



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOSÉ EDUARDO SILVA MARINHO BATISTA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE APLICADO EM UM
PROCESSO PRODUTIVO DO SETOR ALIMENTÍCIO**

Caruaru
2021

JOSÉ EDUARDO SILVA MARINHO BATISTA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE APLICADO EM UM
PROCESSO PRODUTIVO DO SETOR ALIMENTÍCIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Produção.

Orientador: Prof^ª. Dra. Marcele Elisa Fontana

Caruaru
2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

B333ci Batista, José Eduardo Silva Marinho.
Controle estatístico da qualidade aplicado em um processo produtivo do setor alimentício. / José Eduardo Silva Marinho Batista. – 2021.
74 f. ; il. : 30 cm.

Orientadora: Marcele Elisa Fontana.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de produção, 2021.
Inclui Referências.

1. Qualidade. 2. Controle de processo. 3. Gestão da produção. I. Fontana, Marcele Elisa (Orientadora). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-004)

JOSÉ EDUARDO SILVA MARINHO BATISTA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE APLICADO EM UM
PROCESSO PRODUTIVO DO SETOR ALIMENTÍCIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Produção.

Aprovado em: 02/03/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Marcele Elisa Fontana (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Leão e Silva Filho (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof^ª. Me. Fernanda Raquel Roberto Pereira (Examinador Externo)

Universidade Federal de Campina Grande

Dedico este trabalho a minha filha Isabella Lins Marinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que é a Fonte de toda a vida, e sempre iluminou os meus passos em todos os caminhos que segui.

À minha esposa, por estar presente nas horas boas e também nas horas mais difíceis da minha vida, me dando apoio e força para continuar.

À minha família que sempre esteve ao meu lado, principalmente aos meus pais, que me educaram da melhor forma possível e construíram o cidadão que hoje sou.

À minha professora orientadora, a Dra. Marcele Elisa Fontana, que me instruiu na construção desse trabalho com toda a sua paciência, conhecimento e competência.

À Dra. Tatiana Balbi Fraga, que, além dos conhecimentos transmitidos nas disciplinas que tive a oportunidade de cursar com ela sendo a professora, sempre nos foi um apoio, nos incentivando a continuar e a vencer os obstáculos que a vida nos apresenta.

Aos amigos que a faculdade me presenteou, por todos os bons momentos e conhecimentos compartilhados durante os estudos.

Aos demais professores e servidores da UFPE, cada um da sua forma, com certeza, contribuiu para formar o profissional que hoje sou.

RESUMO

Em meio ao ambiente de forte competitividade, as indústrias do ramo alimentício se tornam mais fortes quando oferecem produtos de qualidade e confiabilidade aos seus clientes. A utilização das ferramentas do controle estatístico da qualidade (CEQ) auxilia na análise e monitoramento dos processos produtivos, tornando-os mais robustos, possibilitando as empresas que os utilizam, oferecer produtos com melhores padrões de qualidade. O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa do ramo alimentício que possuía muitas perdas relacionadas ao peso dos produtos. Baseado nesse cenário, as ferramentas do CEQ foram aplicadas. Inicialmente, foram coletadas amostras estratificadas divididas em subgrupos racionais, através de algumas análises foi possível perceber que o processo estava fora de controle. Após a aplicação de ferramentas como *Brainstorm*, diagrama de Ishikawa e 5W2H, foram verificadas melhorias que tornaram o processo sob controle e relativamente capaz de atender as especificações do produto. Por fim, foi criada uma rotina padronizada para o monitoramento contínuo dessa característica da qualidade.

Palavras-chave: Qualidade. Controle Estatístico do Processo. Gráfico de Controle.

ABSTRACT

In the midst of a highly competitive environment, food industries become stronger when they offer quality and reliable products to their customers. The use of statistical quality control (CEQ) tools assists in the analysis and monitoring of production processes, making them more robust, enabling companies that use them to offer products with better quality standards. The present work was developed in a food company that had many losses related to the weight of the products. Based on this scenario, the CEQ tools were applied. Initially, stratified samples were collected divided into rational subgroups, through some analyzes it was possible to notice that the process was out of control. After the application of tools such as Brainstorm, Ishikawa diagram and 5W2H, improvements were verified that made the process under control and relatively capable of meeting the product specifications. Finally, a standardized routine was created for the continuous monitoring of this quality characteristic.

Keywords: Quality. Statistical Process Control. Control Chart.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de um diagrama de causa e efeito	21
Figura 2: Níveis de correlação para o diagrama de dispersão	21
Figura 3: Ex. de um histograma para os tempos de viagens de ida e volta de caminhões	23
Figura 4: Exemplo de gráfico de controle	26
Figura 5 : Fluxograma metodológico	34
Figura 6: Fluxograma das etapas do processo.	39
Figura 7: Gráfico de dispersão.....	46
Figura 8: Histograma	46
Figura 9: Teste de normalidade Anderson-Darling	47
Figura 10: Cartas de controle ($X-R$)	48
Figura 11: Diagrama de Ishikawa para massa fofa.....	50
Figura 12: Percentual de paradas de linha (Janeiro/2019 - setembro/2019).....	50
Figura 13: Diagrama de Ishikawa para falta de farinha.....	51
Figura 14: Gráfico de dispersão para a empacotadeira 1	58
Figura 15: Histogramas dos dados da empacotadeira 1, antes e depois	58
Figura 16: Teste de normalidade Anderson-Darling para a empacotadeira 1	59
Figura 17: Gráficos $X-R$ para a empacotadeira 1	60
Figura 18: Gráfico de controle $X-S$ para a empacotadeira 1	61
Figura 19: Gráfico EWMA para a empacotadeira 1	62
Figura 20: Capabilidade da empacotadeira 1	63
Figura 21: Planilha desenvolvida para o monitoramento do característico da qualidade	64
Figura 22: Terceira aba da planilha (Monitoramento).....	64
Figura 23: Layout do processo produtivo de massas.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Simbologia utilizada nos fluxogramas	20
Quadro 2: Plano de ação 5W1H	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de uma folha de verificação.	19
Tabela 2: Interpretação para o índice Cp.....	32
Tabela 3: Interpretação para os índices Cp e Cpk	32
Tabela 4: Coleta de dados da Empacotadeira 1	44
Tabela 5: Quantidade de Refugo gerado em um ano.....	51
Tabela 6: Estimativa da quantidade de farinha e pó moído em um turno de trabalho	52
Tabela 7: Produção em cada linha.....	52
Tabela 8: Folha de verificação da empacotadeira 1	56
Tabela 9: Folha de verificação.....	71
Tabela 10: Constantes (Gráfico da Média).....	72
Tabela 11: Constantes (Gráfico da Amplitude).....	72
Tabela 12: Constantes (Gráfico do desvio padrão)	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Descrição do problema.....	15
1.2	Objetivos	15
1.3	Justificativa.....	16
1.4	Estrutura do trabalho.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Qualidade.....	18
2.2	Ferramentas da qualidade	18
2.2.1	Folha de verificação.....	19
2.2.2	Fluxograma.....	20
2.2.3	Diagrama de causa e efeito.....	20
2.2.4	Diagrama de dispersão.....	21
2.2.5	Histograma	22
2.2.6	Brainstorming	23
2.2.7	Estratificação	23
2.2.8	5W2H	24
2.2.9	Gráficos de controle.....	24
2.3	Controle estatístico do processo (CEP).....	24
2.3.1	Gráficos de Controle ou Cartas de controle.....	25
2.3.1.1	<i>Gráfico de controle X-R (Média e amplitude).....</i>	<i>28</i>
2.3.1.2	<i>Gráfico de X – S (Média e desvio padrão).....</i>	<i>29</i>
2.3.1.3	<i>Média móvel ponderada exponencialmente (EWMA).....</i>	<i>30</i>
2.3.2	Normalidade dos dados e amostragem	31
2.3.3	Capabilidade	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1	Classificação da pesquisa	34

3.2	Etapas da pesquisa.....	34
3.2.1	Definir a característica da qualidade	35
3.2.2	Coleta de dados.....	35
3.2.3	Análise dos dados	36
3.2.4	Processo sob controle?	36
3.2.5	Estudo das causas	37
3.2.6	Ação corretiva.....	37
3.2.7	Análise da capacidade	37
3.2.8	Padronização da rotina.....	38
4	ESTUDO DE CASO	39
4.1	Descrição da empresa.....	39
4.2	Etapas do processo	39
4.2.1	Preparação da matéria-prima	40
4.2.2	Homogeneização da massa.....	40
4.2.3	Amassamento e trafilção.....	40
4.2.4	Estendedor e corte.....	41
4.2.5	Secagem.....	41
4.2.6	Resfriamento:	42
4.2.7	Silo de armazenagem:.....	42
4.2.8	Serra e gira-pasta	42
4.2.9	Empacotadeira	42
4.2.10	<i>Check-weigher</i>	43
4.2.11	Detector de metais	43
4.2.12	Enfardamento	43
5	ANÁLISES E DISCUSSÕES.....	44
5.1	Situação Inicial.....	44
5.1.1	Coleta de dados.....	44

5.1.2	Análise dos dados	45
5.1.3	Processo sob controle?	49
5.1.4	Estudo das causas	49
5.1.4.1	<i>Brainstorming e diagrama de Ishikawa</i>	49
5.1.5	Ações corretivas	53
5.1.5.1	<i>Plano de ação 5W2H</i>	53
5.2	Depois da aplicação das melhorias	56
5.2.1	Coleta de dados.....	56
5.2.2	Análise dos dados	57
5.2.2.1	<i>Diagrama de dispersão</i>	57
5.2.2.2	<i>Histograma</i>	58
5.2.2.3	<i>Teste de normalidade</i>	59
5.2.2.4	<i>Gráfico de X-R</i>	60
5.2.2.5	<i>Gráfico de X-S</i>	60
5.2.2.6	<i>Gráfico EWMA</i>	61
5.2.3	Processo sob controle?	62
5.2.4	Análise da Capacidade do Processo	62
5.2.5	Padronização da rotina.....	63
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
6.1	Vantagens	65
6.2	Desvantagens ou limitações	65
6.3	Possibilidade de futuros trabalhos	66
	REFERÊNCIAS	67
	ANEXO A - Folha de Verificação (Peso do Produto)	71
	ANEXO B – Constantes utilizadas nos cálculos dos limites de controle	72
	ANEXO C – Layout da linha principal do setor de massas	74

1 INTRODUÇÃO

Manter uma organização competitiva no mercado é uma tarefa complexa. Em meio à busca incessante por menores preços e melhor satisfação dos clientes, a otimização da qualidade dos produtos e redução de quaisquer desperdícios se tornam cruciais. Para atingir tais metas é necessário que a empresa seja capaz de produzir através de um processo estável com indicadores dentro dos padrões definidos. Mas, a realidade de grande parte das empresas, principalmente as pequenas, é que elas produzem através de um processo fora de controle, sem que as características da qualidade de seus produtos sejam monitoradas da forma adequada, aumentando, assim, a variabilidade destas características.

Segundo Carpinetti (2013), por mais bem controlada que seja a produção, existe uma variabilidade natural, impossível de ser eliminada, ocasionada pelo que ele chama de causas aleatórias. Por isso, são encontrados produtos nas prateleiras dos supermercados, por exemplo, com pesos e medidas que variam, dentro de limites aceitáveis, de um produto para outro. Já no caso em que o processo estiver sujeito a perturbações maiores, fazendo com que a dispersão seja maior que a natural, diz-se que este está sob a ação de causas especiais. Isso tende a ser muito perigoso para as empresas, já que, caso não sejam detectadas tais causas, o produto pode chegar ao cliente com características fora dos padrões, tornando possível a aplicação de multas para a empresa em questão.

Diante disso o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) apresenta-se como uma ferramenta que possibilita uma maior confiabilidade ao processo, tendo em vista que permite medir e avaliar o seu desempenho, minimizando a quantidade de produtos defeituosos produzidos e colocados no mercado sem que sejam percebidos (CARPINETTI, 2013). Através dele, características da qualidade são monitoradas, assegurando que estas estejam dentro dos limites especificados e indicando quando se faz necessário intervir no processo.

Uma vez que as variáveis importantes tenham sido identificadas e a natureza da relação entre elas e a saída do processo tenha sido quantificada, então uma técnica estatística on-line de controle de processo para o monitoramento e inspeção do mesmo pode ser usada com considerável eficiência. Técnicas tais como gráficos de controle podem ser usadas para monitorar a saída do processo e detectar quando são necessárias mudanças nas entradas para trazer o processo de volta a um estado sob controle (MONTGOMERY, 2004, p. 9).

1.1 Descrição do problema

Este estudo foi desenvolvido em uma empresa do setor alimentício que produz vários tipos de massas, onde foram identificadas muitas perdas, devido à alta quantidade de produtos gerados fora da especificação e enviados à central de retrabalho. O monitoramento das características da qualidade dos produtos é realizado pelo departamento da qualidade da fábrica, do qual, a cada hora um colaborador vai até a linha de produção e coleta cinco amostras para realizar os seguintes testes: peso dos produtos, umidade e aspecto visual da massa (presença de bolhas, pontos brancos de farinha, rachadura ou massa queimada, percentual de massa quebrada), selamento e datação da embalagem. O que acontece na maioria das vezes é que quando há uma não conformidade que cause a rejeição daquele lote, mais de um palete já tem sido formado, então se faz necessário retrabalhar todos os que foram produzidos, identificar e eliminar a causa especial para poder reiniciar a produção de itens conformes, o que acarreta em perdas muito grandes de embalagem, massa a ser retrabalhada ou reprocessada, mão de obra que poderia ser utilizada em outras áreas (como não há disponibilidade de um quadro de colaboradores suficiente para alocar alguns para ficarem no retrabalho, os paletes vão acumulando em estoque), aumentando demasiadamente os custos da produção.

Outro problema detectado foi que, como a legislação especifica regras para o controle do peso dos produtos apenas em relação a estar abaixo do informado na embalagem, a empresa em estudo prefere trabalhar com a produção de itens com um peso maior do que o informado, evitando, assim, multas por parte do INMETRO. Tal atitude é lesiva para a organização, pois apesar de evitar as multas, aumentam-se os custos e há perda de lucro por entregar um produto acima do peso, podendo também ocasionar multas por excesso de peso nos caminhões.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é implementar o controle estatístico da qualidade em uma linha de produção de massas, para controlar e monitorar o processo.

Para atender a este objetivo geral, os seguintes objetivos específicos devem ser alcançados:

- Identificar a situação atual da linha de produção, através da observação e coleta de dados, conhecendo as causas especiais que deixam o processo fora de controle;
- Utilizar ferramentas da qualidade para identificar as causas-raízes e propor melhorias para eliminá-las;

- Criar um plano de ação para a aplicação das melhorias e para o controle do processo;
- Criar meios para o monitoramento facilitado do processo e rápida identificação dos pontos fora de controle.

1.3 Justificativa

Devido ao grande número de empresas que atuam no gênero alimentício - muitas delas consolidadas no mercado há anos - permanecer como um concorrente forte vai se tornando uma tarefa cada vez mais difícil. Oferecer um produto confiável e de qualidade para os clientes tem sido um diferencial que levou muitas empresas a tornarem-se as maiores de seus respectivos setores. Através do controle estatístico da qualidade (CEP) é possível monitorar características essenciais para qualidade do produto. Segundo Montgomery (2004), a aplicação do CEP possibilita melhoramentos no processo que facilitarão a obtenção de sua estabilidade e uma melhoria na capacidade de produzir itens dentro dos limites especificados no projeto do produto, através da redução da variabilidade, o que melhora a sua imagem perante os concorrentes, por se tratar de um produto confiável e de qualidade, possibilitando à empresa oferecê-lo a um menor preço pela redução dos custos oriunda das melhorias aplicadas.

Portanto, a aplicação das ferramentas do controle estatístico da qualidade foi a temática escolhida para o desenvolvimento desse estudo de caso, devido à inexistência de um monitoramento do processo através do CEP na empresa estudada, tendo em vista que o monitoramento atual se mostrou incapaz de atender às especificações preestabelecidas, ocasionando altas taxas de retrabalho, resultando no desperdício de tempo, material e mão de obra, elevando os custos e podendo criar uma insatisfação dos clientes ao comprar um produto não conforme. Foi feito o estudo de caso na principal linha de massas da empresa, tornando-a modelo para futuras aplicações do CEP nas demais.

1.4 Estrutura do trabalho

Além desta introdução, este trabalho possui outros cinco capítulos.

O capítulo 2 foi dividido entre conceitos gerais sobre qualidade, ferramentas da qualidade e controle estatístico do processo. Neste capítulo foram explanadas as definições e as formas de aplicação das ferramentas utilizadas no controle estatístico da qualidade.

A metodologia utilizada ao longo desse trabalho foi relatada no capítulo 3, que aborda o tipo de pesquisa desse trabalho, as etapas seguidas e o método usado para análise do estudo de caso.

No capítulo 4 foi realizado o estudo de caso, apresentando o mapeamento do processo com as etapas necessárias para a produção e como os dados foram coletados.

Na sequência, no capítulo 5, foram realizadas as análises e discussões sobre os dados coletados no estudo de caso. E por fim, no Capítulo 6, as considerações finais, contendo vantagens, limitações e propostas para futuros trabalhos, foram apresentadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Qualidade

No decorrer dos anos, a definição do que é qualidade sofreu transformações. Não havendo uma definição única, cada autor defende sua tese do que ela é. Para Deming (2003), a qualidade é o grau de conformidade e dependência previsível, a um baixo custo e adequado ao mercado. De acordo com Juran (2002), a qualidade pode ser definida como a adequação ao uso. Já Montgomery (2012), entende que ela é inversamente proporcional à variabilidade. Segundo Ishikawa (1993 apud Faesarella; Sacomano & Carpinetti, 2004), qualidade está relacionada, entre outros fatores, a manter uma baixa variabilidade no processo, enquanto para Deming (1990 apud Santos; Martinez & Sartori, 2009) é atender sempre às necessidades dos clientes a um preço que eles estejam dispostos a pagar. Campos (1992) entende que a qualidade de um produto ou serviço está atrelada a atender às expectativas dos clientes de forma segura, acessível, confiável e no tempo esperado. Para Slack et. al. (2008) a qualidade pode ser definida como conformidade, coerente com as expectativas dos clientes, ela ainda eleva a confiabilidade do produto e reduz custos operacionais.

