

DIEGO VALADÃO LOPES

Correção de causas especiais no envase de líquidos em embalagem de filme plástico

Diego Valadão Lopes

Correção de causas especiais no envase de líquidos em embalagens de filme plástico

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador (a): Profa. Dra. Paloma Maria Silva Rocha Rizol

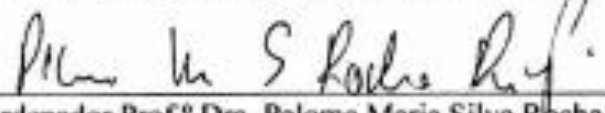
Guaratinguetá - SP
2018

L864c	Lopes, Diego Valadão Correção de causas especiais no envase de líquidos em embalagem de filme plástico / Diego Valadão Lopes – Guaratinguetá, 2018. 42 f : il. Bibliografia: f. 40-41 Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018. Orientadora: Profª. Drª. Paloma Maria Silva Rizol 1. Controle de processo. 2. Gráficos em engenharia. 3. Controle de qualidade. I. Título. CDU 658.511.3
-------	--

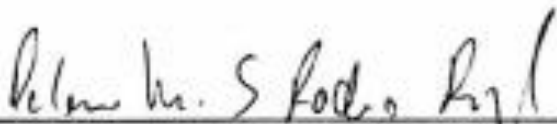
DIEGO VALADÃO LOPES

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA”

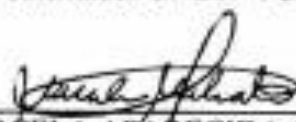
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA


Coordenador Prof.º Dra. Paloma Maria Silva Rocha Rizol

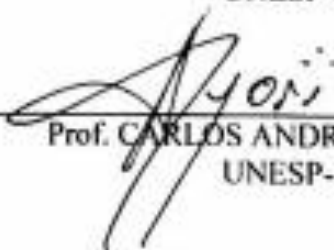
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dra. PALOMA MARIA SILVA ROCHA RIZOL
Orientador/UNESP-FEG



Prof. Dra. MARCELA APARECIDA GUERREIRO
MACHADO DE FREITAS
UNESP-FEG



Prof. CARLOS ANDRÉ MATTEI GYORI
UNESP-FEG

DADOS CURRICULARES

DIEGO VALADÃO LOPES

NASCIMENTO	09.06.1993 – São Paulo / SP
FILIAÇÃO	Sérgio Ricardo Lopes Cláudia de Oliveira Valadão
2013/2019	Engenharia Elétrica Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos,

à minha orientadora, Profa. Dra. Paloma Maria Silva Rocha Rizol que me concedeu a oportunidade de realizar este trabalho em um tema que me despertou o interesse,

aos meus pais Sérgio Ricardo Lopes e Cláudia de Oliveira Valadão, que apesar das dificuldades enfrentadas, incentivaram meus estudos, me possibilitando aperfeiçoar e desenvolver, constantemente, novas habilidades,

à minha namorada Alessandra, que sempre me incentivou e se mostrou um exemplo de foco, determinação e superação, a qual tenho como exemplo de inspiração para me tornar uma pessoa melhor, a cada dia,

ao Raul Acedo Pinto Alves da Cruz, que além de doar a máquina de envase, objeto de estudo neste trabalho, à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, auxiliou nos meses iniciais desse trabalho com relação ao aprendizado do funcionamento da máquina bem como com ideias que poderiam ser desenvolvidas ao longo deste trabalho,

aos envolvidos em outros projetos na máquina de envase: Regimar Maciel, Carlos Gyori e Yuri Mafra pelo auxílio mútuo, contribuindo com o trabalho desenvolvido por cada um,

à minha república, que me acolheu desde meu primeiro ano de faculdade e em especial aos meus companheiros de república, André Gimenes, Lucas Monteiro, Guilherme Silva, Pedro Vasconcelos e Gabriel Campos que me auxiliaram na etapa experimental deste trabalho.

“ Sonhos determinam o que você quer. Ação determina o que você conquista. ”

Aldo Novak

RESUMO

O processo de envase, tais como outras demandas industriais, quando aplicado em uma linha de produção precisa atender a diversos critérios. Para que o produto seja escalável, é importante que seu custo de produção seja o menor possível (atendendo aos padrões de qualidade, tanto no que diz respeito ao produto, como também a embalagem) de modo a oferecer ao consumidor final um produto com preços competitivos em relação ao mercado, sem prejudicar a margem de lucro das empresas que o produzem. Para que isso ocorra, é extremamente importante controle dos processos de modo a minimizar perdas, vislumbrando aumento da vida útil de peças e produtos, gerando impactos até mesmo com relação a eficiência energética do processo. Sendo assim, esse trabalho traz uma das possíveis abordagens para geração de um processo eficiente, com poucas perdas: atuando-se nas variáveis físicas da máquina objeto de estudo, PREPAC 1000, para que não haja causas especiais que afetem o estado de controle do equipamento e, nesse sentido, possa ser gerado gráficos de controle. O parâmetro de saída avaliado trata-se do volume de líquido envasado, por meio de medições indiretas com o peso das embalagens de envase. Após a correção das causas especiais, foi feita a construção dos gráficos de controle da qualidade evidenciando que o processo de envase ao final deste trabalho encontra-se em controle.

PALAVRAS-CHAVE: Envase de líquidos. Gráficos de Controle. Causas Especiais.

ABSTRACT

The packaging process, such as other industrial demands, when applied in a production line needs to meet several criteria. In order for the product to be scalable, it is important that its cost of production is kept to a minimum (in accordance with quality standards, both as regards to the product and the packaging) in order to offer the final consumer a competitively priced product in relation to the market, without prejudicing the profit margin of the companies producing it. For this to occur, it is extremely important to control the processes in order to minimize losses, seeing increased life of parts and products, generating impacts even in relation to the energy efficiency of the process. Therefore, this work presents one of the possible approaches for generating an efficient process, with few losses: acting on the physical variables of the machine object of study, PREPAC 1000, so that there are no special causes that affect the control state of the equipment and, in this sense, control charts can be generated. The output parameter evaluated is the volume of liquid packed, by means of indirect measurements with the weight of the packaging containers. After the correction of the special causes, the construction of the quality control charts was made evidencing that the packaging process at the end of this work is in control.

