apesar do cansaço, dos esforços diários, por ser meu guia, por seu infinito amor e motivação para concluir mais essa etapa, tão importante em minha vida. E minha total gratidão por me dá sempre a certeza de que nunca estou sozinha.

Agradeço aos meus pais Cleonice e Vicente por acreditarem que eu sou capaz, por sempre me proporcionarem o melhor que podem. E em especial a minha amada mãezinha, por tamanha preocupação, cuidado e dedicação em me ver sempre bem. A meu irmão Cleyton pelo companheirismo e por todo amor. Agradeço ao meu tio José (*in memoriam*) por ter representado tanto em minha vida, por sua presença e amor ao longo desses anos.

E a todos os meus familiares que de alguma forma torceram por esta conquista.

Ao meu namorado Gabriel Oliveira pelas inúmeras palavras de incentivo para que eu continuasse firme em busca do meu objetivo, por todo cuidado, carinho e amor.

Agradeço imensamente a DPA Garanhuns, por ter me proporcionado a oportunidade de desenvolver meu trabalho neste local, de forma a contribuir para minha formação. Agradeço em especial ao meu gestor, Luís Godoy, por sua total disponibilidade e auxílio direto e indireto para conclusão deste trabalho.

De maneira muito especial, agradeço aos operadores de máquina Joel e Edivaldo, pelo auxílio prestado e pela paciência ao longo das minhas coletas de amostras.

Um agradecimento todo especial à Professora Dr<sup>a</sup>. Suzana Pedroza, pela oportunidade e orientação. Por sua paciência e dedicação durante esta jornada, que tornou possível a conclusão deste trabalho. Que Deus lhe abençoe poderosamente e derrame maravilhosas bênçãos em sua vida.

Ao Prof. Dr. Romero Luiz Mendonça Sales Filho por sua orientação e disponibilidade nos vários momentos que fui a sua procura, meu muito obrigada.

A todos os professores do curso que foram tão importantes na minha vida acadêmica.

Aos meus amigos e companheiros de turma por tantos momentos alegres e descontraídos, em especial a minha amiga Iara por todo companheirismo ao longo desses anos.

Agradeço ainda a Érica Dantas, por toda ajuda concedida e por sua disponibilidade.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns pela oportunidade de fazer o curso. E por fim agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

## RESUMO

Nos dias de hoje, a qualidade é sinônimo de produtos ou bens e serviços dentro dos padrões estabelecidos, englobando as exigências do cliente, e ainda proporcionando seguridade. Isso faz com as empresas busquem ferramentas para melhoria dos processos, tenham um maior controle de seus insumos e associem a qualidade ao crescimento do seu negócio. Porém dentro dos processos existe variabilidade, podendo estar presente desde a seleção da matéria-prima até a saída do produto terminado, o que resulta em produtos de baixa qualidade. O controle estatístico de processo auxilia diretamente na detecção das causas dessa variação, podendo ser uma excelente ferramenta para manutenção de um processo controlado e rentável. Esse trabalho foi realizado em uma indústria de grande porte em Garanhuns-PE com o objetivo de aplicar o controle estatístico de processos em uma linha de produção de iogurtes, buscando agregar ainda mais qualidade ao processo, e detectar as causas para variação do peso líquido desses produtos. O método de amostragem sistemática foi realizado para coletar as amostras na linha de produção. As pesagens das amostras foram realizadas em balança analítica, obedecendo a frequência estabelecida de coleta para pesagem de cada amostra. Foram feitos os gráficos de controle e de monitoramento para as variáveis (Gráficos de média ( $\bar{X}$ ) e amplitude (R)), além de terem sido plotados gráficos de controle para o monitoramento do processo para atributos da embalagem do produto acabado (Gráfico de número de defeitos na amostra (C)). Sugeriu-se novos limites de especificação para o processo e verificou-se que com eles o mesmo tornou-se capaz, para que isto seja possível é necessário a análise das causas especiais do processo, realizada através do uso de diagrama de causa e efeito, a fim de eliminá-las, tornando assim o processo sob controle. O gráfico para atributos mostrou que existe 0,38 defeitos por coleta de dados. Os gráficos de monitoramento apontaram que as variáveis e atributos monitorados estão sob controle. Esse trabalho monitorou uma variável e alguns atributos identificados na linha de produção de iogurtes, seus resultados possibilitam a ampliação da implementação em outras linhas da fábrica, de modo a perpetuar a aplicação do CEP nas etapas de todo processo.

**Palavras-chave: Controle Estatístico de Processo, diagrama Causa e Efeito, Gráficos de Controle, amostragem e indústria.**

## ABSTRACT

Nowadays, quality is synonymous with products or goods and services within established standards, encompassing customer requirements, while still providing safety. This makes companies look for process improvement tools, have greater control over their inputs and associate quality with the growth of their business. However within the processes there is variability, which may be present from the selection of the raw material to the output of the finished product, which results in low quality products. Statistical process control directly assists in detecting the causes of this variation and can be an excellent tool for maintaining a controlled and profitable process. This work was carried out in a large industry in Garanhuns-PE with the objective of applying statistical process control in a yogurt production line, seeking to add even more quality to the process, and to detect the causes for variation in the net weight of these yogurt products. The systematic sampling method was performed to collect samples on the production line. Weighing of samples was performed on an analytical balance, obeying the established frequency of collection for weighing each sample. Control and monitoring graphs were made for the variables (Mean ( $\bar{X}$ ) and amplitude (R) graphs), and control graphs for process monitoring for finished product packaging attributes were plotted (Number graph). defects in the sample (C)). New specification limits for the process were suggested and it was found that with them the process was capable, so that this is possible requires the analysis of the special causes of the process, performed using the cause and effect diagram, in order to eliminate them, thus making the process under control. The graph for attributes showed that there are 0.38 defects per data collection. The monitoring graphs pointed out that the monitored variables and attributes are under control. This work monitored a variable and some attributes identified in the yogurt production line, its results allow the expansion of the implementation in other lines of the factory, in order to perpetuate the application of CEP at all stages of the process.

Keywords: Statistical Process Control, Cause and Effect diagram, Control Charts, sampling and industry.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1</b> –	Quadro dos tipos de gráficos de controle por variável e forma de calcular os limites do processo	17
<b>FIGURA 2</b> –	Exemplos de distribuição de histogramas	20
<b>FIGURA 3</b> –	Representação do gráfico de Pareto	21
<b>FIGURA 4</b> -	Representação do Gráfico de dispersão	22
<b>FIGURA 5</b> -	Diagrama de Ishikawa	23
<b>FIGURA 6</b> –	Exemplo de fluxograma	24
<b>FIGURA 7</b> –	Cálculos dos Índices de Capacidade	26
<b>FIGURA 8</b> –	Fluxograma de Produção DPA Nordeste	30
<b>FIGURA 9</b> –	Localização da DPA Garanhuns	33
<b>FIGURA 10</b> –	Gráfico de controle de médias para o peso líquido dos iogurtes produzidos, com ponto fora do limite de controle superior	38
<b>FIGURA 11</b> –	Gráfico de controle as amplitudes para o peso líquido dos iogurtes produzidos, com ponto fora do limite de controle superior	38
<b>FIGURA 12</b> –	Gráfico de controle de médias para o peso líquido dos iogurtes produzidos	39
<b>FIGURA 13</b> –	Gráfico de controle as amplitudes para o peso líquido dos iogurtes produzidos	40
<b>FIGURA 14</b> –	Gráfico de monitoramento das médias para o peso líquido dos iogurtes produzidos, monitoramento nos pontos vermelhos	40
<b>FIGURA 15</b> –	Gráfico de monitoramento das amplitudes do peso líquido dos iogurtes produzidos, monitoramento nos pontos vermelhos	41
<b>FIGURA 16</b> –	Tentativas de construção de gráfico de controle para números de defeito por amostra, em busca de um padrão aleatório	42
<b>FIGURA 17</b> –	Gráfico de controle para número de defeitos na amostra	42
<b>FIGURA 18</b> –	Gráfico de monitoramento para número de defeitos na amostra	43
<b>FIGURA 19</b> –	Diagrama de causa de efeito	44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	14
2.1	QUALIDADE	14
2.2	CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS	15
2.3	AS SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE	15
<b>2.3.1</b>	<b>Gráfico de controle</b>	15
<b>2.3.2</b>	<b>Histograma</b>	19
<b>2.3.3</b>	<b>Folha de verificação ou <i>checklist</i></b>	20
<b>2.3.4</b>	<b>Gráfico de pareto</b>	20
<b>2.3.5</b>	<b>Gráfico de dispersão</b>	21
<b>2.3.6</b>	<b>Diagrama de <i>Ishikawa</i> ou Causa e efeito</b>	22
<b>2.3.7</b>	<b>Fluxograma</b>	23
2.4	ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO	24
2.5	QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	26
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	29
3.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	29
<b>3.1.1</b>	<b>Linhas de produção</b>	29
3.2	LOCAL DE ESTUDO	33
3.3	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	34
3.4	AMOSTRAGEM	34
<b>3.4.1</b>	<b>Gráfico de controle</b>	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	37
4.1	CARTAS DE CONTROLE	37
<b>4.1.1</b>	<b>Gráficos para média <math>\bar{X}</math> e amplitude <math>R</math> para a variável peso líquido do iogurte (170 g)</b>	37
<b>4.1.2</b>	<b>Gráficos de controle e monitoramento para os atributos número de defeitos na amostra (<math>C</math>)</b>	41
4.2	ANÁLISE DA CAPACIDADE DO PROCESSO	44
4.3	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	44
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	46
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	47
	<b>ANEXO 1 – Gráfico de médias</b>	50
	<b>ANEXO 2 - Gráfico de desvio padrão</b>	52



## 1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais os consumidores exigem produtos ou serviços de alta qualidade, e para isso as empresas necessitam se adaptar e caminhar junto a evolução do mercado. Não há apenas um conceito para qualidade, diversos autores buscam elencar pontos-chaves e a defini-la. Para Deming qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente. Já segundo Crosby (1992) qualidade é a conformidade com os requisitos, ou seja, ou há ou não há conformidade.

Ao iniciar um programa de qualidade, a empresa deve se preparar para assumir grandes desafios e mudanças, se necessário. A implantação de qualquer que seja o programa não é uma tarefa fácil, mas traz uma nova padronização na empresa que precisa da cooperação e motivação de todas as pessoas envolvidas na melhoria do processo, para resultados satisfatórios baseando-se em resultados de técnicas estatísticas, as quais surgem como elementos facilitadores na implementação, e por consequência visando obter melhoria contínua, conquista do mercado e satisfação do cliente (DAMINELLI, 2013; TRINDADE *et al.*, 2000).

Segundo Corrêa (2008), todo processo apresenta variações decorrentes de causas naturais, ou seja, dentro dos limites de controle. Porém, qualquer variação fora dos limites de controle, pode ser considerada como uma provável causa especial. Com uma investigação do problema, medidas corretivas serão tomadas a partir da constatação da provável causa especial.

A variabilidade do processo pode ser relacionada a desvios de qualidade, pois um processo fora do controle não consegue garantir a entrega de produtos com qualidade. Ou seja, para ter qualidade é necessária uma baixa variabilidade. Pode-se ressaltar que problemas na variabilidade não somente serão atrelados a maquinário, matéria-prima, mas a todo um conjunto, a exemplo da mão de obra, pois mesmo existindo um procedimento cada pessoa tende a executar a atividade a seu modo.