O fato é que a qualidade mostrou-se ao longo dos anos, como sendo parte fundamental para o sucesso das empresas e como um dos principais critérios utilizados pelos clientes na hora de escolher produtos ou serviços.

A qualidade tornou-se um dos mais importantes fatores de decisão dos consumidores na seleção de produtos e serviços que competem entre si. O fenômeno é geral, independente do fato de o consumidor ser um indivíduo, uma organização industrial, uma loja de varejo, ou um programa militar de defesa. Consequentemente, compreender e melhorar a qualidade é um fator chave que conduz ao sucesso, crescimento e a uma melhor posição de competitividade de um negócio. A melhor qualidade e o emprego bem-sucedido da qualidade como parte integrante da estratégia geral da empresa produzem retorno substancial sobre o investimento. (MONTGOMERY, 2004, p. 1)

2.2 Ferramentas da qualidade

De acordo com Paladini (2004), as ferramentas da qualidade "são dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de

funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação da Qualidade Total".

Segundo Martins Jr. (2002), em 1968, Ishikawa organizou um conjunto de ferramentas gráficas e estatísticas e as chamou de sete ferramentas do controle da qualidade. Sua intenção era facilitar os estudos dos profissionais da área da qualidade. Hoje, são amplamente utilizadas em diversos tipos de aplicações e não se limitam mais as sete definidas por Ishikawa, outras ferramentas foram criadas e demonstram ser eficientes quando aplicadas a questões relacionadas à qualidade.

As sete ferramentas desenvolvidas por Ishikawa são: histogramas, folhas de verificação, diagrama de Pareto, diagramas de causa-efeito (espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa), gráficos de dispersão, fluxogramas e cartas de controle.

Para construir este trabalho as ferramentas a seguir foram utilizadas: Folha de verificação, fluxograma, diagrama de causa e efeito, diagrama de dispersão, histograma, *brainstorming*, estratificação, 5W2H, gráficos de controle.

2.2.1 Folha de verificação

Carpinetti (2012) descreveu a folha de verificação como uma ferramenta útil para o planejamento e coleta de dados, de forma simplificada e organizada, contribuindo para uma análise posterior facilitada.

Segundo Toledo et al., (2014), as folhas de verificação são utilizadas para registrar e agrupar de forma organizada os dados relacionados a uma tarefa ou a um processo em análise, podem ser formulários impressos ou digitais. Elas devem ser utilizadas com o objetivo de registrar dados de forma planejada, com organização na coleta e facilitando o seu uso. (VIERA, 1999).

De acordo com Werkema (2006), “uma folha de verificação é um formulário no qual os itens a serem examinados já estão impressos, com o objetivo de facilitar a coleta e o registro dos dados”.

A Tabela 1 fornece um exemplo de uma folha de verificação.

Tabela 1: Exemplo de uma folha de verificação.

Problemas	Verificação	Total
Atraso na liberação de recursos financeiros		5
Baixo interesse dos fornecedores nas licitações		10
Especificações de materiais imprecisas		15
Atraso na liberação de crédito		20

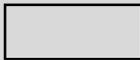
Fonte: Marshall Junior et al. (2006).

2.2.2 Fluxograma

O fluxograma é uma representação gráfica que apresenta todas as etapas de um processo. Trata-se de uma ferramenta útil para a visualização do processo como um todo e verificação da relação que há entre os vários passos que o constituem. O fluxograma representa as etapas do processo através de símbolos reconhecidos facilmente (BRASSARD, 2004).

O Quadro 1 apresenta a simbologia utilizada na composição de fluxogramas.

Quadro 1: Simbologia utilizada nos fluxogramas

	Indica o início ou fim do processo
	Indica cada atividade que precisa ser executada
	Indica um ponto de tomada de decisão
	Indica a direção do fluxo
	Indica os documentos utilizados no processo
	Indica uma espera
	Indica que o fluxograma continua a partir desse ponto em outro círculo, com a mesma letra ou número, que aparece em seu inferior

Fonte: Peinado; Graeml (2007)

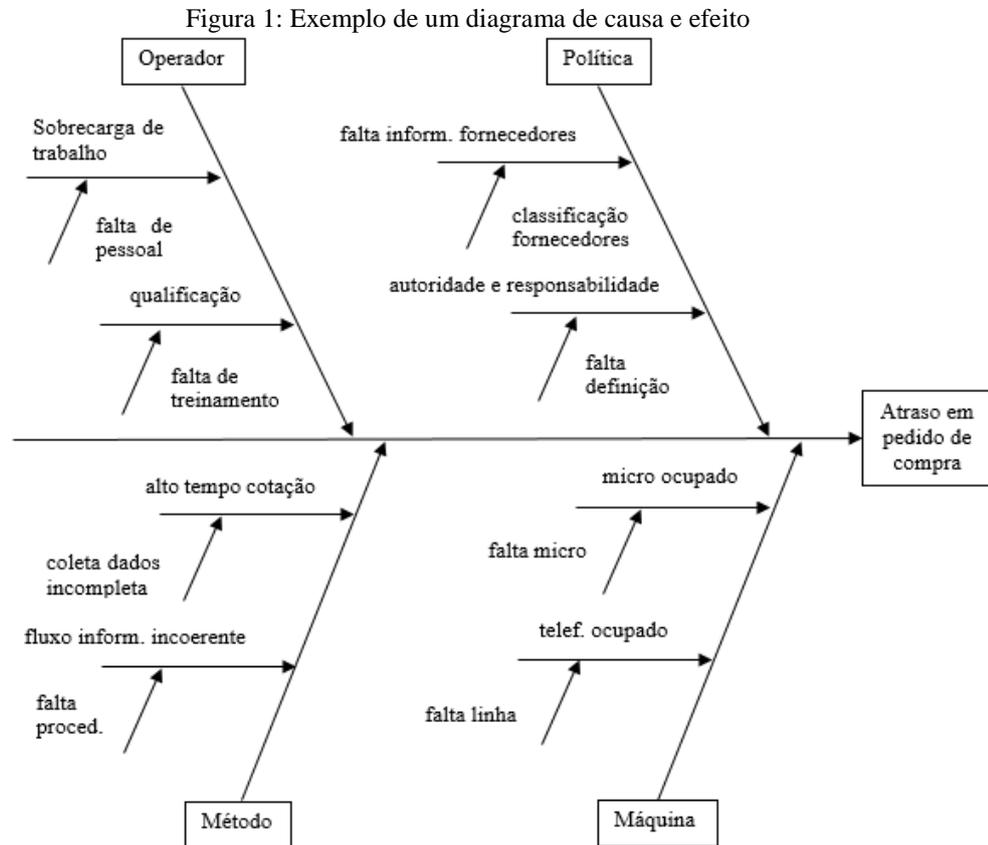
2.2.3 Diagrama de causa e efeito

Para Carvalho e Paladini (2012), o diagrama de causa e efeito, também conhecido como espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, pode ser aplicado em qualquer situação que envolva uma relação organizada entre as causas e os efeitos gerados por elas, auxiliando na tomada de decisão referente a situações a serem mantidas ou eliminadas.

Segundo Toledo et al. (2014, p. 204), “consiste numa representação gráfica que organiza de forma lógica, e em ordem de importância, as causas potenciais que contribuem para um efeito ou problema determinado”. Ele também argumenta que é comum a utilização de fatores principais para definir as principais causas para o problema enfrentado, como os 6M: Materiais,

mão de obra, métodos de trabalho, equipamentos, meio ambiente e medições. Sendo que esses fatores são mutáveis e adaptáveis.

A Figura 1 ilustra um exemplo de um diagrama de causa e efeito:



Fonte: Carpinetti (2012, p. 85)

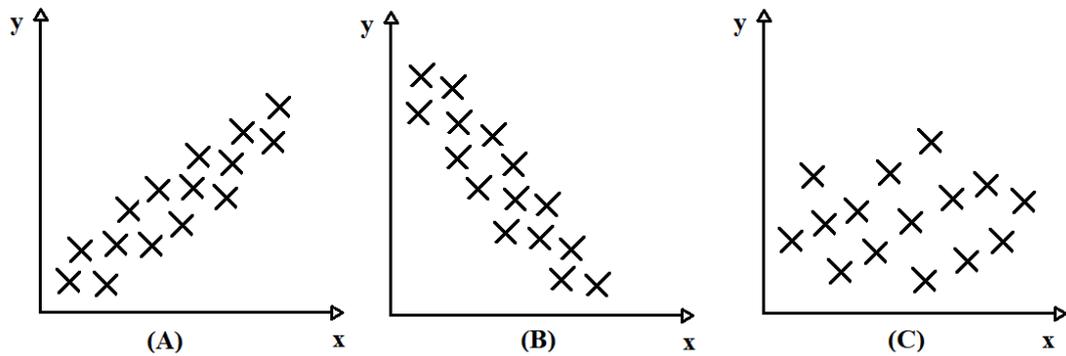
2.2.4 Diagrama de dispersão

Werkema (2006) descreveu o diagrama de dispersão como um gráfico que apresenta a relação entre duas variáveis. Por meio dele, é possível verificar se há tendências de variações conjuntas (correlação) entre duas ou mais variáveis. Essa ferramenta pode ser utilizada para auxiliar na identificação das causas e dos possíveis problemas que o processo contém.

Segundo Marshall Jr. et al. (2006), esse diagrama apresenta a correlação (se ela existir) entre dois parâmetros, facilitando a percepção de alterações sofridas por uma variável, caso a outra se modifique. É possível identificar diferentes níveis de correlação, que de acordo com o autor, podem ser classificadas em: positiva, negativa ou sem correlação.

A Figura 2 apresenta um exemplo desses níveis de correlação.

Figura 2: Níveis de correlação para o diagrama de dispersão



Legenda:

(A) - Correlação positiva

(B) - Correlação negativa

(C) - Ausência de correlação

Fonte: Autor (2019)

2.2.5 Histograma

Conforme Paladini (2004), o histograma possui uma variedade de aplicações e utilidades, sendo capaz de descrever uma situação com simplicidade e eficiência, através do uso de imagens como elementos básicos para descrever a realidade e auxiliar na visualização global dos processos para um melhor entendimento.

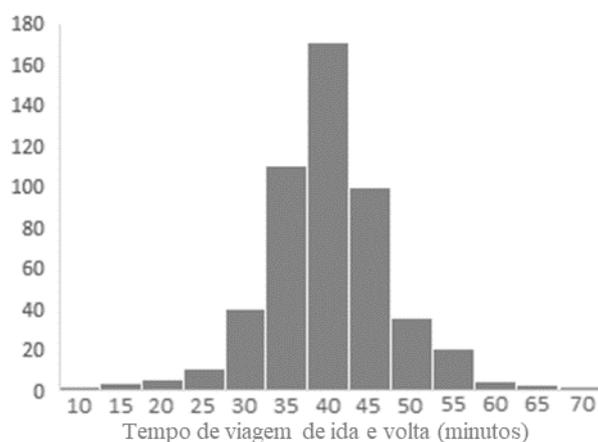
Segundo Werkema (2006), para conhecer o padrão ou o comportamento da distribuição de uma determinada população, é necessário coletar amostras dela e medir os valores assumidos pela variável em questão. Amostras de tamanhos maiores revelam-se mais eficientes, porém, amostras muito grandes podem gerar dificuldade de percepção das características dessa distribuição. O histograma deve ser utilizado como um facilitador na visualização do comportamento da distribuição, porque resume as informações contidas em um grande conjunto de dados.

"O histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse."(WERKEMA,2006).

Oakland (1994) afirmou que o histograma apresenta de maneira visual e muito clara, a frequência com que um valor ou grupo de valores ocorrem, sendo uma ferramenta muito eficaz para os envolvidos com o processo.

A Figura 3 ilustra o exemplo de um histograma referente à distribuição de frequências para o tempo de viagem de ida e volta de caminhões.

Figura 3: Ex. de um histograma para os tempos de viagens de ida e volta de caminhões



Fonte: Autor (2019)

2.2.6 *Brainstorming*

Meireles (2001) definiu *Brainstorming* (Tempestade de ideias) como uma ferramenta utilizada na busca de soluções por meio da criatividade, através da qual um grupo de pessoas cria o maior número de ideias possíveis referentes a um tema selecionado previamente.

Para Werkema (2006), trata-se de uma técnica usada para construir ideias sobre problemas e suas possíveis causas, auxiliando na elaboração de soluções plausíveis para um problema. Oferece suporte para as ferramentas de gestão, buscando a geração de ideias por parte de um grupo pouco numeroso de pessoas reunidas para tal finalidade.

Algumas etapas devem ser seguidas para uma boa aplicação dessa ferramenta. Behr, Moro e Estabel (2008), afirmaram que o brainstorming deve seguir cinco etapas. Na primeira, classificada como introdução, uma apresentação do problema a ser enfrentado deve ser feita para o grupo. Posteriormente, na fase de criação de ideias, o grupo deverá sugerir suas ideias para sanar o problema, é nessa etapa que acontece a tempestade de ideias, que dá nome à ferramenta. Logo após, é realizada uma revisão dessas sugestões, para não ficar nenhuma dúvida quanto ao que foi sugerido. Feita a revisão, seguimos para a fase de seleção e aquelas ideias que não forem adequadas, são eliminadas. Por fim, cria-se uma ordenação, com o objetivo de priorizar as melhores ideias.

2.2.7 *Estratificação*

Segundo Werkema (2006), a estratificação consiste em dividir um grupo de dados em vários subgrupos baseados nos fatores desejados, conhecidos como fatores de estratificação.

São possíveis fatores de estratificação de um grupo de dados as causas que acarretam em alterações no processo produtivo, como por exemplo, fatores como máquinas, turnos, tempo, métodos, pessoas, medidas, etc.

2.2.8 5W2H

A ferramenta 5W2H tem seu nome baseado em sete palavras da língua inglesa, cinco iniciadas com “w” e duas iniciadas com “h”: why (por que), what (o que), where (onde), when (quando), who (quem), how (como) e how much (quanto custa). Para Maeshall et al. (2008), ela é útil para a construção de um plano de ação que contribuirá para a resolução de problemas, auxiliando na tomada de decisão.

Carpinetti (2012), define que o primeiro w, What (o quê), deve ser utilizado para descrever o que será implementado; no segundo, Why (por quê), justifica-se o porquê da implementação da ação; no terceiro, Where (Onde), descreve-se o lugar onde será implementada a ação; no quarto, Who(Quem), define-se quais serão os responsáveis pela implementação; no último w, When(Quando), são definidos os prazos para a implementação; o primeiro h, How(como), descreve como será implementada a ação; e o segundo, How much(quanto custa), faz-se menção aos valores envolvidos na implementação.

2.2.9 Gráficos de controle

Werkema (2006) afirmou que os gráficos de controle, ou cartas de controle, são ferramentas benéficas para o monitoramento da variabilidade e da estabilidade de um processo. Para Deming (1990), proporcionam o controle da qualidade da produção, pois auxiliam na detecção dos defeitos para uma ação corretiva imediata, impedindo a saída de produtos defeituosos, sendo considerado, portanto, uma ferramenta de caráter preventivo.

A próxima seção apresentará mais detalhes acerca dos tipos de gráficos de controle e como eles funcionam.

2.3 Controle estatístico do processo (CEP)

O Dr. Walter Shewhart, através de seus estudos, foi o primeiro a diferenciar as variações presentes num processo. Ele as dividiu em dois grupos: as variações controladas e as não controladas, que foram definidas por Carpinetti (2012) como causas aleatórias e causas

especiais, respectivamente. Shewhart desenvolveu as famosas cartas de controle, que até hoje são utilizadas em uma variedade enorme de situações de controle de processos. Através da aplicação dos gráficos de controle, ele deu início ao Controle Estatístico do Processo – CEP (WOODALL & MONTGOMERY, 1999).

Segundo Werkema (2006), o CEP está intimamente ligado à melhoria contínua do processo por meio da utilização de ferramentas estatísticas. Seu objetivo principal é garantir a estabilidade e a melhoria do processo. Para Montgomery (2004), quando o CEP é bem implementado, proporciona melhorias na produtividade, confiabilidade e qualidade dos produtos e processos, promovendo uma redução do número de produtos defeituosos, reduzindo, assim, os custos causados por uma qualidade inferior e, conseqüentemente, reduzindo os custos totais da produção, através dos métodos estatísticos de controle da qualidade. Deming (1990) relatou que o CEP tem como metas:

- A melhoria da qualidade;
- Um conhecimento mais aprofundado do processo, que oportunizará a identificação de melhorias;
- Redução dos custos por unidade, bem como redução da quantidade de produtos defeituosos, considerados como refugo e retrabalhos.

De acordo com Montgomery & Runger (2003), as ferramentas que possibilitam ao CEP buscar a melhoria de um processo são: (a) Gráficos de controle por variáveis e por atributos, (b) capacidade do processo, (c) sistema de medição e (d) inspeção por amostragem.