KEYWORDS: Container of liquids. Control charts. Special causes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Causas atribuíveis e aleatórias de variabilidade	17
Figura 2 – Diagrama de Pareto	19
Figura 3 – Diagrama de Ishikawa.....	20
Figura 4 – Gráfico de Dispersão	20
Figura 5 – Principais símbolos utilizados em fluxogramas	21
Figura 6 – Gráfico de Controle.....	23
Figura 7 – Prepac 1000	24
Figura 8 – Ficha técnica da Prepac 1000	24
Figura 9 – Sensores da Prepac 1000	26
Figura 10 – Selo e corte da embalagem.....	26
Figura 11 – Diagrama de Ishikawa aplicado ao projeto	27
Figura 12 – Display de regulagens da máquina.....	27
Figura 13 – Controle de nível do reservatório e resfriamento do sistema.....	28
Figura 14 – Mangueira de escape do excesso de água no nível superior da máquina.....	29
Figura 15 – Mudança na tubulação de passagem de água para resfriamento.....	30
Figura 16 – Refrigerador para resfriamento do sistema	30
Figura 17 – Manômetro instalado no registro de água da máquina de envase.....	31
Figura 18 – Embalagem nos padrões desejados	32
Figura 19 - Histograma das amostras coletadas de acordo com a massa	34
Figura 20 - Histograma das amostras coletadas de acordo com a massa (em trabalhos anteriores na mesma máquina)	34
Figura 21 - Gráfico de amplitude para volume de envase.....	35
Figura 22 - Gráfico de amplitude para volume de envase (em trabalhos anteriores na mesma máquina).....	35
Figura 23 - Gráfico de amplitude para volume de envase após a retirada de três amostras.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peso das embalagens plásticas em gramas	33
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP	Controle Estatístico do Processo
LSE	Limite Superior de Especificação
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSC	Limite Superior de Controle
LIC	Limite Inferior de Controle
LM	Limite Médio

LISTA DE SÍMBOLOS

LSC_R	Limite Superior de Controle para gráfico de amplitude
LM_R	Limite Médio para gráfico de amplitude
LIC_R	Limite Inferior para gráfico de amplitude
LSC_X	Limite Superior de Controle para gráfico de média amostral
LM_X	Limite Médio para gráfico de média amostral
LIC_X	Limite Inferior para gráfico de média amostral
R	Amplitude
$\bar{R}$	Média das amplitudes
$\bar{X}$	Média amostral de um subgrupo
$\bar{\bar{X}}$	Média das médias amostrais de cada subgrupo
μ	Valor médio da amostra
σ	Desvio padrão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
1.2	OBJETIVO	14
1.3	JUSTIFICATIVAS	15
1.4	DEFINIÇÃO DO PARÂMETRO ESTUDADO	15
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP).....	16
2.1.1	Causas Especiais	16
2.2	ANÁLISE DOS PRODUTOS	18
2.3	AS 7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	18
2.3.1	Folhas de Verificação	19
2.3.2	Diagrama de Pareto.....	19
2.3.3	Diagrama de Ishikawa	19
2.3.4	Diagrama de Dispersão	20
2.3.5	Fluxograma	21
2.3.6	Gráficos de Controle	21
3	MÉTODO.....	24
3.1	ANÁLISE INICIAL	25
3.2	IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS E REPAROS	27
3.3	AMOSTRAGENS	31
4	RESULTADOS.....	33
4.1	VERIFICAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL	33
4.2	CONSTRUÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE.....	34
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	39
	APÊNDICE A – MODELO DA FICHA DE MEDIÇÃO	40

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com a evolução da economia atual, é notória a existência de um mercado cada vez mais marcado por impostos, fato esse que reflete diretamente no valor agregado dos produtos, tornando-os mais caros.

Sendo assim, é de extrema importância observar, no ciclo produtivo, oportunidades de se evitar desperdícios. Uma vez que isso é alcançado, tem-se diminuição no custo de produção, processo esse que evidencia oportunidade com relação a obtenção de maiores margens de lucro associadas ao bem produzido, como também, oportunidade de se comercializar produtos com preços mais acessíveis ao consumidor, sem que seja necessário fazer uso de procedimentos para baratear o custo de produção que diminuam a qualidade do produto final.

Lourenço Filho (1981) trouxe à tona controle de qualidade como um sistema amplo e complexo que abrange todas as áreas de uma companhia, um trabalho conjunto para melhorar e manter a qualidade da produção, em níveis econômicos, para agradar aos anseios dos consumidores.

Segundo Montgomery (2004), uma companhia automobilística doméstica estimou suas perdas em, aproximadamente, um milhão de dólares por hora em 1980. Nesse sentido, a adoção e o uso de métodos estatísticos desempenharam papel central no ressurgimento da indústria americana.

1.2 OBJETIVO

Agir sobre causas especiais presentes na máquina de envase PREPAC 1000 para que, dessa forma, seja possível que a máquina opere em controle estatístico de qualidade, diminuindo a variabilidade do volume em análise e solucionando problemas de estabilidade do processo. Por fim, a construção dos gráficos de controle $\bar{X}$ e R.

Mapear e atuar sob as principais variáveis críticas no que diz respeito ao envase de embalagens plásticas para que seja possível a diminuição da variabilidade.

1.3 JUSTIFICATIVAS

Este trabalho busca servir de referência com relação a boas práticas de dimensionamento do envase da PREPAC 1000, buscando não somente a produção de produtos que seguem padrões de qualidade, mas também, reduzindo as perdas a valores aceitáveis no que tange ao padrão industrial.

Além disso, o trabalho em questão surge como forma de dar continuidade ao estudo feito anteriormente por Ariel Gomes Lima e Marlon do Vale Carvalho em que a máquina de envase em questão não estava em controle estatístico de qualidade.

1.4 DEFINIÇÃO DO PARÂMETRO ESTUDADO

Foi identificado que o fator com maior sensibilidade a elevada variabilidade trata-se do volume de líquido presente no interior do saquinho. Dessa forma, o estudo foi feito por meio da medição da massa de cada produto (saquinho plástico com água envasada), medição indireta do volume de cada embalagem, com maior precisão dado a possibilidade de se usar balança centesimal.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado em capítulos, fornecendo embasamento teórico, metodologia de análise do conteúdo estudado, interpretação dos resultados e, por fim, considerações finais.

Este trabalho, na forma em que foi concebido, evidencia a união da teoria com a prática, reforçando a importância de fazer-se uso de métodos para melhorias em processos produtivos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP)

Montgomery (2004) fundamenta o controle estatístico do processo (CEP) como um poderoso conjunto de ferramentas de resolução de problemas para estabilizar processos e reduzir variabilidade.

Por meio de uma parceria entre Shewhart e Deming, foram criados os gráficos de controle. Por meio desses, é possível identificar a necessidade de correções frente a um processo em que as variáveis não se encontram aleatoriamente independentes e/ou identicamente distribuídas, por meio da análise dos dados.

Costa et al. (2005) mencionam que por melhor que seja o processo, há em sua variabilidade um elemento impossível de ser eliminado. Trata-se da variabilidade natural do processo, que nada pode-se fazer por ser causada por uma série de pequenas perturbações, ou causas aleatórias.

