ENGENHARIA DA QUALIDADE: MELHORIA DE PROCESSO DE PRODUÇÃO

Amanda da Cunha Cerqueira
Tânia Nogueira Fonseca Souza

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

AMANDA DA CUNHA CERQUEIRA
TÂNIA NOGUEIRA FONSECA SOUZA

Engenharia da Qualidade: melhoria de processo de produção

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

CERQUEIRA, AMANDA DA CUNHA
C323E Engenharia da Qualidade: melhoria de processo de produção
/ AMANDA DA CUNHA CERQUEIRA. TÂNIA NOGUEIRA FONSECA SOUZA. – Piracanjuba-
GO

Editora Conhecimento Livre, 2021

78 f.: il

DOI: 10.37423/2021.edcl402

ISBN: 978-65-5367-025-9

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. processo-de-sopro 2. ferramentas-da-qualidade 3. embalagem-plástica. 4. engenharia-de-produção
I. CERQUEIRA, AMANDA DA CUNHA II. SOUZA, TÂNIA NOGUEIRA FONSECA III. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2021.edcl402>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2022

10.37423/2021.edcl402

Resumo: Na busca constante por um sistema econômico consistente, o Brasil se depara com um mercado emergente e amplamente globalizado, o que tem exigido das empresas a quebra dos paradigmas para que possam se sobressair ante o desempenho das concorrentes. Por este motivo, é de grande valia basear-se nas metodologias e técnicas desenvolvidas para o uso em processos de produção das organizações, consideradas de ampla aplicação na realização de melhorias nos mesmos. Com os conceitos e conhecimentos adquiridos ao longo do ciclo acadêmico confrontados com a realidade vivida em uma fábrica, foi possível a realização deste trabalho, que tem por objetivo o uso das ferramentas da engenharia para detectar as causas primárias e consequentemente reduzir os índices de retrabalho proveniente do processo de sopro de embalagens plásticas, em uma indústria cosmética e farmacêutica. A presente pesquisa fundamenta-se em observações de campo e entrevistas realizadas com as pessoas responsáveis pelos setores envolvidos. O trabalho contempla os setores da fábrica das áreas de controle de qualidade, sopro de embalagens, estoque de produto acabado, envase de produto farmacêutico, e gestão de não conformidades. É destacado também a importância que o presente estudo teve para a empresa, pois foram obtidos resultados satisfatórios para a redução das perdas geradas em virtude do processo produtivo das embalagens plásticas.

Palavras chave: Processo de sopro. Ferramentas da qualidade. Embalagem plástica.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Frascos plásticos do produto solução fisiológica.....	14
Figura 2 - Cadeias representativas de polímero e copolímero.....	15
Figura 3 - Material polietileno.....	17
Figura 4 - Processo de produção de embalagens plásticas por sopro.....	18
Figura 5 – Principais componentes de uma máquina extrusora.....	19
Figura 6 - Máquina sopradora por extrusão contínua.....	20
Figura 7 - Frascos plásticos para a indústria de cosméticos.....	21
Figura 8 - Modelo de pré-forma.....	23
Figura 9 - Processo de sopro por estiramento de pré-formas.....	24
Figura 10 - Máquina para o processo injeção-sopro.....	25
Figura 11 - Esquema de funcionamento do programador da espessura do <i>parison</i>	27
Figura 12 - Ciclo PDCA.....	32
Figura 13 - Ilustração demonstrativa do <i>brainstorming</i>	34
Figura 14 - Diagrama de causa e efeito.....	35
Figura 15 - Ocorrências com maior número de reincidência no primeiro semestre 2019.....	37
Figura 16 - Ocorrências com maior número de reincidência no segundo semestre 2019.....	37
Figura 17 - Polietileno de alta densidade.....	41
Figura 18 - Máquina sopradora BMT5.6D/H.....	42
Figura 19 - Frasco plástico acabado.....	43
Figura 20 - Desenho do processo produtivo dos frascos plásticos.....	44
Figura 21 - Esquema de produção.....	45
Figura 22 - Balança semianalítica.....	46
Figura 23 - Desenho técnico do frasco plástico 500 ml.....	47
Figura 24 - Teste de vedação.....	48

Figura 25 - Caixa molhada por vazamento de produto no frasco plástico.....	49
Figura 26 - Caixas empilhadas no estoque.....	49
Figura 27 - Representação gráfica dos tipos de defeitos.....	50
Figura 28 - Furo no fundo do frasco.....	51
Figura 29 - Furo na parte lateral do frasco.....	51
Figura 30 - Diagrama de <i>Ishikawa</i>	53
Figura 31 - Área produtiva dos frascos plásticos.....	58
Figura 32 - Implantação da Sala Limpa.....	59
Figura 33 - Testador de Microfuros.....	60
Figura 34 - Implantação da Sala Limpa.....	61
Figura 35 - Máquina Sopradora <i>Pavan Zanetti</i>	62
Figura 36 - Guia na esteira de rebarbas.....	63
Figura 37 - FNC abertas em 2020 - Frasco furado Solução Fisiológica 500ml.....	66
Figura 38 - Nível Sigma Frascos Furados Solução Fisiológica 500ml.....	67
Quadro 1 - Materiais e principais aplicações no processo de extrusão contínua.....	21
Quadro 2 - Materiais e principais aplicações no processo de sopro por estiramento.....	24
Quadro 3 - Referências de temperatura de processamento.....	26
Quadro 4 - Análise dos 5 Porquês.....	54
Quadro 5 - Plano de ações corretivas para redução de retrabalho oriundo do processo de sopro dos frascos.....	56
Quadro 6 - <i>Check-List</i> de passagem de turno	64

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de defeitos identificados nas embalagens plásticas.....	50
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

6M's – Método, medida, meio ambiente, mão de obra, matéria-prima, máquina

BPF – Boas Práticas de Fabricação

C – Conforme

FNC – Ficha de não conformidade

IHM – Interface homem-máquina

MAE – Material de acondicionamento e embalagem

NC – Não conforme

OP's – Ordens de produção

PC – Policarbonato

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

PEAD – Polietileno de alta densidade

PEBD – Polietileno de baixa densidade

PP – Polipropileno

PVC – Policloreto de vinila

TQC – *Total Quality Control*

LISTA DE SÍMBOLOS

ml – Mililitros

°C – Grau Celsius

kg/mm² – Quilogramas por milímetro quadrado

g/cm³ – Gramas por centímetro cúbico

bar – Unidade de pressão

% – Percentual

g – Gramas

kgf – Unidade de força

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. EMBALAGEM	12
2.2 MATERIAIS PLÁSTICOS	14
2.2.1 PROPRIEDADES DOS POLÍMEROS.....	15
2.2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PLÁSTICOS.....	16
2.3 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE PEÇAS POLIMÉRICAS	17
2.3.1 MOLDAGEM POR SOPRO	17
2.3.1.1 MOLDAGEM POR EXTRUSÃO-SOPRO	18
2.3.1.2 MOLDAGEM POR INJEÇÃO-SOPRO.....	22
2.3.1.2.1 MÁQUINAS DE INJEÇÃO E ESTIRAMENTO DE PRÉ-FORMAS	23
2.4 PARÂMETROS DE PROCESSO DAS MÁQUINAS DE MOLDAGEM POR SOPRO	25
2.4.1 TEMPERATURAS.....	25
2.4.2 FORMAÇÃO DO <i>PARISON</i>	26
2.4.3 FECHAMENTO DO MOLDE.....	27
2.4.4 CORTE DO <i>PARISON</i>	27
2.4.5 SOPRO DO PRODUTO.....	28
2.4.6 ABERTURA DO MOLDE E EXTRAÇÃO DO PRODUTO.....	28
2.5. PRINCIPAIS CAUSAS PARA O APARECIMENTO DE RACHADURAS NO PROCESSO DE SOPRO	28
2.6 CONTROLE DE QUALIDADE DAS EMBALAGENS PLÁSTICAS RÍGIDAS	29
2.6.1 CONTROLE DIMENSIONAL.....	29
2.6.2 CONTROLES ESTATÍSTICOS	30
2.6.3 CONTROLES AUTOMATIZADOS	30
2.7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	30
2.7.1 CICLO PDCA.....	31
2.7.2 BRAINSTORMING	33
2.7.3 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	34

3 PROBLEMA, PROPOSTA, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	36
3.1 PROBLEMA.....	36
3.2 PROPOSTA	38
3.3 OBJETIVOS	38
3.4 JUSTIFICATIVA.....	39
4 METODOLOGIA	39
5 DESENVOLVIMENTO	41
5.1 PRODUÇÃO DO FRASCO DE SOLUÇÃO FISIOLÓGICA 500ML	41
5.2 ANÁLISE DO PROBLEMA: LEVANTAMENTO DE TIPOS DE DEFEITOS NOS FRASCOS	48
5.3 APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA TRATAMENTO DO PROBLEMA	52
5.4 PLANO DE AÇÃO CORRETIVA	56
5.5 ACOMPANHAMENTO DO PLANO DE AÇÃO	58
5.5.1 AÇÕES CORRETIVAS EM ANDAMENTO	58
5.5.2 AÇÕES JÁ EXECUTADAS	62
5.5.3 AÇÕES QUE SERÃO EXECUTADAS POSTERIORMENTE	65
6 RESULTADOS OBTIDOS.....	65
7 CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICES E ANEXOS	71
ANEXO A – FOLHA DE DADOS DA MATÉRIA-PRIMA	71
ANEXO B – ORDEM DE PRODUÇÃO.....	72
ANEXO C – ORDEM DE PRODUÇÃO	73
ANEXO D – ORDEM DE PRODUÇÃO	74
ANEXO E – ORDEM DE PRODUÇÃO	75

1 INTRODUÇÃO

Entre as questões mais importantes para o sucesso de uma indústria estão a qualidade do produto e uma crescente redução de custos dos processos empresariais, destacando-se o processo produtivo. A busca por otimização dos processos e qualidade dos produtos tem motivado o desenvolvimento de projetos, visando reduzir os desperdícios, como os de matéria-prima e mão de obra, e maximizar a satisfação dos clientes.

Nesse cenário se enquadra esse trabalho, que foi desenvolvido em uma indústria do segmento cosmético e farmacêutico. A empresa produz uma linha diversificada de produtos para beleza, saúde e bem-estar, como água micelar, óleo capilar e corporal, protetor solar, repelente, sabonete líquido e solução fisiológica. Atualmente a empresa é líder nacional em vendas, pelo décimo segundo ano consecutivo, na categoria “Acessórios para unhas” com a acetona mais vendida do Brasil.

A empresa também se ocupa do processo de fabricação das embalagens plásticas utilizadas para o envase dos produtos. O mercado de embalagens plásticas é exigente com a qualidade do produto, pois a embalagem é responsável pela primeira impressão do comprador e, por isso, deve transmitir beleza, segurança e todas as informações inerentes ao produto. Além disso, qualquer problema na embalagem pode trazer prejuízos e perdas.

Esse trabalho tem como tema o estudo do processo de fabricação de frascos plásticos do produto farmacêutico solução fisiológica 500ml. O objetivo do estudo é reduzir as perdas provenientes do uso de frascos defeituosos, que apresentam furos ou rachaduras, oriundas do processo produtivo. Percebe-se o problema após o armazenamento dos frascos, já envasados, no estoque de produto acabado, e assim o problema de vazamento se torna ainda mais oneroso para a empresa.

Nesse contexto, problemas relacionados ao processo de transformação da matéria-prima utilizadas nas embalagens e o entendimento das funções de cada etapa do processo de produção das mesmas se torna de fundamental importância, visando obtenção de produtos dentro das especificações de projeto.

Esse relatório descreve o projeto executado, os resultados obtidos e conclusões, mostrando as ações para a resolução do problema identificado, e as ferramentas da engenharia que foram utilizadas como o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), *brainstorming*, diagrama de causa e efeito.

Pode-se verificar que as ações implementadas até o momento atuaram no sentido de minimizar o problema, mostrando a eficácia das ferramentas e propostas para a solução do problema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O referencial teórico deste trabalho apresenta a definição e as funções da embalagem, o processo de fabricação dos frascos plásticos para produtos cosméticos e farmacêuticos, os principais problemas desse processo, assim como a descrição das principais ferramentas da qualidade a serem trabalhadas neste estudo.

2.1. EMBALAGEM

Embalagem pode ser definida de forma completa, como o conjunto de arte, ciência e técnica utilizadas na preparação das mercadorias, com o objetivo de criar melhores condições para seu transporte, armazenagem, distribuição, venda e consumo. Em outras palavras, pode-se dizer que a embalagem é um conjunto de operações, processos, materiais, equipamentos e mão de obra, utilizados com finalidade de acondicionar, proteger, informar, facilitar o uso, agregar valores, vender e transportar o produto acabado até os pontos de venda e de utilização, atendendo as necessidades da população, proporcionando a segurança à mesma (ROSSI, 2004).