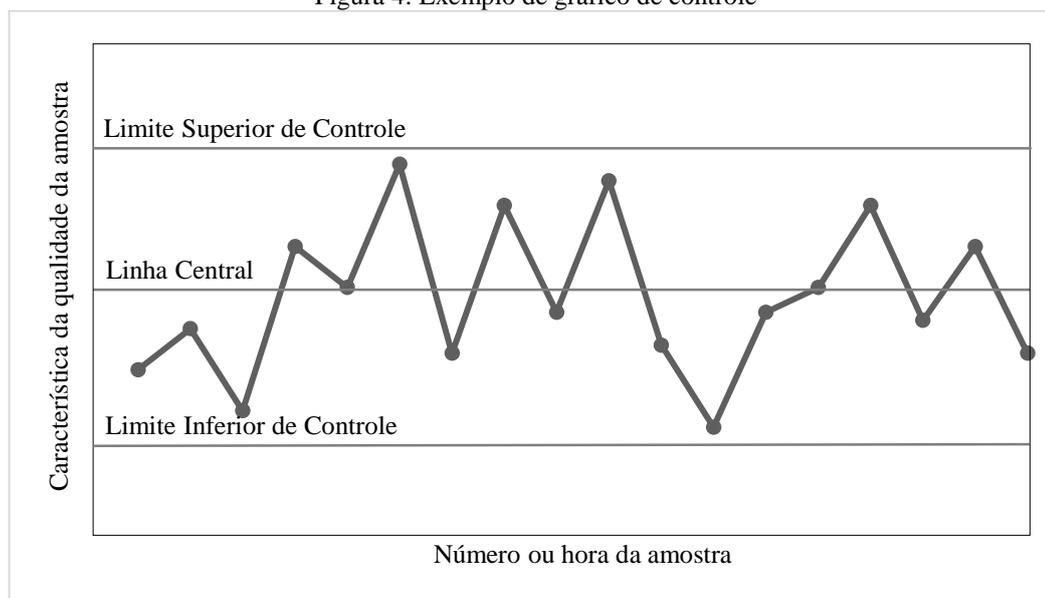
2.3.1 Gráficos de Controle ou Cartas de controle

Os gráficos de controle são fundamentais para a análise da qualidade pelo CEP. São aplicados com a finalidade de detectar variações e a frequência com que elas ocorrem no processo produtivo (GALUCH, 2002).

Paladini (2008) argumentou que os gráficos de controle verificam se o processo está ou não sob controle e se ele permanecerá dessa forma por certo período de tempo. Para Vieira (1990), as cartas de controle monitoram o desempenho do processo, determinando se ele está sob controle, caso todos os pontos estejam abaixo do limite superior de controle e acima do limite inferior, dispostos de forma aleatória no gráfico.

A Figura 4 exemplifica um tipo de gráfico de controle, no qual os pontos estão dentro dos limites de controle e dispostos aleatoriamente.

Figura 4: Exemplo de gráfico de controle



Fonte: Montgomery (2012)

Paladini (2008) discorreu que as cartas de controle monitoram as características da qualidade, sendo essas características, itens que requeiram atenção e que sejam relevantes para o produto ou serviço.

Segundo Costa et al. (2013), amostras devem ser coletadas e analisadas periodicamente. Os valores assumidos por elas devem variar em torno da linha média do gráfico, devido à ação de causas aleatórias inerentes ao processo, intervindo-se nele caso algum desses valores esteja na zona de ação do gráfico de controle, ou seja, acima do limite superior de controle ou abaixo do inferior. Para determinar os valores para os limites de controle, é preciso conhecer a média e o desvio-padrão do processo quando ele estiver isento de causas especiais.

De acordo com Montgomery (2004), a linha central ou média, representa o valor médio da característica da qualidade correspondente ao processo sob controle. São mostradas no gráfico outras duas linhas, a referente ao limite superior de controle (LSC) e a do limite inferior de controle (LIC). O processo é considerado capaz quando os dados coletados estão dentro dos limites, se não estiverem, ele será considerado como incapaz, sendo necessária uma investigação para detectar quais são as causas especiais, também conhecidas como causas atribuíveis, que estão atuando no processo a fim de tentar eliminar a fonte do problema. As causas especiais podem afetar o processo deslocando a média da distribuição da variável aleatória e/ou aumentando a sua variabilidade.

De acordo com Toledo et al. (2013), para analisar a estabilidade do processo é preciso que os dados sigam uma distribuição normal. Eles afirmaram que devem ser verificadas as seguintes condições:

- Ausência de pontos acima ou abaixo de 3 desvios- padrão da média;
- A maioria dos pontos devem estar próximos da linha média, aproximadamente 68% dos pontos devem estar num intervalo de ± 1 desvio- padrão;
- Cerca de 95% devem estar dispostos num intervalo de ± 2 desvios-padrão da média;
- A probabilidade de 7 pontos consecutivos estarem acima ou abaixo da linha média é de 0,78%, devido à inexistência de tendências;
- Os pontos são distribuídos em uma sequência temporal aproximada, acima ou abaixo da média;
- Não existir oscilações cíclicas em relação à distribuição temporal dos dados.

O mesmo autor ainda apresenta situações que indicam que o processo encontra-se fora de controle:

- Um ou mais pontos fora dos limites de controle;
- Sequência de seis pontos ou mais, acima ou abaixo da linha média;
- Sequência de sete pontos ou mais, aumentando ou diminuindo;
- Quatro pontos de cinco consecutivos, acima ou abaixo da linha média e fora do intervalo ± 1 desvio- padrão da linha central;
- Dois pontos de três consecutivos, acima ou abaixo da linha média e fora do intervalo ± 2 desvios- padrão da linha central;
- Distribuição de vários pontos próximos da linha central, até 1,5 desvios- padrão, que apresentem variabilidade menor do que a esperada. O que pode ser causado por erros nos cálculos dos limites de controle, ou da formação inadequada de subgrupos;
- Oscilações cíclicas;
- 10 de 11, 12 de 14, 14 de 17, 17 de 20 pontos consecutivos do mesmo lado da linha média.

Galuch (2002) dividiu os variados gráficos de controle em dois tipos básicos: Os gráficos de controle para atributos, que são utilizados quando se lida com dados discretos, nos quais cada item possui ou não a característica da qualidade, classificando-os em conforme ou não

conforme. Já o segundo, trabalha variáveis com comportamento contínuo, monitorando características da qualidade, expressas em escala de medidas numéricas.

Para o presente estudo foram utilizados os gráficos de controle para variáveis, que serão mais detalhados a seguir.

2.3.1.1 Gráfico de controle \bar{X} -R (Média e amplitude)

Trata-se do gráfico de controle mais usado entre todos os tipos de gráficos. De acordo com Montgomery (2012), esta carta de controle monitora o valor médio da característica da qualidade, através do gráfico da média – \bar{X} e a variabilidade do processo através do gráfico da amplitude - R. Possui a vantagem da facilidade dos seus cálculos, porém há a desvantagem de que a variabilidade do processo é estimada com menor precisão, sendo indicado para situações em que se trabalham com amostras pequenas. Os limites de controle para o gráfico de \bar{X} são calculados com facilidade como mostrado nas Equações (1), (2) e (3).

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \quad (1)$$

$$LM_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \quad (2)$$

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \quad (3)$$

Tal que,

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (4)$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m} \quad (5)$$

$$R = X_{máx} - X_{mín} \quad (6)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \quad (7)$$

Onde:

$LSC_{\bar{X}}$ é o limite superior controle;

$LM_{\bar{X}}$ é o limite médio;

$LIC_{\bar{X}}$ é o limite inferior de controle;

X_i é o i-ésimo valor presente no subgrupo;

\bar{X}_i é a média do i-ésimo subgrupo;

$X_{máx}$ é o maior valor encontrado no subgrupo;

$X_{mín}$ é o menor valor encontrado no subgrupo;

R_i é a amplitude do i-ésimo subgrupo;

n é o tamanho da amostra;

m é a quantidade de subgrupos (amostras);

A_2 é uma constante cujos valores são tabelados e apresentados em Anexo B.

Já os limites do gráfico da amplitude – R, são determinados pelas Equações (8), (9) e (10).

$$LIC_R = D_3\bar{R} \quad (8)$$

$$LM_R = \bar{R} \quad (9)$$

$$LSC_R = D_4\bar{R} \quad (10)$$

Onde:

D_3 e D_4 são tabelados e apresentados em Anexo B.

Obs.: Caso $LIC_R < 0$ ele deve ser considerado como igual a zero para um uso adequado do gráfico da amplitude.

A etapas para a construção do gráfico de controle \bar{X} -R, são apresentados por Kume (1993):

- 1) Coletar dados;
- 2) Calcular a média para cada subgrupo (\bar{X});
- 3) Estimar a média global ($\bar{\bar{X}}$);
- 4) Calcular para cada subgrupo a sua dispersão (R);
- 5) Estimar a média da dispersão total ($\bar{\bar{R}}$);
- 6) Calcular os limites de controle para os gráficos;
- 7) Traçá-los no plano cartográfico;
- 8) Marcar nos gráficos os pontos de cada subgrupo;

2.3.1.2 Gráfico de $\bar{X} - S$ (Média e desvio padrão)

Segundo Siqueira (1997), esse gráfico de controle é mais preciso que o de $\bar{X} - R$, pois utiliza todos os dados dos subgrupos. Para amostras de tamanho menor ou igual a dez, trará resultados semelhantes aos de $\bar{X} - R$, quanto maior for o tamanho do subgrupo mais preciso ele será. É utilizado para monitorar a variação da média e do desvio- padrão do processo.

Seus limites são determinados pelas Equações (11), (12) e (13).

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S} \quad (11)$$

$$LM_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \quad (12)$$

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S} \quad (13)$$

Tal que:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n-1}} \quad (14)$$

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^m S_i}{m} \quad (15)$$

Onde:

S_i é o desvio- padrão do i -ésimo subgrupo;

\bar{S} é a média dos desvios-padrão dos subgrupos;

Os valores de A_3 são tabelados e apresentados em Anexo B.

Limites para o gráfico de S são determinados pelas Equações (16), (17) e (18).

$$LIC_S = B_3\bar{S} \quad (16)$$

$$LM_S = \bar{S} \quad (17)$$

$$LSC_S = B_4\bar{S} \quad (18)$$

Onde:

Os valores de B_3 e B_4 são tabelados e apresentados em Anexo B.

2.3.1.3 Média móvel ponderada exponencialmente (EWMA)

Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2012), o gráfico EWMA é considerado como uma alternativa ao gráfico de Shewhart, porquanto detecta rapidamente pequenas alterações na média do processo. Seus limites são calculados pelas Equações (19), (20) e (21).

$$\widehat{LIC} = \mu_0 - k\sigma_0\sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)}[1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (19)$$

$$\widehat{LM} = \mu_0 \quad (20)$$

$$\widehat{LSC} = \mu_0 + k\sigma_0\sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)}[1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (21)$$

Onde:

$0 < \lambda \leq 1$, quando se aproxima de 1, seus limites se aproximam aos do gráfico de Shewhart. Normalmente se utiliza $\lambda = 0,2$ (RIBEIRO JR., 2013).

K – Limites k -sigma

Quanto maior for o valor de i , a quantidade $[1 - (1 - \lambda)^{2i}]$ tende à unidade (POZZOBOM, 2001).

2.3.2 Normalidade dos dados e amostragem

Para utilizar as cartas de controle de Shewhart, os dados coletados têm que seguir uma distribuição normal, pois para esse tipo de distribuição de probabilidade é um pré-requisito para a construção dos gráficos (TOLEDO et al., 2013). Caso não sigam, é necessário transformar a distribuição não-normal em uma distribuição normal. Utilizar dados que não são distribuídos normalmente pode ocasionar em avaliações equivocadas sobre a capacidade do processo e/ou definição de limites de controle errados (ALEXANDRE 2007).

Para verificar se os dados seguem ou não uma distribuição normal, analisar visualmente o histograma não é o suficiente, vários outros testes podem ser aplicados, para este trabalho foi utilizado o teste de Anderson-Darling que verifica o quão bem os dados seguem uma distribuição. Para o caso de verificar se os dados pertencem a uma distribuição normal, basta verificar o valor p correspondente, se ele for menor que 0,05 rejeita-se a hipótese de que os dados seguem uma distribuição normal (MINITAB, 2019).

2.3.3 Capabilidade

Segundo Vieira (1999), a análise da capabilidade de um processo consiste em verificar o quanto que o processo é capaz de produzir respeitando os limites de especificação. Vale ressaltar que apesar de possuírem as mesmas unidades físicas, os limites de especificação e limites de controle são coisas diferentes. Os limites de especificações são estabelecidos pela engenharia no projeto do produto e independe do tamanho da amostra. Já limites de controle são calculados na hora de montar as cartas de controle e são dependentes do tamanho da amostra, portanto, não faz nenhum sentido comparar esses dois tipos de limites (COSTA et al., 2009).

Costa, Epprecht & Carpinetti (2004) argumentaram que uma forma de analisar a capabilidade de um processo dá-se através dos índices de capabilidade, C_p , C_{pk} e C_{pm} . Onde o C_{pk} é o mais abrangente, tendo em vista que o seu cálculo baseia-se na média do processo em relação aos limites de especificação, revelando a posição do processo em relação ao que foi especificado. O C_p deve ser utilizado somente quando o processo estiver centralizado no valor nominal (Obs.: Para um processo centralizado no valor alvo, $C_p = C_{pk}$). Já o C_{pm} considera as perdas referentes à distância média do processo ao valor alvo. Quanto mais longe do alvo estiver a média, maior a chance de não conformidade. Estes índices são calculados pelas Equações (22), (23) e (24).

$$C_p = \frac{LSE-LIE}{6\hat{\sigma}} \quad (22)$$

$$C_{pk} = \text{Mín}\left\{\frac{LSE-\bar{X}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\bar{X}-LIE}{3\hat{\sigma}}\right\} \quad (23)$$

$$C_{pm} = \frac{LSE-LIE}{6\sqrt{\hat{\sigma}^2+(d-\bar{X})^2}} \quad (24)$$

Tal que,

$$d = \frac{LSE-LIE}{2} \quad (25)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (26)$$

Onde:

LIE é o limite inferior de especificação;

LSE é o limite superior de especificação;

d_2 é tabelado e apresentado no Anexo B;

d é o ponto médio do intervalo de especificação.

Montgomery e Runger (2003) afirmam que o índice C_p deve ser utilizado para análise da capacidade quando o processo estiver centralizado e sob controle ($C_p = C_{pk}$). Caso essa situação não ocorra, deve-se utilizar o índice C_{pk} para analisar a capacidade do processo, se não, é possível que interpretações equivocadas sejam tomadas.

Quanto maior for o valor dos índices, mais o processo é capaz. Montgomery (2004) interpreta o valor do índice C_p conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Interpretação para o índice C_p

C_p	Itens não conformes (PPM)	Interpretação
$C_p < 1$	Acima de 2700	Processo incapaz
$1 \leq C_p \leq 1,33$	64 a 2700	Processo aceitável
$C_p \geq 1,33$	Abaixo de 64	Processo potencialmente capaz

Fonte: Montgomery (2004)

Costa, Epprecht & Carpinetti (2004), interpretam os índices C_p e C_{pk} como apresentado no Tabela 3.

Tabela 3: Interpretação para os índices C_p e C_{pk}

C_p ou C_{pk}	Nível do processo	Controle do Processo
$\geq 1,33$	A	Capaz – Confiável, os operadores do processo exercem controle sobre o mesmo, pode-se utilizar o gráfico de controle.
De 1 até 1,33	B	Razoavelmente Capaz – Relativamente confiável, os operadores do processo exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade monitora e fornece informações para evitar a deterioração do processo.

< 1	C	Incapaz – O processo não tem condições de manter as especificações ou padrões, por isso, é requerido o controle, revisão e seleção de 100% das peças, produtos ou resultados.
-----	---	---

Fonte: Adaptado de Costa, Epprecht & Carpinetti (2004)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Classificação da pesquisa

A natureza da pesquisa é aplicada, pois é caracterizada por interesses práticos com o objetivo de propor ações a fim de solucionar problemas encontrados em uma situação real. O presente trabalho busca a identificação das principais causas que afetam o processo e o desestabilizam, aumentando a sua variabilidade, e propõe ações para a eliminação dessas causas.

Quanto aos objetivos, o trabalho pode ser definido como explicativo e descritivo. Explicativo, pois aprofunda o conhecimento da realidade através do método experimental, no estudo são levantados dados referentes ao peso do produto, para identificar a situação atual do processo, se ele está ou não fora do controle, determinando as possíveis causas da ocorrência de certas situações. É descritivo, porque consiste em uma análise detalhada de um acontecimento problemático, descrevendo as características das variáveis analisadas, de forma a gerar informações acerca da situação-problema.

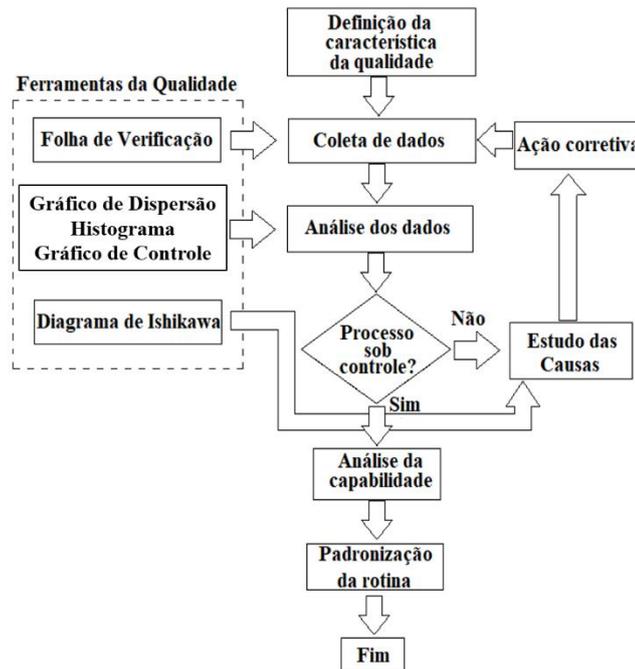
Trata-se de uma abordagem quantitativa, tendo em vista que são realizadas análises dos valores numéricos obtidos na coleta dos dados. No estudo em questão, é feita uma análise da característica da qualidade e peso líquido do produto, coletando amostras para a determinação dos gráficos de controle e capacidade do processo. Também é qualitativa, já que analisa os fatores que interferem nos valores desses dados, com o foco de encontrar as causas que são capazes de impactar seus valores.

Quanto ao método, é classificado como estudo de caso já que é circunscrito a uma unidade empresarial.

3.2 Etapas da pesquisa

As etapas propostas para esse trabalho são vistas na Figura 5.

Figura 5 : Fluxograma metodológico



Fonte: Adaptado de Veit (2003).

3.2.1 Definir a característica da qualidade

A etapa inicial da pesquisa consiste na definição da característica da qualidade a ser monitorada, nesta etapa foi definido que a característica de interesse seria o peso líquido do produto (macarrão espaguete 500g).