O Controle Estatístico do Processo (CEP) permite fazer alterações quando identificado um problema, melhorando o seu desempenho, para assim reduzir perdas e custos e gerar maior lucro e produtividade. O CEP é um conjunto de ferramentas utilizada para monitorar o processo no que se trata de qualidade, sendo um método preventivo para identificar variações significativas a fim de evitar que itens da produção

possuam qualidade insatisfatória garantindo a confiabilidade do produto terminado. O CEP é um sistema de decisão, mas que não vem a substituir a utilização de outras ferramentas que auxiliaram a isolar o problema, assim como a própria atuação das pessoas de maneira utilizarem suas experiências e proporem a melhor solução para sanar as causas especiais encontradas.

O objetivo geral desse trabalho foi propor gráficos de controle para o processo de produção de iogurtes de 170g, com auxílio das ferramentas da qualidade e metodologia CEP, almejando gerar uma ferramenta capaz de monitorar o processo de forma constante e com isso aumentar a qualidade do processo e do produto, e sanar em partes os atuais problemas de variação de peso líquido em uma de suas máquinas envasadoras.

Os objetivos específicos foram identificar quais as possíveis causas da variação do peso líquido dos produtos; verificar o comportamento dos atributos de qualidade através da análise estatística das variáveis de processo; detectar quais os problemas ao longo da cadeia de processamento necessitam ser priorizadas e propor melhorias quando o processo não estiver sob controle.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 QUALIDADE

Definir qualidade é um exercício desafiador. Segundo Gomes (2004), a qualidade é fácil de reconhecer, mas é difícil definir. De acordo com Reeves e Bednar (1994), não existe uma definição global e diferentes definições de qualidade surgem em diferentes circunstâncias, tornando-o um fenômeno complexo.

As definições sobre qualidade não são recentes. Há milênios, a noção de qualidade integra o cotidiano das pessoas (JÚNIOR; CIERCO; ROCHA, 2005). De acordo com os autores, no início da era industrial, apesar dos métodos rudimentares, a padronização era assegurada pelo próprio artesão durante a produção. Acrescenta Maximiano (2010), que o nível de exigência dos artesãos com seu próprio trabalho era alto, pois, nesta época, já tinham o objetivo de encantar o cliente.

Segundo Crosby (1992) qualidade é a conformidade com os requisitos, ou seja, ou há ou não há conformidade. Deste modo a qualidade pode ser considerada um conjunto de atributos que atendem os objetivos para qual o produto foi concebido dentro de suas especificações, tais como: segurança, confiabilidade, conforto, resistência, durabilidade entre outras que se deseja atender (SANTOS e LIMA, 2011).

Para Deming qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente (PUCCI, 2011). A qualidade baseia-se no ponto de vista de que produtos e serviços devem apresentar as especificações exigidas por aqueles que o usam, dessa forma proporcionando a satisfação do cliente (MONTGOMERY, 2004).

O termo qualidade pode ser definido de várias maneiras, onde dentro de um consenso, é entendida, como sendo empregada no controle de qualidade e na melhoria dos processos, fazendo uso de ferramentas estatísticas (DE PAULA et. al., 2017). Segundo, Avelino (2005), a qualidade relaciona – se a capacidade de atender às necessidades dos clientes, uma vez que para a maioria dos clientes, qualidade é referente apenas ao produto, esta visão é estabelecida através da adequação ao uso, isto é, há qualidade se o produto atende às expectativas e satisfaz o cliente, sem falhas.

## 2.2 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma ferramenta utilizada para monitorar o processo no que se trata de qualidade, sendo um método preventivo para identificar variações significativas a fim de evitar que itens da produção possuam qualidade insatisfatória garantindo a confiabilidade do produto final (MONTGOMERY, 2004).

O CEP visa buscar para a empresa os melhores processos produtivos, com a menor variabilidade possível, a fim de alcançar níveis mais satisfatórios de qualidade da produção. A melhoria destes processos significa não somente qualidade melhor, mas também custos menores e, portanto, maior rentabilidade para a empresa. Se a variabilidade no processo produtivo se apresenta alta e as especificações do produto não estão de acordo com o necessário, a qualidade torna-se cada vez mais difícil de ser atingida (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Dentre as principais vantagens de adotar o CEP na produção de bens e serviços citam-se o aumento da produção sob condições ótimas, redução da inspeção no fim da linha, redução de atrasos, redução do custo por unidade, redução do nível de defeituosos, redução de retrabalho, manutenção da eficiência operacional, eliminação de ajustes desnecessários, melhoria na qualidade, melhor conhecimento do processo e onde investir em melhorias (SOARES, 2001).

## 2.3 AS SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE

### 2.3.1 Gráfico de controle

Os gráficos de controle são utilizados para monitorar processos e sinalizar a presença de causas especiais. Segundo Montgomery (2004) o gráfico de controle é uma apresentação gráfica dos valores da característica da qualidade em análise, sendo uma ferramenta para o monitoramento da variabilidade e para avaliação da estabilidade de um processo. Um gráfico de controle consiste em uma linha central (LC), e duas outras linhas horizontais, chamadas de limite superior de controle (LSC) e limite inferior de controle (LIC).

Pontos amostrais presentes entre os limites de controle apontam que o processo se encontra sob controle estatístico, e não é necessária nenhuma intervenção. No entanto, um ponto que caia fora dos limites de controle deve ser interpretado como

evidência de que o processo está fora de controle. Detectada a presença de uma causa especial atuando sobre o processo, deve-se investigá-la e intervir para eliminá-la (CARVALHO, 2018).

O Western Electric Handbook (MONTGOMERY, 2004) sugere um conjunto de regras de decisão para identificar padrões não-aleatórios em gráficos de controle. Listamos essas regras a seguir:

- Um ponto se localiza fora dos limites de controle três sigma;
- Dois, em três pontos consecutivos, se localizam além dos limites de alerta de dois sigma;
- Quatro, em cinco pontos consecutivos, localizam-se a uma distância de um sigma ou mais em relação à linha central;
- Oito pontos consecutivos localizam-se de um mesmo lado da linha central.

Os objetivos do uso do gráfico de controle são: monitoramento do processo on-line permitindo correções imediatas, possibilita estimar parâmetros do processo de produção para saber a capacidade do processo, proporciona informações para melhorias e reduzir a variabilidade do processo (MONTGOMERY, 2004).

Sendo assim os gráficos de controle atuam identificando as causas que afetam o processo, que podem ser (SARMENTO, 2017):

- Causas comuns: atuam randomicamente no processo, causando variabilidade inerente, natural ao processo; e que são resultado de efeitos acumulativos ou de pequenas fontes ao longo do processo, mesmo quando o processo está trabalhando em condições normais de operação.
- Causas especiais: não são pequenas nem seguem um padrão randômico, sendo consideradas faltas operacionais, uma vez que o padrão normal de operação foi perturbado. Se um processo é afetado apenas por causas normais, ele é considerado um processo estável, uma vez que a variabilidade é a mesma ao longo da produção.

Existem dois tipos básicos de gráficos de controle: gráficos de controle para variáveis, quando a característica da qualidade é expressa por um número em uma escala contínua de medidas e gráficos de controle para atributos, no qual as amostras não podem ser mensuradas, sendo classificadas como itens conformes e não conformes (MONTGOMERY, 2004).

- **Gráficos de controle para variáveis**

A estrutura do gráfico de controle consiste na plotagem de três linhas e os pontos que representam as médias de pequenas amostras, de mensurações periódicas de alguma característica importante de um processo (peso, comprimento, volume, etc.), ou o número ou percentagem de peças defeituosas ou número de defeitos. As três linhas representam dois limites de controle, um superior (LCS) e o outro inferior (LCI), e uma linha central que representa o valor médio da característica de qualidade correspondente à situação do processo sob controle. Tradicionalmente, as linhas de controle ficam em uma distância de três desvios-padrão da média ou do alvo do processo ( $\mu \pm 3\sigma$ ). É bom ressaltar que, para determinação dos limites superior e inferior de controle, um pré-requisito é que a característica de qualidade deve-se seguir uma distribuição normal (ALECRIM, 2015).

Para a elaboração dos gráficos de controle, são necessários os cálculos dos limites inferior e superior de acordo com as fórmulas apresentadas na Figura 01. O gráfico determina a média das observações e o gráfico R a média das amplitudes, que é dada pela diferença entre o maior e o menor valor das observações. Os valores de  $A_2$ ,  $D_4$  e  $D_3$  são valores tabulados, que estão dispostos no Anexo 1 e 3.

**Figura 1** – Quadro dos tipos de gráficos de controle por variável e forma de calcular os limites do processo

TIPO DE GRÁFICO	GRÁFICO	FÓRMULAS LIMITES DE CONTROLE
$\bar{X}$ e R	Média	LSC= $\bar{X} + (A_2 \bar{R})$
		LIC= $\bar{X} - (A_2 \bar{R})$
	Amplitude	LSC= $D_4 \bar{R}$
		LIC= $D_3 \bar{R}$
$\bar{X}$ e s	Média	LSC= $\bar{X} + (A_3 \bar{s})$
		LIC= $\bar{X} - (A_3 \bar{s})$
	Desvio-padrão	LSC= $B_4 \bar{s}$
		LIC= $B_3 \bar{s}$
$\bar{X}_{média}$ e R	Mediana	LSC= $\bar{X}_{média} + (A_2 \bar{R})$
	Amplitude	LIC= $\bar{X}_{média} - (A_2 \bar{R})$
$\bar{X}_i$ e R	Valor Individual	LSC= $X + (2,66 \bar{R})$
		LIC= $X - (2,66 \bar{R})$
	Amplitude	LSC= $3,267 \bar{R}$
		LIC= 0

Fonte: Rebellato *et al.* (2006).

- **Gráfico de controle para atributos**

Proporção ou fração de defeituosos – Gráfico  $p$

A proporção de defeituosos quantifica quantos itens foram produzidos fora do padrão de qualidade. Para cada coleta de dados é calculado a fração de defeituosos:

$$P_i = \frac{n^\circ \text{ itens defeituosos}}{\text{total de amostras}} \quad (1)$$

A média de defeituosos é calculada assim:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m} \quad (2)$$

Onde:

$\bar{p}$  é média de defeituosos;

$p_i$  é a fração de defeituosos por coleta;

$m$  é a quantidade de coletas realizadas.

Antes de fazer os gráficos algumas condições devem ser atendidas:

$$(n_i \cdot \bar{p}) \geq 5$$

$$n_i \cdot (1 - \bar{p}) \geq 5$$

Onde,  $n_i$  representa o número de elementos em uma coleta de dados.

Satisfeita as condições, os limites são calculados:

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

$$LC = \bar{p} \quad (4)$$

$$LSC = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n_i}} \quad (5)$$

Com os limites de controle e as frações de defeituosos o gráfico  $p$  é gerado.

- **Gráfico número de defeituosos – NP**

O gráfico  $np$  é derivado do gráfico  $p$ ,  $np$  é o número de itens defeituosos em uma coleta de dados. É aplicado quando as coletas realizadas tem o mesmo número de amostras. Os limites de controle são calculados pelas fórmulas:

$$LSC = np + 3\sqrt{np \cdot (1 - p)} \quad (6)$$

$$LC = np \quad (7)$$

$$LIC = np - 3\sqrt{np \cdot (1 - p)} \quad (8)$$

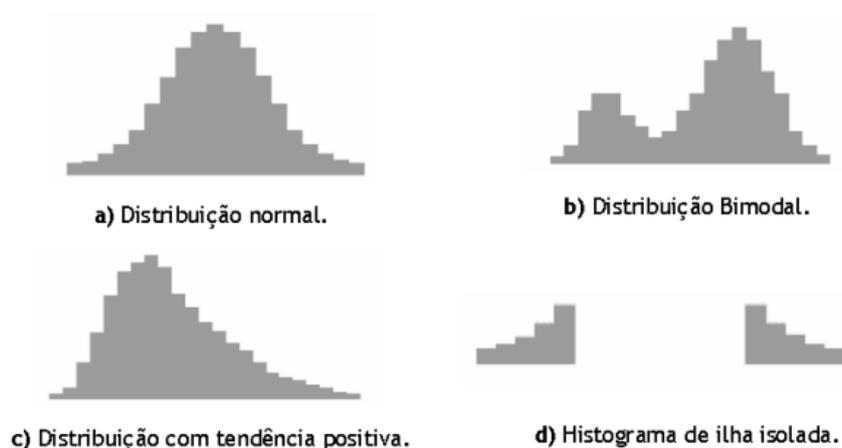
De forma análoga aos gráficos anteriores, plotando o número de defeituosos junto com os limites de controle, o gráfico de controle é gerado.