Segundo Salay (2006), a embalagem deve proteger o produto de efeitos ambientais como água, umidade, gases, odores, micro-organismos, sujeiras, vibrações e forças de compressão. O alcance desta proteção é parte essencial do processo de preservação do produto, e da determinação do seu prazo de validade. As embalagens de produtos farmacêuticos devem seguir as determinações das Boas Práticas de Fabricação (BPF), objetivando segurança, identificação, pureza e qualidade. Seu objetivo é prolongar a vida útil de todos os produtos farmacêuticos.

Rechia (2010), explica que as embalagens devem cumprir quatro funções básicas:

1. acondicionamento: conter o produto acondicionado, isto é, contido em uma embalagem capaz de resistir a qualquer reação devido às substâncias contidas no produto;
2. proteção: proteger o produto do manuseio, da ação de agentes externos como oxigênio e temperatura que podem danificar o produto;
3. comunicação: informar de forma inequívoca todas as características, forma de uso, manuseio e cuidados, bem como o número do lote e prazo de validade;
4. utilidade: função na qual o tipo de embalagem, formato, tamanho e apresentação estão diretamente relacionados ao uso que será dado. Tem-se como exemplo um *blister*, uma seringa, um gotejador.

Segundo Lehir (1997), compreende-se como material de embalagem e acondicionamento, o recipiente, envoltório, invólucro ou não, destinado a envasar, proteger, manter, cobrir ou empacotar, as matérias-primas, reagentes e medicamentos. Material de acondicionamento é o que está em

contato direto com o seu conteúdo durante todo o tempo. Considera-se material de acondicionamento: ampola, bisnaga, frasco de vidro ou de plástico, *blister*, entre outros. Sendo a embalagem a que se destina à total proteção do material de acondicionamento nas condições usuais de transporte, armazenagem e distribuição.

Em relação às exigências os materiais de acondicionamento e embalagem (MAE) constituem um prolongamento das formas farmacêuticas, sendo responsável pela manutenção e eficácia terapêutica dos medicamentos, garantindo a integridade especialmente do fármaco. Para a seleção da embalagem ou material de acondicionamento para produto farmacêutico, é necessário que tais preencham requisitos essenciais, como: possuir resistência física suficiente, ser leve, e o menos volumoso possível, ser impermeável aos constituintes do medicamento e isolar o medicamento dos fatores externos. As trocas entre o recipiente e seu conteúdo devem ser quase inexistentes e ser absolutamente inócuo. Embora todos os fatores identificados na definição da embalagem, a palavra proteção tende a estar mais alinhada com a validade do produto. A proteção está relacionada com os riscos físicos, climáticos, biológicos e químicos (LIMA, 2010).

Ainda segundo o mesmo autor, as embalagens utilizadas para o acondicionamento de produtos farmacêuticos possuem importante papel na manutenção da estabilidade farmacêutica, uma vez que os componentes da embalagem podem interagir com o produto farmacêutico promovendo a sua instabilidade. Sempre que necessário, o material de embalagem deve proteger o produto farmacêutico de fatores ambientais, a fim de manter sua estabilidade.

Dentre as embalagens plásticas rígidas, semi-rígidas e flexíveis existentes no mercado, destacam-se as rígidas devido a sua vasta aplicação. As embalagens plásticas rígidas são aquelas de formato fixo, não dependentes da forma física do produto acondicionado. Nessa classificação se enquadram frascos, potes, garrafas, bombonas, entre outros (OLIVEIRA, 2008).

A FIGURA 1 apresenta modelos de embalagens plásticas rígidas do produto farmacêutico solução fisiológica.

Figura 1 - Frascos plásticos do produto solução fisiológica

Fonte: FARMAX, 2020

2.2 MATERIAIS PLÁSTICOS

Segundo Freire (1983), plástico de um modo geral, é todo material que submetido à pressão muda de forma, relativamente a baixas temperaturas, conservando a forma adquirida após a retirada do esforço realizado. Geralmente, são produtos de origem orgânica, de alto peso molecular, sólidos em seu estado definitivo, em alguma fase de sua fabricação são suficientemente fluidos para serem moldados sob pressão e calor.

Ainda segundo o mesmo autor, os produtos plásticos apresentam vantagens: o peso específico muito baixo; grande resistência à corrosão e oxidação; isolantes elétricos; fabricação de produtos com superfície de acabamento limpa. A desvantagem do plástico está no elevado custo das matrizes o que vem a ser um grande obstáculo à sua maior utilização, somente sendo possível fabricação de grandes séries.

Para Chiaverini (1986), o carbono é o elemento fundamental de todos os plásticos. Em geral, tem-se combinação de um átomo de carbono com quatro átomos de outro elemento. Para compreender melhor a natureza dos materiais plásticos é necessário estabelecer e definir alguns conceitos fundamentais:

- monômero é a menor unidade molecular que constitui partícula elementar da matéria;

- polímero é a combinação de monômeros, por um processo chamado polimerização, formando uma cadeia;
- plástico é o polímero com ligações fortes, o qual quando deformado, não readquirirá a forma original.

O mesmo autor, explica que o processo de polimerização, que produz os polímeros a partir dos monômeros, consiste na aplicação de calor, pressão, utilização de processos químicos e aditivos, de modo a resultar estruturas em forma de cadeia. Os polímeros são, no comércio, frequentemente chamados de resinas. A combinação de dois grupos de monômeros diferentes, por polimerização, produz um copolímero, que é diferente do polímero. Considerando o polímero e o copolímero como uma cadeia, tem-se o aspecto representativo da FIGURA 2.

Figura 2 - Cadeias representativas de polímero e copolímero

Fonte: Adaptado de CHIAVERINI, 1914, p. 325

Na figura acima, cada objeto isolado representa um monômero. Os plásticos são constituídos por uma resina básica que é a verdadeira substância plástica à qual se adiciona uma série de compostos químicos, denominados aditivos, que modificam ou reforçam as propriedades da resina (FREIRE, 1983).

2.2.1 PROPRIEDADES DOS POLÍMEROS

As propriedades que caracterizam principalmente os polímeros são mecânicas, químicas, térmicas, óticas e elétricas. Essas propriedades devem ser associadas, não é suficiente um plástico ser transparente ou apresentar bons característicos de isolante ou resistir bem à ação de corrente elétrica sob determinada voltagem, se sua resistência não for suficiente para suportar os esforços mecânicos ou as modificações estruturais que possam ocorrer pela aplicação, por exemplo, de correntes elétricas além das previstas. Do mesmo modo, a ação de agentes químicos deve ser considerada, pois moléculas estranhas podem romper as ligações químicas ou as cadeias longas dos polímeros, ficando reduzida a resistência mecânica do material (CHIAVERINI, 1986).

O mesmo autor, explica que os característicos que devem ser considerados nos plásticos são:

- característicos óticos, como cor e transparência;
- térmicos ou resistência ao calor;
- elétricos ou resistência dielétrica;
- mecânicos ou resistência mecânica;
- químicos ou resistência à ação de moléculas estranhas.

Ainda segundo o mesmo autor, a temperatura recomendada de serviço é outra propriedade importante nos materiais plásticos. Esta é baseada na experiência de fabricantes e usuários e corresponde à temperatura na qual um material plástico pode ser utilizado continuamente, sob carga zero. Essa temperatura varia de 50 a 315°C, para polímeros especiais.

Os polímeros possuem plasticidade elevada, o que permite obter peças perfeitas por mais complicadas que sejam, por meio de matrizes a quente. Os plásticos amolecem entre 70 e 200°C, decompondo-se entre 300 a 500°C. Possuem coeficiente de dilatação elevado o que deve ser levado em consideração para o projeto de peças que devem ser ajustadas com as de outros materiais. A resistência mecânica dos plásticos, à tração, é pequena, de 4 a 10kg/mm², suficiente para a maioria das aplicações. Os plásticos resistem bem aos agentes atmosféricos e à ação dos ácidos (FREIRE, 1983).

2.2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PLÁSTICOS

Segundo Freire (1983), os materiais plásticos estão compreendidos em dois grandes grupos: os termoplásticos e os termoestáveis ou termofixos. Os materiais termoplásticos não se alteram quimicamente quando submetido a aquecimento e pressão. Assim, pode-se aquecer várias vezes a substância termoplástica e deixá-la resfriar, sem haver modificações físicas, químicas ou mecânicas. Os termoplásticos formam dois grupos bem definidos: os derivados da celulose e os plásticos vinílicos. O material termoestável (termofixo), quando submetido à pressão e calor, polimeriza-se em um produto duro, que devido à polimerização não é mais fusível. Os plásticos termoestáveis são os formaldeídos.

Chiaverini (1986), explica que os materiais olefínicos, pertencentes ao grupo dos termoplásticos, são os materiais plásticos mais utilizados no momento. Entre eles, tem-se o polietileno e o polipropileno.

Ainda segundo o mesmo autor, os polietilenos são de baixo custo, possuem boa tenacidade, resistência dielétrica excelente e boa resistência química. Há muitos tipos de polietilenos, tendo-se uma variação de densidade do material, a qual situa-se de 0,910 a 0,959g/cm³. Os de densidade mais elevada possuem mais resistência mecânica, são mais rígidos, mas relativamente frágeis, enquanto os

de menor densidade são mais flexíveis. Seu emprego varia, de acordo com a densidade, desde caixas, garrafas, vasilhas, até componentes mecânicos.

Freire (1983), define polietileno como material branco, muito leve e flexível, de propriedades elétricas excelentes, inalterável aos ácidos e álcalis e insensível à corrosão atmosférica e a umidade. Empregado em peças industriais, revestimento de cabos elétricos, entre outros. A FIGURA 3 ilustra o material polietileno, matéria-prima utilizada na fabricação de frascos plásticos.

Figura 3 - Material polietileno

Fonte: BRASKEM, 2020

2.3 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE PEÇAS POLIMÉRICAS

A matéria-prima para a fabricação de plásticos corresponde a polímeros, na forma líquida, granular ou em pó. A seguir é descrito um dos processos mais utilizados na fabricação de peças poliméricas, a moldagem por sopro.

2.3.1 MOLDAGEM POR SOPRO

Lopes e Nunes (2014), mencionam que o princípio de moldagem por sopro foi originalmente desenvolvido para a indústria do vidro. Entretanto, após o aprimoramento das propriedades dos materiais plásticos e o desenvolvimento das primeiras máquinas sopradoras para este material, a indústria passou a utilizá-los em larga escala para a fabricação de produtos soprados. Os processos de moldagem por sopro mais importantes são extrusão-sopro e injeção-sopro, cada qual com o seu método particular, com o objetivo único de produzir peças ocas a partir de matérias-primas termoplásticas.

Conforme ilustrado na FIGURA 4, o processo de produção de embalagens plásticas por sopro é predominantemente contínuo. Consiste em receber a matéria-prima na forma de grãos, moída ou em

pó. Este processo transporta o material a ser injetado ou extrusado, processando-o através da ação de calor e fricção mecânica da rosca, originando o *parison* (tubo plástico amolecido). O *parison* é envolvido pelo molde de sopro, permitindo assim, a expansão da massa plástica até os limites do molde. Após o resfriamento completo começam as operações de acabamento e a peça final é extraída (SENAI, 2011). A FIGURA 4 mostra uma ilustração do processo.

Figura 4 - Processo de produção de embalagens plásticas por sopro

Fonte: SENAI-RS, 2011, p. 9

Como foi dito, os processos de moldagem por sopro mais utilizados nas indústrias são extrusão-sopro e injeção-sopro, descritos a seguir.

2.3.1.1 MOLDAGEM POR EXTRUSÃO-SOPRO

O processo de extrusão é possivelmente a operação mais importante na área de conformação de materiais poliméricos por ser um processo contínuo e apresentar elevada produtividade. O processo

de extrusão como meio para a conformação dos materiais tem sido utilizado desde o século dezoito. Entretanto, a partir da segunda metade do século vinte que o processo se tornou um método útil para a indústria da borracha e manufatura de cabos, e conseqüentemente seu potencial foi totalmente apreciado com o advento dos materiais poliméricos termoplásticos (FISHER, 1970).

Segundo Lopes e Nunes (2014), a moldagem por extrusão-sopro pode ser definida como um processo que visa à obtenção de peças ocas. Neste caso, o ar comprimido é utilizado para expandir o material plástico aquecido e pré-moldado junto às cavidades de um molde.