3.2.2 Coleta de dados

Normalmente, a coleta de dados é feita pelo operador responsável pelo empacotamento do produto. A cada meia hora, ele retira uma amostra contendo cinco produtos para serem pesados e seus valores são anotados em uma folha de verificação. A folha não é utilizada por nenhum departamento, fica apenas armazenada no banco de dados para a conferência, se houver aplicação de alguma multa pelo INMETRO. Os dados são conferidos em conjunto com aqueles obtidos pelos colaboradores da qualidade, que coletam cinco produtos de hora em hora. Dessa forma, os dados quase nunca são utilizados e, por isso, foi identificado que os colaboradores muitas vezes acabam não fazendo as pesagens e preenchem a folha com valores aleatórios.

Para o presente estudo, a coleta de dados foi feita pelo autor. A amostragem ocorreu de forma estratificada, ou seja, as amostras foram coletadas apenas da empacotadeira que é usada frequentemente na linha. Foram analisados 150 produtos divididos em subgrupos racionais de cinco produtos para cada amostra coletada, que foram tomadas a cada meia hora durante três

dias, e em cada dia se retirava dez subgrupos totalizando 50 amostras por dia, e seus respectivos valores anotados na folha de verificação apresentada no Anexo A.

Com o intuito de conhecer o percentual de itens que são rejeitados pela balança responsável por checar a quantidade de produtos fora dos limites especificados, as estatísticas apresentadas no seu sistema foram reiniciadas, e um dia após o reinício, foram analisadas novamente.

Para determinar o peso líquido do produto foi necessário estimar o peso médio de sua embalagem. Para isso, foi coletada uma amostra contendo 50 embalagens que foram pesadas e anotadas em uma folha de verificação.

3.2.3 Análise dos dados

Com os dados coletados, algumas análises foram feitas através do *software Minitab 19*. Inicialmente foi utilizado o gráfico de dispersão, para visualizar se há muita oscilação nos dados, se há presença de *outliers* e se há correlação.

Logo após, foi feita a análise através do histograma, possibilitando a percepção da variabilidade dos dados, se há um deslocamento da média e se a distribuição das frequências se assemelha a uma distribuição normal.

Para confirmarmos se os dados seguem uma distribuição normal foi utilizado o teste de Anderson-Darling. Caso o teste mostre que há normalidade seguimos com as análises através dos gráficos de controle, caso contrário, se faz necessário normalizar os dados antes de utilizá-los.

3.2.4 Processo sob controle?

Após a confirmação da normalidade dos dados, os gráficos de controle para a média e a amplitude foram plotados, com o objetivo de verificar se o processo está sob controle ou não, para tal, foram feitos os seguintes testes:

- Teste 1 = 1 ponto maior do que 3 desvios-padrão da linha central;
- Teste 2 = 7 pontos consecutivos do mesmo lado da linha central;
- Teste 3 = 6 pontos consecutivos, todos crescentes ou todos decrescentes;
- Teste 4 = 14 pontos consecutivos, alternando para cima e para baixo;
- Teste 5 = 2 de 3 pontos maior do que 2 desvios-padrão da linha central (mesma linha);
- Teste 6 = 4 de 5 pontos maior do que 1 desvio-padrão da linha central (mesma linha);
- Teste 7 = 15 pontos consecutivos dentro de 1 desvio-padrão da linha central (ambos os lados);

- Teste 8 = 8 pontos consecutivos maior do que 1 desvio-padrão da linha central (ambos os lados).

Com o processo sob controle, o gráfico de controle \bar{X} -S, foi plotado para confirmar se de fato está sob controle ou se está sujeito a causas especiais que não foram detectadas pelo gráfico \bar{X} -R. Como última análise, foi plotado o gráfico EWMA, para verificar se o processo está sujeito a pequenas perturbações que não seriam detectadas pelos gráficos anteriores.

Comprovado que o processo está sob controle, seguimos para a etapa de análise da capacidade, caso contrário, seguimos para a etapa de estudo das causas.

3.2.5 Estudo das causas

Após verificar que existiam pontos fora dos limites de controle foi realizado um *Brainstorming* com operadores, supervisor e coordenador da produção, para tentar identificar quais causas especiais estavam interferindo no processo. Inicialmente, foi apresentado o problema que queríamos combater, logo após, o grupo começou a sugerir as possíveis causas desse problema, realizamos uma revisão nessas causas e selecionamos aquelas mais adequadas para o problema, e como última etapa, criamos uma ordenação para priorizarmos as melhores ideias. Após identificarmos as causas especiais, repetimos o processo para descobirmos quais as causas que poderiam ocasioná-las e foram montados os diagramas de Ishikawa para cada causa especial, associando as possíveis causas relacionadas a máquina, medida, meio ambiente, material, método e matéria prima.

3.2.6 Ação corretiva

Em seguida, foi feito o plano de ação 5W2H para sanar as causas especiais que afetam a característica da qualidade e retornou-se para a etapa de coleta de dados.

3.2.7 Análise da capacidade

Com o processo estável, a próxima etapa foi a análise da capacidade do processo, através do índice Cpk , verificando se o processo era altamente capaz, capaz ou incapaz de produzir conforme as especificações.

3.2.8 Padronização da rotina

Logo após, uma rotina para a coleta de dados e monitoramento do processo através dos gráficos de controle foi criada, definindo as pessoas envolvidas no processo e como essa rotina será desenvolvida.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Descrição da empresa

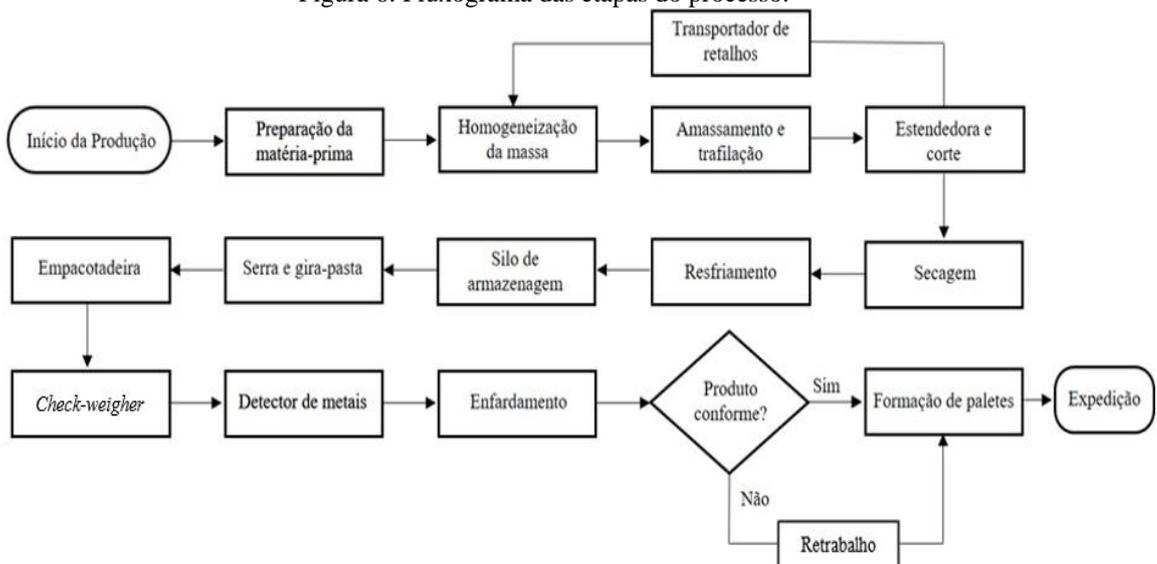
A empresa na qual foi realizado o estudo de caso, atua no ramo alimentício, tendo 16 linhas de produção que produzem diversos tipos de produtos, dentre eles: massas, biscoitos, cafés, misturas para bolos, *waffer* e salgadinhos. Os setores de maior demanda operam em jornadas de trabalho ininterruptas de 24 horas de produção diária, divididas em três turnos: o “A” que funciona de 06hrs às 14hrs, o “B” de 14hrs às 22hrs e o “C” de 22hrs às 06hrs.

O Setor escolhido para o trabalho foi o de massas, o qual conta com quatro linhas de produção, nas quais são feitas massas longas (espaguete longo, talharim longo), massas médias (espaguete médio furadinho) e massas curtas (talharim ninho, parafuso, penne, argola e búzio). A principal linha de produção de massas longas de macarrão foi a estudada. Atualmente tem sido produzido apenas espaguete longo, tendo capacidade produtiva de 2.500 Kg/h e uma produção anual de cerca de 12.000.000 Kg de macarrão. A linha é distribuída conforme apresentado no Anexo C.

4.2 Etapas do processo

O processo de produção é apresentado pelo fluxograma da Figura 6.

Figura 6: Fluxograma das etapas do processo.



Fonte: O autor (2019).

O processo de produção ocorre através das seguintes etapas:

4.2.1 Preparação da matéria-prima

Para a produção do macarrão, são utilizadas as seguintes matérias-primas: Farinha de trigo, pó moído (macarrão não conforme que teve que voltar ao início do processo, exemplo: massa fofa, massa queimada, massa cançada e etc.) e água.

A farinha de trigo é transportada e entregue na empresa através de caminhões fechados em embalagens de uma tonelada, chamadas de big-bag. No recebimento do caminhão um checklist de inspeção é feito, onde são avaliadas as condições de carregamento. Caso haja algum problema no recebimento, um registro de não-conformidade é gerado e o produto é devolvido ao fornecedor. Após a aprovação do *checklist* de inspeção, avalia-se o laudo que vem acompanhado do produto e certificam-se características como: umidade, teor de cinzas, glúten úmido e estabilidade farinográfica. Em seguida, o lote é identificado e uma amostra é coletada e guardada como *shelf-life*, para o caso de ocorrer alguma alteração durante sua validade. Dessa mesma amostra uma parte é separada para a realização de análises laboratoriais. Se estiverem dentro dos padrões estabelecidos, o lote é liberado para ser utilizado no processo, caso contrário, ele é enviado de volta ao fornecedor, por não se enquadrar nos padrões estabelecidos.

Os *big-bags* são transportados por meio de um guincho até a moega, onde a farinha é misturada com pó moído e transportada pneumáticamente pelas tubulações até chegar aos silos e depois às linhas de produção.

4.2.2 Homogeneização da massa

Na masseira dupla, objeto 1 do Anexo C, é feita a mistura dos ingredientes que formam o macarrão: farinha de trigo, pó moído, retalho (será explicado mais a frente) e água, até que se forme uma liga. Depois, o conteúdo é enviado até uma masseira a vácuo (objeto 2) onde todo o ar que é formado dentro da massa é retirado. Por debaixo da masseira a vácuo há duas roscas que transportam a massa para o processo de extrusão.

4.2.3 Amassamento e trafilação

Após ser recebida, a massa contrai-se por pressão contra pequenos orifícios da trafila, para conseguir o formato desejado ao tipo de macarrão produzido. Tal pressão é de suma importância ao processo e deve ser medida e controlada, pois, caso ela esteja fora dos padrões, o processo de secagem do macarrão pode sofrer alterações que podem levar a um produto não conforme ao final da linha.

4.2.4 Estendedora e corte

Depois de adquirido o seu devido formato, a massa é colocada em varas de metal e os filetes de macarrão são cortados na parte superior e inferior para possuírem o mesmo tamanho preestabelecido e as sobras (retalhos) são encaminhadas de volta à masseira dupla por meio de um motor transportador de retalhos.

4.2.5 Secagem

Para retirar a umidade são utilizados alguns equipamentos, a saber: Ventiladores, exaustores e radiadores. Durante a secagem, as temperaturas e umidades relativas variam e se faz necessário um acompanhamento cuidadoso desses parâmetros, que podem ser monitorados e controlados através da curva de secagem da massa. Desta forma, a secagem consiste na principal etapa do processo, tendo em vista que, caso não tenha sido feita uma boa secagem da massa, esta poderá, ao final do processo, apresentar características da qualidade fora das especificações, o que pode gerar a rejeição de uma grande quantidade de massa. A massa proveniente da etapa anterior encontra-se com umidade entre 30% e 35% e ao final do processo ela deve estar com cerca de 12,5%. Para isso, o processo de secagem não pode ser muito rápido, porque isso poderia causar algumas fissuras na massa que acabariam comprometendo a qualidade. Também não pode ser lenta, pois isso poderia acarretar um aumento da acidez do macarrão, devido ao processo microbiológico e bioquímico. Portanto, para que a etapa de secagem seja bem-feita, ela deve durar em média mais de oito horas.

As etapas do processo de secagem são:

- (a) Pré-secagem: Ocorre grande perda da umidade da massa em um período de tempo reduzido, esta umidade passa a ser em torno de 18-19%. É composta pelas fases aerotemo (Objeto 3 do Anexo C) e *incartamentos* I e II (objetos 4 e 5 do Anexo C, respectivamente).
- (b) Repouso: A umidade da massa migra do seu exterior por meio de vasos capilares até a sua evaporação, concentrando-se certa quantidade de umidade em seu interior, o que requer um descanso maior do produto para que essa umidade se distribua uniformemente pelo fio do macarrão.
- (c) Secagem: Etapa mais duradoura do processo, consiste nas fases GPL1 e GPL2 (objetos 6 e 7 do Anexo C, respectivamente) e apêndice (pequena etapa do processo de secagem).

Nela, o restante da umidade do produto é retirado e este fica com aproximadamente 12,5 a 13% de umidade, deixa de apresentar características elásticas e passa a ter características plásticas.

4.2.6 Resfriamento:

Tem como objetivo tornar os filetes de macarrão a terem temperatura próxima às condições do ambiente externo, onde se solidifica. O macarrão passa por câmaras resfriadas com água de uma torre de resfriamento, com o objetivo de expor a massa a temperaturas menores até chegar na do ambiente. No GPL, a massa é submetida a uma temperatura de cerca de 82°C, o que se reduz a 60°C no resfriador gradual e para 30°C no resfriador final.

4.2.7 Silo de armazenagem:

Possui seis pisos e tem capacidade de armazenamento de cerca de 30 toneladas. Seu propósito é armazenar o produto acabado, oferecendo a possibilidade de continuar produzindo mesmo que ocorra algum bloqueio nas etapas posteriores, ou até continuar o processo ainda que com a presença de bloqueios nas etapas anteriores a essa.

4.2.8 Serra e gira-pasta

Ao final do processo de secagem, os filetes de macarrão apresentam um tamanho indesejado para embalar, sendo necessário cortar ao meio e as extremidades do filete para, assim, ser encaminhado para o processo de empacotamento. Após o corte, os filetes são depositados no gira- pasta, onde são organizados e distribuídos em canecas transportadoras que levam o produto até as empacotadeiras.

4.2.9 Empacotadeira

Os filetes de macarrão alimentam duas máquinas de empacotar. Durante o processo, apenas um equipamento permanece em uso e o outro fica em *stand-by*, sendo somente utilizado no caso de o outro parar. Na empacotadeira, os filetes passam por uma tubulação que vibra para descartar os quebrados e separar a quantidade de macarrão que irá compor o pacote, essa separação se dá através de uma lâmina que secciona a quantidade apropriada. O macarrão é

acondiçionado dentro do pacote, que é selado e transportado às etapas finais do processo por meio de esteiras.

4.2.10 *Check-weigher*

Para confirmar se o produto, de fato, tem o peso especificado na embalagem, os pacotes passam pelo *check-weigher* que é uma balança acoplada à esteira que monitora o processo, rejeitando aqueles produtos que estiverem acima ou abaixo do peso especificado, que é de no mínimo 495g e no máximo 540g. Caso o produto seja não conforme, ele é descartado por meio de um braço mecânico localizado no final da esteira e posteriormente levado à central de retrabalho. Se estiver com o peso dentro dos limites, seguirá para o enfardamento.

4.2.11 Detector de metais

Após a checagem do peso, o produto passa por um equipamento que detecta a presença de contaminação por metais ferrosos e não ferrosos e por aço inoxidável.

4.2.12 Enfardamento

Os produtos conformes na etapa anterior são transportados para uma máquina que une vinte unidades do produto em um fardo para que este possa ser acomodado nos paletes (100 fardos por palete), o operador desta máquina pesa os fardos e verifica se eles estão com o peso entre 10 e 10,29 kg. Se seu peso estiver nessa faixa, ele é paletizado e enviado para a expedição; caso contrário, são enviados à central de retrabalho para a retirada dos produtos defeituosos e formação de novos fardos.

5 ANÁLISES E DISCUSSÕES

5.1 Situação Inicial

5.1.1 Coleta de dados

Com as estatísticas do *check-weigher* reiniciadas no dia 02/09/2019 às 09hrs, foram identificados que de um total de 91.916 produtos, 1.542 foram rejeitados por estarem abaixo do peso, o que representa 749,7 kg, e nenhum foi rejeitado por estar acima do peso, em um intervalo de 24hrs de produção.

A média encontrada foi de 518,1g e desvio padrão igual a 8,278g, o que gerou um excesso no peso dos produtos de 3,62%, o equivalente a 1.722Kg de macarrão. O cenário encontrado é alarmante, pois em apenas um dia de produção quase duas toneladas a mais de macarrão foram empacotadas e quase uma tonelada teve que ser retrabalhada por estar abaixo do peso. Esta situação ocorreu porque os operadores que trabalham no empacotamento ajustam as balanças das máquinas para produzir com o peso acima de 500g, para não correr o risco de terem muitos itens abaixo do peso sendo rejeitados, o que acaba elevando a quantidade de produtos vendidos com um peso acima do especificado na embalagem. Os parâmetros utilizados no *check-weigher* são rígidos quanto à parte inferior (495g) e muito flexíveis quanto à parte superior (540g), devido ao receio de receber multas do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que estabelece apenas regras para o limite inferior. De acordo com a portaria INMETRO nº248 de 17 de julho de 2008, para produtos com peso líquido de 500g o limite inferior seria 15g a menos, ou seja, 485g (INMETRO,2008).