Nesse sentido, o objetivo do CEP não consiste em eliminar toda variabilidade existente no processo, uma vez que conforme mencionado acima, não é possível agir sobre causas aleatórias. Sendo assim, para que o processo esteja em controle, é necessário agir sobre perturbações maiores, conhecidas como causas especiais.

2.1.1 Causas Especiais

Muitas vezes, é observado em processos produtivos fatores como variações de temperatura, vibração de equipamentos, pressão, desajustes de maquinário, erros do operador e matéria prima fora da especificação. Tais variáveis, mesmo que ajustadas, é impossível controlá-las por completo. Montgomery (2004) define essa variabilidade como “efeito cumulativo de pequenas causas inevitáveis”. Um processo que manifeste essa característica, em reduzida escala, caracteriza variações aleatórias, porém estáveis, presentes em qualquer processo produtivo.

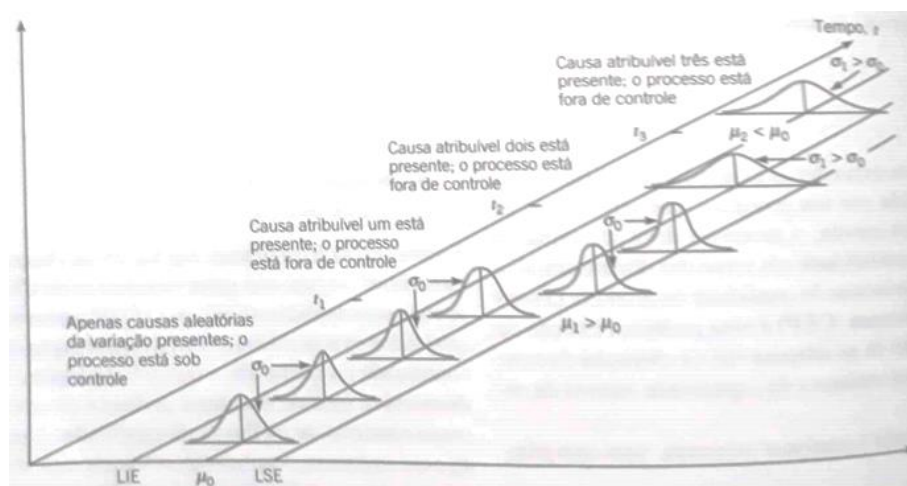
Segundo Costa et al. (2005), todo processo está sujeito a perturbações maiores, nomeadas de causas especiais, em que são capazes de deslocar a distribuição da variável X e/ou aumentar a dispersão dela.

De acordo com Montgomery (2004), causas especiais ou atribuíveis são causas de variabilidade que não são aleatórias. Essas causas não aleatórias influenciam muito mais

no processo do que as causas aleatórias, causando um desempenho abaixo do aceitável do processo. Deming (1990) comenta em seu trabalho que se trata de um erro comum confundir tais classificações, no entanto, é vital mapeá-las corretamente, dado que 94% das correções dos processos são feitas por meio do tratamento de causas especiais.

Na Figura 1 pode-se observar a influência das causas atribuíveis e aleatórias na variabilidade do processo.

Figura 1 - Causas atribuíveis e aleatórias de variabilidade



Fonte: Montgomery (2004)

Soares (2001) lista 10 causas especiais frequentes encontradas no setor industrial:

1. Desgaste de ferramentas;
2. Mancais desajustados;
3. Vibrações nas máquinas;
4. Fixações malfeitas;
5. Matéria prima de má qualidade;
6. Falta de cuidado/treino dos operadores;
7. Mudanças climáticas;
8. Máquinas inadequadas ao processo;
9. Gerenciamento inadequado;
10. Erros em medições.

Montgomery (2004) defende que uns dos principais objetivos do controle estatístico do processo é captar a ocorrência das causas que geram mudanças do processo, para que dessa forma, seja possível adotar medidas corretivas antes de produzir unidades não conformes. O monitoramento do processo por meio de gráficos de controle é uma técnica largamente usadas para esse propósito.

2.2 ANÁLISE DOS PRODUTOS

É de extrema importância que as causas especiais identificadas no contexto do produto em questão sejam passíveis de medição para que possa ser realizado acompanhamento da variabilidade em questão com o passar do tempo. Ainda assim, é possível a elaboração de critérios restritivos para a aceitabilidade dos produtos: ou seja, produtos não conformes como não aceitáveis para comercialização. Soares (2001) classifica essas características em “variáveis”, que são aquelas que podem ser medidas, e em “atributos”, que definem a aceitabilidade do produto.

Costa et al. (2005) mencionam que no tange às variáveis citadas, é aplicado o conceito de Limites Superior de Especificação (LSE) e Limite Inferior de Especificação (LIE). O valor alvo em produção é delimitado por tais conceitos. Esses, surgem como uma forma de atender um padrão previamente definido. Ou seja, em um processo de envase de embalagens plásticas, o LSE garante que o produto envasado não está sob risco de vazar e, o LIE, apresenta-se como um valor mínimo para que o produto atenda aos critérios de volume nominal em embalagem sem implicar em sanções punitivas àquele que comercializa o produto.

2.3 AS 7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

O CEP possui sete principais ferramentas estatísticas para análise de problemas e melhorias de desempenho, sendo elas:

- a) Folhas de verificação;
- b) Diagrama de pareto;
- c) Diagrama de Ishikawa (causa e efeito);
- d) Diagrama de dispersão;
- e) Fluxograma;
- f) Histograma;
- g) Gráfico de controle.

Essas ferramentas, surgem de maneira a suas características serem complementares entre si. No entanto, não se faz necessário aplicá-las em sua totalidade. Segundo Barbosa (2002), as ferramentas são recursos a serem utilizados na aplicação da metodologia de resolução de problemas.

2.3.1 Folhas de Verificação

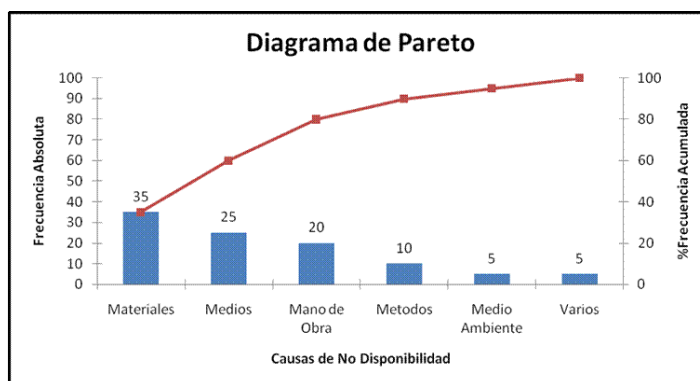
Também conhecidas como fichas de medição, trata-se de uma ficha estruturada antes das medições do processo.

Montgomery (2004) defende que ao elaborar uma folha de controle, é fundamental definir os tipos de dados a serem coletados, o número da operação, a data, o medidor, e outros dados úteis ao diagnóstico da causa de um fraco desempenho. Em algumas situações, a realização de testes pode ser útil para validar o formato da folha de controle.