Pereira (2009), explica que o processo de extrusão consiste basicamente na alimentação do material polimérico na forma de grãos ou em pó, por meio de um funil conectado ao barril da extrusora. Por meio da atuação do movimento de uma rosca sem fim dentro do barril, o polímero, que foi alimentado, é transportado e durante este percurso ao longo da rosca, o material é aquecido, fundido, homogeneizado, comprimido e finalmente forçado a passar através de uma abertura na extremidade de saída, denominada matriz.

Ainda segundo o mesmo autor, depois de sair da matriz, o material ganha uma forma definida, o mesmo deve ser resfriado de modo a assegurar a estabilidade dimensional. Este resfriamento é geralmente realizado através de jato de ar ou por um sistema de arrefecimento a água. As principais variáveis operacionais do processo de extrusão são a velocidade de rotação da rosca, e o perfil de temperatura ao longo do barril.

A FIGURA 5 mostra os principais componentes de uma máquina extrusora. Dentre as principais partes de uma extrusora, a rosca pode ser considerada o componente mais importante, pois é através da sua extensão que o material passa pelos fenômenos térmicos e mecânicos envolvidos no processo (PEREIRA, 2009).

Figura 5 – Principais componentes de uma máquina extrusora

Fonte: Adaptado de PEREIRA, 2009, p. 32

Na FIGURA 6 é apresentado uma máquina extrusora do tipo contínua. Este termo indica que a máquina opera com extrusão do material plástico de forma intermitente, formando um tubo plástico (*parison*), que será soprado na cavidade de um ou mais moldes (LOPES e NUNES, 2014).

Figura 6 - Máquina sopradora por extrusão contínua

Fonte: PAVAN ZANETTI, 2020

As máquinas extrusoras contínuas normalmente atendem produções de peças com até 5 litros de volume interno. Essas máquinas podem operar com um ou mais moldes, e esses moldes podem ter uma ou mais cavidades. Quando há necessidade de maior produtividade, normalmente se utilizam moldes com mais cavidades, chegando até seis cavidades. Nesses casos, o cabeçote da máquina contínua precisa gerar até oito *parisons* simultaneamente, sendo chamados de cabeçotes múltiplos (PAVAN ZANETTI, 2020).

Lopes e Nunes (2014), mencionam que o processo de extrusão contínua é caracterizado por garantir ciclos rápidos para peças de pequenos volumes. Este processo atende com eficiência vários segmentos industriais, com destaque para embalagens de produtos cosméticos. A possibilidade de aditivação de materiais também é fator fundamental, pois se pode criar uma infinidade de cores, aspectos, cheiros e, ainda, há a possibilidade de impressão direta nos frascos ou rotulação, o que garante uma imagem atrativa. A FIGURA 7 mostra modelos de frascos plásticos para a indústria de cosméticos, fabricados por esse tipo de extrusora.

Figura 7 - Frascos plásticos para a indústria de cosméticos

Fonte: Adaptado de LOPES e NUNES, 2014, p. 23

O QUADRO 1 apresenta os principais materiais utilizados, algumas de suas propriedades e exemplos de produtos moldados no processo de extrusão contínua.

Quadro 1 - Materiais e principais aplicações no processo de extrusão contínua

Material	Características/Propriedades	Aplicação
PEBD Polietileno de baixa densidade	Boa resistência química, material mais flexível e translúcido.	Frascos flexíveis para cosméticos e bebidas.
PEAD Polietileno de alta densidade	Boa resistência química, material mais rígido e opaco.	Frascos rígidos para cosméticos e embalagens para produtos de limpeza.
PP Polipropileno	Boa resistência química e mecânica.	Frascos para embalagens de cosméticos.
PVC Policloreto de vinila	Boa resistência química e mecânica, transparência.	Frascos para indústria farmacêutica, recipientes e frascos para produtos de limpeza.
PC Policarbonato	Alta resistência mecânica e ao impacto, transparência.	Frascos com resistência ao impacto.

Fonte: Adaptado de LOPES e NUNES, 2014, p. 16

Outro mercado significativo de peças moldadas por sopro contínuo são as embalagens para a indústria farmacêutica. Como alguns plásticos possuem ótimas propriedades de resistência química, este segmento aplica o processo para a obtenção de frascos e recipientes para medicamentos e produtos hospitalares (LOPES e NUNES, 2014).

2.3.1.2 MOLDAGEM POR INJEÇÃO-SOPRO

Manrich (2005), explica que a moldagem por injeção-sopro é o processo frequentemente escolhido pela indústria de embalagens na produção de grandes volumes de recipientes pequenos e de ciclos rápidos. Apesar do alto custo da troca de uma peça para outra, devido ao grande número de moldes e pinos que se fazem necessários, esse processo apresenta diversas vantagens, tais como:

- gargalos de vários formatos, tamanhos e espessuras de paredes podem ser moldados com precisão, livres de rebarbas;
- as espessuras de parede de um corpo oco podem ser predeterminadas com exatidão;
- o processo pode ser usado para soprar qualquer tipo de resina que possa ser injetada.

Manrich (2005), menciona que o ciclo de injeção se inicia quando o polímero é alimentado na injetora através de um funil de alimentação. A rosca carrega o polímero do funil para a parte frontal desta, girando e atuando como um parafuso sem fim, como se fosse uma extrusora. Enquanto a rosca gira, ela se locomove para trás, pois precisa criar um espaço à sua frente para depositar o polímero que ela mesma homogeneizou e fundiu. Dessa forma, a rosca deposita uma quantidade de polímero pronto para ser injetado em sua parte dianteira.

Assim que a rosca homogeneiza a quantidade necessária de polímero, age como se fosse um pistão, injetando propriamente a massa fundida para dentro do molde. A rosca, após terminar de injetar o material para dentro do molde, tem um tempo chamado de tempo de empacotamento, onde ela continua a exercer pressão sobre o injetado. Terminado o tempo de empacotamento ou de pressurização e recalque, como também é conhecido, a rosca gira e volta para a direção do funil, produzindo a próxima dosagem (MANRICH, 2005).

Manrich (2005), explica que o molde, para receber o polímero fundido, deve estar fechado e vazio. Portanto, essa etapa consiste no preenchimento do molde, além do resfriamento da peça. Assim que o polímero entra através dos canais do molde, onde o acabamento se completa e a quantia exata de material necessário é injetada ao redor dos pinos de injeção, inicia-se o processo de resfriamento do fundido. Água refrigerada entre aproximadamente 6 e 8 °C circula através dos canais do molde de sopro, refrigerando o material plástico quando este entra em contato com as paredes do molde. Após

o molde ser totalmente preenchido e pressurizado, atua sobre ele a pressão de recalque ou pressão de compensação, o molde continua fechado para terminar o processo de resfriamento. Assim que o moldado estiver na temperatura desejada, o molde se abre, e ejeta a peça.

Ainda segundo o mesmo autor, as propriedades do produto final podem ser alteradas devido à interferência dos seguintes parâmetros de injeção: dosagem de material; temperatura do polímero fundido e sua homogeneidade; velocidade de injeção; pressão de pressurização; pressão de recalque e tempo de recalque; temperatura do molde e uniformidade da temperatura do fluido refrigerante do molde; tempo de resfriamento do molde; tratamento do produto fora do molde (tempo que demora em atingir a temperatura ambiente, contato com umidade, entre outros).

2.3.1.2.1 MÁQUINAS DE INJEÇÃO E ESTIRAMENTO DE PRÉ-FORMAS

Lopes e Nunes (2014), explicam que o processo de estiramento consiste na formação de uma embalagem a partir de uma pré-forma. As pré-formas, consideradas como a matéria-prima do processo de sopro por estiramento, são componentes injetados em forma cilíndrica que já possuem o gargalo da embalagem final, e estão ilustradas na FIGURA 8.

Figura 8 - Modelo de pré-forma

Fonte: Adaptado de LOPES e NUNES, 2014, p. 32

Segundo o mesmo autor, na FIGURA 9 podem ser visualizadas as etapas principais desde a entrada da pré-forma na máquina até a saída da embalagem final. Na etapa (1), a máquina recebe as pré-formas e aquece-as. Depois de aquecida (2), a pré-forma é transferida para o interior do molde (3) e (4). Estando o molde fechado, é iniciado o processo de estiramento, em que um pino através de um movimento axial entra em contato com a pré-forma e estira a mesma (5). Após a estiragem, dá-se o sopro (6), onde é admitido ar comprimido para o interior da pré-forma a uma pressão que pode variar

entre 18 e 40 bar. Em seguida, a garrafa é desmoldada (7), através da abertura do molde e encaminhada para a saída da máquina (8).

Figura 9 – Processo de sopro por estiramento de pré-formas

– Processo de sopro por estiramento de pré-formas

O QUADRO 2 apresenta exemplos de materiais, características, propriedades, e aplicações para o processo de sopro por estiramento de pré-formas (LOPES e NUNES, 2014).

Quadro 2 - Materiais e principais aplicações no processo de sopro por estiramento

Material	Características/Propriedades	Aplicação
PEAD Polietileno de alta densidade	Boa resistência química, material mais rígido e opaco.	Frascos para cosméticos, frascos para remédios.
PP Polipropileno	Boa resistência química e mecânica, material rígido e opaco.	Frascos para cosméticos, frascos para remédios.
PET Polietileno tereftalato	Alta resistência mecânica e ao impacto, transparência.	Garrafas PET, refrigerantes, frascos para remédios.

Fonte: Adaptado de LOPES e NUNES, 2014, p. 23

A principal característica deste tipo de moldagem é a fusão dos processos de injeção e sopro integrados, o que possibilita, em um único conjunto, a injeção das pré-formas, o estiramento e extração das garrafas ou frascos. A máquina de injeção-sopro é amplamente utilizada na fabricação de frascos de embalagem, nas indústrias de produtos farmacêuticos, químicos, complementos alimentares, cosméticos, entre outras.

A FIGURA 10 apresenta um modelo de máquina utilizada no processo de injeção-sopro.

Figura 10 – Máquina para o processo injeção-sopro

Fonte: PAVAN ZANETTI, 2020

A seguir são descritos os principais parâmetros a serem controlados no processo de moldagem por sopro.

2.4 PARÂMETROS DE PROCESSO DAS MÁQUINAS DE MOLDAGEM POR SOPRO

Neste tópico são abordados os principais parâmetros de processo que são introduzidos nos comandos das máquinas de moldagem por sopro. Esses parâmetros estão diretamente relacionados à execução dos ciclos de moldagem, e devem ser observados atentamente pelo técnico responsável pelo processo. Variações nos parâmetros, ou até mesmo a influência de aspectos como mudanças de algumas propriedades da matéria-prima, sistemas de refrigeração da máquina ou molde, temperatura ambiente, entre outros, podem afetar a estabilidade do processo, o que requer do técnico o ajuste de determinado parâmetro (LOPES e NUNES, 2014).

2.4.1 TEMPERATURAS

Segundo Lopes e Nunes (2014), o processo de moldagem do plástico necessita do estabelecimento correto de temperaturas ao longo do cilindro e da velocidade de rotação da rosca, pois a geração de atrito também influencia o processo. Essas temperaturas são determinadas de acordo com o tipo de material a ser processado. Normalmente, as temperaturas são estabelecidas de forma progressiva, com menor valor na zona de alimentação para evitar o amolecimento antecipado do material.

Temperaturas abaixo do adequado podem gerar dificuldades no processo, influenciando a velocidade do ciclo, o aspecto visual das peças, o aumento da amperagem do motor, entre outros problemas. Já o excesso de temperatura pode degradar o material, deixando o material com fluidez mais elevada e desestabilizando o processo (LOPES e NUNES, 2014).

O QUADRO 3 apresenta para determinados materiais, uma referência para o estabelecimento da temperatura no cilindro.

Quadro 3 - Referências de temperatura de processamento

Material	Temperatura °C
PEBD Polietileno de baixa densidade	100-170
PEAD Polietileno de alta densidade	140-180
PC Policarbonato	220-250
PVC Policloreto de vinila	140-160

Fonte: Adaptado de LOPES e NUNES, 2014, p. 89

2.4.2 FORMAÇÃO DO *PARISON*

Lopes e Nunes (2014), explicam que o recurso da programação da espessura do *parison* é muito importante para realizar o controle de espessura em pontos específicos da peça. Em função de cada perfil dos produtos, existe o maior ou menor estiramento da parede do *parison* até a cavidade do molde. Essa diferença causa mudanças na parede do produto, e, dependendo da aplicação, essas diferenças podem causar problemas funcionais, furos, má qualidade, entre outros inconvenientes. Nesse sentido, o programador deve realizar uma compensação de espessuras, em função do estiramento. A FIGURA 11 mostra o esquema de funcionamento do programador da espessura do *parison*.