Os dados mostrados pelo *check-weigher* são indícios de que o processo está fora de controle. Para confirmar tal hipótese, foram coletadas amostras da empacotadeira 1 em três dias: 03/09/2019, 04/09/2019 e 05/09/2019. No momento da coleta dos dados, não foi permitido ao operador do equipamento alterar os parâmetros utilizados pelo software da máquina, para não gerar interferência no peso dos produtos. Os dados coletados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Coleta de dados da Empacotadeira 1

Subgrupos	Amostras (Peso líquido em g)				
1	502,18	504,18	517,68	503,18	504,18
2	514,68	511,18	485,18	510,68	510,68
3	506,18	501,68	513,68	503,18	511,68
4	504,68	502,18	502,18	516,18	517,68
5	509,68	499,68	528,68	497,68	499,18

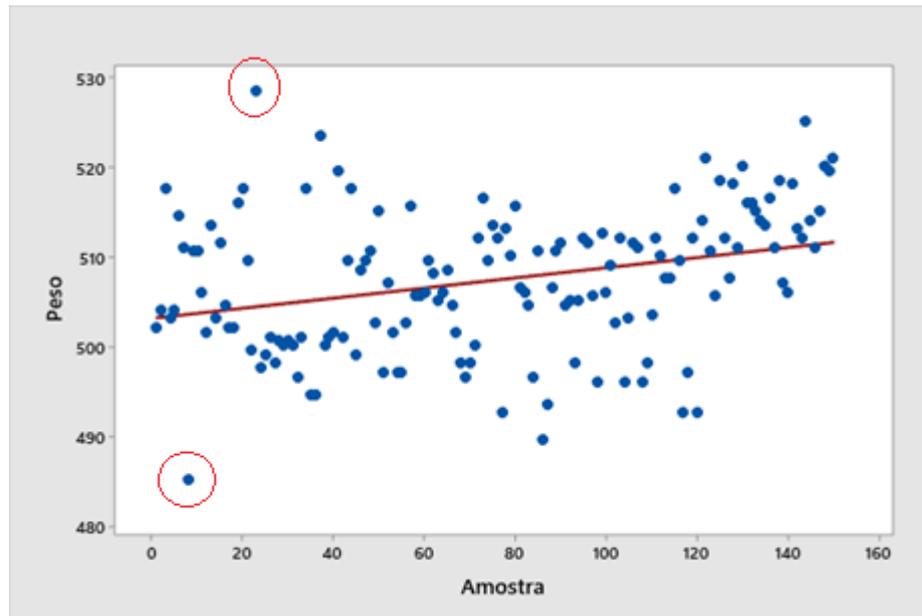
6	501,18	498,18	500,68	500,18	500,68
7	500,18	496,68	501,18	517,68	494,68
8	494,68	523,68	500,18	501,18	501,68
9	519,68	501,18	509,68	517,68	499,18
10	508,68	509,68	510,68	502,68	515,18
11	497,18	507,18	501,68	497,18	497,18
12	502,68	515,68	505,68	505,68	506,18
13	509,68	508,18	505,18	506,18	508,68
14	504,68	501,68	498,18	496,68	498,18
15	500,18	512,18	516,68	509,68	513,68
16	512,18	492,68	513,18	510,18	515,68
17	506,68	506,18	504,68	496,68	510,68
18	489,68	493,68	506,68	510,68	511,68
19	504,68	505,18	498,18	505,18	512,18
20	511,68	505,68	496,18	512,68	506,18
21	509,18	502,68	512,18	496,18	503,18
22	511,68	511,18	496,18	498,18	503,68
23	512,18	510,18	507,68	507,68	517,68
24	509,68	492,68	497,18	512,18	492,68
25	514,18	521,18	510,68	505,68	518,68
26	512,18	507,68	518,18	511,18	520,18
27	516,18	516,18	515,18	514,18	513,68
28	516,68	511,18	518,68	507,18	506,18
29	518,18	513,18	512,18	525,18	514,18
30	511,18	515,18	520,18	519,68	521,18

Fonte: O autor (2019).

5.1.2 Análise dos dados

Para confirmar se o processo estava sob controle ou não, foram feitas análises dos dados expostos na Tabela 3, utilizando o *software Minitab 19*. A partir da análise do gráfico de dispersão, apresentado na Figura 7, é possível perceber que há uma variação considerável no peso líquido dos produtos, que oscilam entre 485,18 e 528,68g, o que explica o fato do desvio padrão das amostras possuir um valor de 7,917g. Compreende-se, também, que há uma leve correlação positiva entre o peso dos produtos e a sequência temporal em que eles foram coletados, o que é percebido pela regressão apresentada pela linha em vermelho na Figura 7. Há também a presença de *outliers* destacados pelos círculos vermelhos.

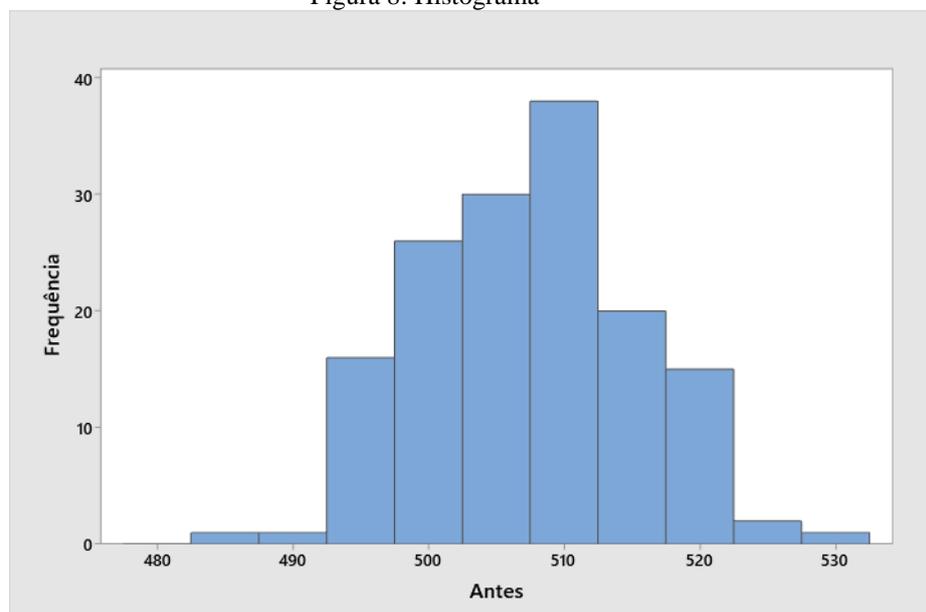
Figura 7: Gráfico de dispersão



Fonte: autor (2019)

Pelo histograma apresentado na Figura 8, é perceptível que há uma maior frequência de dados com valores em próximos a 510g, o que representa 2% a mais do que o valor alvo para o peso, que é de 500g. Há também um deslocamento da média, que deveria ter um valor próximo a 500g, mas está na realidade com 507,46g. É notório que há um variabilidade considerável na distribuição das frequências devido ao seu grau de achatamento, o que pode indicar que há causas especiais que estão interferindo não só na média, mas também na variabilidade dos dados. É possível perceber pelo formato da distribuição das frequências, que ela assemelha-se a uma distribuição normal.

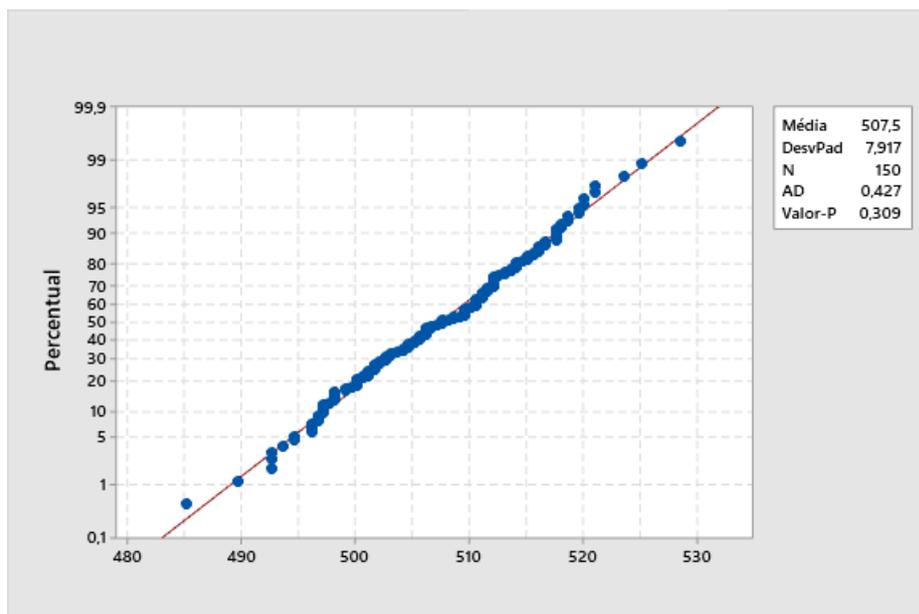
Figura 8: Histograma



Fonte: autor (2019)

Antes de utilizar os gráficos de controle, é preciso identificar se os dados seguem ou não uma distribuição normal. Sendo assim, foi utilizado o teste de Anderson-Darling, apresentado na Figura 9. Como os pontos no gráfico seguem uma linha aproximadamente reta dentro dos limites de confiança e o Valor-P é igual a 0,309, valor este maior que 0,05, há uma confirmação de que os dados seguem uma distribuição normal.

Figura 9: Teste de normalidade Anderson-Darling



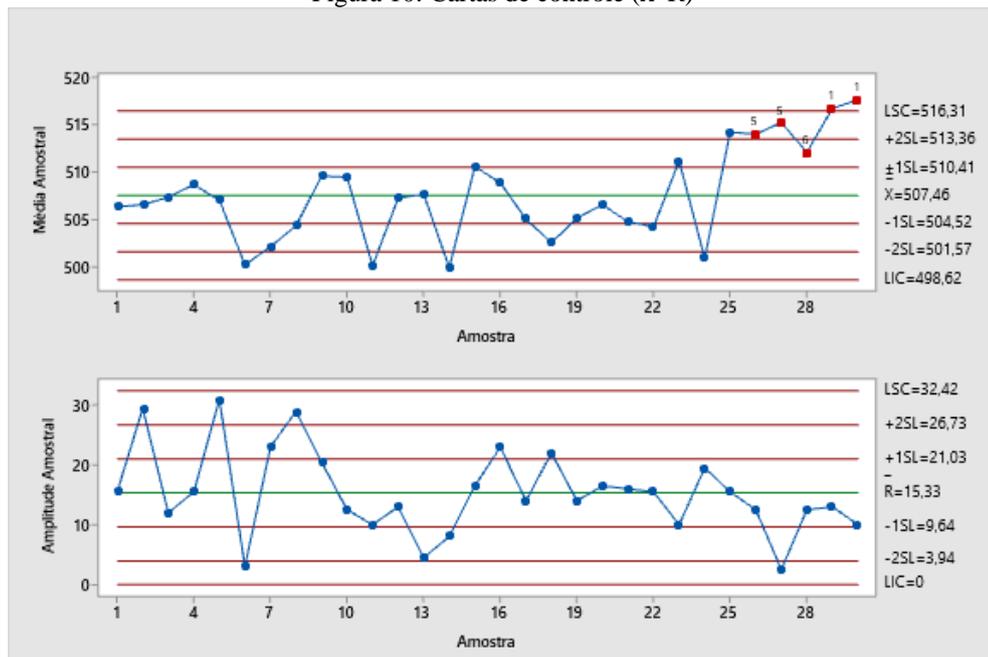
Fonte: Autor (2019)

Depois disso, foram construídos os gráficos de controle para a média e a amplitude, como mostrado na Figura 10, com limites superior e inferior a três desvios-padrão da linha central.

A média global $\bar{\bar{X}}$ foi estimada, cujo valor foi igual a 507,46g, já a média das amplitudes foi $\bar{R} = 15,33g$. Como as amostras eram compostas de cinco produtos, o valor da constante para essa situação é $A2 = 0,577$. Através da Equação (1) determinou-se o LIC = 498,62g e pela Equação (2) e (3), o LM = 507,46g e o LSC = 516,31g, respectivamente.

Já para o gráfico da amplitude (R), cujos valores das constantes são $D3 = 0$ e $D4 = 2,114$, o limite central foi determinado através da Equação (9), seu valor foi 15,33g, para o LIC e LSC, foram utilizadas as Equações (8) e (10), respectivamente, sendo os seus valores 32,42g, para o LSC e 0 para LIC.

É possível que haja um desajuste no processo, porque para o gráfico de \bar{X} existem 15 pontos dentro do intervalo de um desvio-padrão, o que representa 50% dos pontos do gráfico, valor menor que o estabelecido por Toledo et al. (2013) que é de 68%. Há, também, apenas 21 pontos dentro do intervalo de dois desvios-padrão, o que é equivalente a 70% dos pontos do gráfico. Toledo definiu que 95% dos pontos devem estar dentro desse intervalo.

Figura 10: Cartas de controle (\bar{X} -R)

Fonte: autor (2019)

Foram realizados outros testes no *software* Minitab 19, a fim de detectar pontos fora dos limites de controle, comportamento tendencioso e/ou cíclico dos dados, e confirmar a suspeita de que o processo estava fora de controle. Os testes realizados foram estes:

- Teste 1 = 1 ponto maior do que 3 desvios-padrão da linha central;
- Teste 2 = 7 pontos consecutivos do mesmo lado da linha central;
- Teste 3 = 6 pontos consecutivos, todos crescentes ou todos decrescentes;
- Teste 4 = 14 pontos consecutivos, alternando para cima e para baixo;
- Teste 5 = 2 de 3 pontos maior do que 2 desvios-padrão da linha central (mesma linha);
- Teste 6 = 4 de 5 pontos maior do que 1 desvio-padrão da linha central (mesma linha);
- Teste 7 = 15 pontos consecutivos dentro de 1 desvio-padrão da linha central (ambos os lados);
- Teste 8 = 8 pontos consecutivos maior do que 1 desvio-padrão da linha central (ambos os lados).

Os testes 2, 3, 4 e 7 não apresentaram anomalias nas amostras testadas. Contudo, no teste 1 as médias dos subgrupos 29 e 30, foram: 516,58 e 517,48, portanto, maior que 3 desvios-padrão da linha central (LSC=516,31). No teste 5, as médias dos subgrupos 26, 27, 29 e 30, cujos valores são 513,88, 515,08, 516,58 e 517,48, respectivamente, estão acima de 2 desvios-padrão da média (513,36). Para o teste 6, as médias dos subgrupos 27, 28, 29 e 30, de médias 515,08, 511,98, 516,58, 517,48, respectivamente, são maiores que 1 desvio-padrão da média (510,41). No teste 8, as médias dos subgrupos 23, 25, 26, 27, 28, 29 e 30, cujos valores são 511,08, 514,08, 513,88, 515,08, 511,98, 516,58 e 517,48, respectivamente, estão acima de 1

desvio-padrão da linha central (510,88), já a do subgrupo 24, de valor 500,88, está abaixo de 1 desvio-padrão da linha central (504,52).

5.1.3 Processo sob controle?

Sendo assim, os testes 1, 5, 6 e 8 comprovam que o processo encontrava-se fora de controle, sendo necessária, portanto, uma análise aprofundada das possíveis causas especiais que estão interferindo no processo.

5.1.4 Estudo das causas

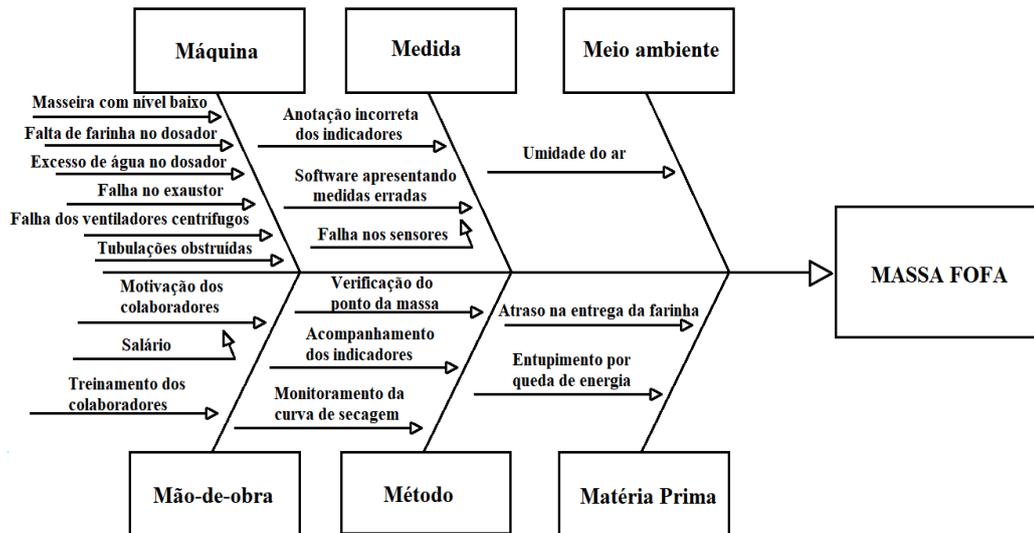
5.1.4.1 *Brainstorming e diagrama de Ishikawa*

Com o objetivo de entender e eliminar as causas especiais que podem alterar o peso do produto na etapa de empacotamento, foi feito um *Brainstorming* com os operadores, supervisor e coordenador da produção. Através das informações levantadas, foi possível perceber que as causas especiais que interferem no peso dos produtos, são:

- Umidade alta da massa;
- Calibragem mecânica das balanças das empacotadeiras;
- Parâmetros utilizados no software das empacotadeiras;
- Experiência do operador;
- Percentual de massa quebrada no empacotamento.

Logo após, foram levantadas todas as causas que poderiam ocasionar tais problemas. Para a umidade alta da massa, conhecida como massa fofa, foi feito um filtro de todas as possíveis causas e montou-se o diagrama de *Ishikawa* da Figura 11.