### 2.3.2 Histograma

Tabelas com grandes números de dados não dão ao leitor ideia do fenômeno. Por essa razão, os dados – desde que em grande número – podem ser apresentados em tabelas de distribuição de frequências e, graficamente, em histogramas, que compactam a informação. Sendo assim, histograma resume-se a um gráfico de colunas justapostas, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse. Para cada um destes intervalos é construída uma barra vertical, cuja área deve ser proporcional ao número de observações na amostra (CARVALHO, 2018).

A partir da construção destes gráficos é possível verificar a exposição de dados de variáveis através de suas distribuições de frequência, sendo possível se informar da distribuição dos valores e suas variações a depender do formato de distribuição do histograma, e quanto maior a amostragem maior o grau de confiança dos resultados. Com esse conhecimento, é possível manter um controle e ações para sua melhoria (COSTA, 2017). A Figura 2 demonstra exemplos de distribuição de histogramas.

**Figura 2** - Exemplos de distribuição de histogramas



Fonte: Costa (2017).

### 2.3.3 Folha de verificação ou *checklist*

A folha de verificação trata-se de um formulário que objetiva a coleta e registro de dados de maneira sistemática, permitindo rápida interpretação dos resultados com a intenção de inspecionar: para aceitar ou rejeitar o produto, monitorar: para acompanhar o desempenho de um processo e/ou controlar: para diminuir perdas.

Apresenta-se geralmente na forma de quadros, tabelas ou planilhas onde se deve estabelecer qual evento será estudado, qual a amostragem necessária, definir o período e a frequência durante o qual os dados serão coletados, construir um formulário claro e de fácil manuseio certificando-se de que todas as colunas estão claramente tituladas e que há espaço suficiente para registro dos dados, e finalmente, coletar dados consistentes e honestamente (SARMENTO, 2017).

### 2.3.4 Gráfico de Pareto

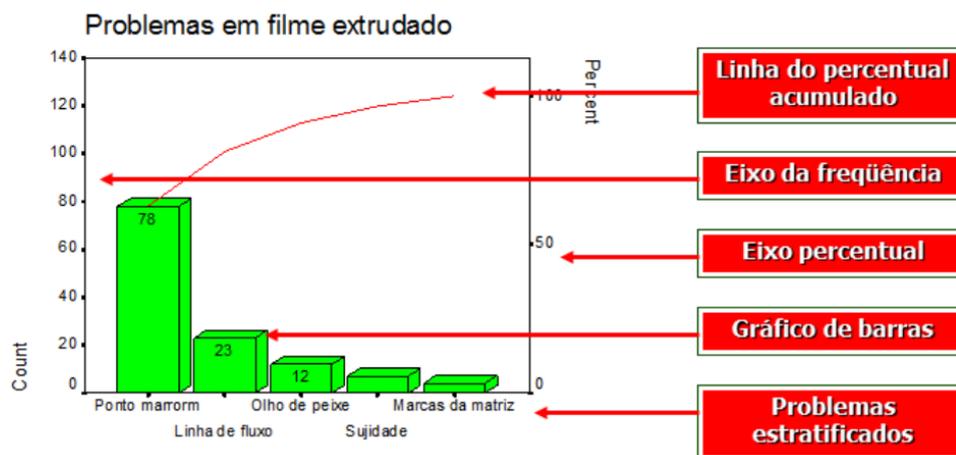
A análise de Pareto teve suas origens com o economista italiano Vilfredo Pareto, onde, constatou em seus estudos no século XVI, que cerca de 80% da riqueza mundial estavam nas mãos de 20% da população, representando os resultados de forma peculiar. Porém, essa proporção (80/20), entretanto, ocorre também com bastante frequência na análise de várias situações cotidianas das operações, por exemplo, cerca de 80% do valor dos estoques concentram-se em cerca de 20% dos itens estocados; 80% dos atrasos de entregas concentram-se em 20% dos fornecedores; 80% dos problemas de qualidade concentram-se em 20% dos itens fabricados ou 80% das falhas ocorrem

devido a 20% das causas prováveis dessas falhas. Claro que essa afirmação não ocorre em todos os casos em que se aplica o diagrama de Pareto, mas, certamente, é uma máxima associada a esta ferramenta da qualidade (MARTINS, 2018).

Constatações desse tipo levaram Joseph M. Juran a propor, na década de 60, a análise de Pareto como forma de “separar os poucos elementos vitais” em uma análise. Sendo assim, a ferramenta possui a finalidade de identificar a frequência dos registros ou ocorrências de um processo, sempre do maior índice para o menor, permitindo assim, as priorizações em relação às ações que devem ser realizadas. O gráfico é composto por barras decrescentes, cada barra representando a frequência com que ocorre um erro em um processo (SARMENTO, 2017).

Um exemplo representativo do gráfico de Pareto pode ser visualizado na Figura 3, onde é possível inferir que cerca de 80% dos problemas evidenciados ocorrem devido a 20% das causas.

**Figura 3** - Representação do gráfico de Pareto



Fonte: CENTREIND (2019).

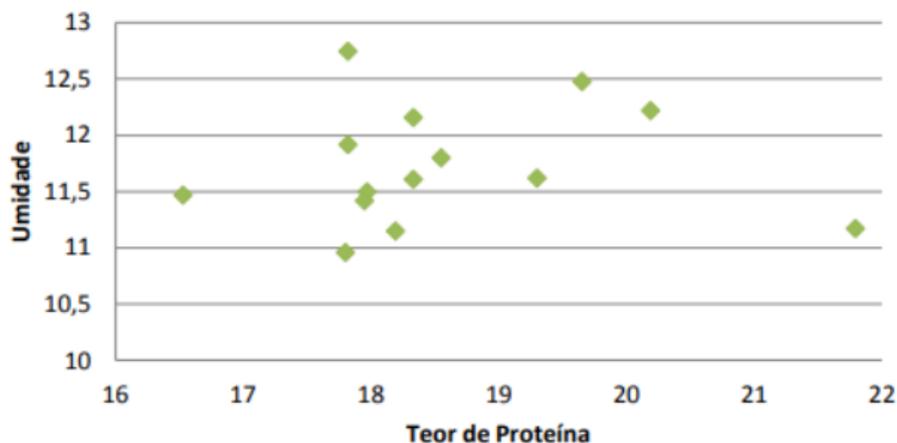
### 2.3.5 Gráfico de dispersão

O diagrama de dispersão ou gráfico de correlação é formado a partir da folha de verificação e busca identificar correlações entre dois analitos indicando ou não a existência de relações entre variáveis de um processo e sua intensidade, representando duas ou mais variáveis uma em função da outra. Deve ser usado quando se necessita visualizar o que acontece com uma variável quando outra variável se altera, podendo identificar uma possível relação de causa e efeito entre elas (MATOS, 2018).

Tendo em vista que a compreensão do tipo de relação existente entre as variáveis contribui para aumentar a eficiência dos métodos de controle do processo, para facilitar

a detecção de possíveis problemas e para o planejamento das ações de melhorias a serem adotadas (CARVALHO, 2018). Um exemplo de gráfico de dispersão pode ser visualizado na Figura 4.

**Figura 4** - Representação do Gráfico de dispersão.



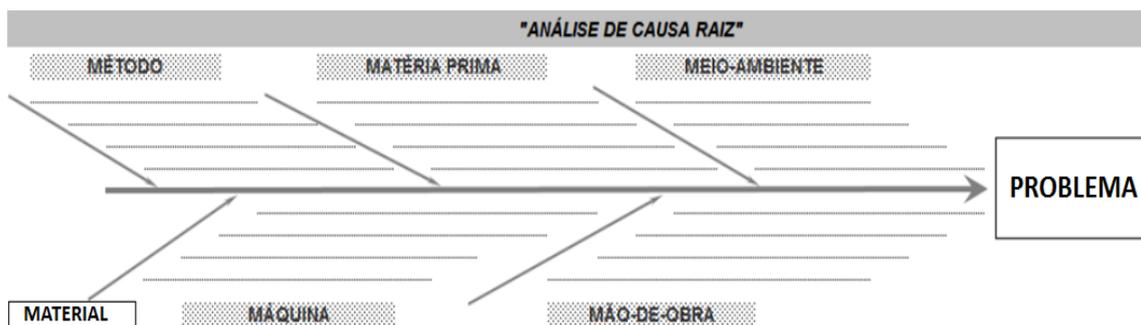
Fonte: Fabris (2014).

### 2.3.6 Diagrama de Ishikawa ou Causa e efeito

Werkema (1995) define Diagrama de Causa e Efeito como uma ferramenta da qualidade capaz de demonstrar a relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores do processo (causas) que podem, por razões técnicas, influenciar no resultado considerado. É conhecido também como gráfico de Ishikawa (quem o criou, em 1943) ou como gráfico de espinha de peixe, por ter uma forma similar a uma espinha de peixe.

A composição do diagrama de Ishikawa considera que os problemas podem ser classificados em seis tipos diferentes de causas, também chamados de 6M's que são: o método (utilizado para executar o trabalho), a máquina (que pode ser a falta de manutenção ou a operação errada da mesma), a medida (as decisões sobre o processo), o meio ambiente (qualidade ou não do ambiente corporativo), a mão-de-obra (refere-se ao nível de qualificação do executor do processo) e o material (baixo nível da qualidade da matéria-prima usada no processo) (SARMENTO, 2017).

O diagrama é conhecido como espinha de peixe devido ao seu formato onde o eixo principal representa o fluxo de informações e as espinhas e convergem para ele são as contribuições secundárias para a análise, ou seja, as causas, como demonstrado na Figura 5.