2.3.2 Diagrama de Pareto

Trata-se de uma forma de representação de uma determinada distribuição de eventos que ocorrem com maior frequência, conforme é mostrado na Figura 2:

Figura 2 – Diagrama de Pareto



Fonte: Manuel (2017)

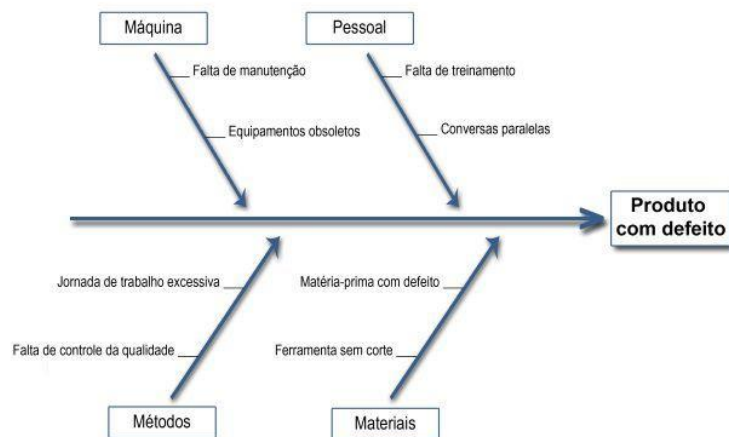
2.3.3 Diagrama de Ishikawa

Montgomery (2004) menciona que o diagrama de causa e efeito é construído por uma equipe de melhoria de qualidade designada para identificar áreas problemáticas potenciais no processo. Nesse sentido, os passos na construção do diagrama de causa e efeito são os seguintes:

1. Definição do problema a ser observado;
2. Montagem da equipe para a análise;
3. Ilustração das caixas de efeitos com a linha central;
4. Especificação das principais causas potenciais ligadas à linha central;

5. Mapeamento das causas possíveis e classificação nas categorias do passo 4;
6. Organização das causas para identificar quais causam maior impacto sobre o problema;
7. Adoção de correções.

Figura 3 – Diagrama de Ishikawa

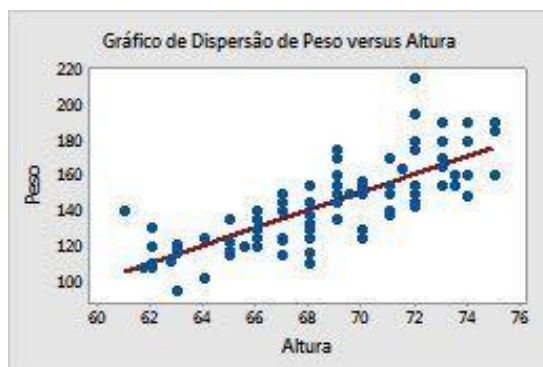


Fonte: Bastiani (2018)

2.3.4 Diagrama de Dispersão

Consiste em um gráfico para análise de possíveis relações entre duas variáveis, conforme no exemplo da Figura 4:

Figura 4 – Gráfico de Dispersão

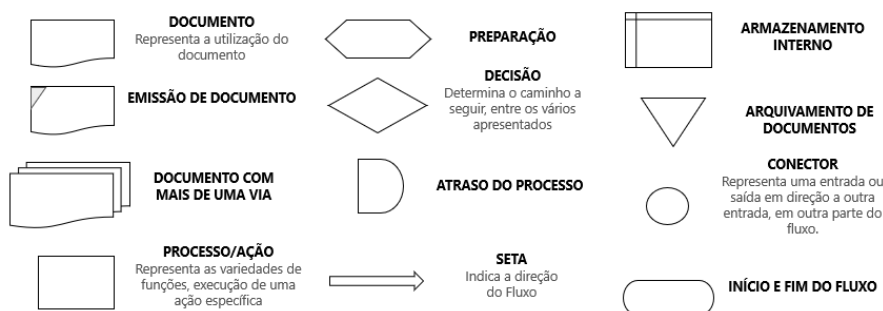


Fonte: Cruz (2017)

2.3.5 Fluxograma

Por meio do fluxograma, é possível retratar passo a passo determinado processo. Podem indicar, ações, status, condições entre outras tarefas por meio do uso de caixas com formatos padronizados. Alguns dos principais símbolos utilizados em fluxogramas podem ser observados na Figura 5:

Figura 5 – Principais símbolos utilizados em fluxogramas



Fonte: Gonçalves (2018)

2.3.6 Gráficos de Controle

Montgomery (2004) define gráficos de controle como uma visualização gráfica de uma característica da qualidade que foi calculada ou medida a partir de uma amostra *versus* o número da amostra ou o tempo. No gráfico, o valor médio é representado por uma linha central que corresponde ao estado sob controle. No gráfico é possível observar também duas outras linhas horizontais, o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC). Nesse sentido, para que o processo esteja sob controle praticamente todos os pontos amostrais devem obedecer a esses limites. Caso haja pontos fora dos limites de controle, essa situação é interpretada como evidência de que o processo está fora de controle sendo necessárias ações corretivas para eliminar a causa ou as causas responsáveis por esse comportamento.

De acordo com Carvalho (2017), os gráficos $\bar{X}$ e R foram escolhidos para realizar a análise do controle desse processo pois são recomendados para monitorar a média e a variabilidade de um processo onde a variável medida possui uma escala contínua de medição, no caso, volume de água no saquinho.

Carvalho (2017) pontua que, para a construção dos gráficos e monitoramento do processo, a cada intervalo de tempo h , retira-se uma amostra de tamanho n para a análise. Para cada subgrupo, é calculado a média $\bar{X}$ das amostras medidas e a amplitude R, que é

a diferença do maior e o menor valor da amostra. Os valores de $\bar{X}$ e R são plotados nos gráficos de média e amplitude, respectivamente.