Figura 11 - Esquema de funcionamento do programador da espessura do *parison*

Fonte: Adaptado de LOPES e NUNES, 2014, p. 90

2.4.3 FECHAMENTO DO MOLDE

Nas máquinas contínuas, o fechamento do molde ocorre por temporização do comando de fechamento. É comum que esses comandos sejam chamados de “retardos”, ou seja, existe um tempo de espera para acionar o comando de fechamento. Ao se estabelecer um ciclo ideal para uma determinada peça, deve-se associar a velocidade de extrusão contínua a este ciclo, ou seja, o conjunto extrusor deve garantir a demanda necessária de material plastificado para a formação do *parison* em comprimento para atender a formação da peça (LOPES e NUNES, 2014).

2.4.4 CORTE DO PARISON

Nas extrusoras contínuas, o corte do *parison* deve ser realizado após o fechamento da máquina. Este corte é necessário para permitir a formação de um “bocal” para a entrada do pino de sopro, e também para permitir o movimento imediato da estação de fechamento para a estação de sopro. Este comando é acionado após o fechamento do molde, mas também é controlado por um retardo denominado “retardo de corte”. Em máquinas de grande porte utiliza-se um sistema mecânico/pneumático, chamado tesoura. Trata-se de uma grande pinça que serve tanto para cortar o *parison* como para extrair as peças após o término do resfriamento e da abertura do molde (LOPES e NUNES, 2014).

2.4.5 SOPRO DO PRODUTO

O sopro do produto é acionado após o fechamento do molde, e também é controlado por um “retardo”, chamado retardo de sopro, ou seja, o atraso que deve ocorrer para o início do sopro, já com o molde fechado ou prestes a concluir o fechamento. O operador pode regular a pressão de sopro e, em geral, esta pressão varia de 6 a 8 bar. O sopro também é responsável pelo resfriamento do produto dentro da cavidade. Assim, o tempo de sopro é um parâmetro importante e deve ser bem estabelecido para evitar deformações no produto. O tempo de sopro deve ser concluído antes da abertura do molde para, assim, gerar a saída do ar pressurizado. Algumas máquinas possuem recursos, como tempo de descompressão, pelo qual o ar pressurizado sai da cavidade. Este recurso evita que o excesso de pressão interna faça com que a peça se rompa durante a abertura do molde (LOPES e NUNES, 2014).

2.4.6 ABERTURA DO MOLDE E EXTRAÇÃO DO PRODUTO

Após o término do tempo de sopro e despressurização da cavidade, ocorre a abertura do molde. Este tempo deve ser suficiente para extrair o produto. Atualmente, na indústria, dependendo do produto existem sistemas para extração e rebarbação automáticas. Esses sistemas são utilizados em ciclos rápidos e permitem maior produtividade (LOPES e NUNES, 2014).

Ainda segundo o mesmo autor, após o estágio de sopro, os produtos são removidos e posicionados em esteiras de transporte. Devido à velocidade do processo, muitos fabricantes incorporam um sistema de teste de qualidade, denominado teste de estanqueidade. Logo após a saída dos produtos da máquina, esse sistema gera uma pressão interna no frasco visando a identificar furos ou deformações que possam causar vazamentos. Casos essas irregularidades existam, o próprio sistema pode segregar a peça, encaminhando para reciclagem na própria célula da máquina.

2.5. PRINCIPAIS CAUSAS PARA O APARECIMENTO DE RACHADURAS NO PROCESSO DE SOPRO

Lopes e Nunes (2014), explicam que as principais causas que provocam as rachaduras durante o processo de sopro são:

- baixas espessuras em pontos localizados nas paredes dos produtos soprados;
- trincas provocadas por estresse do material após processado, causado por uso demasiado de materiais reprocessados, temperatura do molde excessivamente baixa, principalmente, na região do gargalo, e linha de emenda fragilizada;
- ausência do programador de *parison* na sopradora;
- matéria-prima com baixo peso molecular.

- Segundo Lopes e Nunes (2014), para diminuir as rachaduras em peças sopradas são necessários:
- reduzir a quantidade de material reprocessado;
- elevar a temperatura de refrigeração do molde onde o problema é mais suscetível;
- instalar na sopradora um programador de *parison* para distribuir melhor o material nas paredes do produto;
- utilizar uma matéria-prima com maior peso molecular.

2.6 CONTROLE DE QUALIDADE DAS EMBALAGENS PLÁSTICAS RÍGIDAS

A obtenção de embalagens plásticas de boa qualidade está diretamente associada a importantes fatores técnicos, como ao projeto e construção do molde, aos ajustes da máquina injetora ou extrusora e à preparação de matéria-prima polimérica. Os parâmetros especificados no projeto da embalagem sofrem variações devido às condições de controle de temperaturas, pressões, velocidades, e todos os outros parâmetros de controle. Em virtude disso, esse processo produtivo exige um sistemático acompanhamento do controle de qualidade, por meio de testes, com o objetivo de verificar se não houve alteração da embalagem quando comparada com os limites de tolerância da especificação (OLIVEIRA, 2008).

Por serem ocas, as peças sopradas sofrem mais influência de alterações dimensionais. Quando usinados ou fundidos, os moldes já são dimensionados prevendo a contração dos produtos, porém, dependendo do produto, espessura e comprimento das paredes, ou mesmo da condição do processo, essas alterações podem ser significativas (LOPES e NUNES, 2014).

2.6.1 CONTROLE DIMENSIONAL

Normalmente, as peças sopradas possuem uma definição padrão, ou seja, a partir do desenho de produto aprovado, são estabelecidos os padrões dimensionais requeridos pelo produto. Para atender esses requisitos, a regulação dos parâmetros de processo deve ser estabelecida de modo a atender as exigências do produto. Com relação ao aspecto dimensional, e principalmente quando o volume de produção não é tão alto, é comum utilizar instrumentos de medição ou dispositivos de controle durante o processamento. A verificação pode ser feita em intervalos planejados, ou, dependendo da peça, em cada ciclo. Como por exemplo, a medição de espessuras ou dimensionais externos com o uso de paquímetros, checando se as medidas estão de acordo com as tolerâncias de desenho. Outro exemplo é a verificação de diâmetros internos, observando se as dimensões da peça estão dentro da tolerância (LOPES e NUNES, 2014).

2.6.2 CONTROLES ESTATÍSTICOS

A estatística tem sido aplicada há muito tempo na indústria, em diversos segmentos. No caso das peças sopradas, além do controle dimensional utiliza-se muito o controle do produto por meio do peso. Uma vez que o processo está estável, o controle do peso do produto dentro das tolerâncias estudadas tende a ajudar na aproximação volumétrica desejada (LOPES e NUNES, 2014).

Assim, para algumas peças é possível utilizar a pesagem em intervalos planejados, com balanças digitais e monitoramento por meio de cartas de controle. As cartas de controle estatístico do processo possuem limites, que são chamados de limite superior de controle e limite inferior de controle. Dependendo do produto, quando o técnico observa alguma tendência ou um número sucessivo de pontos fora da média, com tendência a um determinado limite, deve-se realizar uma interferência no processo, buscando a normalidade (LOPES e NUNES, 2014).

2.6.3 CONTROLES AUTOMATIZADOS

Para processos com alta velocidade pode-se contar com sistemas de teste automatizados, que podem ter sensores para testar o produto durante a produção para analisar as peças individualmente. Isso possibilita a exclusão da peça da linha de produção, se necessário. Esses sistemas são instalados normalmente na linha de transporte das peças e, pelo sistema de pressurização controlada, podem detectar vazamentos causados por furos, deformações e falhas na formação da parede (LOPES e NUNES, 2014).

Ainda segundo o mesmo autor, o uso de uma máquina de teste de estanqueidade para frascos é essencial para garantir a qualidade das embalagens entregues aos clientes. Essa máquina pode testar a estanqueidade de frascos plásticos, verificando se não há nenhum microfuro e se certificando de que o produto colocado nesse frasco não vaze. A produtividade dessa máquina é muito grande e investir em um equipamento desse tipo pode aumentar consideravelmente a qualidade dos produtos fabricados pela empresa.

2.7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Segundo Werkema (1995), as ferramentas da qualidade exercem o papel de instrumentos para a coleta, a disposição e o processamento das informações necessárias à manutenção e à melhoria dos resultados dos processos de uma empresa.

2.7.1 CICLO PDCA

O ciclo PDCA nasceu no escopo da tecnologia TQC (*Total Quality Control*) como uma ferramenta que melhor representava o ciclo de gerenciamento de uma atividade. O conceito do ciclo evoluiu ao longo dos anos, vinculando-se à idéia segunda a qual uma organização qualquer, encarregada de atingir um determinado objetivo, necessita planejar e controlar as atividades a ela relacionadas (WERKEMA, 1995).

Werkema (1995), explica que o ciclo PDCA compõe-se do conjunto de ações em seqüência, a qual é dada pela ordem das letras que compõem a sigla:

- P(*to plan*: planejar);
- D(*to do*: fazer, executar);
- C(*to check*: verificar, controlar);
- A(*to act*: agir, atuar corretivamente).

Para Campos (2009), o ciclo PDCA viabiliza o gerenciamento científico das organizações, permitindo criar, aprender, copiar e difundir conhecimento, além de que o aprendizado é a alma de sua utilização. Este método transforma a organização em uma escola, pois a busca por resultados é paralela à busca do conhecimento.

Ainda segundo o mesmo autor, existem dois tipos de metas que se procura atingir em qualquer organização, resultados que se deseja melhorar e resultados que se deseja manter. Nos dois casos, o uso do PDCA é recomendado, pois na realidade qualquer resultado que se melhora deve imediatamente ser estabilizado por meio da padronização e treinamento no trabalho.

A FIGURA 12 mostra os elementos que integram o ciclo PDCA.

Figura 12 - Ciclo PDCA

Fonte: Adaptado de SELEME, STADLER, 2008, p. 28

Como se pode ver na FIGURA 12, o ciclo PDCA consiste em uma sequência de procedimentos lógicos, baseada em fatos e dados, que objetiva localizar a causa fundamental de um problema para posteriormente eliminá-la. No giro deste ciclo as técnicas estatísticas atuarão como ferramentas básicas para a coleta, o processamento e a disposição das informações, permitindo a tomada de decisões confiáveis. O ciclo PDCA é um método de gestão que representa o caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas possam ser atingidas (WERKEMA, 1995).

Segundo Werkema (1995), o ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização, composto das seguintes etapas:

- **planejamento (P):** esta etapa tem por função estabelecer os objetivos a serem alcançados com o processo, ou, em outras palavras, as metas sobre os itens de controle do processo. Nesta fase, busca-se definir claramente o problema e sua importância bem como fazer observação, no sentido de investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e vários pontos de vista. Também está inserida a fase de análise, que tem o objetivo de descobrir as causas fundamentais do problema. Por último, o plano de ação, que visa à construção de um plano para bloquear as causas fundamentais;

- **execução (D):** executar as tarefas exatamente como foi previsto na etapa do planejamento e coletar dados que serão utilizados na próxima etapa de verificação do processo. Na etapa de execução são essenciais a educação e o treinamento no trabalho;
- **verificação (C):** a partir dos dados coletados na execução, comparar o resultado alcançado com a meta planejada. Se o bloqueio não foi efetivo, deve-se fazer o giro e voltar à fase de observação e estabelecer novo plano de ação;
- **atuação corretiva (A):** é importante reavaliar nesta fase o sistema, buscando o cumprimento dos padrões para trabalhar contra aparecimento do problema e recapitular todo o processo de solução para trabalhos futuros. Esta etapa consiste em atuar no processo em função dos resultados obtidos. Existem duas formas de atuação possíveis:

1. adotar como padrão o plano proposto, caso a meta tenha sido alcançada;
2. agir sobre as causas do não-atingimento da meta, caso o plano não tenha sido efetivo.

2.7.2 BRAINSTORMING

Brainstorming é uma técnica utilizada para auxiliar uma equipe a criar diversas ideias no menor espaço de tempo possível (RODRIGUES, 2010).

Segundo Campos (2009), o termo *brainstorming* tem origem na língua inglesa, com a junção das palavras *brain* = cérebro e *storm* = tempestade, o que ficou conhecido como tempestade de ideias. Essa tempestade de ideias visa facilitar a produção de soluções, produção de ideias e visões sobre um determinado assunto em um curto espaço de tempo, estimulando a criatividade da equipe gerando informações para aplicação das ferramentas para a melhoria da qualidade. O *brainstorming* consiste em reunir um grupo de pessoas centradas em um determinado problema a fim de que todos expressem livremente as suas ideias e dêem suas sugestões . Enquanto isso, um moderador anota todas as ideias apresentadas, que são devidamente agrupadas e sintetizadas para serem discutidas, de forma mais definitiva, numa outra sessão.