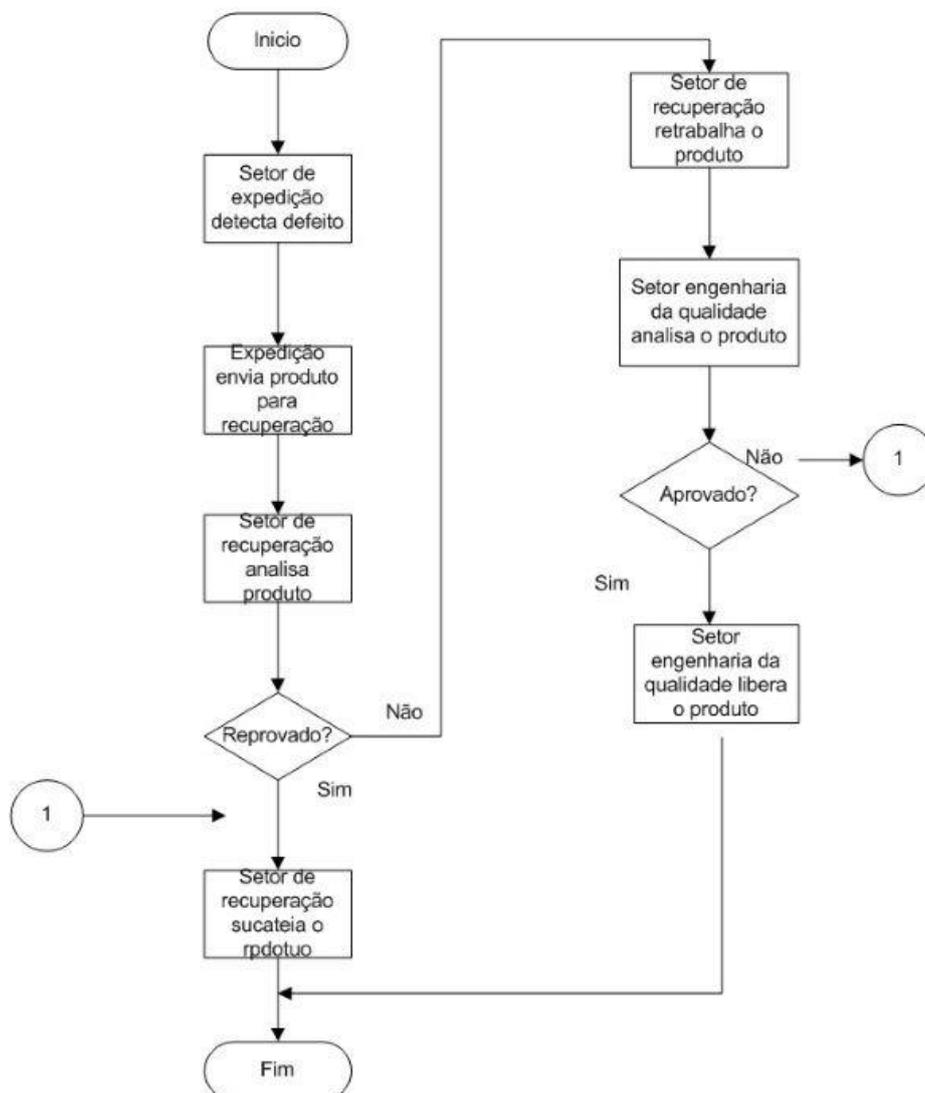
**Figura 5** - Diagrama de Ishikawa

**Fonte:** Adaptado de Sarmento (2017).

### 2.3.7 Fluxograma

Segundo Oliveira (2013), o fluxograma consiste na representação gráfica que, utilizando de diferentes formas geométricas representativas, apresenta a sequência de um trabalho de forma analítica, caracterizando as operações, os responsáveis e/ou unidades organizacionais envolvidas. Ainda elucida as várias etapas de processos, facilitando o entendimento, a identificação de gargalos e de pontos de melhoria.

Cruz (2013, p. 115) entende por fluxograma uma técnica que pode assumir diversas nomenclaturas, formas e pequenos detalhes distintos, mas que não invalidam a ideia geral de 'desenhar o fluxo' de processos, que consiste no significado etimológico da palavra fluxograma. Para Cruz (2013), fluxograma é a representação da sequência de operações de um processo, como demonstrado na Figura 6.

**Figura 6 - Exemplo de fluxograma**

Fonte: Martins (2015).

## 2.4 ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO

Para Rotondaro (2002), o controle estatístico tem por objetivo conhecer a estabilidade do processo estudado, monitorando seus parâmetros ao longo do tempo. No estudo de capacidade do processo, a questão colocada é bem mais específica.

Para um processo cujo comportamento seja conhecido, pode-se dizer que ele é capaz de produzir itens ou prestar o serviço segundo as especificações determinadas pelo cliente. De acordo com Werkema (1995) é possível que mesmo um processo com variabilidade controlada e previsível produza itens defeituosos, devendo-se avaliar a capacidade do processo em atender às especificações estabelecidas.

Segundo Mucidas (2010) os índices de capacidade são valores adimensionais, que possibilitam qualificar o desempenho do processo, independente do que se esteja produzindo. A utilização dos mesmos está vinculada à existência do controle estatísticos do processo e à normalidade da distribuição da variável analisada.

De acordo com Vilaça (2010), o índice de capacidade é útil na tomada de decisão para verificar se o processo se encontra adequado as especificações exigidas do processo.

Um processo que está sob controle estatístico tem a capacidade de gerar produtos de maneira consistente e com a mínima variabilidade possível, o que não implica atendimento às exigências ou especificações do produto (MONTGOMERY, 2004).

Os índices de capacidade mais utilizados são  $C_p$  e  $C_{pk}$ . O índice de Capacidade  $C_p$  deve ser aplicado quando o processo está centrado no valor nominal (valor alvo). Entretanto, se o processo não estiver centrado, sua capacidade real será menor do que a indicada por  $C_p$ . Portanto, é conveniente pensar em  $C_p$  como uma medida de capacidade potencial, isto é, a capacidade de um processo centrado no valor nominal. Se o processo não estiver centrado no valor nominal da especificação, deve ser utilizado o índice  $C_{pk}$ . Pois se o processo não estiver centrado, sua capacidade real será menor do que a indiada pelo  $C_p$ .

Segundo Montgomery (2004)  $C_p$  mede a Capacidade Potencial do processo, ao passo que o índice  $C_{pk}$  mensura a Capacidade Efetiva. Para o Cálculo dos Índices  $C_p$  e  $C_{pk}$  apresentados na Figura 07, para tanto, faz-se necessário o uso dos Limites de Especificação do processo e o seu desvio padrão.

**Figura 07** – Cálculos dos Índices de Capacidade

	FÓRMULAS
Índice de Potencial do Processo (Cp)	$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$
Porcentagem da Faixa de Especificação (P)	$P = \frac{1}{C_p} \cdot 100$
Índice do Desempenho do Processo (Cpk)	$C_{pk} = \min(C_{ps}, C_{pi})$ $C_{ps} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}$ $C_{pi} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma}$

Após o cálculo dos índices é necessário a análise dos mesmos que se dará a partir de uma regra prática, conforme Montgomery (2004), definido em três intervalos de referência, como mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1** - Análise do Índice de Capacidade do Processo Cp

VALOR DE CP	CLASSIFICAÇÃO	SINAL
$C_p < 1$	INCAPAZ ou INADEQUADO	VERMELHO
$1 \leq C_p \leq 1,33$	SATISFATÓRIO ou ACEITÁVEL	AMARELO
$C_p \geq 1,33$	CAPAZ ou ADEQUADO	VERDE

Fonte: Adaptado de Montgomery (2004) e Soares (2001)

## 2.5 QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Com o desenvolvimento do setor agropecuário as indústrias de laticínios vêm ganhando espaço por ser um segmento que corresponde cerca de 10% do faturamento

do setor, considerado o quinto colocado no ranking de faturamento dos principais setores da indústria da alimentação (ABIA, 2016).

No âmbito do tamanho do mercado interno para lácteos e seu potencial, o Brasil se destaca no panorama mundial com uma população de 191 milhões de habitantes, devendo atingir 200 milhões nos próximos três ou quatro anos. Isso equivale à soma da população da Alemanha, França e Espanha em conjunto. Além disso, o consumo per capita de lácteos ainda é baixo para o padrão de países mais desenvolvidos, o que indica uma grande oportunidade de crescimento (CARVALHO, 2010).

A preocupação com relação à segurança alimentar, por parte das entidades governamentais brasileiras também ocorre a nível mundial, pois, sabe-se que, muitos agentes de natureza biológica, física e/ou química, podem vir a causar doenças nos seres humanos e nos animais, gerando prejuízo à saúde pública, em países de qualquer nível de desenvolvimento econômico (BRUM, 2004). Entre as principais ferramentas da qualidade utilizadas pelas indústrias lácteas destaca-se: Boas Práticas de Fabricação (BPF), Boas Práticas de Higiene (BPH), Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO), Manejo Integrado de Pragas (MIP) e Análise de Perigos e Pontos Críticos do Processo (APCC).

Além disso, segundo Santos e Lima (2011) as empresas também podem optar entre diferentes sistemas de controle da qualidade, dependendo de sua estrutura e cultura organizacional, os quais possuem atividades desde a concepção dos novos produtos à distribuição e consumo.

No âmbito legislativo, para a garantia de alimento seguro foi criada a Codex Alimentarius que é um fórum internacional de normalização de alimentos estabelecido pela Organização das Nações Unidas por meio da Organização para Alimentação e Agricultura (FAO) e Organização Mundial da Saúde (OMS), com a finalidade de proteger a saúde do consumidor e equiparar práticas de comércio regional e internacional de alimentos, abrangendo normas sobre aditivos alimentares, resíduos de pesticidas e medicamentos veterinários, contaminantes, rotulagem, classificação, amostragem e análises de riscos. (XX)

Conforme Hajdenwurcel (2004) as BPF devem contemplar alguns pré-requisitos básicos, como: controle integrado de pragas; higiene e conservação das instalações, equipamentos e utensílios; tratamento do lixo; produção primária; qualidade e recebimento de matéria prima e ingredientes; armazenamento de matérias-primas e

ingredientes; projeto sanitário dos equipamentos; manutenção preventiva dos equipamentos; limpeza e desinfecção de equipamentos e utensílios; calibração de instrumentos; programa de recolhimento (recall); garantia de controle da qualidade; procedimentos sobre reclamações dos consumidores; transporte e programa de capacitação técnica (TONINI, 2014).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA**

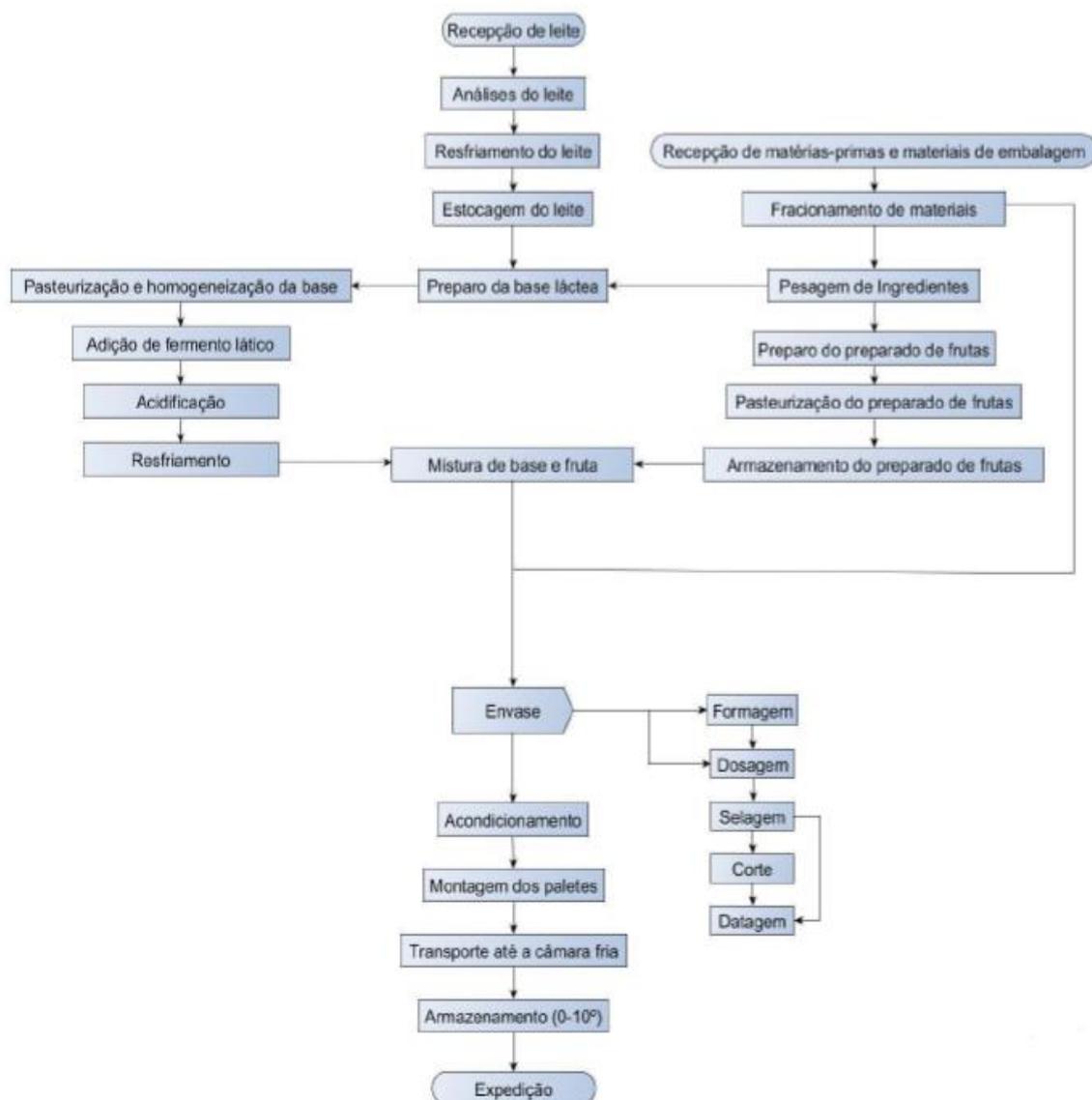
A *Dairy Partners Americas* (DPA) significa parceiros em laticínios nas Américas, a empresa foi resultado da parceria entre duas gigantes no mercado lácteo, a Fonterra, cooperativa da Nova Zelândia e maior exportadora mundial de lácteos e a Nestlé, maior empresa de nutrição, saúde e bem-estar do mundo. Assim, essas empresas estabeleceram uma união, definida como *joint-venture*, na qual foi fundada em 2003.