A verificação do controle do processo dos dados coletados na Tabela 1 será realizada por meio dos gráficos de controle da amplitude e da média amostral de acordo com as fórmulas abaixo que regem a metodologia padrão:

$$\sigma_0 = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad \text{Equação 1}$$

$$LSC_R = (d_2 + 3 d_3) \sigma_0 \quad \text{Equação 2}$$

$$LM_R = d_2 \sigma_0 \quad \text{Equação 3}$$

$$LIC_R = (d_2 - 3 d_3) \sigma_0 \quad \text{Equação 4}$$

$$LSC_{\bar{X}} = \mu_0 + (3\sigma_0)/\sqrt{n} \quad \text{Equação 5}$$

$$LM_{\bar{X}} = \mu_0 \quad \text{Equação 6}$$

$$LIC_{\bar{X}} = \mu_0 - (3\sigma_0)/\sqrt{n} \quad \text{Equação 7}$$

$$\bar{X} = \bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n} \quad \text{Equação 8}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m} \quad \text{Equação 9}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \quad \text{Equação 10}$$

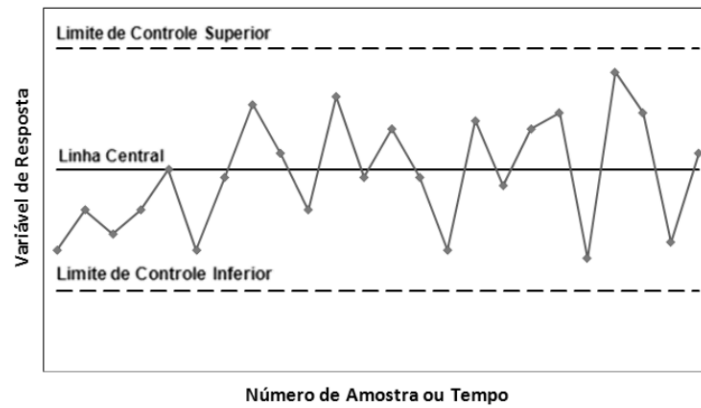
Segundo Costa et al. (2005), o número de amostras $n=5$ sinaliza o coeficiente $d_2 = 2,326$ e $d_3 = 0,864$. Além disso, foi adotada a condição de grupos $m=25$ semelhante ao contexto do estudo de casos dos mesmos autores em que mostram o passo a passo para a construção de gráficos de controle.

Carvalho (2017) defende que um processo pode estar fora de controle quando um ponto se encontra acima do limite de controle superior ou abaixo do limite de controle inferior, ou ainda, se os pontos seguem alguns padrões:

- Presença de nove pontos consecutivos localizados acima ou abaixo da LM;
- Existência de seis ou mais pontos consecutivos decrescentes ou crescentes;
- Existência de quatorze pontos alternados em uma linha;
- Dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios padrão acima ou abaixo da linha central;
- Existência de quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio padrão acima ou abaixo da linha central;
- Quinze pontos consecutivos localizados, em qualquer lateral, a menos de um desvio padrão da linha central;

- Existência de oito pontos consecutivos abaixo ou acima, em qualquer lateral, a mais de um desvio padrão da linha central.

Figura 6 – Gráfico de Controle



Fonte: Montgomery (2004)

3 MÉTODO

Para o estudo prático de, mapear as principais variáveis físicas críticas no que diz respeito ao envase de embalagens plásticas e, além disso, dimensioná-las de modo a ser possível melhorar a operação de envase, faz-se necessário que a máquina opere em controle estatístico de qualidade. Nesse sentido foi usada uma máquina empacotadora automática Prepac 1000, da Prepac Brasil, como pode ser observada na Figura 7. Na Figura 8 é possível observar a ficha técnica da máquina de envase. O maquinário está localizado no laboratório de Monitoramento de Processos, do Departamento de Produção da UNESP Guaratinguetá, dentro das dependências do prédio do Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá.

Figura 7 – Prepac 1000



Fonte: Lima (2017)

Figura 8 – Ficha técnica da Prepac 1000



Fonte: Lima (2017)

Entre os materiais utilizados em conjunto a máquina, tem-se controladores eletrônicos (arduinos), bobinas de empacotamento, bacias para recolhimento do produto final, uma balança de precisão centesimal e um manômetro (melhoria advinda desse trabalho), sendo esse último, instalado no registro de água da máquina. Como fluido do envase, foi utilizada a água para maior praticidade nos experimentos, menor custo e devido também ao benefício da limpeza e manutenções do local e maquinário.

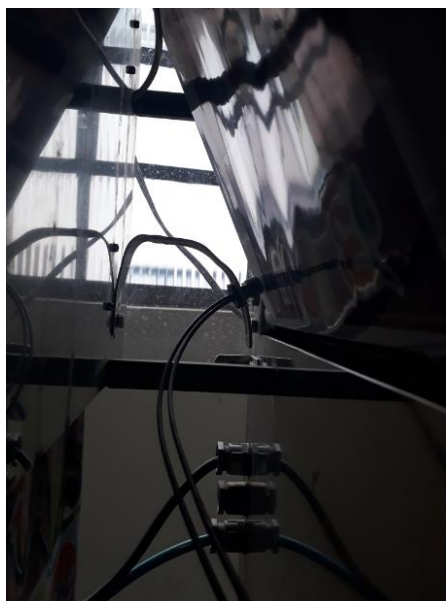
O método proposto consiste no levantamento bibliográfico da literatura que envolve o tema do trabalho, o aprendizado no manuseio do equipamento PREPAC 1000, aprendizado em como aplicar as “7 ferramentas da qualidade”, definição das variáveis físicas a serem analisadas, bem como os sensores e atuadores a serem corrigidos, se necessário, alteração nas variáveis físicas (definidas na etapa anterior) do equipamento, levantamento dos resultados (mediante às alterações realizadas na etapa anterior) e, por fim, a redação deste trabalho.

3.1 ANÁLISE INICIAL

Para a verificação da conformidade do produto produzido, o parâmetro escolhido foi o peso da unidade, sendo definido como valor nominal 202,71g, 200g referentes ao líquido envasado (água) e 2,71g como a massa média calculada para um saquinho plástico. Valores esses medidos por uma balança de precisão centesimal.

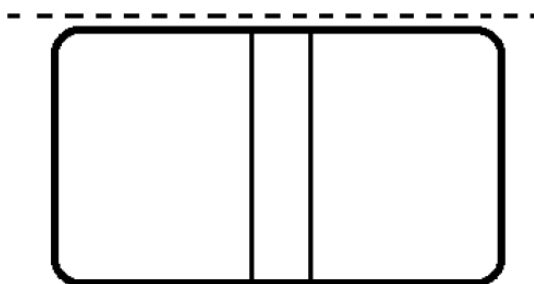
Ainda com relação à verificação de conformidade, temos a análise da posição dos sensores uma vez que estes são responsáveis pelo selo horizontal da embalagem bem como pelo corte. Na Figura 9, é possível observar os sensores em questão. Já a Figura 10, ilustra o local da bobina em que é feito o selo e o corte.