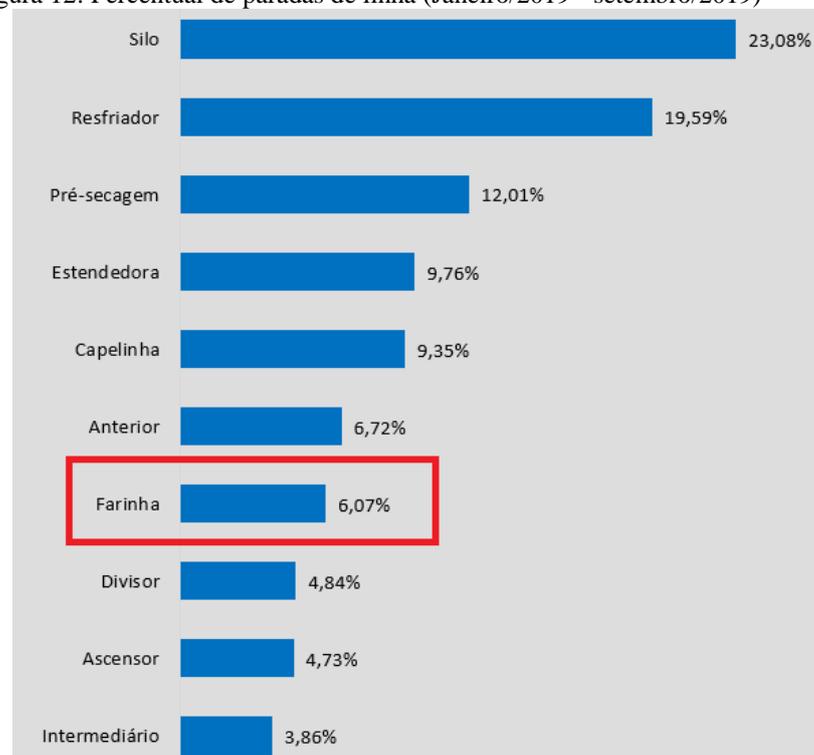
Figura 11: Diagrama de Ishikawa para massa fofo.



Fonte: Autor (2019)

Foi feito também um levantamento das principais causas de paradas de linha através dos dados históricos da empresa de Janeiro/2019 a Setembro/2019. É possível perceber, por meio da Figura 12, que o bloqueio causado por problemas na alimentação de farinha representa 6,07% das paradas de linha desse período.

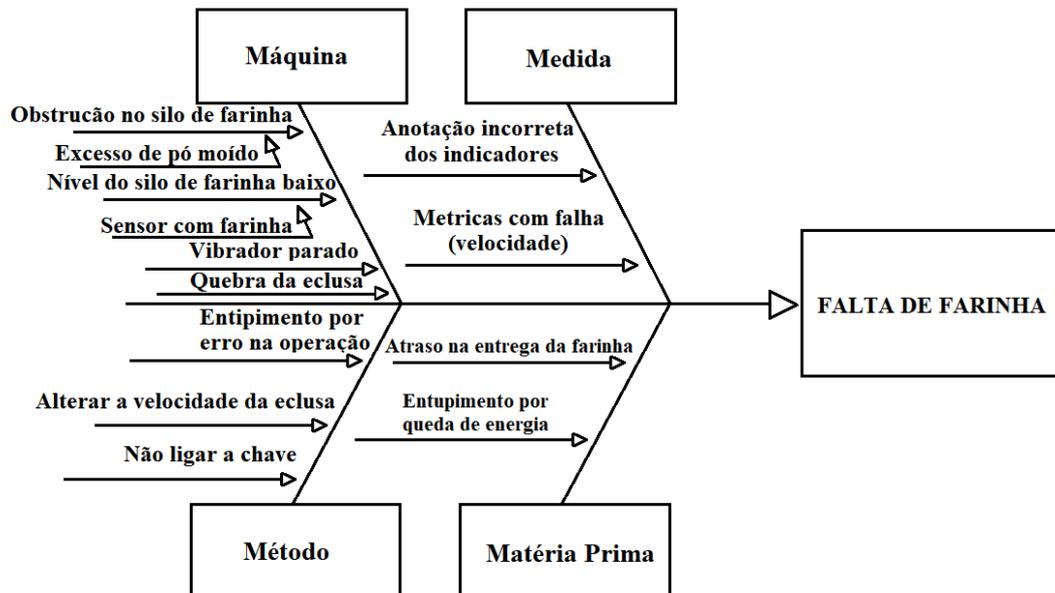
Figura 12: Percentual de paradas de linha (Janeiro/2019 - setembro/2019)



Fonte: Autor (2019)

Como a não alimentação de farinha é um dos principais causadores de massa fofa, tendo em vista que, caso a falta de farinha não seja percebida pelo operador responsável pela massa, a quantidade de água dosada permanecerá sendo a mesma, tornando, assim, a massa mais úmida que o padrão estabelecido. Para sanar este problema foi elaborado outro diagrama de *Ishikawa*, conforme a Figura 13.

Figura 13: Diagrama de *Ishikawa* para falta de farinha



Fonte: Autor (2019)

Com o objetivo de estimar a quantidade de farinha e pó moído a serem adicionados no processo de moagem, foram elaboradas as Tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5: Quantidade de Refugo gerado em um ano

Mês/Ano	Refugo (Kg)
Julho/2018	133.475
Agosto/2018	109.875
Setembro/2018	31.525
Outubro/2018	83.425
Novembro/2018	140.000
Dezembro/2018	7.525
Janeiro/2019	104.425
Fevereiro/2019	111.175
Março/2019	160.250
Abril/2019	249.700
Mai/2019	113.325
Junho/2019	205.000
Julho/2019	208.450
Total	1.658.150

Fonte: Autor (2019)

Tabela 6: Estimativa da quantidade de farinha e pó moído em um turno de trabalho

Horário		Intervalo	Farinha (Kg)	Pó moído (Kg)	Total
06:00	06:15	00:15	PP	PP	PP
06:15	06:30	00:15	1.000	75	1.075
06:30	06:45	00:15	1.000	75	1.075
06:45	07:00	00:15	1.000	75	1.075
07:00	07:15	00:15	1.000	75	1.075
07:15	07:30	00:15	1.000	75	1.075
07:30	07:45	00:15	1.000	75	1.075
07:45	08:00	00:15	1.000	75	1.075
08:00	08:15	00:15	1.000	75	1.075
08:15	08:30	00:15	1.000	75	1.075
08:30	08:45	00:15	1.000	75	1.075
08:45	09:00	00:15	1.000	75	1.075
09:00	09:15	00:15	1.000	75	1.075
09:15	09:30	00:15	1.000	75	1.075
09:30	09:45	00:15	1.000	75	1.075
09:45	10:00	00:15	1.000	75	1.075
10:00	10:15	00:15	1.000	75	1.075
10:15	10:30	00:15	1.000	75	1.075
10:30	10:45	00:15	1.000	75	1.075
10:45	11:00	00:15	1.000	75	1.075
11:00	11:15	00:15	1.000	75	1.075
11:15	11:30	00:15	1.000	75	1.075
11:30	11:45	00:15	1.000	75	1.075
11:45	12:00	00:15	1.000	75	1.075
12:00	12:15	00:15	PP	PP	PP
12:15	12:30	00:15	PP	PP	PP
12:30	12:45	00:15	1.000	75	1.075
12:45	13:00	00:15	1.000	75	1.075
13:00	13:15	00:15	1.000	75	1.075
13:15	13:30	00:15	1.000	75	1.075
13:30	13:45	00:15	1.000	75	1.075
13:45	14:00	00:15	PP	PP	PP
14:00	14:15	00:15	PP	PP	PP
		Total	28.000	2.100	30.100

*PP = paradas programadas.

Fonte: Autor (2019)

Tabela 7: Produção em cada linha

Linha	Kg/h	Kg/turno
M01	875	7.000
M02	Inativa	Inativa

M03	375	3.000
M04	2.250	18.000
Total	3.500	28.000

Fonte: Autor (2019)

A Tabela 5 mostra um levantamento da quantidade de quilogramas de refugo, gerados no período de julho de 2018 a julho de 2019, totalizando 1.658.150 kg, em 285 dias trabalhados, nas três linhas em operação, o que corresponde em média a 1.939 kg por turno. A partir dessa informação, foi estimada a quantidade de refugo a ser moído (pó moído), sendo respeitados os intervalos de trabalho do operador para organização do setor, almoço e realização de atividades secundárias, conforme exibido na Tabela 6, onde cada intervalo de trabalho é representado por um PP (Parada programada).

Ao final do turno, é possível perceber que foram moídos 2.100 kg de refugo, o que é 161 kg a mais que o refugo gerado por turno, essa medida foi tomada para reduzir a quantidade de refugo em estoque na fábrica.

Como a produção total de um turno de trabalho é de 28.000 kg (Tabela 7), a quantidade de farinha a ser adicionada na moega foi determinada como sendo um *bag* (1.000 kg) a cada 15 minutos, respeitando os mesmos intervalos de trabalho que o operador do pó moído, como é detalhado na Tabela 6. Ao final do turno é possível perceber que foram incorporados ao processo de moagem 28 toneladas de farinha e 2.100 kg de pó moído, somando 30.100 kg. Como são necessárias 28 toneladas para atingir a meta de produção por turno, cerca de 93% do que é enviado aos silos (30.100 kg), cria-se, assim, uma folga para eventuais problemas na etapa de moagem.

5.1.5 Ações corretivas

5.1.5.1 Plano de ação 5W2H

Após a determinação da quantidade de farinha e de pó moído a serem utilizados no processo, em conjunto com as informações extraídas por meio dos diagramas, a próxima etapa foi a elaboração de um plano de ação, criado a partir da ferramenta 5W2H, com o objetivo de eliminar as causas especiais que afetam a característica da qualidade, peso líquido do produto, como apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Plano de ação 5W1H

5W					2H	
O quê?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?

Acompanhamento dos indicadores de dosagem de farinha e água.	Alterações desses parâmetros podem ocasionar problemas na umidade da massa.	Software da linha	Operador da masseira	A cada 10 min	Verificar no <i>software</i> os valores para dosagem de farinha e de água, caso estejam fora do padrão, realizar ajuste dos parâmetros.	R\$0,00
Monitorar a quantidade de farinha enviada aos silos.	A falta de farinha pode alterar a umidade da massa e/ou gerar paradas de linha.	Moega	Operador da moega	A cada 15 min	Adicionar à moega um <i>bag</i> , a cada 15 minutos, gerando ao final do turno, um total de 28 <i>bag's</i> adicionados.	R\$0,00
Monitorar a quantidade de pó moído a ser misturado com a farinha.	O excesso de pó moído pode criar obstrução no silo, causando um bloqueio na alimentação de farinha.	Moedor	Operador do moedor	A cada 15 min	Moer em média 75 kg de refugo (o que equivale a 3 sacos de refugo), a cada 15 minutos, gerando ao final do turno, um total de 84 sacos moídos.	R\$0,00
Verificação do ponto da massa	Caso não seja monitorado o ponto da massa, ela poderá sair da masseira com umidade elevada ou umidade baixa. Podendo ocasionar bloqueios por massa seca na rosca, massa queimada ou úmida ao final do processo.	Masseira	Operador da masseira	A cada 15 min	Verificar no software da linha, a pressão na extrusão e ajustar dosagem de água de acordo com ela. Coletar uma amostra da masseira e verificar manualmente o ponto da massa, logo após, verificar através do equipamento <i>Kett</i> a umidade e comparar com o estabelecido no padrão técnico do processo.	R\$0,00
Monitorar o comportamento da curva de secagem da massa.	O não monitoramento pode ocasionar defeitos na qualidade da massa, devido à secagem fora dos padrões estabelecidos.	<i>Incartamento</i> , Apêndice , GPL 5º piso e serra	Encarregado da linha	A cada hora	Coletar uma amostra em cada ponto de coleta (<i>incartamento</i> , 5º piso, apêndice e serra), aferir a umidade com o auxílio do equipamento <i>Kett</i> , conferir temperatura através dos termômetros presentes. Caso a temperatura esteja fora do padrão, fechar ou abrir válvula de água quente para regulá-la. Para controlar a umidade relativa do ar, abrir ou fechar <i>dumpers</i> .	R\$0,00

Monitorar a umidade do ar e alterar parâmetros de secagem.	A umidade do ar pode interferir na secagem da massa, devido à troca de calor que há com o ambiente externo. Foi percebido que quando a umidade do ar está alta, há uma maior incidência de massa com umidade alta, quando o clima está seco, há uma maior incidência de massa seca.	Software da linha	Supervisor da produção	Diariamente	Ajustar os parâmetros de secagem, levando em consideração a umidade do ar.	R\$0,00
Instalação de um <i>Chiller</i> no resfriador.	A instalação do <i>Chiller</i> reduzirá a incidência de massa quebrada ao final do processo.	Resfriador	Manutenção	Imediatamente	Instalar <i>chiller</i> no resfriador.	R\$25.000,00
Ministrar treinamentos com os colaboradores novos e revisar treinamentos vencidos.	Evitar falha na operação por não saber como proceder.	Auditório	Supervisor da produção	Todo semestre	O supervisor da produção deverá treinar os colaboradores de acordo com as suas atribuições, utilizando os padrões operacionais do processo como base para o treinamento.	R\$0,00
Verificar se os formulários preenchidos pelos operadores estão, de fato, de acordo com a realidade.	Para não utilizar indicadores errados nas análises.	Linha	Encarregado da linha	Diariamente	Revisar todos os formulários que são preenchidos pelos operadores, com o objetivo de eliminar as informações equivocadas.	R\$0,00
Verificação do funcionamento de todos os sensores presentes na linha.	A falha nos sensores pode causar uma indicação de parâmetros errados no software e também pode ocasionar mau funcionamento nos equipamentos.	Linha	Manutenção	A cada 45 dias	Realizar o ajuste o troca dos sensores danificados.	R\$2.000,00
Manutenção preventiva das balanças das empacotadeiras.	Caso não seja feita a preventiva, um desajuste na calibragem das balanças pode ser gerado, o que exigirá uma	Empacotadeira	Manutenção	A cada 45 dias	Realizar a manutenção preventiva das balanças das empacotadeiras, no prazo estabelecido pelo departamento de	R\$0,00

	manutenção corretiva, parando a produção para o seu ajuste.				manutenção, a cada 45 dias.	
Trocar exaustores e ventiladores que estiverem inutilizáveis.	Os ventiladores e exaustores controlam a umidade interna do ar, caso não operem corretamente, poderão afetar a qualidade da massa.	Secagem	Manutenção	A cada 45 dias	Nas paradas de linha para manutenção preventiva, verificar o funcionamento dos exaustores e ventiladores, efetuando a troca ou o reparo dos que estiverem sem funcionar.	R\$1.500,00
Efetuar troca de tubulações e radiadores obstruídos	Podem causar deficiência de secagem na GPL, devido à carga térmica baixa, elevando o risco de massa úmida e mofada.	GPL	Manutenção	A cada 45 dias	Nas paradas de linha para manutenção preventiva, substituir ou reparar os que não estão aptos para o uso.	R\$500,00
Ajustar os parâmetros utilizados no <i>software</i> da empacotadeira	Parâmetros errados podem ocasionar um aumento na variabilidade do peso dos pacotes de macarrão.	Empacotadeiras	Operador da empacotadeira/ Supervisor da produção	Mensalmente	Ajustar os parâmetros dos <i>softwares</i> das empacotadeiras. Alterar valores e verificar a oscilação do peso, ajustar até essa oscilação ser a mínima possível. Anotar os valores dos parâmetros e utilizá-los como base.	R\$0,00

Fonte: Autor (2019)

5.2 Depois da aplicação das melhorias

5.2.1 Coleta de dados

Após a aplicação das ações apresentadas no Quadro 2, as amostras foram coletadas novamente e os dados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Folha de verificação da empacotadeira 1

Subgrupos	Amostras (Peso líquido em g)				
1	499,18	500,68	494,68	499,68	505,18
2	501,18	507,68	504,68	499,68	506,68
3	500,68	502,68	497,68	503,68	504,18
4	497,68	501,68	491,18	499,18	496,68
5	502,18	498,68	499,68	502,18	506,68
6	504,18	500,18	494,18	500,18	500,68
7	499,68	503,18	501,68	499,18	505,18
8	503,18	503,18	502,68	505,68	503,18
9	505,18	504,18	502,68	504,68	501,68

10	502,18	506,68	494,68	498,68	501,18
11	500,18	503,18	492,18	504,68	508,68
12	501,68	506,18	500,68	507,18	492,68
13	499,18	500,18	498,68	500,68	499,68
14	505,68	493,68	494,68	505,68	509,68
15	500,18	494,18	503,18	502,18	497,18
16	506,18	499,68	495,18	501,18	502,18
17	496,18	502,68	506,68	502,18	503,68
18	497,68	499,18	503,68	499,18	502,68
19	497,18	498,18	506,68	505,18	498,18
20	496,68	497,18	503,18	501,18	499,68
21	505,68	501,18	498,18	497,18	501,68
22	501,18	506,68	503,18	504,18	494,18
23	496,18	496,68	496,18	501,68	502,18
24	499,68	507,18	500,68	503,18	500,18
25	492,18	501,18	504,68	497,68	502,18
26	505,68	499,68	498,18	497,18	506,68
27	500,68	506,68	504,18	503,68	491,68
28	505,68	495,68	498,68	508,68	492,18
29	499,18	504,68	505,18	497,18	504,68
30	492,18	508,68	503,18	503,68	502,18

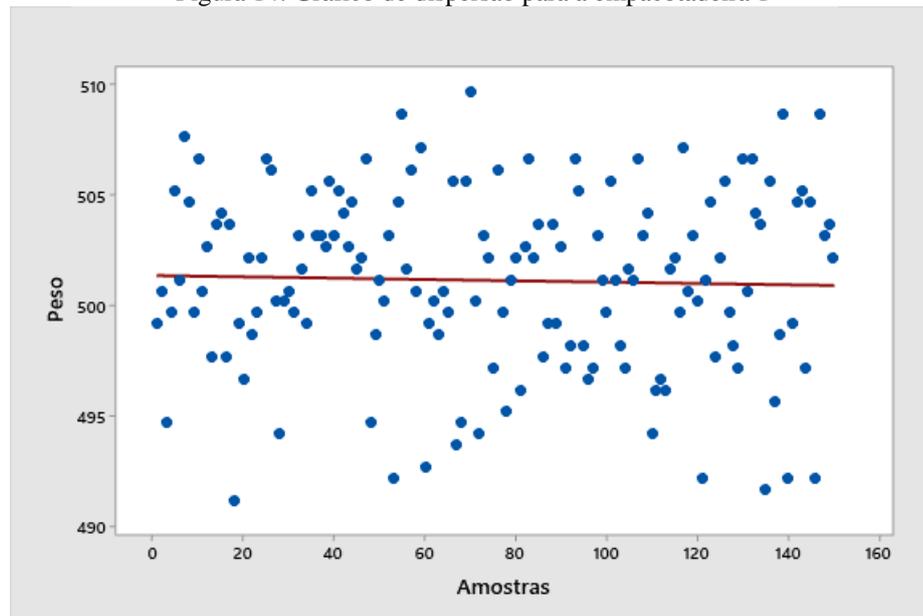
Fonte: Autor (2019)

5.2.2 Análise dos dados

5.2.2.1 Diagrama de dispersão

Através do diagrama de dispersão, exposto na Figura 14, é possível perceber que os valores dos pesos dos produtos coletados oscilam entre 491,18 e 509,68 g, com ausência de correlação entre o peso do produto e a sequência temporal em que ele foi coletado.