A unidade do município de Garanhuns-PE, sob SIF de n °280, inicialmente contava somente com uma réplica de uma das linhas da planta de Araras-SP responsável pela produção de somente 1 *Stock Keeping Unit* (SKU). Entretanto, ao longo dos últimos anos vem melhorando e expandindo suas instalações em função da demanda regional. Em 2018 a unidade passa a produzir 27 SKU, entregando aos Centros de Distribuição (CDs) uma maior variedade de marcas (COSTA, 2018).

##### **3.1.1 Linhas de Produção**

Atualmente a fábrica conta com 7 linhas de envase em operação, as quais permitem o envase de iogurtes, bebidas lácteas, leite fermentado, além do envase de sachês de leite em pó. A operação ocorre 24 horas por dia nos 7 dias da semana e conta com 3 turnos de trabalho, totalizando mais de 250 colaboradores.

De maneira que a planta de Garanhuns recebe as formulações e ordens de produção da planta de Araras e, a partir daí, inicia-se o fluxo de produção, o fluxograma está ilustrado na Figura 8.

**Figura 8** - Fluxograma de Produção DPA Nordeste

**Fonte:** (COSTA, 2018).

O Quadro 1 descreve os produtos produzidos na fábrica de Garanhuns-PE, sendo eles lácteos fermentados das classificações iogurte, leite fermentado, bebidas lácteas fermentadas e o envase de leite em pó.

Quadro 1 – Produtos fabricados e envasados na DPA Garanhuns

Marcas	Produtos	Descrição
		<p>Iogurte Integral com Preparado de Frutas e Cereais</p> <p>Embalagem 540 g</p>
		<p>Iogurte Parcialmente Desnatado com Preparado de Frutas e Cereais</p> <p>Sabores: Morango e Maçã Banana</p> <p>Embalagens 170 e 900 g</p> <p>Obs.: Embalagens de 900 g somente para o Ninho Maçã Banana</p>
		<p>Leite Fermentado com Preparado de Fruta</p> <p>Sabor: Morango</p> <p>Embalagens: 170 e 900 g</p> <p>Bebida Láctea Fermentada</p>
		<p>Bebida Láctea Fermentada com Preparado de Frutas</p> <p>Sabores: Morango e Vitamina</p> <p>Embalagem: 540 g</p>

Marcas	Produtos	Descrição
		<p>Iogurte Parcialmente Desnatado com Preparado de Frutas/Calda de morango</p> <p>Sabores: Cenoura, Laranja, Mel e morango</p> <p>Embalagem: 170 g e 150 g</p>
		<p>Iogurte Parcialmente Desnatado com Preparado de Frutas</p> <p>Sabores: Morango e Vitamina</p> <p>Embalagens: 170, 900 e 1250 g</p>
		<p>Bebida Láctea Fermentada</p> <p>Sabores: Morango, Uva e Citrus</p> <p>Embalagens: 80 g</p>
		<p>Iogurte Parcialmente Desnatado com Preparado de Frutas</p> <p>Sabor: Morango</p> <p>Embalagens: 170 e 850 g</p>
		<p>Bebida Láctea Fermentada com Preparado de Frutas e Cereal</p> <p>Sabores: Mamão, Maça e Morango</p> <p>Embalagem: 540 g</p>



### 3.3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O problema estudado é a variação do peso em uma das linhas de iogurtes da DPA Garanhuns, de maneira a detectar falhas de sobredosagem ou ainda peso baixo dos produtos fabricados, neste caso os iogurtes de 170g.

A envasadora em estudo é uma máquina de estrutura mais antiga, por isso o estudo pretende detectar as principais causas das possíveis variações, além de elencar eventuais falhas na produção.

### 3.4 AMOSTRAGEM

Foi realizada a amostragem sistemática para coleta das garrafas de iogurtes na linha de produção, e então gerar os gráficos de controle da variação do peso líquido e para os gráficos de controle para atributo embalagem.

Para realizar a amostragem foram verificadas quantas garrafas de iogurtes eram produzidas em 10 minutos. Calculou-se o R, que representa a razão da produção total em uma hora pela quantidade de amostras retiradas. Foi fixado o número de 05 garrafas para compor uma amostra:

$$R = \frac{\text{(População)}}{\text{(Amostra)}} = \frac{\text{Total de bebida produzida}}{\text{Total de bebidas analisadas}} \quad (28)$$

Em seguida foi sorteado um número aleatório k entre 01 e R. A sequência de amostras de garrafa foi determinada da seguinte maneira:

Garrafa 01: k

Garrafa 02: k + R

Garrafa 03: (k + R) + R

Garrafa 04: ((k + R) + R) + R

Garrafa 05: (((k + R) + R) + R) + R

Foi feita uma regra de três simples para determinar qual o tempo exato em minuto/segundo que deveria ser retirada a amostra de produto na linha, a partir da sequência gerada.

### 3.4.1 Gráficos de controle

Foram utilizadas 30 amostras, contendo 5 garrafas em cada amostras, de dados para implementar os gráficos de controle e mais 5 amostras, tbm contendo 5 garrafas, para monitorar o processo produtivo, onde cada colet. Os gráficos de controle para média ( $\bar{X}$ ) e amplitude (R) foram feitos para a variável peso líquido dos iogurtes. O gráfico para atributos (C) foi feito para números de defeitos na amostra, defeitos mostrados no Quadro 2. Esses gráficos foram desenvolvidos no software *Excel*.

**Quadro 2** - Check-list para coleta de dados de atributo

Checklist para avaliação de envasamento - SERAC						
Produto:		Linha:	Serac	Peso:	170g	Data:
Avaliação qualitativa do produto						
Nº da amostra:		2"	4"	6"	8"	10"
Detecção de defeitos de fabricação						
Produto está selado corretamente?						
Lote e informações de validade estão sendo impressas?						
Garrafa está limpa?						
Garrafa apresenta partes amassadas?						
Nº da amostra:		2"	4"	6"	8"	10"
Detecção de defeitos de fabricação						
Produto está selado corretamente?						
Lote e informações de validade estão sendo impressas?						
Garrafa está limpa?						
Garrafa apresenta partes amassadas?						
Legenda: C: conforme; NC: Não conforme; N/A: Não aplicável.						
Obs.:						

Fonte: O autor, 2019.

Foram gerados gráficos de controle e de monitoramento tanto para as variáveis peso líquido dos iogurtes e para os atributos das embalagens. Quando os pontos coletados são plotados para gerar gráficos de controle, nem sempre se consegue um padrão aleatório dos dados na primeira tentativa. Esse trabalho vai mostrar todas as tentativas necessárias para cumprir as exigências mostradas no item 2.3.1, até a obtenção do gráfico de controle ideal para variáveis e atributos.

Com base na análise das pesagens aplicaram-se algumas ferramentas do controle estatístico da qualidade, sendo elas Diagrama de Causa e Efeito, utilizando o software Minitab, e Gráfico de Controle. Estas ferramentas auxiliaram na tentativa de explicar as variações do peso do iogurte de morango 170 g.

## 4 RESULTADOS

As pesagens realizadas na empresa foram utilizadas para calcular os limites de controle e os pontos foram plotados em busca de formarem um padrão aleatório de distribuição. Entretanto, esse padrão não é necessariamente obtido na primeira plotagem dos pontos, e com isso os pontos que não estavam segundo com as recomendações do Western Electric Handbook (ver seção 2.3.1), precisaram ser excluídos e assim novos limites foram calculados, gerando gráficos mais apropriados ao padrão aleatório do processo da empresa.

A análise dos gráficos de controle para as variáveis ocorreram em par, isto é, foram vistos os pontos dos gráficos de controle de média e de amplitude (amplitudes móveis), onde estes devem ser aleatórios e com os pontos distribuídos entre os limites de controle.

Após a definição dos gráficos de controle mais adequados, seguiu-se para a etapa de monitoramento, com intuito de observar se a produção está sendo conduzida de maneira aleatória e sem causas especiais de variação, ou seja, qualquer alteração no comportamento do padrão aleatório do gráfico é um indício de que causas atribuíveis ou especiais estão presentes no processo e as mesmas precisam ser contornadas para que o processo volte a ser conduzido novamente sob controle.

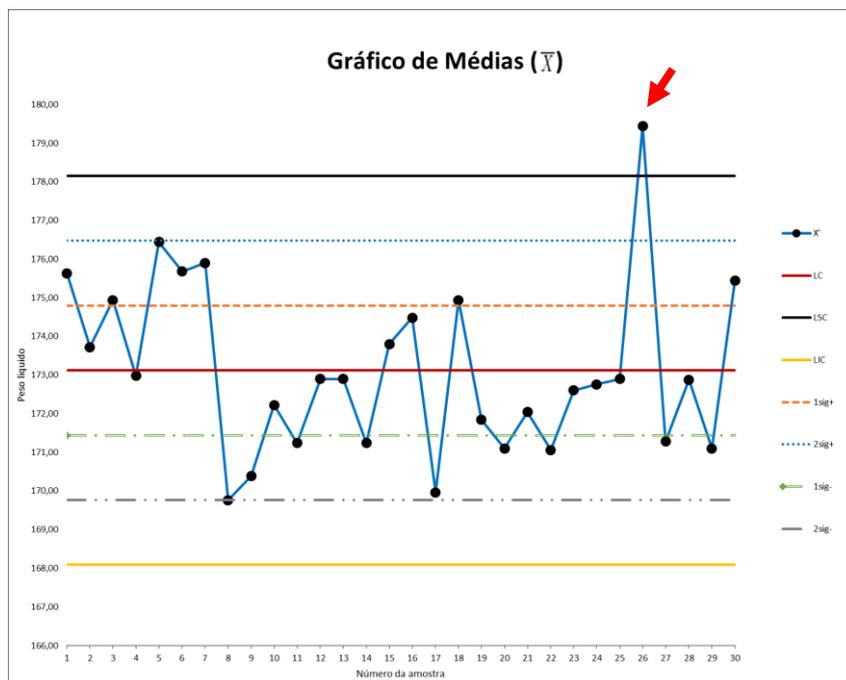
### 4.1 GRÁFICOS DE CONTROLE

#### 4.1.1 Gráficos para média $\bar{X}$ e amplitude R para a variável peso líquido do iogurte (170 g)

Os gráficos plotados foram embasados no acompanhamento da produção de iogurtes de 170g, sabor morango.