Figura 9 – Sensores da Prepac 1000



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 10 – Selo e corte da embalagem



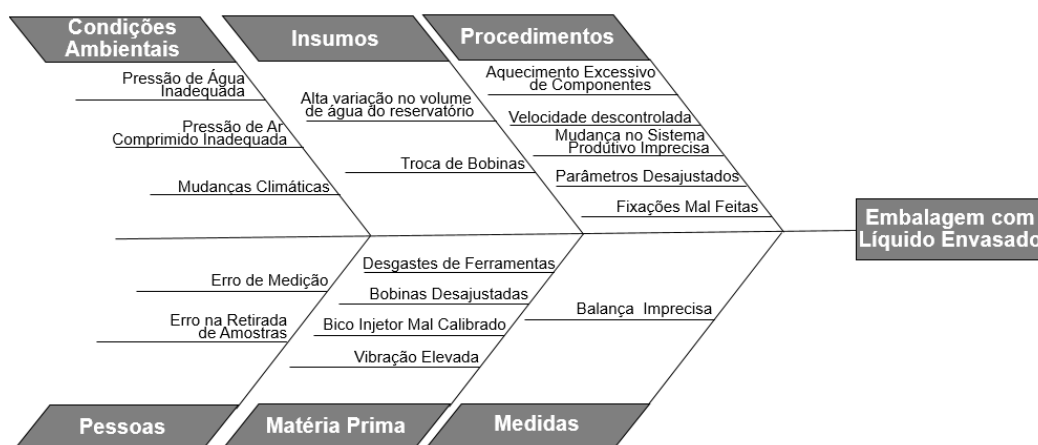
Fonte: Lima (2017)

Conforme mostrado nas imagens, o selo e o corte da embalagem estão sendo feitos nas regiões corretas da bobina de empacotamento. Nesse sentido, não haverá a necessidade de reajustar a disposição dos sensores.

Os testes iniciais desse projeto ao simplesmente ligar a máquina e operá-la apontou grande variabilidade dos produtos. Nesse sentido, um grande número de unidades defeituosas.

Para a busca de fatores que influenciam variações, foi utilizado o Diagrama de Ishikawa, ou Diagrama de Causa e Efeito. Por meio dessa ferramenta, foi possível avaliar as causas especiais, conforme mostrado na Figura 11:

Figura 11 – Diagrama de Ishikawa aplicado ao projeto



Fonte: Produção do próprio autor

Os testes foram feitos com base em uma Ficha de Medição elaborada para o experimento, conforme consta no Apêndice A.

As principais funções a serem ajustadas, estão presente no *display* da Prepac 1000, conforme a figura abaixo, sendo elas (da esquerda para a direita): valor de referência ao volume de água envasada; valores de tempo, em milissegundos, de ativação das resistências inferior (corte de separação das embalagens) e superior (selo horizontal da embalagem); e contagem do número de unidades produzidas (parâmetro utilizado para definir o intervalo de amostras).

Figura 12 – *Display* de regulagens da máquina

Fonte: Produção do próprio autor

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS E REPAROS

Lima (2017) evidenciou que nos trabalhos anteriores feitos nessa máquina, foram realizados os seguintes procedimentos com relação a causas que afetavam desde o envase à selagem das embalagens plásticas:

- Variação do volume d'água no reservatório de abastecimento: A marcação da dosagem do volume inserido nas embalagens é por meio de um registro, sem marcações específicas. Nesta situação, houve uma inconsistência no volume de entrada e saída de água no reservatório de abastecimento, o que causava o

transbordamento de água do reservatório ou falta dela no decorrer do processo. O problema foi reparado durante os testes com o aumento cauteloso da entrada de água, e a utilização de uma mangueira de escape do excesso de água em seu nível superior. A solução ainda possibilitou a fixação do nível de água do reservatório, melhorando o envase;

- Regulagem do tempo de ativação das resistências elétricas responsáveis pelo selo e corte das embalagens. O tempo de ativação define o quanto as resistências irão aquecer. Esse calor em excesso, pode derreter totalmente o selo, ao invés de fechá-lo. Por outro lado, o calor insuficiente não fecharia as embalagens ou não as cortariam a fim de separar cada produto. Além disso, o uso estendido da máquina aquecia o sistema como um todo, prejudicando a qualidade dos selos das últimas amostras;
- Uma mangueira foi implementada na máquina para a regulação de água do reservatório e resfriamento do sistema. Como pode-se observar na Figura 13, a mangueira permite que a entrada de água do reservatório seja fixada levemente acima do necessário. Isso padroniza a pressão da altura d'água presente no local, e ainda, o excesso de água que vazaria do reservatório cheio é guiado para as hastes que seguram os seladores de embalagens, para evitar o superaquecimento nos selos antes do descarte da água.

Figura 13 – Controle de nível do reservatório e resfriamento do sistema



Fonte: Lima (2017)

Neste trabalho, destaca-se como as principais causas que ainda afetam desde o envase à selagem das embalagens plásticas:

- Variação do volume d'água no reservatório de abastecimento: Durante o início do manuseio desta máquina para a realização deste projeto, não havia a mangueira de escape do excesso de água no nível superior da máquina. Nesse sentido, foi introduzida a mangueira em questão, conforme a Figura 14:

Figura 14 – Mangueira de escape do excesso de água no nível superior da máquina



Fonte: Produção do próprio autor

Com relação a inserção de tubulação para controle de nível do reservatório e resfriamento do sistema realizada no projeto anterior, apesar de realmente resfriar as resistências, notou-se que, nesse contexto, há um caminho a mais para a passagem de água para que se possa resfriar o sistema e isso gerou a diminuição na pressão da água que chega ao reservatório, alterando, o nível do reservatório da máquina, estando ela em operação, de modo a não manter o nível inicial da coluna de água.

Sendo assim, para a resolução de tal inconveniente foi feita uma modificação no sistema. A passagem de água vinda do registro deixou de ter dois caminhos. A nova configuração permite a passagem de água do registro somente para o reservatório. No entanto, para o resfriamento das resistências superior e inferior, foi incluída a máquina um refrigerador com sistema fechado. Desse modo, há água resfriando as resistências, vindo de um reservatório independente, não afetando a pressão em que a água chega ao reservatório superior da máquina.

Figura 15 – Mudança na tubulação de passagem de água para resfriamento



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 16 – Refrigerador para resfriamento do sistema



Fonte: Produção do próprio autor

- Pressão de água inadequada: Durante o início desse trabalho, notou-se que não havia uma forma de aferir com que pressão a água vinha da rede: ao operar a máquina, o registro era aberto, na maior parte das vezes em cerca de duas voltas. No entanto, pelo fato de a água do registro vir da rede da universidade, em uma condição de consumo elevado de água nas dependências da instituição, ao operar a máquina, poderia ocorrer de a pressão estar insuficiente. Em contrapartida, em uma situação em que a pressão estivesse abrupta, ao operar a máquina, não havia como quantificar tais valores. Para tanto, foi instalado no registro da máquina um manômetro. Com ele, podemos monitorar o valor da pressão de água da rede que realmente chega a máquina e, dessa forma, entender o motivo de eventuais não conformidades.