Figura 14: Gráfico de dispersão para a empacotadeira 1

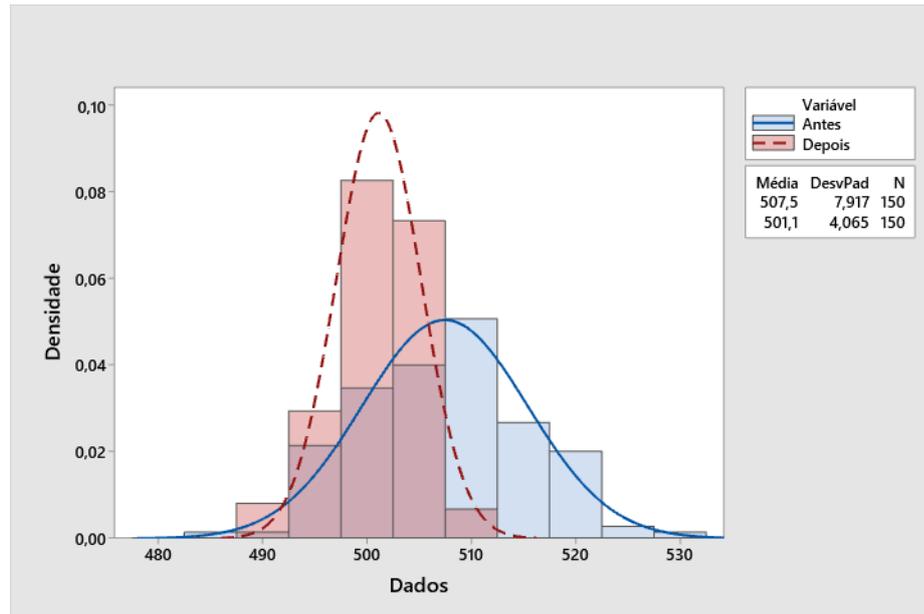


Fonte: Autor (2019)

5.2.2.2 Histograma

Logo após, foram plotados os histogramas mostrados na Figura 15, nos quais o vermelho representa os dados após das aplicações do plano de ação e o azul, antes das aplicações. Analisando-os, observa-se que na situação posterior há uma maior frequência de dados com valores próximos a 501g. Sendo apenas 1g a mais do que o valor alvo, 500g. Se comparada esta situação com a anterior, observa-se que havia uma maior frequência de dados com valores em torno de 510g, 10g afastados da média, o que demonstra que as aplicações do plano de ação surtiram efeito e causaram uma melhoria significativa no processo. É possível perceber visualmente que as causas especiais que afetavam o processo interferiam na média, que na situação posterior foi igual a 501,1g e anteriormente era 507,5g. E também afetavam a variabilidade dos dados, o que é percebido se comparadas as duas curvas, pois a curva vermelha é mais fechada que a azul, indicando que havia uma maior variabilidade nos valores dos dados, o que é verificável também se comparados os valores dos desvios-padrão, o atual possui o valor de 4,065g e o anterior de 7,917g.

Figura 15: Histogramas dos dados da empacotadeira 1, antes e depois

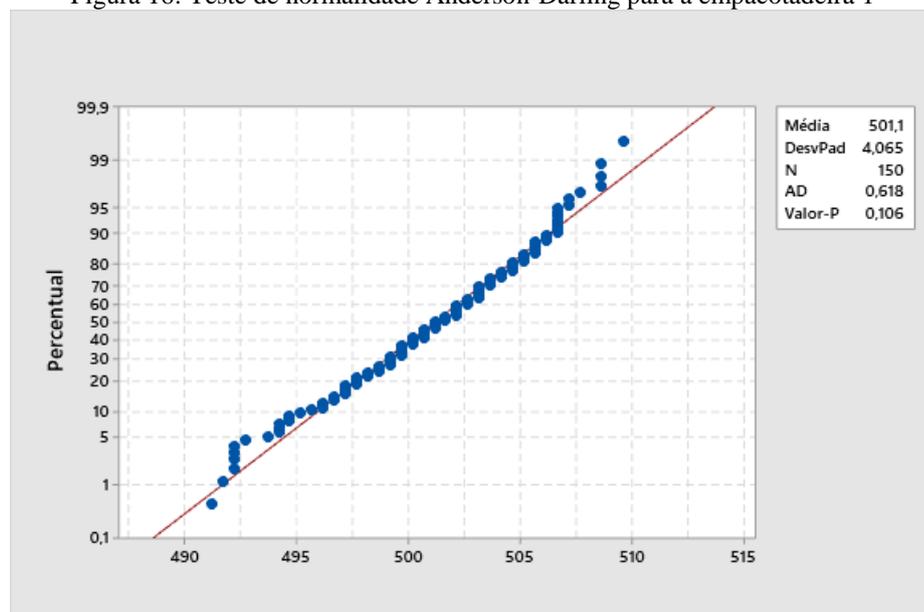


Fonte: Autor (2019)

5.2.2.3 Teste de normalidade

Antes da construção dos gráficos de controle, o teste de normalidade Anderson-Darling foi feito, e determinou que os dados se aproximam de uma distribuição normal, pois os pontos no gráfico seguem uma linha aproximadamente reta dentro dos limites de confiança e o Valor-p (0,106) encontra-se acima de 0,05, Figura 16.

Figura 16: Teste de normalidade Anderson-Darling para a empacotadeira 1

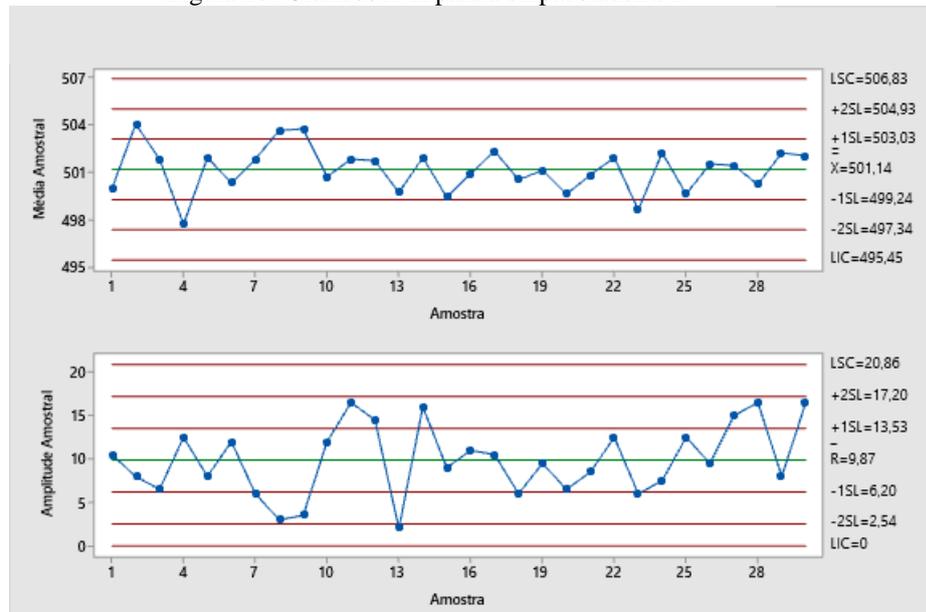


Fonte: Autor (2019)

5.2.2.4 Gráfico de \bar{X} -R

Para verificar se o processo atual encontrava-se sobre controle ou não, foram utilizados os gráficos de controle de \bar{X} -R, Figura 17. Foram realizados os mesmos testes e utilizadas as mesmas equações que as da situação inicial, representada pela Figura 10. No gráfico de \bar{X} existem 25 pontos dentro do intervalo de um desvio-padrão, o que representa aproximadamente 83% dos pontos do gráfico, valor esse, maior que 68%, no de R são 21 pontos, o que é equivalente a 70% dos pontos. Para o intervalo de dois desvios-padrão, todos os pontos estão dentro dessa faixa de valores no gráfico de \bar{X} e 29 pontos no gráfico de R. Portanto, como não há nenhum ponto fora dos limites de controle, não há comportamento cíclico na sequência temporal dos dados e nenhum teste apresentou anomalia, assim, o processo deve ser considerado sob controle estatístico.

Figura 17: Gráficos \bar{X} -R para a empacotadeira 1



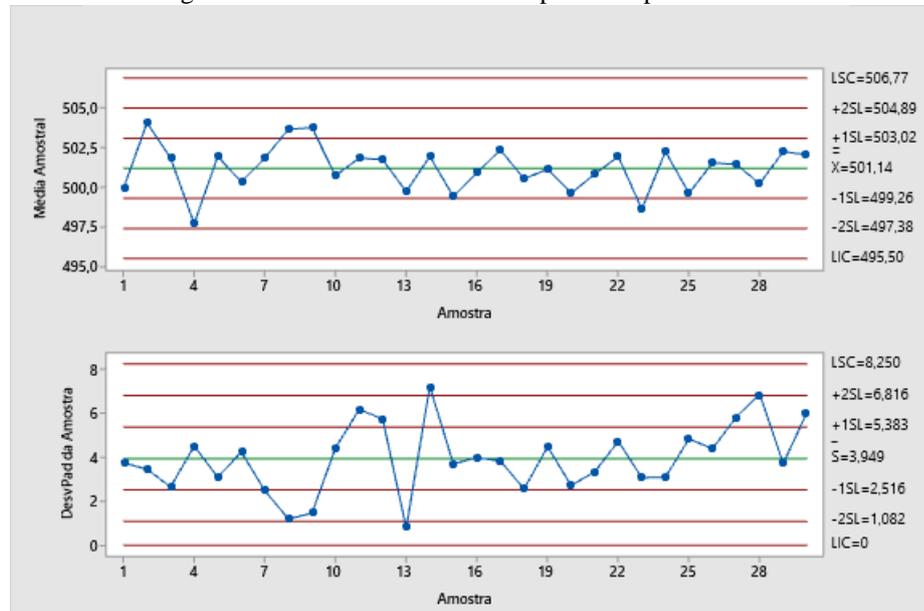
Fonte: Autor (2019)

5.2.2.5 Gráfico de \bar{X} -S

Apesar de apresentar o mesmo resultado que o gráfico de \bar{X} -R, tendo em vista que o tamanho da amostra é inferior a 10, o gráfico de \bar{X} -S foi plotado (Figura 18), com o objetivo de apresentar os dados nos dois tipos de cartas de controle. Para estimar os valores para os limites do gráfico de \bar{X} , foram utilizadas as mesmas equações, com o diferencial de que o desvio-padrão foi calculado e não estimado através da média das amplitudes. Já para o gráfico de S, foram utilizadas as Equações (11), (12) e (13), conforme o apresentado no referencial. Novamente há

uma indicação de que o processo encontra-se sob controle, porque foram feitos os mesmos testes que os do gráfico de \bar{X} -R e nenhuma alteração foi encontrada.

Figura 18: Gráfico de controle \bar{X} -S para a empacotadeira 1

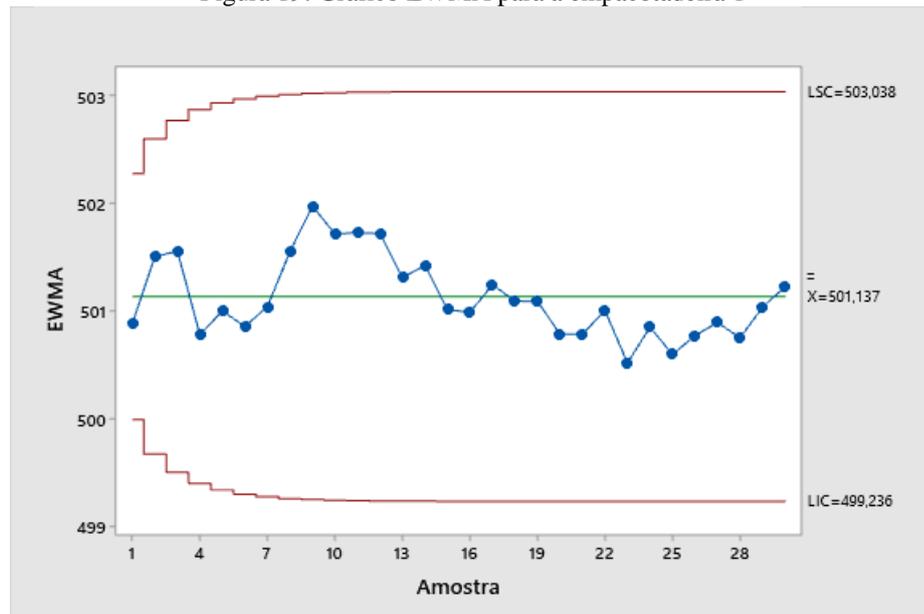


Fonte: Autor (2019)

5.2.2.6 Gráfico EWMA

Para verificar se há pequenas perturbações que normalmente não seriam detectadas pelos gráficos de controle anteriores, foi elaborado o gráfico da média móvel exponencialmente ponderada EWMA, Figura 19, no qual as Equações (19), (20) e (21) foram empregadas para os cálculos dos limites do gráfico, utilizando $\lambda = 0,2$ e $k = 3$. Percebe-se que o processo está sob controle, já que não há nenhum ponto fora dos seus limites.

Figura 19: Gráfico EWMA para a empacotadeira 1



Fonte: Autor (2019)

5.2.3 Processo sob controle?

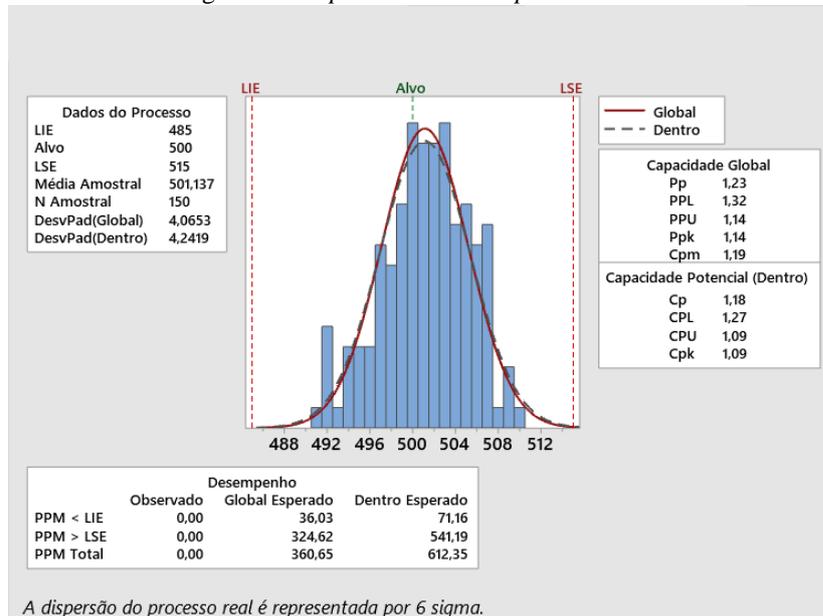
Através das análises dos gráficos de controle, ficou notório que o processo estava sob controle estatístico, pois não foi detectada nenhuma anomalia nos testes realizados.

5.2.4 Análise da Capacidade do Processo

Confirmada a hipótese de que o processo encontrava-se sob controle estatístico, a próxima etapa consiste em determinar se ele é capaz de produzir, respeitando os limites de especificação encontrados no projeto do produto, que são: LIE = 485g e LSE = 515g, um range (amplitude) de 30g. Para isso, um exame de capacidade foi elaborado utilizando o *software* Minitab 19, como mostrado na Figura 20. Dado que o processo não está centrado no alvo, o

índice que deve ser utilizado para esse tipo de análise é o Cpk, segundo Montgomery e Runger (2003). É possível determinar o valor do índice Cpk através da Equação (23).

Figura 20: *Capabilidade da empacotadeira 1*



Fonte: Autor (2019)

O valor encontrado para o índice Cpk foi de 1,09 (Aceitável). O que de acordo com Costa, Epprecht & Carpinetti (2004), demonstra que o processo é “relativamente confiável, os operadores do processo exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade monitora e fornece informações para evitar a deterioração do processo”.

5.2.5 Padronização da rotina

Para um monitoramento padronizado do característico da qualidade, foi instalada uma balança ao lado do computador da linha, para que o operador da empacotadeira retire a cada meia hora 5 amostras, pese e digite os respectivos valores em uma planilha desenvolvida no *software* Microsoft Excel, como mostrado na Figura 21.