A FIGURA 13 apresenta a ilustração do *brainstorming*.

Figura 13 - Ilustração demonstrativa do *brainstorming*

Fonte: Autor, 2020

O objetivo do *brainstorming* é auxiliar um grupo de pessoas a produzir o máximo possível de ideias em um curto período de tempo. É tratada como regra de utilização desta ferramenta, a teoria que por mais absurdas que as ideias possam parecer, nunca devem ser criticadas nem descartadas em um primeiro momento. Portanto deve-se incentivar o fluxo de ideias, sendo registradas com as mesmas palavras utilizadas pelo proponente (WERKEMA, 1995).

Num *brainstorming* procura-se eventuais causas dos resultados do sistema, ou seja, o alvo. Ao levantar estas informações, em linguagem matemática, procura-se relacionar variáveis independentes com a variável dependente origem do problema (CAMPOS, 2009).

2.7.3 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

O diagrama de causa e efeito, também chamado de diagrama espinha de peixe ou diagrama de *ishikawa*, é um diagrama que visa estabelecer a relação entre o efeito e todas as causas de um processo. Cada efeito possui várias categorias de causas, que, por sua vez, podem ser compostas por outras causas (RODRIGUES, 2010).

O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado. Frequentemente, o resultado de interesse do processo constitui um problema a ser solucionado e então o diagrama de causa e efeito é utilizado para sumarizar e apresentar as possíveis causas do problema considerado, atuando como um guia para a identificação

da causa fundamental deste problema e para a determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas. A FIGURA 14 apresenta como é composto o diagrama de causa e efeito (WERKEMA, 1995).

Figura 14 - Diagrama de causa e efeito

Fonte: Adaptado de SELEME, STADLER, 2008, p. 91

Seleme e Stadler (2008), evidenciam que o diagrama de causa e efeito pode ser ajustado às necessidades da organização e sua análise é representada pelos 6 M's:

- 1 M - método: considera a forma como são desenvolvidas as ações;
- 2 M - matéria-prima: refere-se à análise das características de materiais quanto às suas características de uniformidade, padrão, entre outros;
- 3 M - mão de obra: caracteriza o padrão da mão de obra utilizada, se a mesma é devidamente treinada, se tem as habilidades necessárias e qualificação para o desempenho das tarefas;
- 4 M - máquina: diz respeito à operacionalização de equipamentos e ao seu funcionamento adequado;
- 5 M - medida: traduzida pela forma como os valores são representados (por distância, tempo, temperatura, entre outros) e pelos instrumentos de medição utilizados;
- 6 M - meio ambiente: avalia qual situação pode ser a causa de um determinado efeito (situações de execução e/ou de infraestrutura).

O diagrama de causa e efeito possui a forma de espinha de peixe, onde os 6 M's estão conectados. Inicialmente é identificado o problema a ser analisado, para assim definir métodos, dados e meios que

serão utilizados para encontrar as possíveis causas. Depois de constatar as possíveis causas, as mesmas são analisadas para que sejam inseridas dentro da categoria a que pertence, ou seja, definir em qual “M” as causas serão posicionadas no diagrama. O levantamento da área de cada causa expõe informações mais acessíveis para os integrantes da organização, facilitando na solução do problema e por fim atingir o resultado, e alcançar a meta. O diagrama de causa e efeito mostra apenas as possíveis causas de uma determinada ocorrência. Estas possíveis causas representam hipóteses que precisam ser analisadas e testadas uma a uma, a fim de comprovar sua veracidade e determinar o grau de influência ou impacto sobre a situação em análise (SELEME e STADLER, 2008).

3 PROBLEMA, PROPOSTA, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

Neste tópico são apresentados o problema a ser estudado, a proposta de como o problema poderá ser solucionado, a definição dos objetivos principais e secundários a serem alcançados no projeto. A justificativa para a elaboração deste trabalho, considerando sua importância para o autor, instituição de ensino e para a empresa onde será realizado o projeto.

3.1 PROBLEMA

O problema a ser resolvido trata-se da perda do produto acabado Solução Fisiológica 500ml de uma empresa do segmento cosmético e farmacêutico, devido ao produto ser envasado em frascos plásticos defeituosos, com furos ou rachaduras. A seleção desse problema foi feita a partir da análise dos dados de perda de produtos realizada no primeiro semestre de 2019 e complementada por um novo levantamento de dados no segundo semestre de 2019.

A perda de produtos, apurada no primeiro semestre de 2019, com um total de 107 registros de Ficha de não conformidade (FNC), mostra a maior ocorrência do produto Solução Fisiológica 500 ml. Esses dados podem ser vistos na FIGURA 15, onde a quantidade de FNC para o frasco de Solução Fisiológica 500 ml está circulado na cor vermelha.

Figura 15 - Ocorrências com maior número de reincidência no primeiro semestre 2019

Fonte: A Empresa, 2019

Os dados relativos ao segundo semestre de 2019, estão apresentados na FIGURA 16, onde também se pode verificar, circulado na cor vermelha, a quantidade de FNC para o frasco de solução fisiológica 500 ml.

Figura 16 - Ocorrências com maior número de reincidência no segundo semestre 2019

Fonte: A Empresa, 2019

Pode-se verificar pelos dados que foram registradas 228 ocorrências de não conformidades para o frasco de solução fisiológica 500 ml, confirmando o maior número de ocorrências de problema para esse produto. Verificou-se também um aumento de 121 ocorrências em números absolutos, o que representa um aumento de 53% em relação ao primeiro semestre de 2019. As duas primeiras ocorrências mostradas no gráfico da figura 16, estão relacionadas ao processo de silkagem, e não de vazamento de embalagens.

Essas ocorrências foram levantadas no estoque do produto, onde se percebem vazamentos dos frascos, tornando o problema mais oneroso para a empresa, pois se perde a caixa de embarque do produto, o produto em si e também a embalagem plástica. Como os frascos de embalagem do produto são produzidos pela própria empresa, optou-se pelo estudo do seu processo produtivo, objetivando reduzir a ocorrência dos defeitos.

3.2 PROPOSTA

Aplicar as ferramentas da qualidade na linha de produção dos frascos plásticos do produto Solução Fisiológica 500ml, para levantamento e análise de dados, elaboração de planos de intervenções e também a implantação dos planos de ação. Verificar os resultados obtidos e implantar padrões de processos para controlar e inspecionar a qualidade dos frascos plásticos produzidos, a fim de garantir que não tenha vazamento do produto após o processo de envase.

3.3 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho consiste em reduzir em 50% o índice de FNC para o produto acabado Solução Fisiológica 500ml até junho de 2020.

Para o alcance do objetivo principal estabelecem-se os seguintes objetivos secundários:

- 1) adquirir conhecimento aprofundado do problema a ser solucionado, recolhendo dados, possibilitando assim, análises detalhadas do problema;
- 2) mapear a atividade e identificar informações relevantes, como período, turno, linha ou operação de trabalho, o que será feito, como será feito;
- 3) classificar o problema e identificar a causa raiz;
- 4) definir ações para eliminar a causa raiz;

- 5) verificar efeito da implementação das ações, confrontando os resultados reais com a meta definida e, se necessário, realizar ajustes;
- 6) documentar os conhecimentos adquiridos durante a realização do projeto, tanto as experiências bem-sucedidas como aquelas sujeitas a aperfeiçoamento, para assim servirem como base para projetos futuros.

3.4 JUSTIFICATIVA

A redução do índice de FNC do produto acabado Solução Fisiológica 500ml retornará em ganhos significativos para a empresa como redução de desperdício do produto acabado, assim como redução dos custos de produção, matéria-prima e mão-de-obra, o que favorece o aumento da rentabilidade na empresa e maior competitividade no mercado. A diminuição de custos poderá ser revertida em melhorias internas, influenciando diretamente na qualidade dos produtos, segurança do trabalhador e benefícios para o meio ambiente.

No aspecto acadêmico, a realização desse trabalho é percebida como uma oportunidade de aplicar o conhecimento adquirido no decorrer do curso, unindo as teorias estudadas à prática na organização, por meio da participação de um processo de melhoria na empresa do segmento cosmético e farmacêutico, com o auxílio da instituição de ensino. Isso possibilitará uma ampliação da visão de assuntos e temas relacionados à engenharia, crescimento pessoal e amadurecimento profissional.

4 METODOLOGIA

Neste tópico, serão apresentadas as descrições da metodologia científica acerca de suas classificações de pesquisa. Têm-se abordagens quanto à natureza da pesquisa, a forma como o problema é abordado, o objetivo, os procedimentos técnicos, a fonte de dados e os locais de realização da pesquisa.

A Metodologia Científica é o estudo dos métodos ou da forma, ou dos instrumentos necessários para a construção de uma pesquisa científica (OLIVEIRA e VALENCIA, 2015).

Este trabalho trata-se de uma pesquisa aplicada, visto que o projeto é direcionado a solução de um problema e com objetivo de melhoria no processo produtivo de frascos plásticos.

A pesquisa será classificada em qualitativa, uma vez que serão realizadas observações do processo em estudo, e quantitativa, levando em consideração os dados numéricos levantados e resultados a serem alcançados, que deverão ser mensurados.

Em relação ao objetivo para o problema em questão, classifica-se a pesquisa como exploratória, pois envolve levantamento de dados e *brainstorming* com pessoal do setor de envase que possuem conhecimento e experiência prática com o produto pesquisado.

O trabalho será desenvolvido por meio de um estudo de caso realizado na linha de produção dos frascos plásticos do produto Solução Fisiológica 500ml, em uma indústria do segmento cosmético e farmacêutico.

Os procedimentos serão classificados como estudo de campo, pois é realizada observação direta das atividades do grupo estudado e dos dados providos destes. A partir de então é possível ter informações para entender as explicações e interpretações que ocorrem naquela realidade.

O estudo foi realizado entre o período de janeiro de 2019 a junho de 2020. A análise dos resultados foi realizada por meio de comparação de dados entre o período anterior e posterior à aplicação de ações corretivas, sendo apresentada através de gráficos e relatórios.

Como suporte ao desenvolvimento do trabalho, foram utilizadas algumas metodologias da qualidade como o ciclo PDCA, o *brainstorming*, e o diagrama de causa e efeito. O uso da metodologia, uma vez que bem consistente, garantiu a confiabilidade dos resultados.

As etapas necessárias a fim de alcançar o objetivo deste estudo foram:

- mapear o processo de fabricação dos frascos plásticos do produto Solução Fisiológica 500ml;
- identificar os pontos críticos do processo;
- avaliar juntamente com os gestores de produção, os principais problemas do processo produtivo, aplicando as ferramentas da qualidade;
- propor um plano de ação de melhorias para esses problemas específicos, utilizando o PDCA, *brainstorming*, espinha de peixe;
- avaliar a aceitabilidade deste plano de ação juntamente com os gestores;
- definir prioridades nas ações,
- implantar as ações;
- verificar a efetividade;
- fazer correções/alterações se necessário;
- fazer novos padrões de trabalho;
- treinar o pessoal nos novos padrões.

5 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo, apresenta-se a linha de produção dos frascos de Solução Fisiológica 500ml. A pesquisa engloba o entendimento do contexto do problema, sua caracterização, hipóteses sugeridas, e a obtenção dos resultados. De forma bem explicativa, todas as fases e características peculiares serão demonstradas nos tópicos a seguir.

5.1 PRODUÇÃO DO FRASCO DE SOLUÇÃO FISIOLÓGICA 500ML

O processo de sopro da empresa em estudo é a principal etapa na manufatura dos frascos. Por este motivo é fundamental o conhecimento de toda cadeia produtiva para a identificação de quais características influenciam diretamente neste processo.

A matéria-prima utilizada no processo de fabricação do frasco plástico de solução fisiológica 500ml, é a resina HS5502, um polietileno de alta densidade. O material na forma de grãos, conforme mostrado na FIGURA 17, é armazenado na empresa em silos. A folha de dados técnicos dessa resina está apresentada no ANEXO A.

Figura 17 - Polietileno de alta densidade

Fonte: A Empresa, 2020

A máquina sopradora utilizada no processo de fabricação das embalagens plásticas é a BMT5.6D/H. Esta máquina possui uma tecnologia híbrida, isto é, uma redução do consumo de energia em torno de

6%, e uma diminuição do uso de óleo hidráulico, proporcionando menores possibilidades de vazamento e poluição por óleo para o meio ambiente. A FIGURA 18 apresenta a máquina sopradora BMT5.6D/H.