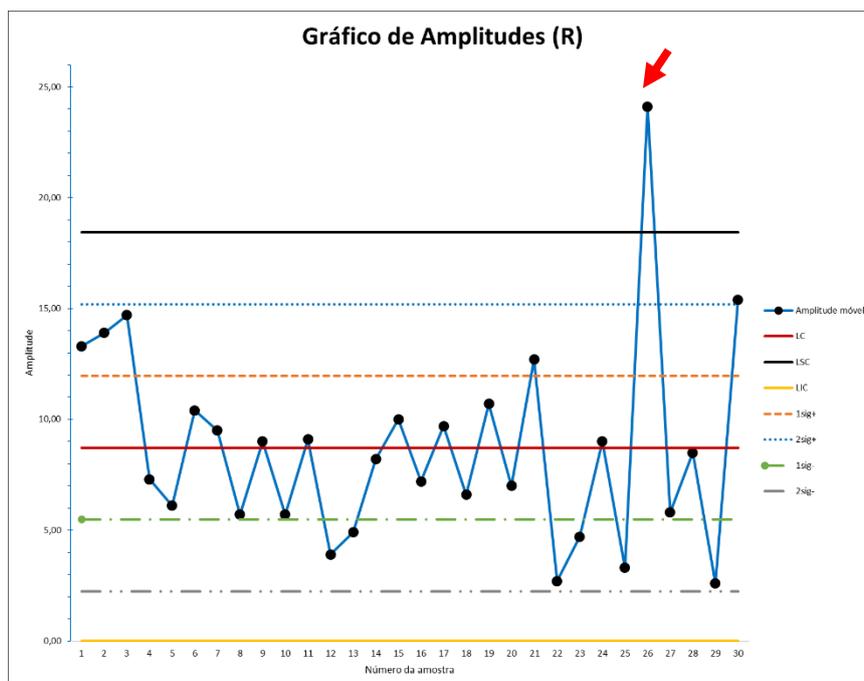
Os gráficos de média ( $\bar{X}$ ) e de amplitudes (R) alcançaram um padrão aleatório na segunda plotagem. As Figuras 10 e 11 dispõem os gráficos antes de estabelecer o gráfico de controle onde não detecte-se a presença de causas especiais que precisem ser eliminadas.

**Figura 10** - Gráfico de controle de médias para o peso líquido dos iogurtes produzidos, com ponto fora do limite de controle superior



O ponto 26, apresentou-se anômalo em todos os gráficos, durante as pesagens ocorreu uma sobredosagem, gerando vazamento e peso acima do permitido pela empresa.

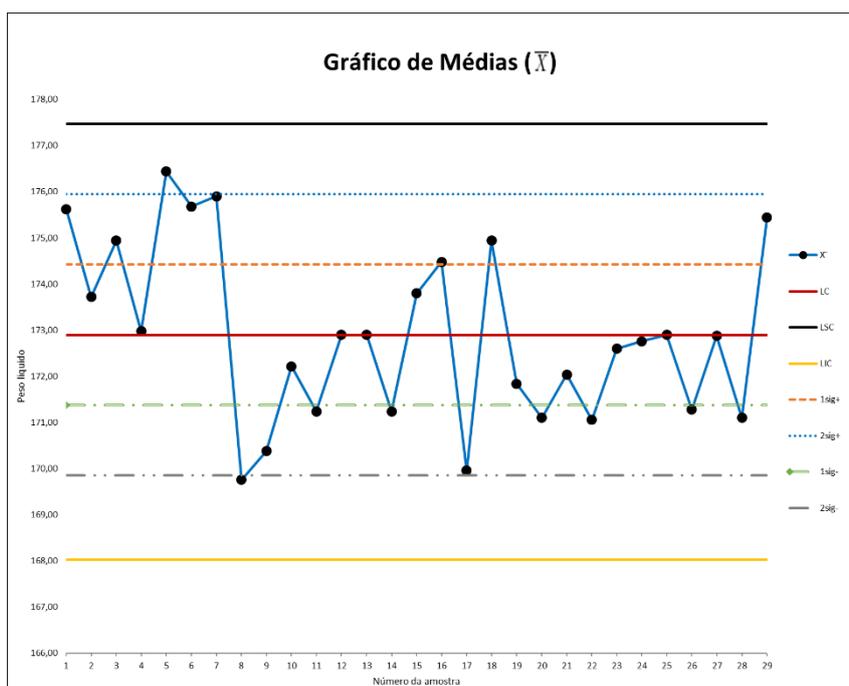
**Figura 11** - Gráfico de controle as amplitudes para o peso líquido dos iogurtes produzidos, com ponto fora do limite de controle superior



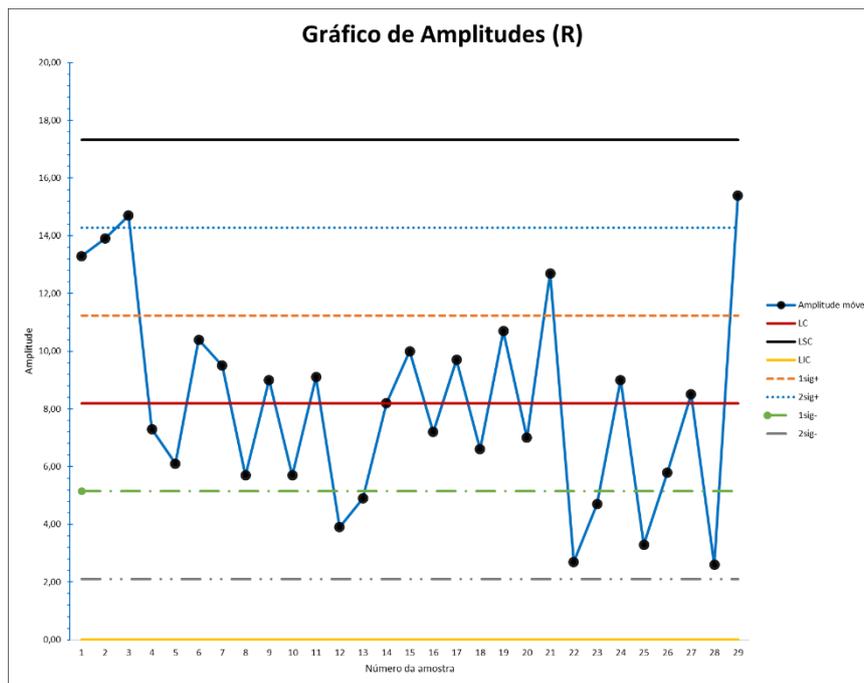
Como verificado no gráfico um ponto estava em alerta, podendo ser comprovado que os limites estabelecidos não atendem ao processo e, portanto, não servirão como base de controle para a avaliação. Com base nisso, é necessário rever esses limites, através dos limites tentativos, ou seja, retiram-se os pontos em alerta no processo e elabora novo gráfico com os demais dados.

Os novos gráficos a partir dos limites tentativos estão mostrados nas Figuras 12 e 13. Percebe-se que a faixa entre os limites de controle para a média (Figura 12) ficou um pouco mais estreita, contudo o processo apresenta-se dentro dos limites de controle, não sendo observado nenhum dos pontos com tendência a alerta e, portanto, o processo encontra-se sob controle estatístico, podendo ser utilizado como padrão para monitorar o processo de envase de iogurte para os meses subsequentes.

**Figura 12-** Gráfico de controle de médias para o peso líquido dos iogurtes produzidos

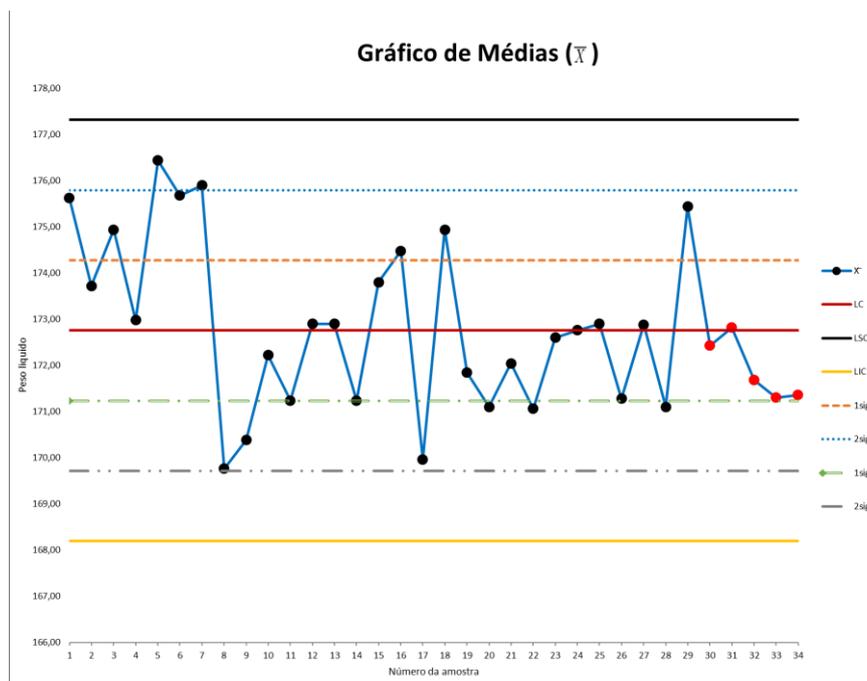


**Figura 13** - Gráfico de controle as amplitudes para o peso líquido dos iogurtes produzidos

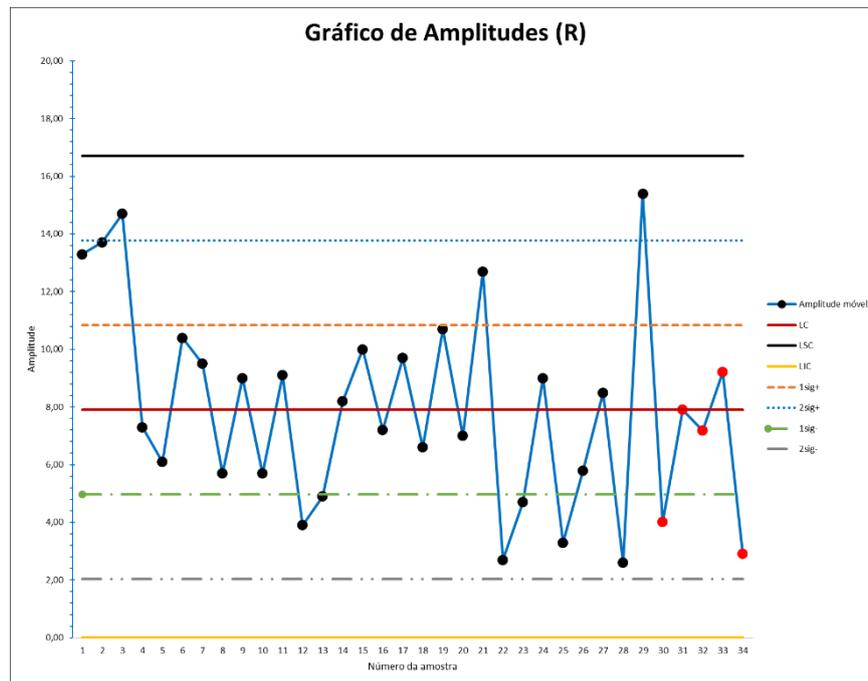


Após elaborar os gráficos de controle acima, iniciou-se a etapa de monitoramento, onde foram monitorados cinco dias de produção. Os gráficos para monitoramento estão nas Figuras 14 e 15.

**Figura 14** - Gráfico de monitoramento das médias para o peso líquido dos iogurtes produzidos, monitoramento nos pontos vermelhos.