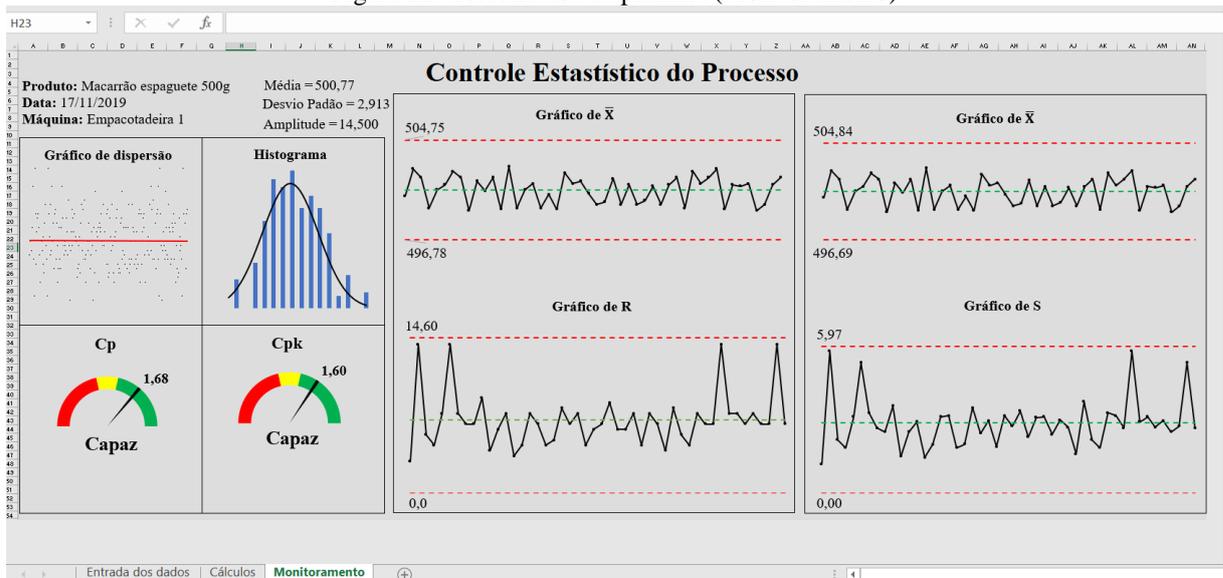
Figura 21: Planilha desenvolvida para o monitoramento do característico da qualidade

Controle de peso líquido do produto acabado													
Produto:							Equipamento:						
Data:													
06:00	502,5	504	503	502,5	503,5	504,5	505	504,5	503	502,5	504	503,5	504,5
Média(g)	500,28	Média(g)	501,18	Média(g)	500,68	Média(g)	500,78	Média(g)	502,18	Média(g)	499,78	Média(g)	499,88
08:30	502,5	504	503	502,5	503,5	504,5	505	504,5	503	502,5	504	503,5	504,5
Média(g)	502,48	Média(g)	502,28	Média(g)	501,78	Média(g)	501,28	Média(g)	501,68	Média(g)	501,08	Média(g)	502,28
07:00	502,5	504	503	502,5	503,5	504,5	505	504,5	503	502,5	504	503,5	504,5
Média(g)	501,78	Média(g)	501,78	Média(g)	501,78	Média(g)	499,18	Média(g)	499,28	Média(g)	501,28	Média(g)	501,08
07:30	502,5	504	503	502,5	503,5	504,5	505	504,5	503	502,5	504	503,5	504,5
Média(g)	499,28	Média(g)	499,08	Média(g)	502,68	Média(g)	500,38	Média(g)	500,48	Média(g)	501,18	Média(g)	501,78
08:00	502,5	504	503	502,5	503,5	504,5	505	504,5	503	502,5	504	503,5	504,5
Média(g)	500,78	Média(g)	501,48	Média(g)	499,28	Média(g)	499,18	Média(g)	499,58	Média(g)	501,78	Média(g)	502,48

Fonte: Autor (2019)

Preenchida a planilha, o supervisor da linha abre a terceira aba, nomeada como monitoramento, na qual é possível analisar os dados coletados através do gráfico de dispersão, histograma, gráfico de \bar{X} -R, \bar{X} -S e os índices de capacidade, Cp e Cpk, sendo possível perceber se há alguma causa especial interferindo no processo, para uma tomada de decisão mais ágil. A Figura 22 apresenta o *dashboard* criado na terceira aba da planilha.

Figura 22: Terceira aba da planilha (Monitoramento)



Fonte: Autor (2019)

Caso haja alguma perturbação no processo que o deixe fora de controle, a etapa de análise das causas deverá ser revisitada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Empresas que fornecem produtos de qualidade, que passam confiabilidade para os seus clientes, tendem a permanecer fortes no mercado. Através deste trabalho, constata-se que quando bem aplicadas, as ferramentas do controle estatístico da qualidade (CEQ) contribuem para a manutenção da qualidade dos produtos e processos. Quando bem executadas na rotina fabril, auxiliam no monitoramento das características da qualidade, ajudando a solucionar problemas cotidianos de forma mais rápida, evitando desperdícios e aumentando a produtividade. A empresa estudada não possuía nenhum tipo de monitoramento através do CEQ, e encontrava-se com um grande volume de retrabalho de produtos não conformes. Mediante a aplicação das ferramentas já mencionadas, pôde-se detectar que o processo estava fora de controle, e as causas especiais que o afetavam foram localizadas e eliminadas, reduzindo assim o volume de produtos não conformes e deixando o processo sob controle estatístico.

6.1 Vantagens

Este trabalho possibilitou aos gestores melhorarem o processo produtivo, utilizando as ferramentas da qualidade foi possível detectar e criar ações corretivas para as principais anomalias que afetavam o processo. Outro ponto importante, foi a criação de uma rotina para o monitoramento do processo, permitindo aos gestores identificarem e atacarem as anomalias de forma mais rápida. Para isso, foi desenvolvido um *dashboard* no *Microsoft Excel*, uma ferramenta de fácil uso e de zero custo para empresa, tendo em vista que o *software* da *Microsoft* já era utilizado na empresa.

Este trabalho não se limita apenas ao processo produtivo de massas, podendo ser replicado em outros processos produtivos, possibilitando aos líderes da empresa expandir o conhecimento para os outros setores da fábrica.

6.2 Desvantagens ou limitações

Como limitação, caso os dados coletados não sigam uma distribuição normal, procedimentos utilizados para normalização não foram abordados no presente trabalho, pois as

amostras coletadas já seguiam uma distribuição normal. Outra limitação foi o pequeno espaço de tempo para coletar as amostras.

6.3 Possibilidade de futuros trabalhos

Propõe-se para trabalhos futuros o estudo das várias formas de normalização de dados, assim como a análise de outros característicos da qualidade, como os parâmetros da curva de secagem da massa, informação crucial no processo de secagem do macarrão. Também, a possibilidade de utilização dos gráficos de controle por atributo.

Devido ao sucesso da aplicação no setor de massas, sugere-se a expansão para as demais linhas do setor, para posteriormente expandir para o restante da fábrica.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, I. F.; AMARAL, F. A.; WENER, L. **Índices de Capacidade do Processo para Distribuições Não-Normais: Estudo de caso em um processo de produção de blocos cerâmicos**. In: SIMPOSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14, 2007, Bauru. Anais... Bauru, UNESP, 2007.
- ARAÚJO, A. O.; et al. Aplicação do controle estatístico do processo na etapa de envase do processo de produção de margarina da empresa C.A.C. In: **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2010.
- BEHR, A.; MORO, E. L. S.; ESTABEL, L. B. **Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca**. Ci. Inf., Brasília, v. 37, n. 2, p. 32-42, 2008.
- BRASSARD, M. **Qualidade: ferramentas para uma melhoria contínua**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2004.
- CAMPOS, V.F. **Controle da Qualidade Total**. Rio de Janeiro: Block, 1992.
- CARPINETTI, L. C. R.; **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R.; et al. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- DEMING, W.E. **Saia da Crise: As 14 Lições Definitivas para Controle de Qualidade**. Futura, São Paulo, 2003
- DEMING, W. E. **Qualidade: A revolução da Administração**. Marques Saraiva, Rio de Janeiro: 1990.
- DUARTE, I. A. M.; et al. Controle estatístico de qualidade: um estudo de caso em uma empresa do setor alimentício na cidade de Campina Grande - PB. In: **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2016.
- FAESARELLA, I.S.; SACOMANO, J.B.; CARPINETTI, L.C.R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Ferramentas**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004. Apostila.
- FERNANDES, A. P. L. M.; et al. O uso do controle estatístico de processo na gestão da qualidade. Estudo de caso: grupo coringa - AL. In: **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2010.

- FREITAS, K. D.; et al; Aplicação das ferramentas da qualidade em uma panificadora como método de melhoria do processo produtivo: Estudo de caso. In: **XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2014.
- GALUCH, L. **Modelo para implementação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo – CEP em pequenas empresas manufatureiras** – Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2002.
- HABER, J. G.; MEGLIORINI, E.; OLIVEIRA, M. C. Controle estatístico de processo: estudo de caso em uma indústria de alimentos. In: **Brazilian journal of development**, 2018.
- INMETRO – *Portaria nº 248*. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, julho/2008.
- JURAN, J. M. **A Qualidade Desde o Projeto**: Os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. Pioneira, São Paulo, 2002.
- KUME, H. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. 5. ed. São Paulo: Editora Gente, 1993.
- MARSHALL JUNIOR, I.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; LEUSIN, S. **Gestão da Qualidade**. 8ª edição. Rio de Janeiro: FGV, 2006.
- MARTINS JR, V.A. **Ferramentas da qualidade**. Móbile Chão de fábrica, Curitiba, 2002.
- MENESES, V. N.; et al. A aplicação de ferramentas da qualidade em uma indústria metalúrgica de produtos de aço. In: **XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2017.
- MENEZES, M. K. F.; et al. Aplicação das ferramentas da qualidade em uma empresa prestadora de serviço de fotocópias: Um estudo de caso. In: **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2016.
- MEIRELES, M. **Ferramentas administrativas para indicar, observar e analisar problemas**. Arte & Ciência, São Paulo, 2001.
- MIGUEL, P. A. C. (organizador). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MINITAB 19. A estatística de Anderson-Darling. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/the-anderson-darling-statistic/>> Acesso em: 12 de Setembro de 2019.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004.
- MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 7th edition. Arizona: Wiley, 2012.

- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- NEGREIROS, R. F. Elaboração de gráficos de controle numa fábrica do ramo alimentício de derivados de milho: um estudo de caso. In: **XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2012.
- OAKLAND, JOHN. **Gerenciamento da qualidade total**. São Paulo: Nobel, 1994.
- PALADINI, E.P. **Avaliação estratégica da qualidade**. 3. rev. São Paulo: Atlas, 2008.
- PALADINI, E.P. **Gestão da qualidade**: teoria e prática. Atlas, São Paulo, 2004.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.
- POSSATO, D. S. V. **Discussão da utilização do Controle Estatístico de Processo: Análise bibliométrica e estudo de caso em uma empresa do setor alimentício**. Bauru, 2014. Dissertação apresentada ao departamento de Engenharia de Produção, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Engenharia de Bauru, 2014.
- POZZOBOM, E. M. P. **Aplicação do controle estatístico do processo**. 2001, 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001.
- RIBEIRO JR, J. I. **Métodos estatísticos aplicados ao controle da qualidade**. Viçosa. MG: UFV, 2013.
- ROSARIO, K. P.; et al. Aplicação do controle estatístico de processos no monitoramento do peso médio de polpas de frutas: um estudo realizado em uma empresa de médio porte. In: **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2015.
- SANTOS, L.C.; MARTINEZ, J.C. & SARTORI, M.M.P. Análise da qualidade do processo de filtros de tambor rotativo contínuo a vácuo. In: **XVI SIMPEP**, 2009, Bauru, Anais.
- SILVA, M. G.; et al. Aplicação do controle estatístico de processos no beneficiamento de café: um estudo de caso no sudeste goiano. In: **XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2013.
- SIQUEIRA, L.G.P. **Controle Estatístico do Processo**. São Paulo. Pioneira, 1997. 1. ed.
- SLACK, N. CHAMBERS, S. JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- TOLEDO, J. C. et al. **Qualidade**: gestão e métodos. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- VASCONCELOS, D. S. C.; et al. A utilização das ferramentas da qualidade como suporte a melhoria do processo de produção – Estudo de caso na indústria têxtil. In: **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2009.

- VEIT, E. **O controle estatístico de processos na indústria química de cabinagem de veículos: um estudo de caso.** Florianópolis, 2003. Dissertação apresentada ao departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** São Paulo: Atlas, 2007.
- VIERA, S. **Estatística para a Qualidade:** como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. 9 Reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999.
- WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.
- WOODALL, W. H.; MONTGOMERY, D. C. Research issues and ideas in statistical process control. **Journal of Quality Technology.** Technology Collection – Vol. 31. No. 4. Pg. 376, 1999.

ANEXOS

ANEXO A - Folha de Verificação (Peso do Produto)

Tabela 9: Folha de verificação

Controle de peso líquido do produto acabado															
Data:		Produto:				Equipamento:									
Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)				
06:00		10:00		14:00		18:00		22:00		02:00					
Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)					
Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)				
06:30		10:30		14:30		18:30		22:30		02:30					
Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)					
Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)				
07:00		11:00		15:00		19:00		23:00		03:00					
Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)					
Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)				
07:30		11:30		15:30		19:30		23:30		03:30					
Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)					
Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)				
08:00		12:00		16:00		20:00		00:00		04:00					
Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)					
Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)				
08:30		12:30		16:30		20:30		00:30		04:30					
Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)					
Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)				
09:00		13:00		17:00		21:00		01:00		05:00					
Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)					
Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)	Hora:	Peso Bruto(g)				
09:30		13:30		17:30		21:30		01:30		05:30					
Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)		Média(g)					

Fonte: Autor (2019)

ANEXO B – Constantes utilizadas nos cálculos dos limites de controle

Tabela 10: Constantes (Gráfico da Média)

<i>Gráfico para média</i>			
Fatores para Limites de Controle			
N	A	A ₂	A ₃
2	2,121	1,880	2,659
3	1,732	1,023	1,954
4	1,500	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	1,000	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

Fonte: Montgomery e Runger (2003)

Tabela 11: Constantes (Gráfico da Amplitude)

<i>Gráfico para Amplitude</i>							
n	Fatores para Linha Central		Fatores para Limite de Controle				
	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₃
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	0,88	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

Fonte: Montgomery e Runger (2003)

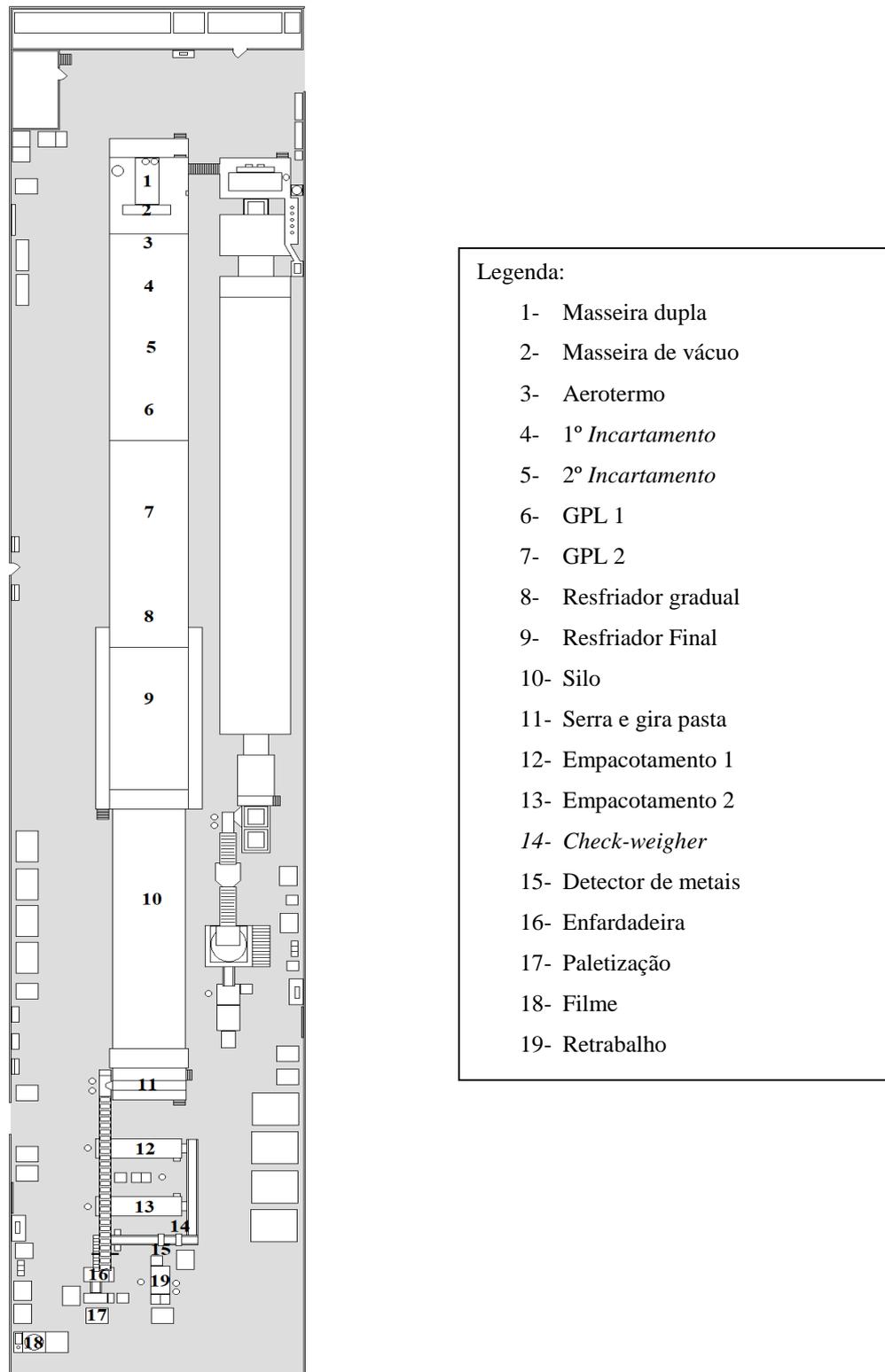
Tabela 12: Constantes (Gráfico do desvio padrão)

<i>Gráfico para desvio padrão</i>						
n	Fatores para Linha Central		Fatores para Limite de Controle			
	c_4	$1/c_4$	B_3	B_4	B_5	B_6
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

Fonte: Montgomery e Runger (2003)

ANEXO C – Layout da linha principal do setor de massas

Figura 23: Layout do processo produtivo de massas.



Fonte: O autor (2019).