Figura 17 – Manômetro instalado no registro de água da máquina de envase



Fonte: Produção do próprio autor

3.3 AMOSTRAGENS

Uma vez realizadas as melhorias no equipamento para combater as causas especiais identificadas, foram realizadas novas medições para a avaliação do controle estatístico de qualidade da produção de embalagens plásticas. No contexto de coleta das amostragens, foi de vital importância o auxílio de colegas para gerir a produção na máquina de modo a seguir os seguintes passos:

- i) Teste inicial da máquina para verificação do ajuste dos principais parâmetros da máquina de vazão de água e temperatura;
- ii) Ajuste do posicionamento da bobina caso necessário;

- iii) Produção de testes para avaliar pequenas amostras em relação a um aparente controle das massas das embalagens plásticas, fazendo-se uso de uma balança centesimal;
- iv) Início da fase de amostragem;
- v) Retirada de uma amostra de 5 unidades do produto a cada 100 unidades produzidas;
- vi) Retirada e marcação dos produtos para cada uma das 25 amostras produzidas, referente a produção total de 2.500 unidades contabilizadas para a amostragem;
- vii) Medição das unidades em balança centesimal;
- viii) Uso de ferramentas de qualidade;
- ix) Análise dos resultados.

Os parâmetros da máquina para a amostragem foram os mesmos utilizados na fase de testes, sendo eles:

- Parâmetro referente a volume: 358 ms
- Parâmetro referente a resistência inferior (corte da embalagem): 292 ms
- Parâmetro referente a resistência superior (selo horizontal): 173 ms

Uma observação pertinente é que a pressão aferida no manômetro durante a coleta das amostras foi de 34 psi. Além disso, a mangueira de escape atuou durante o processo pois o estudo realizado manteve, em todo momento, o reservatório cheio.

A Figura 18 ilustra uma embalagem conforme os padrões desejados, considerada sem defeitos.

Figura 18 – Embalagem nos padrões desejados



Fonte: Lima (2017, p.38)

4 RESULTADOS

4.1 VERIFICAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL

Carvalho (2017) define a distribuição normal como uma distribuição simétrica onde os valores extremos são menos prováveis de ocorrer que os valores ao redor da média.

Após testes iniciais com a máquina para produção, o sistema conferiu uma imagem de controle, com pequena variabilidade, levemente acima do valor alvo definido como 202,71g. Sendo assim, a produção em maior escala está de acordo com a Tabela 1:

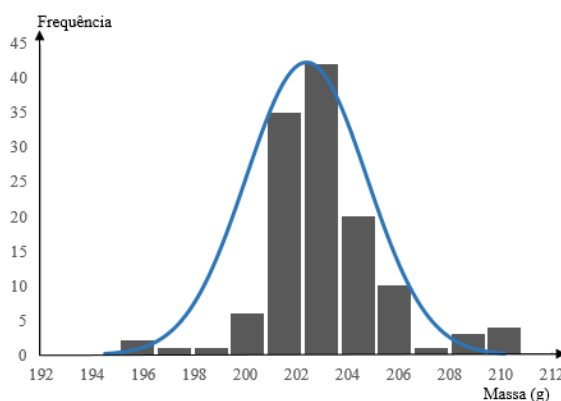
Tabela 1 - Peso das embalagens plásticas em gramas

Grupos (m=25)	Amostras (n)					R	$\bar{X}$
	1	2	3	4	5		
1	205,34	196,89	204,42	202,64	199,76	8,45	201,81
2	202,68	201,39	202,18	202,02	199,63	3,05	201,58
3	201,22	202,50	201,80	202,56	203,21	1,99	202,26
4	202,67	202,46	202,00	201,70	201,28	1,39	202,02
5	202,34	202,82	203,27	201,18	201,37	2,09	202,20
6	202,14	202,83	201,79	202,03	202,06	1,04	202,17
7	202,27	203,47	201,49	207,55	199,83	7,72	202,92
8	200,76	200,51	200,84	200,61	200,72	0,33	200,69
9	200,32	200,50	200,63	200,40	200,44	0,31	200,46
10	202,14	204,43	201,17	201,76	202,36	3,26	202,37
11	202,27	203,47	201,49	207,55	199,83	7,72	202,92
12	200,76	200,51	200,84	200,61	200,72	0,33	200,69
13	200,32	200,50	200,63	200,40	200,44	0,31	200,46
14	202,14	204,43	201,17	201,76	202,36	3,26	202,37
15	202,65	203,93	202,23	203,90	203,64	1,70	203,27
16	203,69	194,35	203,81	203,31	203,63	9,46	201,76
17	202,32	200,75	210,15	204,16	204,44	9,40	204,36
18	204,10	202,38	205,28	204,14	208,09	5,71	204,80
19	201,94	202,62	201,95	209,23	209,24	7,30	205,00
20	201,37	201,89	202,62	209,39	203,13	8,02	203,68
21	202,30	203,41	204,77	198,29	201,96	6,48	202,15
22	195,24	202,87	206,06	204,89	203,78	10,82	202,57
23	204,29	205,03	204,24	199,48	200,05	5,55	202,62
24	202,94	204,52	202,71	203,44	202,79	1,81	203,28
25	201,28	201,40	201,27	201,44	202,29	1,02	201,54

Fonte: Produção do próprio autor

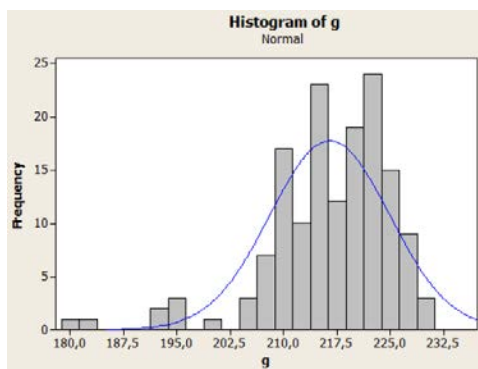
Como pode-se verificar na Figura 19, as amostras coletadas seguem uma distribuição normal, pois as amostras não estão muito distantes do centro ou da média ($\bar{\bar{X}} = 202,40$ g) e as maiores frequências de ocorrências estão concentradas na média. Diferentemente do que ocorre na Figura 20, que ilustra trabalhos anteriores em que as amostras não seguem uma distribuição normal.

Figura 19 - Histograma das amostras coletadas de acordo com a massa



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 20 - Histograma das amostras coletadas de acordo com a massa (em trabalhos anteriores na mesma máquina)



Fonte: Carvalho (2017)

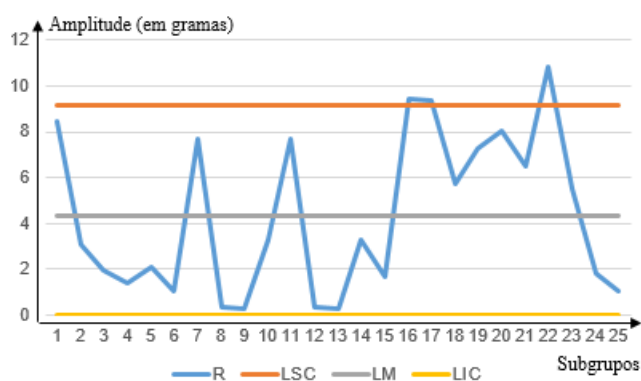
4.2 CONSTRUÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE

Diante dos resultados da Tabela 1, foi possível obter alguns parâmetros do processo (média e desvio padrão) e, dessa forma, determinar os limites de controle para os gráficos de amplitude e de média amostral. Além disso foi possível determinar $\bar{R} = 4,34$ g e $\bar{\bar{X}} = 202,40$ g.