Figura 18 - Máquina sopradora BMT5.6D/H

Fonte: A Empresa, 2020

Na FIGURA 19 é possível visualizar o frasco plástico acabado. As embalagens plásticas (frascos) são armazenadas nas sacarias, e conforme a demanda, vão sendo enviadas para o setor farmacêutico da empresa para envasar a solução fisiológica. O rótulo com as informações descritivas do produto é um filme plástico, adicionado no frasco no momento de envase do produto.

Figura 19 - Frasco plástico acabado

Fonte: A Empresa, 2020

A seguir são descritas as etapas do processo de produção dos frascos plásticos de solução fisiológica 500ml:

1. o alimentador da máquina puxa a matéria-prima armazenada no silo por meio de mangueiras de alimentação para o início do processo de sopro;
2. a matéria-prima puxada abastece o funil de alimentação do equipamento;
3. através de um sistema de canhão e rosca giratória, o material passa pelo canhão através dos filetes da rosca resultando no processo de compressão, que em contato com zonas de aquecimento da região do equipamento, permite a ocorrência da fusão do material pelo aquecimento;
4. o material fundido adentra dentro do cabeçote da máquina, que com seus componentes internos modela o formato de *parison* através de compressão mais precisa e ar de apoio;
5. o *parison* escoa para fora do cabeçote e, em seguida é apanhado pelo molde do equipamento. Os pinos de sopro sopram os *parison*, formando a peça acabada. Este processo é gerenciado por um

sistema de tempo de cadência de parâmetros, direcionado pelo IHM da máquina, ou seja, um sistema eletrônico de interface homem-máquina;

6. nas peças acabadas tem-se as rebarbas, isto é, sobras de material no bico e no fundo do frasco, que são extraídas por um sistema de rebarbadores e encaminhadas para o início do processo de fabricação dos frascos, através de um sistema fechado, por meio de esteiras e moinhos do equipamento;

7. os ciclos se repetem sucessivamente.

Esse ciclo produtivo se repete a cada 15 segundos e são produzidos 12 frascos por ciclo. A produção por hora é de 2.880 unidades. Cada lote de produção é definido com a quantidade de 60.000 frascos, sendo essa definição baseada em estratégias de rastreio, capacidade de estocagem, capacidade de empenho de matéria-prima e ainda a capacidade de envase da Solução Fisiológica.

Na FIGURA 20 pode-se visualizar o desenho ilustrativo do processo produtivo dos frascos de Solução Fisiológica 500ml.

Figura 20 - Desenho do processo produtivo dos frascos plásticos

Fonte: Autor, 2020

Para melhor entendimento do processo produtivo, a FIGURA 21 ilustra o esquema de produção, que se inicia na alimentação da máquina com matéria-prima virgem, juntamente com o material retrabalhado (frascos moídos que retornam para o processo como matéria-prima reutilizável), e são oriundos de rebarbas e refugos. Após o processamento, tem-se frascos considerados como: frascos dentro das especificações, os quais são direcionados para o estoque de produto acabado, e frascos fora de especificações, esses são encaminhados para o moinho, para que sejam moídos e retornem para o processo de sopro como matéria-prima reutilizável.

Figura 21 – Esquema de produção

Fonte: A Empresa, 2020

O controle de qualidade faz as análises nos frascos produzidos a cada 4 horas e são analisados os produtos de ciclo completo, ou seja, 12 frascos. A seguir são descritas as três análises feitas pelo setor de controle da qualidade:

- **análise dimensional:** nessa análise é feita a pesagem e as medições dos frascos. A pesagem é feita em balança semianalítica, conforme mostrado na FIGURA 22, e o peso deve estar entre 28g a 30g.

Figura 22 – Balança semianalítica

Fonte: A Empresa, 2020

Já as medições são feitas com auxílio de um paquímetro e medem-se os seguintes pontos: altura do gargalo, altura total do frasco, diâmetro total do frasco, diâmetro interno do gargalo e diâmetro da trava. Na FIGURA 23 pode-se ver o frasco plástico utilizado no armazenamento da Solução Fisiológica de 500ml, detalhando as partes críticas do frasco, onde que são feitas as medições.

Figura 23 - Desenho técnico do frasco plástico 500 ml

Fonte: A Empresa, 2020

- **análise visual:** os frascos coletados para análise são comparados visualmente com o frasco padrão, para verificar os seguintes parâmetros: manchas no frasco, deformações (bolhas, arranhões, amassado), frasco com fundo estufado, cor fora do padrão, gargalo torto ou oval, engilhamento (enrugado), rebarba de massa no interior ou aderida na parede do frasco, contaminações (sujidades).
- **teste de vedação:** enche-se o frasco com água, fecha-se o frasco e esse é submetido a uma força de 5kgf durante um minuto, para verificar se ocorrerá algum vazamento do líquido. Na FIGURA 24 pode-se ver o instrumento utilizado para fazer o teste de vedação.

Figura 24 - Teste de vedação

Fonte: A Empresa, 2020

5.2 ANÁLISE DO PROBLEMA: LEVANTAMENTO DE TIPOS DE DEFEITOS NOS FRASCOS

Para identificar os tipos de defeitos predominantes nos frascos plásticos foi realizada uma verificação no estoque de produto acabado, em que foram coletadas as amostras dos frascos defeituosos durante o período de 30 dias. Para essa verificação, foi acertada com o setor de armazenagem de produtos acabados a separação dos produtos com defeito. Essa separação foi feita no momento do atendimento de pedidos dos clientes, pois durante este processo de separação, consegue-se identificar qual caixa de armazenagem do produto está molhada, ou seja, caixa em que houve vazamento da solução. Percebendo-se o vazamento, a caixa é segregada e os frascos com vazamento do produto foram coletados para verificação.

A FIGURA 25 mostra uma caixa com manchas (indicada pelas setas) indicando que foi molhada devido a vazamento no frasco de solução fisiológica. Observa-se que, os frascos estão na posição oposta à de

armazenamento, pois a caixa foi virada para se realizar o registro através da fotografia, visto que o fundo da caixa é que fica molhado.

Figura 25 - Caixa molhada por vazamento de produto no frasco plástico

Fonte: A Empresa, 2020

As caixas de armazenagem de produto acabado ficam empilhadas em paletes no estoque, conforme ilustrado na FIGURA 26. Quando ocorre vazamento de produto em uma caixa, outras caixas também são molhadas pelo produto, surgindo assim a necessidade de retrabalho em mais de uma caixa.

Figura 26 - Caixas empilhadas no estoque

Fonte: A Empresa, 2020

No período de 30 dias, determinado para a separação dos frascos com defeito, foi coletado um total de 24 frascos defeituosos. Fez-se uma verificação visual nos frascos e os tipos de defeitos identificados nas embalagens estão mostrados na Tabela 1 e no gráfico da FIGURA 27.

Tabela 1 – Tipos de defeitos identificados nas embalagens plásticas

Tipos de defeitos	Unidades	Porcentagem (%)
Furo no fundo do frasco	19	79
Furo na parte lateral do frasco	5	21
Σ	24	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2020

Figura 27 - Representação gráfica dos tipos de defeitos

Fonte: Autor, 2020

Os defeitos encontrados foram fotografados e podem ser visualizados na FIGURA 28 e 29, onde os furos estão circulados na cor vermelha, para melhor visualização do tipo de defeito.

Figura 28 - Furo no fundo do frasco

Fonte: A Empresa, 2020

Figura 29 - Furo na parte lateral do frasco

Fonte: A Empresa, 2020

Os frascos com defeito representaram 0,14% do total produzido, sendo esse total 1.707.477 unidades. Com os tipos de defeitos identificados nos frascos de Solução Fisiológica, pode-se dar início à utilização de ferramentas para continuar a tratativa do problema. Foi definido que seriam tratados os dois problemas, ou seja, o furo no fundo do frasco como também o furo na lateral do frasco. As próximas etapas estão descritas a seguir.

5.3 APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA TRATAMENTO DO PROBLEMA

Para identificar as possíveis causas dos problemas em estudo, foi realizado um *brainstorming* com os gestores da área produtiva dos frascos, juntamente com a equipe que faz o levantamento de não conformidades. As ideias foram levantadas em uma reunião e estão listadas a seguir:

1. estrutura física inadequada;
2. padrão de reaproveitamento de matéria prima (frascos/rebarbas) está inadequado;
3. as resistências de temperatura da máquina não são calibradas;
4. procedimento de operação da máquina está desatualizado;
5. não há plano de manutenção preventiva para os cabeçotes, moldes e máquina;
6. não há descrição do processo e campo para registro das informações na ordem de produção (operador, turno, horário);
7. sujidades na máquina e no ambiente de produção dos frascos plásticos;
8. não há dosador e misturador para que o material moído, originado das rebarbas, seja misturado com a matéria-prima virgem.

A partir das ideias discutidas no *brainstorming*, foi possível elaborar o Diagrama de *Ishikawa*, também conhecido como Espinha de Peixe. Onde se fez a classificação das indicações do *brainstorming* nos 6M's. O diagrama está mostrado na FIGURA 30.

Figura 30 - Diagrama de Ishikawa

Fonte: Autor, 2020

Com o levantamento das causas possíveis que pudessem ser consideradas para análise iniciou-se a apuração das causas fundamentais do problema. Para isso foi utilizada a ferramenta de análise 5 porquês. Os dados levantados foram transferidos para o formulário padrão da empresa, conforme mostrado no QUADRO 4.

Quadro 4 – Análise dos 5 Porquês

ANÁLISE DOS 5 PORQUÊS					Legenda: C: Confirma NC: Não Confirma	
1º PORQUÊ	2º PORQUÊ	3º PORQUÊ	4º PORQUÊ	5º PORQUÊ		
Porque a matéria-prima está contaminada?	Porque há material carbonizado na máquina C NC ● ○	Porque é inerente ao processo C NC ● ○	C NC ○ ○	C NC ○ ○		
		Porque não há padrão de limpeza definido C NC ● ○	C NC ○ ○	C NC ○ ○		
	Porque o ambiente favorece a contaminação C NC ● ○	Porque não há estrutura física adequada do local para o tipo de produto produzido C NC ● ○	Porque falta piso, divisórias, moagem isolada das rebarbas C NC ● ○	C NC ○ ○		
		Porque o padrão de limpeza está inadequado C NC ● ○	Porque falta melhorias nos processos de limpeza C NC ● ○	C NC ○ ○		
	Porque a matéria-prima veio contaminada do fornecedor C NC ○ ●	C NC ○ ○	C NC ○ ○	C NC ○ ○		
	Porque o processo de reaproveitamento de frascos/rebarbas está inadequado C NC ● ○	Porque gera contaminação nos frascos C NC ● ○	Porque o padrão de reaproveitamento não está correto C NC ● ○	Porque falta um procedimento operacional padrão C NC ● ○		
	C NC ● ○	C NC ● ○	C NC ● ○	C NC ● ○		
	C NC ● ○	C NC ● ○	C NC ● ○	C NC ● ○		

<p>Porque no princípio de funcionamento do equipamento não há homogeneização entre material virgem e moído?</p> <p>C ☒ NC ☐</p>	<p>Porque não há dosador e misturador no equipamento</p> <p>C ☒ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>
<p>Porque não há calibração das resistências de temperatura?</p> <p>C ☒ NC ☐</p>	<p>Porque falta tecnologia na máquina para realizar a calibração de temperatura</p> <p>C ☒ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>
<p>Porque o procedimento de operação está desatualizado?</p> <p>C ☒ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>
<p>Porque não há um plano de manutenção preventiva para a máquina?</p> <p>C ☒ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>
<p>Porque não há um controle e registro de operação?</p> <p>C ☒ NC ☐</p>	<p>Porque não há um descritivo do processo e campos para registro no documento de produção</p> <p>C ☒ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>	<p>C ☐ NC ☐</p>

Fonte: A Empresa, 2020

Na figura acima, os círculos em vermelho mostram todas as potenciais causas do problema em estudo, indicadas pela equipe, mostrando necessidades de melhorias no setor de fabricação dos frascos. Após

análises e a participação de todos os colaboradores da empresa envolvidos no estudo, a causa raiz do problema foi definida. A equipe considerou que, o furo (tanto da base quanto da lateral), está ocorrendo no momento do sopro do frasco, devido a presença de contaminante.

5.4 PLANO DE AÇÃO CORRETIVA

Para cada potencial causa validada anteriormente na ferramenta 5 Porquês, que estão relacionadas à causa fundamental, foram atribuídas ações corretivas a fim de eliminar as causas da não conformidade ou defeito detectado, de forma a evitar a sua repetição ou pelo menos minimizar sua ocorrência. Cada ação corretiva possui o setor responsável por sua realização, a data planejada para fechamento, e a data de execução da tarefa.

No QUADRO 5 estão descritas as ações corretivas para cada causa raiz identificada na área de produção dos frascos plásticos.