**Figura 15-** Gráfico de monitoramento das amplitudes do peso líquido dos iogurtes produzidos, monitoramento nos pontos vermelhos.



Analisando os gráficos de controle 14 e 15 é possível observar que o processo se encontra sob controle estatístico, já que os dados estão dentro dos limites de especificação, apresentando um padrão aleatório e dentro dos limites de controle.

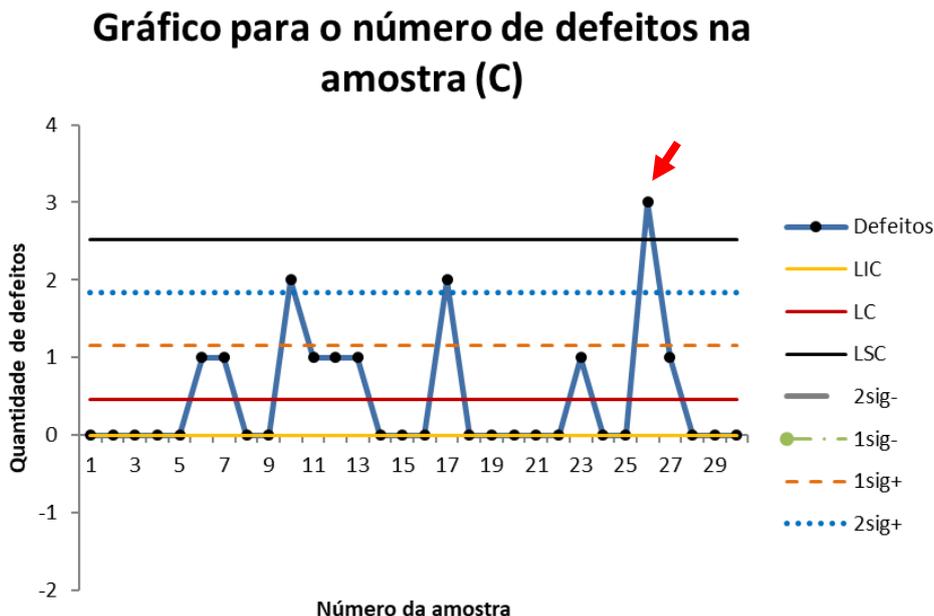
#### 4.1.2 Gráficos de controle e monitoramento para os atributos número de defeitos na amostra (C)

Os atributos avaliados nesses gráficos foram:

1. Produto está selado corretamente?
2. Garrafa apresenta partes amassadas?
3. Lote e informações de validade estão sendo impressas?
4. Garrafa está limpa?

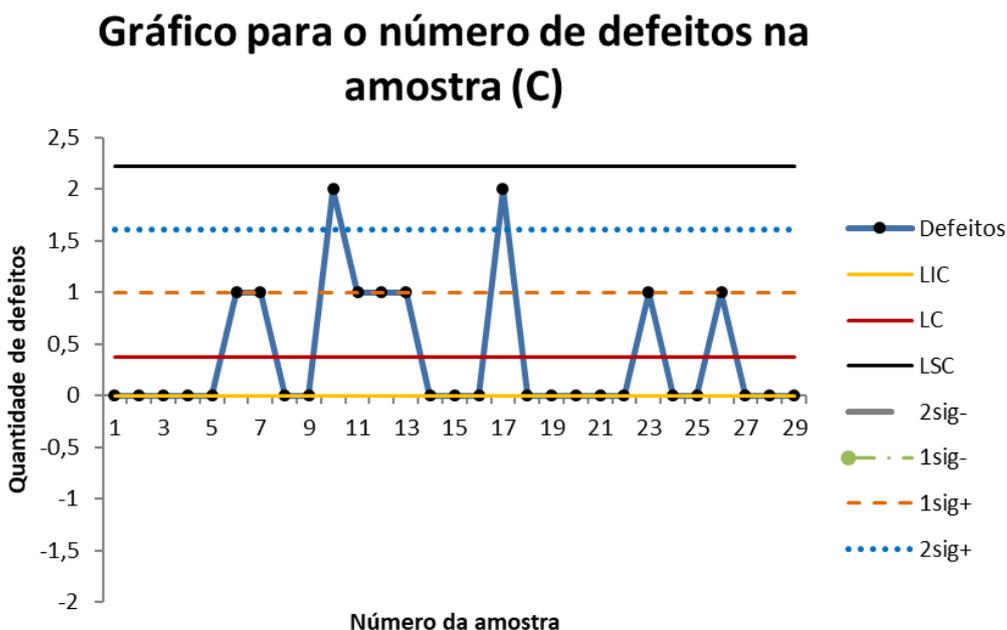
O gráfico de controle para o número de defeitos por amostra foi obtido na segunda tentativa. Na primeira tentativa um ponto encontrava-se acima do limite superior de controle, uma vez retirado obteve-se o gráfico da Figura 16.

**Figura 16** - Tentativas de construção de gráfico de controle para números de defeito por amostra, em busca de um padrão aleatório.



O gráfico de controle com padrão aleatório e pontos dispostos entre os limites de controle, está em Figura 17:

**Figura 17**- Gráfico de controle para número de defeitos na amostra.

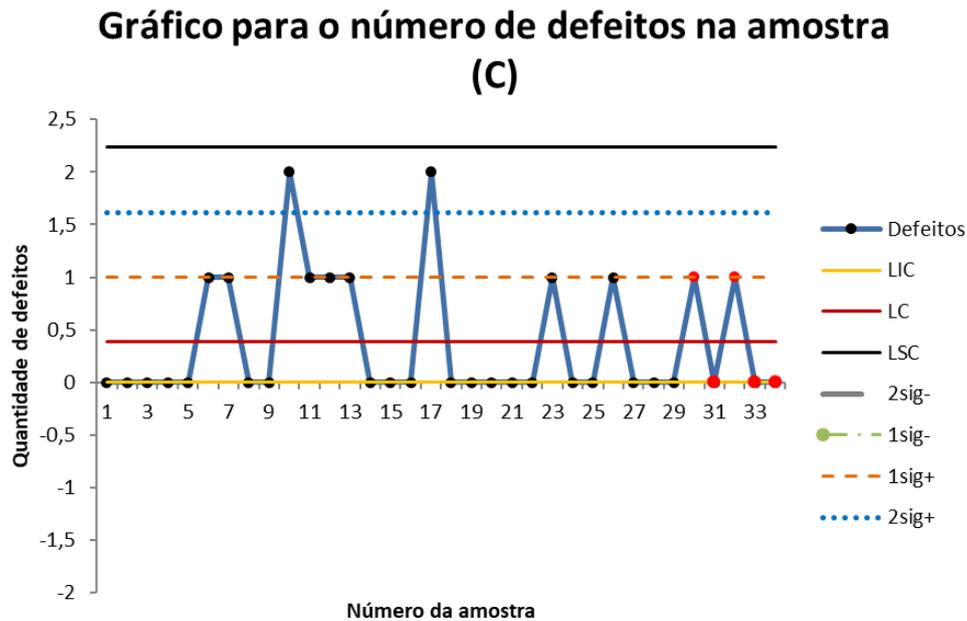


A partir do gráfico 17 obtém-se que a média de defeitos por amostra é de 0,38 defeitos. O defeito que mais foi verificado foi problema quanto a selagem do produto.

Sendo necessário que se estude o que pode estar implicando nessas falhas e assim diminuam-se as perdas de produtos.

O monitoramento foi realizado em cinco coletas de dados, dispostas na cor vermelha, Figura 18.

**Figura 18** - Gráfico de monitoramento para número de defeitos na amostra



Todas as variáveis analisadas estão sob controle, dentro das condições que a empresa mantém de produção. Porém, é importante que a indústria mantenha o monitoramento de maneira a entregar o peso líquido descrito, assim como evitar desperdício de produto em razão do sobrepeso verificado em algumas amostras.

Qualidade é sinônimo de baixa variabilidade, ou seja, uma vez que se consiga manter essa sincronia é possível diminuir consideravelmente as perdas atreladas ao processo, assim como gerar um aumento da produtividade. Nesse sentido de diminuição de variabilidade é possível alcançar maior controle do processo, além de diminuição dos custos, pois as causas das perdas podem ser corrigidas.

## 4.2 ANÁLISE DE CAPACIDADE DO PROCESSO

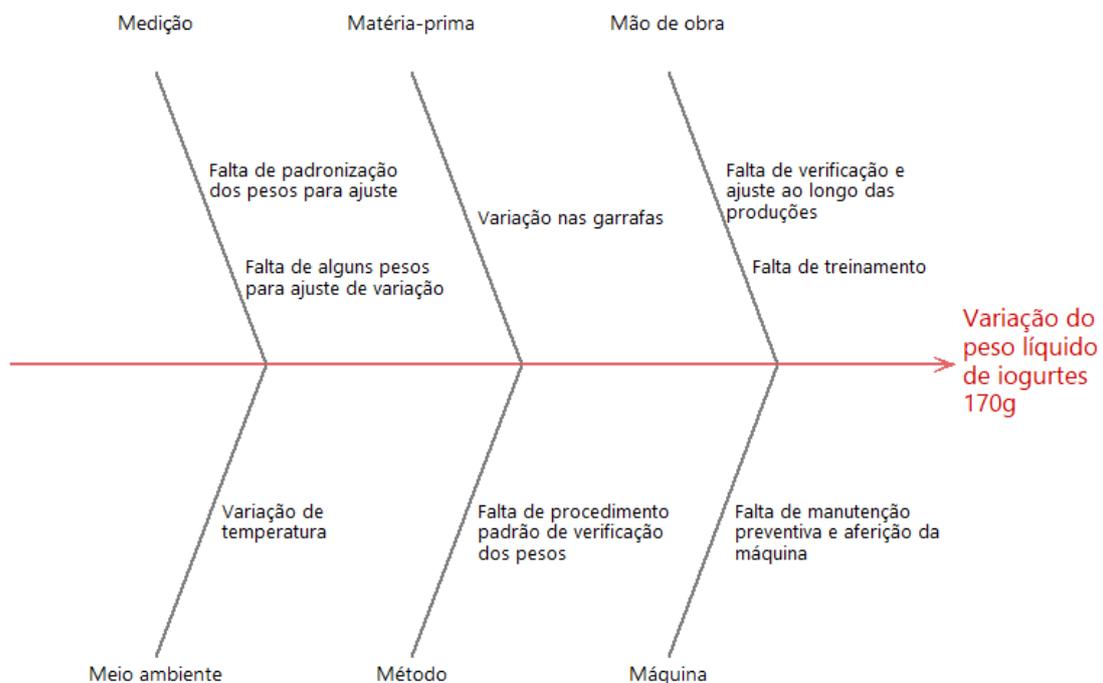
Um processo estável não indica que o processo é capaz, por isso é importante verificar a Capabilidade ou Capacidade do processo (DAMINELLI, 2013). Conforme se calculou os  $C_p$  e o  $P$  foi visto que o processo é incapaz de atender as especificações do produto, isto considerando os LSC, 171,7 e LIC, 168, vigentes na empresa.

Caso altere-se os limites de especificação superior de 171,7 para 178,15, o índice de capacidade será 1,07, tornando o processo satisfatoriamente capaz. Mexer tanto para cima como para baixo

## 4.3 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

Com o objetivo de conhecer as causas especiais que existem na variação do peso do iogurte sabor morango de 170 g foi desenvolvido um diagrama de causa e efeito (Figura 19), baseado nas informações obtidas através dos colaboradores da empresa e observações durante operação da máquina.

**Figura 19** – Diagrama de causa de efeito



Fonte: Autoria própria, 2019.

Constatou-se que existem as seguintes causas principais para que ocorra a variabilidade no peso do iogurte 170 g.