Realizados os cálculos, aplicando as Equações 1 a 10, tem-se que o limite superior e inferior para o gráfico de amplitude são, respectivamente, 9,178 e 0 (valores em gramas).

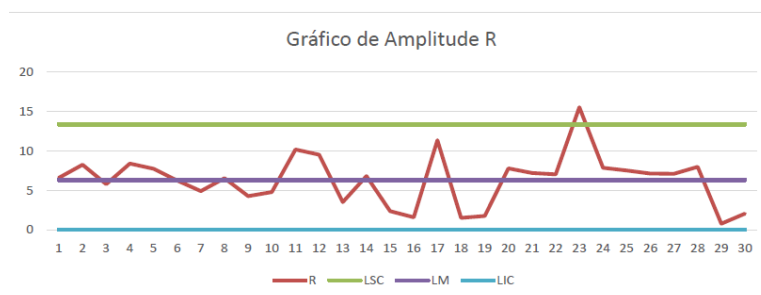
Da observação da Figuras 21, que retrata resultados deste trabalho, é possível notar menores valores de amplitude, se comparado com trabalhos anteriores, conforme na Figura 22. No entanto, na Figura 21, é possível notar três pontos acima do limite superior de controle. Ao retirar essas três amostras, o limite superior e inferior para o gráfico de amplitude passam a ser, respectivamente, 7,577 e 0, conforme a Figura 23.

Figura 21 - Gráfico de amplitude para volume de envase



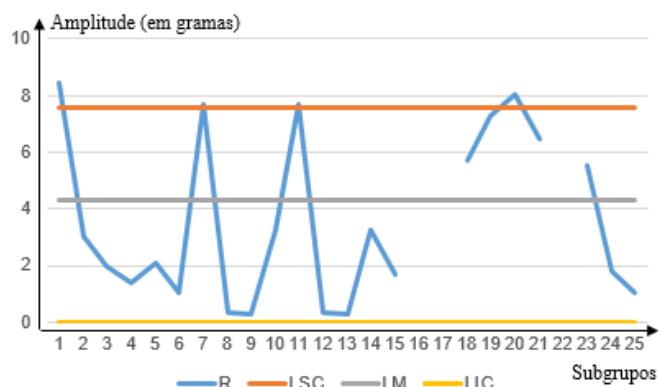
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 22 - Gráfico de amplitude para volume de envase (em trabalhos anteriores na mesma máquina)



Fonte: Carvalho (2017)

Figura 23 - Gráfico de amplitude para volume de envase após a retirada de três amostras



Fonte: Produção do próprio autor

Da observação da Figuras 24, com a queda do limite superior de controle, mais 4 amostras ficaram acima dos limites de controle. Sendo assim, o processo ainda não está estável para que se possa conferir estado de controle.

5 CONCLUSÃO

O trabalho em questão, fundamentado em metodologias estatísticas, evidenciou um estudo real para a aplicação das ferramentas de controle estatístico de qualidade no contexto de uma máquina de envase de embalagens plásticas (PREPAC 1000).

Esse trabalho de conclusão de curso, tendo surgido da extensão de outros trabalhos no referido equipamento, trouxe como desafio atuar sobre causas especiais para posteriormente verificar se o processo encontra-se sob controle estatístico de qualidade.

O Gráfico de Controle realizados para as amostras em questão baseou-se exclusivamente na variável massa, em gramas. E, nas representações gráficas é observado o comportamento de amplitude.

O estudo realizado conferiu que o processo de envase não encontra-se sob controle, uma vez que o processo não está estável sofrendo, nesse sentido, influências de causas especiais que tornem a produção sem padronização. No entanto, a estabilidade do processo após esse trabalho melhorou, sendo assim, o trabalho foi satisfatório.

Para trabalhos futuros, seria interessante um projeto de ergonomia para melhorar as condições de trabalho ao produzir amostras na máquina.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, E. F. **7 ferramentas do controle de qualidade**. Gerência da qualidade total na educação. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

BLOG DA QUALIDADE. **Diagrama de ishikawa**. Disponível em: <<http://www.blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-ishikawa/>>. Acesso em: 17 mar. 2018.

CARVALHO, M. V. **Aplicação do controle estatístico do processo no envase de líquido em saquinhos**. Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas, 2005. 334p.

DEMING, W. M. **Sample design in business research**. New York: Wiley Classics Library, 1990.

LIMA, A. G. **Estudo para implantação do controle estatístico do processo no envase de líquido em saquinhos plásticos**. Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

LOURENÇO FILHO, RUY de C. B. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981. 223p.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513p.

SEMINARIO DE INTEGRACION II. **Diagrama de pareto**. Disponível em: <<https://seminarioiiuntref.wordpress.com/2017/06/12/diagrama-de-pareto/>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

SOARES, G. M. de V. P. de P. **Aplicação do controle estatístico de processos em indústria de bebidas: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

UVAGP CLASS. **O método do diagrama de dispersão**. Disponível em: <<https://uvagpclass.wordpress.com/2017/12/04/o-metodo-do-diagrama-de-dispersao/>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

FANG, J.; WANG, H.; DENG, W. Design of EWMA Control Charts for Assuring Predetermined Production Process Quality. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, v. 5, n. 10, p. 3010-3014, 2013.

JUAN, J. M.; GRYNA, F. M. **Controle da qualidade**. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1993. v. 1.

MACHADO, M. A. G. **Monitoramento da matriz de covariâncias de processos multivariados por meio de gráficos de controle por atributos e variáveis**. Pesquisa FAPESP 2017/02376-9. São Paulo: FAPESP, 2017.

MACHADO, M. A. G.; COSTA, A. F. B. A side-sensitive synthetic chart combined with an $\bar{X}$ chart. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 11, p. 3404-3416, 2014.

OLIVEIRA, F. L. C. **Controle estatístico de qualidade: fundamentos teóricos e aplicações dos gráficos de controle**. 2009. Monografia (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Estatística, ICE, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009.

SIQUEIRA, L. G. P. **Controle estatístico de processos**. São Paulo: Editora Pioneira, 1997.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. V.2

APÊNDICE A – MODELO DA FICHA DE MEDIÇÃO

Grupos (m=25)	Amostras (n)					R	$\bar{X}$
1	1	2	3	4	5		
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							