Quadro 5 – Plano de ações corretivas para redução de retrabalho oriundo do processo de sopro dos frascos

Número da ação corretiva	Ação corretiva	Setor	Prazo planejado	Data de execução
1	Elaborar/Revisar padrão de limpeza do moinho.	Injeção e Sopro	22/05/2020	22/05/2020
2	Adequar a área: Piso, janelas adequadas, sistema de ar, forro, moagem individual do material.	Gerência Industrial	26/06/2020	Em andamento
3	Instalar recipientes de inox para armazenagem de matéria-prima.	Injeção e Sopro	26/06/2020	
4	Criar um procedimento de reaproveitamento de materiais.	Injeção e Sopro	15/06/2020	

5	Colocar guias nas esteiras de rebarbas.	Eletroeletrônica	22/05/2020	22/05/2020
6	Adequar a tampa dos moinhos para evitar contaminação.	Manutenção	15/06/2020	
7	Elaborar e apresentar estudo de aquisição e viabilidade para instalar dosador de matéria-prima.	Injeção e Sopro	26/06/2020	Em andamento
8	Avaliar com o fornecedor se existe tecnologia para realizar a calibração das resistências.	Garantia da Qualidade	15/06/2020	
9	Elaborar plano preventivo de manutenção para a máquina sopradora.	Manutenção	15/06/2020	
10	Revisar as OP's incluindo o processo descritivo e campos para registro da operação.	Pesquisa e Desenvolvimento	22/05/2020	22/05/2020
11	Elaborar <i>Check-List</i> para passagem de turno.	Controle de Qualidade	25/05/2020	25/05/2020
12	Realizar a verificação da área após a realização da nova limpeza, definida em procedimento.	Controle de Qualidade	26/06/2020	
13	Instalar o Testador de Microfios.	Gerência Industrial	26/06/2020	03/06/2020

Fonte: A Empresa, 2020

5.5 ACOMPANHAMENTO DO PLANO DE AÇÃO

As ações corretivas planejadas que estão em andamento no processo de produção dos frascos plásticos, assim como as ações já finalizadas e as ações que serão executadas posteriormente, estão descritas nos tópicos seguintes.

5.5.1 AÇÕES CORRETIVAS EM ANDAMENTO

A limpeza e a organização são fundamentais na produção de embalagens destinadas à produtos farmacêuticos, para se obter produtos com qualidade e dentro das especificações. A

FIGURA 31 mostra que o ambiente atual de produção dos frascos não é adequado, pois favorece a contaminação dos produtos durante o processo produtivo devido ao piso da área produtiva que é propício ao acúmulo de água e sujidades. Outras questões que contribuem para acúmulo de sujeira é que as janelas não possuem tela de proteção e os ventiladores de ar favorecem ao acúmulo de impurezas. No caso dos ventiladores eles também propagam sujidades durante seu funcionamento. As setas vermelhas da FIGURA 31, indicam os pontos críticos citados.

Figura 31 - Área produtiva dos frascos plásticos

Fonte: A Empresa, 2020

Para corrigir esses problemas está sendo executado um projeto denominado Sala Limpa. A Sala Limpa trata-se de um ambiente controlado e totalmente isolado, visando garantir um ambiente isento de contaminações físicas, químicas ou microbiológicas, com constante troca do ar, através de pressão positiva e filtros especiais. Espera-se que, como resultado, se tenha a produção de embalagens seguras ao consumidor final. A FIGURA 32 mostra as melhorias indicadas pelas setas.

Figura 32 – Implantação da Sala Limpa

Fonte: A Empresa, 2020

O piso, paredes e teto da Sala Limpa, apresentado na figura acima, garantem o máximo de limpeza e o mínimo de contaminação. O piso é o elemento mais importante, já que o processo produtivo acontece sobre ele, devendo ter as características de fácil limpeza e manutenção e cor clara que permita visualizar qualquer tipo de sujeira. Rejuntes, trincas e porosidades precisam ser evitadas ao máximo, pois podem acumular sujidades.

Foi instalado um dosador de matéria-prima virgem e material moído, está indicado na figura 32 pela seta vermelha, o qual homogeniza todo o material que dará origem ao *parison*. A seta de cor branca mostrada na mesma figura indica a colocação de paletes de plástico no processo produtivo, pois paletes de madeira não devem ser utilizados na Sala Limpa.

Um equipamento importante instalado na Sala Limpa foi o Testador de Microfuros. Esse equipamento usa um sopro de ar comprimido para verificar a presença de microfuros no item produzido. O ar é soprado através de um cabeçote e quando algum tipo de anomalia ou defeito é encontrado pelo sensor desse maquinário, a embalagem é automaticamente refugada. O testador de microfuros foi instalado imediatamente após a máquina sopradora, e está indicado na figura 32 pela seta de cor amarela.

Na FIGURA 33 pode-se visualizar , em destaque, o Testador de Microfuros.

Figura 33 – Testador de Microfuros

Fonte: A Empresa, 2020

Na FIGURA 34 pode-se observar que as janelas da Sala Limpa são todas abertas, devido o ambiente ser dotado de pressão positiva, o que possibilita a eliminação para o ambiente externo de partículas presentes no ar. Telas de proteção foram instaladas nas janelas. As tubulações presentes na parede, são para o armazenamento e fluxo de água, que é utilizada para o resfriamento dos componentes das máquinas.

Figura 34 - Implantação da Sala Limpa

Fonte: A Empresa, 2020

Outra questão importante para reduzir o nível de sujidade na Sala Limpa trata das vestimentas, pois protegem os operadores de se tornarem os principais emissores de contaminação. Por isso, é fundamental que as pessoas que adentram nessa área restrita estejam devidamente uniformizadas, com vestimentas que cubram seus corpos o máximo possível.

Na FIGURA 35 é possível visualizar a máquina sopradora que irá produzir os frascos plásticos, localizada na Sala Limpa. Os requisitos especiais dessa máquina são o dosador de material, o testador de microfuros, e o moinho para as rebarbas que é individual, não sendo compartilhado com outras máquinas sopradoras.

Figura 35 - Máquina Sopradora *Pavan Zanetti*

Fonte: A Empresa, 2020

5.5.2 AÇÕES JÁ EXECUTADAS

Após a finalização das ações corretivas de número 1, 5, 10, e 11, previstas no plano de ação corretiva, pôde-se perceber uma melhoria significativa no processo, tais como:

- **Ação corretiva nº1:** o procedimento operacional padrão de limpeza do moinho de materiais foi revisado. Foi estabelecido que a limpeza do moinho deve ser feita semanalmente, utilizando pano específico, álcool líquido 70%, e ar comprimido.
- **Ação corretiva nº5:** na FIGURA 36, as setas de cor vermelha mostram a guia instalada na esteira de rebarbas, que é uma proteção de polietileno colocada na parte superior e lateral da esteira, para evitar a contaminação das rebarbas por sujidades. As setas de cor amarela, indicam as rebarbas, material branco em cima da esteira, destinado ao processo de moagem. Essa ação corretiva foi executada no ambiente atual de produção dos frascos plásticos.

Figura 36 - Guia na esteira de rebarbas

Fonte: A Empresa, 2020

- **Ação corretiva nº10:** as ordens de produção (OP's) foram revisadas e atualizadas, foi incluído no documento o processo descritivo de produção dos frascos plásticos, assim como os campos para registro da operação (data, hora, operador), conforme apresentado nos ANEXOS: B, C, D, E.
- **Ação corretiva nº11:** o QUADRO 6 apresenta o modelo de *Check-List* elaborado para passagem de turno, para melhor controle de qualidade do processo, e registro de informações. Cada item do documento é avaliado como conforme (C) ou não conforme (NC).

Quadro 6 – Check-List de passagem de turno

CHECK LIST DE PASSAGEM DE TURNO - INJEÇÃO E SOPRO		Data:	
		Máquina:	
TURNO:			
Matrícula:		Operador:	
1.	COLETA DE INFORMAÇÕES	C	NC
1.1.	Lote em andamento conforme programação		
1.2.	Orientações da supervisão sobre a produção do turno anterior		
2.	LIMPEZA DO AMBIENTE	C	NC
2.1.	Os utensílios de limpeza estão disponíveis e em bom estado		
2.2.	Presença de poças de água no ambiente		
2.3.	Limpeza das canaletas		
2.4.	Limpeza dos vidros da cabine e toda área em volta da máquina e da enfardadeira		
3.	ESTEIRAS	C	NC
3.1.	Esteira horizontal funcionando de forma contínua e sem resíduos		
3.2.	Acúmulo de rebarbas dentro da máquina		
3.3.	Esteira vertical funcionando de forma contínua e sem resíduos		
3.4.	Rebarbas presas atrapalhando o funcionamento da esteira		
4.	MOINHO	C	NC
4.1.	Acúmulo de material moído no reservatório de sucção		
4.2.	Excesso de pó no processo de moagem		
4.3.	Moinho bem posicionado sob a esteira vertical		
4.4.	Moinho limpo e adequado para o uso		
4.5.	Tampa do moinho devidamente fechada		
5.	MATERIAL MOÍDO	C	NC
5.1.	Quantidade do material (Verificar receita do dosador)		
5.2.	Qualidade do material		
6.	EQUIPAMENTO	C	NC
6.1.	Vazamento de óleo na máquina		
6.2.	Painéis fechados		
6.3.	Tampa do funil no lugar adequado		
6.4.	Grade magnética devidamente instalada		
6.5.	Ventiladores do painel funcionando		
6.6.	Centralização dos pinos de sopro		
6.7.	Comprimento do <i>parison</i>		

6.7.1	Verificar espessura interna do gargalo (Controle de Processo) - VISUAL		
6.7.2	Verificar a abertura da água dos pinos de sopro - VISUAL		
6.8.	Regulagem do ar de apoio		
6.9.	Acúmulo de rebarbas embaixo da máquina		
6.10.	Presença e/ou acúmulo de óleo debaixo da máquina		
6.11.	Verificar nível de óleo do redutor e tanque hidráulico		
6.12.	Verificar se há vazamento de óleo na máquina, inclusive na caixa de rolamento		
6.13.	Temperaturas das resistências reais estão conforme as temperaturas programadas (160°C)		
6.14	Ponteira e Bucha de corte		
6.14.1	Verificar altura do gargalo - DIMENSIONAL		
6.14.2	Verificar se o gargalo está ovalizado - VISUAL		
6.17.	Faca quente		
6.17.1	Verificar se um dos pontos apresenta aquecimento exagerado (vermelho) - VISUAL		
6.17.2	Verificar se os registros de água gelada estão totalmente abertos		
6.17.3	Verificar se os registros de água industrial estão totalmente abertos		
6.17.4	Verificar velocidade de fechamento do molde (não pode estar muito lento)		
OBSERVAÇÕES:			

Fonte: A Empresa, 2020

5.5.3 AÇÕES QUE SERÃO EXECUTADAS POSTERIORMENTE

Como plano futuro tem-se a conclusão das ações previstas que ainda não foram realizadas:

- **Ação corretiva nº3:** instalar recipientes de inox para armazenagem da matéria-prima.
- **Ação corretiva nº4:** criar um procedimento padrão para reaproveitamento de materiais.
- **Ação corretiva nº6:** adequar as tampas dos moinhos para evitar a contaminação das rebarbas por sujidades.
- **Ação corretiva nº8:** avaliar com o fornecedor se existe tecnologia para realizar a calibração das resistências de temperatura da máquina sopradora.
- **Ação corretiva nº9:** elaborar um plano preventivo de manutenção para a máquina sopradora.
- **Ação corretiva nº12:** realizar a verificação da área produtiva após a realização da nova limpeza, definida em procedimento.

6 RESULTADOS OBTIDOS

O objetivo principal deste trabalho, reduzir em 50% o índice de FNC para o produto acabado Solução Fisiológica 500ml até junho de 2020, foi alcançado. Conforme mostrado na FIGURA 37, no primeiro semestre de 2020 foram registradas 44 fichas de não conformidade, o índice de FNC registrado em cada mês está circulado na cor vermelha. Espera-se que, com a finalização das ações corretivas em andamento do plano de ação, se obtenha uma redução maior do número de FNC.

Figura 37 – FNC's abertas em 2020 – Frasco furado Solução Fisiológica 500ml

Fonte: A Empresa, 2020

O Nível Sigma é um indicador de qualidade utilizado pela empresa, está associado ao número de falhas que o processo apresenta, este varia de 1 a 6 níveis sigma, classificando o processo como não competitivo ao mercado: escala sigma 1 e 2, competitivo ao mercado: escala sigma 3 e 4, ou classe mundial: escala sigma 5 e 6. Na FIGURA 38, circulado na cor vermelha, pode-se ver que o nível sigma é 5,3 para os frascos furados, referente ao mês junho 2020, sendo classificado o processo de produção dos frascos plásticos como classe mundial.