**Mão de Obra:** Os operadores não demonstram total conhecimento sobre as verificações periódicas do peso durante as produções. Muitas vezes não checam de fato como está se comportando o peso dos produtos. Sendo necessário um treinamento para explicar a importância da atuação deles para melhor controle da variação, assim como deixar mais clara periodicidade, preenchimento de relatórios.

**Matéria-Prima:** Um item que pode mostrar-se relevante no peso final do produto terminado são as garrafas, sendo preciso investigar a fabricação de garrafas, pois o peso das garrafas está associado principalmente à qualidade do material utilizado, este definirá a sua resistência e o quanto de produto ela pode conter.

**Método:** A inexistência de um procedimento padrão da verificação do peso líquido implica diretamente nas falhas ao longo do processo, pois com o rodízio de operadores, alguns não dominam tão bem alguns dos “macetes” durante ajuste. O que seria solucionado com a elaboração de um procedimento padrão dessa atividade e vir a fixá-lo em local de fácil acesso.

**Medidas:** A falta de organização nos pesos utilizados para ajustes nas balanças da máquina evidencia uma causa potencial para variação constatada, pois não são identificados segundo a gramatura de cada um. E ainda alguns pesos de gramaturas mais baixas foram perdidos, isso implica em ajuste sem precisão.

**Máquinas:** As balanças precisam ser aferidas periodicamente, para evitar falsos alarmes de variação. Além disso, as máquinas necessitam de uma manutenção preventiva ao invés de corretiva, pois é comum quebrarem com determinada frequência, implicando em perdas para a produção dos iogurtes. Uma vez que haja a atuação mecânica de modo a intervir antes do problema ocorrer, será possível evitar tais oscilações e possíveis perdas de produtos ou lesão aos consumidores.

## 5 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos, podemos entender que o Controle Estatístico do Processo (CEP) se mostra uma ferramenta de fácil uso, muito simples de ser aplicada, permitindo monitorar o processo, detectar as variáveis potenciais a erros, assim como auxiliar a empresa proporcionando várias vantagens e diminuição da variabilidade do processo. As ferramentas utilizadas foram o fluxograma, cartas de controle e o diagrama de causa e efeito, auxiliando diretamente na análise dos dados e facilitando compreensão destes.

Por meio das coletas dos dados foi possível realizar a análise do comportamento do processo, de modo a obter a base para plotagem dos gráficos de controle da média e da amplitude dentro do período analisado. A partir da análise do gráfico de controle para o período de coleta, foi identificado um ponto de alerta no processo, fez-se necessário eliminar este ponto, e recalcular o gráfico de controle para o período. Desse modo atenderam-se as condições dos limites de controle definindo então um padrão para o gráfico de controle de média e amplitude, seguindo para as etapas de monitoramento.

Foi possível constatar algumas causas para a variação do peso líquido nessa linha envase, evidenciando que é preciso recalcular os limites de controle e assim obter um processo capaz e com número mínimo de defeitos. A análise do diagrama de causa e efeito também deverá ser implementada, tendo como objetivo que a fábrica venha atuar corretivamente e desenvolva atitudes preventivistas e, se evite a recorrência dos problemas elencados.

Esse trabalho monitorou as principais variáveis e atributos identificados na linha de produção de iogurtes, seus resultados possibilitam a ampliação da implementação em outras linhas da fábrica, de modo a perpetuar a aplicação do CEP nas etapas de todo processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA - Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos. **Faturamento 2016**. Disponível em: <http://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2016.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2019.

ALECRIM, D. A.. **APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO ENVASE DE IOGURTE EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NA PARAÍBA**. 2015. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso. UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 2015.

AVELINO, A. C.; SALVAGNI, R. B.. **Qualidade no processo de produção - um modelo de gestão para garantir a qualidade de acabamento das carrocerias em chapa na linha de produção**. 2005. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BRUM, J. V. F. **Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle em Indústria de Laticínios de Curitiba-PR**. 2004. vi, 143f. (Dissertação apresentada ao Curso de pós-graduação) - Universidade Federal do Paraná, 2004.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. (Coord.). **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier/ABEPRO, 2012.

CARVALHO, S. C. S.. **Aplicação de métodos e ferramentas da qualidade no setor de envase em uma organização do segmento de cosméticos**. 2018. 72 f.. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2018.

COSTA, L. G. G. **Comparação das ferramentas da qualidade em duas indústrias brasileiras**. 2017. 34f.. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

COSTA, M. A.. **RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO (ESO) DAIRY PARTNERS AMERICAS NORDESTE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS LTDA: Vivências na Garantia da Qualidade e no Sistema de Inspeção Federal**. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, Garanhuns-PE, 2018.

CROSBY, P. B. **Qualidade sem lágrima: a arte da gerência descomplicada**. Rio de Janeiro: José Olímpio, 1992.

CRUZ, T. **Sistemas, organização e métodos. Estudo integrado orientado a processos de negócios sobre organizações e tecnologias da informação**. Introdução à gerência do conteúdo e do conhecimento. São Paulo: Atlas, 2013.

DAMINELLI, L. M. **Análise do peso do biscoito laminado: aplicação do controle estatístico do processo**. 2013. 85f. TCCG - Curso de Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

DANTAS, É. J. M.. **APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS: ESTUDO DE CASO**. 2019. 54 fl. Trabalho de Conclusão de Curso. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, 2019.

DE PAULA, L. N.; ALVES, A. R.; SHEUER NANTES, E. A. **A Importância do Controle de Qualidade em Indústria do Segmento Alimentício.** Revista Conhecimento Online, Novo Hamburgo, v. 2, p. 78-91, apr. 2017. ISSN 2176-8501. Disponível em: <https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistaconhecimentoonline/article/view/1077>. Acesso em: 10 de Julho, 2019.

DEMING, W. E. (1990) - **Qualidade: a revolução na administração.** Rio de Janeiro, Marques-Saraiva.

GOMES, P. **A evolução do conceito de qualidade: dos bens manufacturados aos serviços de informação,** Cadernos BAD, Vol. 2, pp. 6-18, 2004.

HAJDENWURCEL, J.R. **A experiência da indústria de laticínios na implantação do sistema APPCC - Estudo de Caso.** Revista Indústria de Laticínios – jul/ago 2004. pp. 24-31.

JUNIOR, I. M.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.. **Gestão da Qualidade.** 6ª ed. Rio de Janeiro: FGV, 2005, p. 1-164.

MARTINS, T. S. C. **Aplicação de ferramentas da qualidade em empresa varejista e prestadora de serviços.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

MATOS, G. M. **A relevância do processo de controle de qualidade interno em uma indústria têxtil do extremo sul catarinense.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2018.

MAXIMIANO, A. C. A.. **Teoria Geral da Administração: da revolução urbana à revolução digital.** 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2010, p. 1-86.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** 3rd ed. New York: JW, 2004.

MUCIDAS, J. H. **Aplicação do controle estatístico do processo no envase de leite UHT em uma indústria de laticínios.** 2010. 54f. TCCG (Curso de Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora. 2010.

NESTLÉ. **Marcas.** Sem data. Disponível em: <<https://www.nestle.com.br/marcas>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

OLIVEIRA, R. P. D. **Sistemas, organização e métodos.** São Paulo: Atlas, 2013.

PortalAction. **Controle Estatístico de Processo,** 2018. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/controle-estatistico-do-processo/graficos-de-controle-por-variaveis>. Acesso em 20 Nov. 2019

PUCCI, M. **Integração do sistema de cadeia de custódia (FSC) em um sistema de gestão da qualidade (ISO 9001) de uma gráfica de embalagens.** 2012. 182f. TCCP (Especialização em Planejamento e Produção de Mídia Impressa) - Faculdade SENAI de Tecnologia Gráfica, 2012.

REBELATO, M. G. **Estudo sobre a aplicação de gráficos de controle em processos de saturação de papel.** 13 Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de Nov. de 2006.

REEVES, C.; BEDNAR, D. **Defining quality: alternatives and implications**, *Academy of Management Review*, Vol. 19, n° 3, pp. 419-445, 1994.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, G. L.; LIMA, R. H. P. **Proposta de um sistema integrado de gestão da qualidade e segurança alimentar para a indústria de laticínios**. XXXI encontro nacional de engenharia de produção. Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual. Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011.

SARMENTO, A. C. D. O. **Aplicação das ferramentas do controle de qualidade numa indústria de laminados multicamadas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

SOARES, G. M. V. P. P. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo em Indústria de Bebidas: Um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82229>. Acesso em: 12 ago. 2019.

TONINI, C. B.. **Avaliação da qualidade do leite e caracterização de laticínios**. Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Espírito Santo – 2014 123p.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade no Ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de autopeças**. 2010. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

FILHO, V.; NOGUEIRA, W. G.; PARENTE, A. M.. **Aguardentes e cachaça**. Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu, agosto de 2013, 72 p.

VILAÇA, A. C. **Estatísticas no Controle de Qualidade na Indústria de Alimentos**. Apostila do curso de pós-graduação em controle de qualidade na indústria de alimentos, Uberaba, 2010.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. 1 ed. Minas Gerais: Fundação Christiano Ottoni, escola de engenharia da UFMG, 1995.

### ANEXO 1 – Gráfico de médias

Fatores para cálculos de linhas centrais e limites de controle  $3\sigma$ .

Gráfico de Médias

Número de Elementos na Amostra (n)	Fatores para Limites de Controle		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
2	2,121	1,880	2,659
3	1,732	1,023	1,954
4	1,5	0,729	1,628
5	1,342	0,577	1,427
6	1,225	0,483	1,287
7	1,134	0,419	1,182
8	1,061	0,373	1,099
9	1	0,337	1,032
10	0,949	0,308	0,975
11	0,905	0,285	0,927
12	0,866	0,266	0,886
13	0,832	0,249	0,850
14	0,802	0,235	0,817

15	0,775	0,223	0,789
----	-------	-------	-------

PortalAction, 2019.

## ANEXO 2 – Gráfico de desvio padrão

Fatores para cálculos de linhas centrais e limites de controle  $3\sigma$ .

### Gráfico de Desvios Padrão

Número de Elementos na Amostra (n)	Fatores para Linha Central		Fatores para Limites de Controle			
	c <sub>4</sub>	1/c <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>
2	0,7979	1,2533	0	3,267	0	2,606
3	0,8862	1,1284	0	2,568	0	2,276
4	0,9213	1,0854	0	2,266	0	2,088
5	0,9400	1,0638	0	2,089	0	1,964
6	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0,029	1,874
7	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,113	1,806
8	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,179	1,751
9	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,232	1,707
10	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,276	1,669
11	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,313	1,637
12	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,346	1,610
13	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,374	1,585

14	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,399	1,563
15	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,421	1,544

PortalAction, 2019.

### ANEXO 3 – Gráfico de amplitudes

Fatores para cálculos de linhas centrais e limites de controle  $3\sigma$ .

#### Gráfico de Amplitudes

Número de Elementos na Amostra (n)	Fatores para Linha Central			Fatores para Limites de Controle			
	d <sub>2</sub>	1/d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
2	1,128	0,8865	0,853	0	3,686	0	3,267
3	1,693	0,5907	0,888	0	4,358	0	2,574
4	2,059	0,4857	0,880	0	4,698	0	2,282
5	2,326	0,4299	0,864	0	4,918	0	2,114
6	2,534	0,3946	0,848	0	5,078	0	2,004
7	2,704	0,3698	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	2,847	0,3512	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	2,970	0,3367	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	3,078	0,3249	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	3,173	0,3152	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744
12	3,258	0,3069	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717
13	3,336	0,2998	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693
14	3,407	0,2935	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672

15	3,472	0,2880	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653
----	-------	--------	-------	-------	-------	-------	-------

PortalAction, 2019.