Figura 38 – Nível Sigma Frascos Furados Solução Fisiológica 500ml

Fonte: A Empresa, 2020

7 CONCLUSÃO

A aplicação dos conceitos aprendidos durante o curso de Engenharia de Produção contribuiu amplamente para a geração de conhecimento e conciliação na utilização destas teorias no âmbito organizacional.

O uso das ferramentas da qualidade possibilitou analisar criticamente o processo produtivo das embalagens plásticas, e desenvolver melhorias para reduzir as perdas provenientes do envase do produto Solução Fisiológica 500ml em embalagens defeituosas, com presença de microfuros.

Um ambiente produtivo limpo, organizado e isento de contaminações físicas, químicas ou microbiológicas, é fundamental para se obter produtos farmacêuticos com qualidade e conforme as especificações. Outra questão importante é o Testador de Microfuros, um maquinário que faz a inspeção das embalagens plásticas produzidas antes do produto ser envasado, e posteriormente ser estocado como produto acabado.

É importante ressaltar que através da melhoria contínua da qualidade consegue-se um aumento da competitividade de uma organização. Deve-se enfatizar que em todas as estratégias inovadoras para

a introdução de um novo produto, serviço ou tecnologia de processo, a melhoria contínua da qualidade deve ser considerada.

Foi possível compreender que uma empresa deve sempre procurar melhorar seus processos e que as ferramentas da qualidade são notadamente fortes aliadas na identificação e solução de problemas. Se bem aplicada e gerenciada, a metodologia faz a tratativa do problema de forma definitiva, evitando a reincidência.

REFERÊNCIAS

- BRASKEM: Resinas termoplásticas. Disponível em: <http://braskem.com.br>. Acesso em: 14 mar. 2020.
- CAMPOS, Vicente Falconi. O verdadeiro poder. Práticas de gestão que conduzem a resultados revolucionários. Nova Lima: Indg Tecnologia e Serviços Ltda, 2009.
- CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia mecânica. Materiais de Construção Mecânica. 2. ed. São Paulo: Mcgraw-hill Ltda, 1986.
- FARMAX: Produtos farmacêuticos. Disponível em: <http://farmax.com.br>. Acesso em: 14 mar. 2020.
- FISHER, E.G. Extrusion of plastics. Monsanto Mexicana: Liffe Books LTDA, 1970. Tradução de : Carlos Velaco Loredó.
- FREIRE, José de Mendonça. Materiais de construção mecânica. Fundamentos de Tecnologia Mecânica. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1986.
- LEHIR, A. Noções de farmácia galênica. 6ª ed. São Paulo. Organização Andrei Editora LTDA, 1997.
- LIMA, Bruna Rubia. A importância do desenvolvimento da embalagem na indústria farmacêutica. São Paulo: Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, 2010.
- LOPES, Fábio e NUNES, Edilene. Processos de moldagem por sopro. Conceitos, técnicas e aplicações em peças plásticas. 1. ed. São Paulo: Érica Ltda Grupo Saraiva, 2014.
- MANRICH, S. Processamento de termoplásticos. Rosca única, extrusão e matrizes, injeção e molde. 1 ed. São Paulo: Artiliber, 2005.
- OLIVEIRA, L. M. Embalagens plásticas rígidas. Principais polímeros e avaliação da qualidade. São Paulo: ITAL/CETEA, 2008.
- OLIVEIRA, Tamires et al. A importância da metodologia científica para o ensino e aprendizagem no ensino superior. 2015. Disponível em: <http://educere.bruc.com.br>. Acesso em: 14 mar. 2020.
- PAVAN ZANETTI: O domínio da transformação do plástico. Disponível em: <http://pavanzanetti.com.br>. Acesso em: 14 mar. 2020.
- PEREIRA, F. S. G. Polímeros fundamentos científicos e tecnológicos. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia. Recife, 2009.

RECHIA, L. M. Desenvolvimento e avaliação da estabilidade de gel a base de extrato de Melissa Officinalis L. Florianópolis, 2010.

RODRIGUES, Marcus Vinícius Carva. Ações para a qualidade. Gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca de qualidade e competitividade. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Ltda, 2010.

ROSSI, E. G. Metodologia projetual. Centro de pesquisa e desenvolvimento de embalagens. São Paulo: Cetea, 2004. 16 v.

SALAY, Maria Cristina. Tecnologia de embalagem de sólidos. Fármacos e Medicamentos. São Paulo: RCN Comercial e Editora LTDA, 2006.

SELEME, Robson et al. Controle da qualidade. As ferramentas essenciais. 2. ed. Curitiba: IBPEX, 2008. Disponível em: <http://www.academia.edu.br>. Acesso em: 14 mar. 2020.

SENAI-RS - Escola de Educação Profissional Nilo Bettanin. Processo de transformação de plásticos por sopro. Rio Grande do Sul, 2011.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni Escola de engenharia da UFMG, 1995. 2 v.

APÊNDICES E ANEXOS

ANEXO A – FOLHA DE DADOS DA MATÉRIA-PRIMA

Polietileno de Alta Densidade HS5502

Descrição:

O HS5502 é um polietileno de alta densidade, copolímero. Oferece ótima processabilidade e os frascos produzidos apresentam excelente rigidez.

Aplicações:

Sopro Pequeno Volume:

Frascos para uso alimentício, óleos lubrificantes e produtos farmacêuticos;

Brinquedos.

A Braskem não recomenda HS5502 para aplicações em filme.

Processo:

Moldagem por Sopro;

Injeção Sopro.

Propriedades de Controle:

	Método ASTM	Unidades	Valores
Índice de fluidez (190°C/2,16kg)	D 1238	g/10 min	0,35
Índice de fluidez (190°C/21,6kg)	D 1238	g/10 min	32
Densidade	D 792	g/cm ³	0,954

Propriedades Típicas:

Propriedades de Referência de Placa^a

	Método ASTM	Unidades	Valores
Tensão de Ruptura	D 638	MPa	30
Módulo de Flexão Secante a 1%	D 790	MPa	1350
Resistência ao Impacto Izod	D 256	J/m	250
Resistência à Quebra sob Tensão Ambiental ^b	D 1693	h/F50	10
Resistência à Quebra sob Tensão Ambiental ^c	D 1693	h/F50	20
Temperatura de Deflexão Térmica a 0,455 MPa	D 648	°C	75

(a) Placa moldada por compressão pelo Método ASTM D 4703.

(b) Condições: 10% Igepal, placa de 2 mm, com entalhe de 0,3 mm, 50°C.

(c) Condições: 100% Igepal, placa de 2 mm, com entalhe de 0,3 mm, 50°C.

Recomendações de Processamento

Perfil de Temperatura:

- Alimentação: 185°C
- Cilindro: 190°C
- Cabecote: 195°C
- Parison: 200°C
- Molde: 5°C a 25°C

ANEXO B – ORDEM DE PRODUÇÃO

CÓDIGO: 20000405	PRODUTO: FRASCO SOLUÇÃO FISIOLÓGICA 500ML
---------------------	--

LOGÍSTICA - SEPARAÇÃO E PESAGEM DE MATÉRIA PRIMA

Documento nº:

Separação de Matéria Prima:

Data	Código Matéria Prima	Quantidade separada	Lote	Separado Por	Conferido Por	Tempo gasto
Observações:			Tempo total gasto:			
PERDAS () 901 – Polietileno () 902 – Máster			Total de perdas:		901	
					902	

Pesagem de Matéria Prima:

Data	Código Matéria Prima	Quantidade pesada	Lote	Pesado Por	Conferido Por	Tempo gasto
Observações:			Tempo total gasto:			
PERDAS () 901 – Polietileno () 902 – Máster			Total de perdas:		901	
					902	

PRODUÇÃO – PREPARAÇÃO DE MATERIA PRIMA E PRODUTIVIDADE

Tempo de Preparação de Matéria Prima:	
---------------------------------------	--

Tempo de Produção:

Total de Horas Trabalhadas	Total de Horas Paradas	(-) Tempo de Intervalos	Tempo Gasto

ANEXO C – ORDEM DE PRODUÇÃO

CÓDIGO: 20000405	PRODUTO: FRASCO SOLUÇÃO FISIOLÓGICA 500ML
----------------------------	--

Data ____/____/____	☐ Solicitação ☐ Devolução	Setor	Para		
Código	Descrição	Quantidade	Un	Lote	
Solicitado por:		Recebido por:			
Separado por		Conferido por:			
Observações					

Data ____/____/____	☐ Solicitação ☐ Devolução	Setor	Para		
Código	Descrição	Quantidade	Un	Lote	
Solicitado por:		Recebido por:			
Separado por		Conferido por:			
Observações					

Data ____/____/____	☐ Solicitação ☐ Devolução	Setor	Para		
Código	Descrição	Quantidade	Un	Lote	
Solicitado por:		Recebido por:			
Separado por		Conferido por:			
Observações					

Data ____/____/____	☐ Solicitação ☐ Devolução	Setor	Para		
Código	Descrição	Quantidade	Un	Lote	
Solicitado por:		Recebido por:			
Separado por		Conferido por:			
Observações					

ANEXO D – ORDEM DE PRODUÇÃO

CÓDIGO: 20000405	PRODUTO: FRASCO SOLUÇÃO FISIOLÓGICA 500ML
---------------------	---

Conferência e transferência da mistura

Data ____/____/____ Hora ____:____ h N° Sacarias ____ unid. Responsável _____

Data ____/____/____ Hora ____:____ h Peso Master ____ Kg. Responsável _____

Especificações do produto

Peso (g)		Altura Total (mm)		Altura gargalo (mm)		Ø externo frasco (mm)		Ø externo rosca (mm)		Ø interno gargalo (mm)		Ø catraca/trava (mm)	
Min.	Máx	Min.	Máx	Min.	Máx	Min.	Máx	Min.	Máx	Min.	Máx	Min.	Máx
30,50	33,50	187,20	189,20	18,50	19,50	68,60	70,00	27,20	28,00	20,80	21,40	26,80	27,80

Ø = Diámetro

Peso médio: _____

Início de produção

[illegible]

ANEXO E – ORDEM DE PRODUÇÃO

CÓDIGO: 20000405	PRODUTO: FRASCO SOLUÇÃO FISIOLÓGICA 500ML
----------------------------	--

Controle de paradas durante a produção

Relação de motivos/códigos das paradas			
10	Manutenção corretiva mecânica	46	Matéria Prima não conforme
11	Manutenção corretiva Pneumática	51	Refeição/Descanso
12	Manutenção corretiva Hidráulica	52	Intervalo entre turnos período que existe Ordem de produção aberta, porém a máquina não funciona
13	Manutenção corretiva Elétrica	54	Descanso Semanal/Domingos e Feriados
14	Manutenção corretiva Eletrônica	61	Aguardando Programação
31	Set Up Cor/Lote	71	Treinamento/Ginástica/Reunião
32	Set Up Ferramental/Matriz	72	Falta de Pessoal, necessitou parar o equipamento pela ausência de operador
41	Aquecimento/Limpeza/Lubrificação/Desligamento	73	Teste (Molde, Ponteira, Matéria-prima, Peso de frasco)
44	Falta de insumo, Matéria Prima, Rack, Agua, Energia, Ar, Sacarias e Outros	76	Falta de espaço no estoque.
45	Regulagem de Processo	99	Outros. (justificar no campo de OBS.)

Data Início (dia/mês)	Hora Início	Motivo (código)	Responsável	Data Final (dia/mês)	Hora Final	Total (horas)	Responsável
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	
/	:			/	:	:	

Observações: * Não houve paradas ()

Cálculo para fechamento da ordem de produção

Qtde de MP fornecida = Corresponde à qtd de MP separada;
 Qtde de matéria-prima utilizada = Qtde fornecida – Perdas (sucata) – Aparas – Material devolvido

$$\text{Qtde prevista real} = \frac{\text{Qtde de MP fornecida}}{\text{Peso médio teórico}} \times 1000\text{g}$$

$$\text{Peso médio} = \frac{\text{Qtde teórica} - \text{Perdas (sucata)} - \text{Aparas} - \text{Material devolvido}}{\text{Unidades produzidas}} \times 1000\text{g}$$

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Unidades produzidas}}{\text{Qtde prevista real}} \times 100$$

$$\text{Horas teóricas} = \text{Qtde. Prod. Real} / \text{Prod. Nominal da Máq.}$$

$$\text{Eficiência} = \text{H. Teóricas} / \text{H Trab.} + \text{H Parad.}$$