

ENGENHARIA QUÍMICA

MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO E QUALIDADE: A TRÍADE PARA O *INSIGHT* DO PROCESSO DE EXTRUSÃO DE PLÁSTICOS FLEXÍVEIS

ALEXANDRE ANTÔNIO JOSÉ MARTINS

Rio Verde, GO

2024

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE**

ENGENHARIA QUÍMICA

**MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO E QUALIDADE: A TRÍADE PARA O *INSIGHT*
DO PROCESSO DE EXTRUSÃO DE PLÁSTICOS FLEXÍVEIS**

ALEXANDRE ANTÔNIO JOSÉ MARTINS

Trabalho de Curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde,
como requisito parcial para obtenção do Grau de
Bacharel em Engenharia Química

Orientador: Prof. Dr. Wesley Renato Viali

Rio Verde – GO
Março, 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

MM386m Martins, Alexandre Antônio José
MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO E QUALIDADE: A TRÍADE PARA O
INSIGHT DO PROCESSO DE EXTRUSÃO DE PLÁSTICOS
FLEXÍVEIS / Alexandre Antônio José Martins;
orientador Prof. Dr. Wesley Renato Viali. -- Rio
Verde, 2024.
67 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Engenharia
Química) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio
Verde, 2024.

1. Extrusão. 2. Indicadores. 3. Plástico. 4.
Processo. I. Renato Viali, Prof. Dr. Wesley, orient.
II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 21/2024 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos dez dias do mês de abril de 2024, às 14 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Prof. Dr. Wesley Renato Viali, Prof^a. Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali e Prof. Dr. Rogério Favareto, para examinar o Trabalho de Curso intitulado "MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO E QUALIDADE: A TRÍADE PARA O INSIGHT DO PROCESSO DE EXTRUSÃO DE PLÁSTICOS FLEXÍVEIS" do estudante CAlexandre Antônio José Martins, Matrícula nº 2020102203540163 do Curso de Bacharelado em Engenharia Química do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Wesley Renato Viali
Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali
Membro

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Rogério Favareto
Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Rogerio Favareto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/04/2024 16:22:53.
- Eloiza da Silva Nunes Viali, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/04/2024 16:19:37.
- Wesley Renato Viali, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/04/2024 16:17:33.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/04/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 591789

Código de Autenticação: 003413c923



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /


O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 **ALEXANDRE ANTONIO JOSE MARTINS**
Data: 22/04/2024 16:45:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Local

/ /
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 **WESLEY RENATO VIALI**
Data: 22/04/2024 17:09:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DEDICATÓRIA

A princípio, venho dedicar este trabalho a todos aqueles que estiveram ao meu lado durante esta jornada acadêmica. À minha família: Adriano, Amarildo e Dulce, pelo amor incondicional, apoio e compreensão em todos os momentos, principalmente, nesses últimos momentos pela forte conexão. Aos meus amigos, pela paciência, incentivo e momentos de descontração que tornaram essa caminhada mais leve, em especial: Bianca, Lukas, Natally e Nathália que sempre esteve comigo. Aos professores e orientadores, pela orientação, ensinamentos e inspiração ao longo deste percurso. E, por fim, a todos da empresa júnior Quality Consultoria, na gestão de 2023, essa equipe me inspirou a cada dia ser e dar o meu melhor. Cada um de vocês contribuiu de forma única para o meu crescimento pessoal e profissional. Este trabalho é dedicado a vocês, com profunda gratidão e carinho.

Alexandre Antônio José Martins

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, gostaria de expressar minha mais sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram de forma significativa para a realização deste trabalho.

Antes de mais nada, gostaria de agradecer a Deus por tudo que foi vivido durante essa trajetória acadêmica. Além disso, todos os momentos e experiências que a graduação proporciona. Gratidão por esse sonho, de estudar em uma instituição pública, o curso de engenharia química.

Primeiramente, quero agradecer à minha família pelo apoio incondicional ao longo de toda a minha jornada acadêmica. Em especial, ao meu irmão e meus pais que sempre foram meu alicerce. Seu amor, incentivo e compreensão foram fundamentais para que eu pudesse alcançar este momento.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado em cada etapa deste percurso, compartilhando não só os desafios, mas também as alegrias e conquistas. Sua amizade e apoio foram essenciais para manter-me motivado durante os momentos mais difíceis.

Agradeço também aos meus professores e orientadores, que dedicaram seu tempo e conhecimento para me guiar e inspirar ao longo deste trabalho. Suas orientações, feedbacks e insights foram fundamentais para o desenvolvimento deste projeto.

Além disso, gostaria de estender meus agradecimentos a todas as instituições e pessoas que colaboraram de alguma forma com este trabalho, fornecendo recursos, dados ou apoio logístico.

Por fim, dedico um agradecimento especial a todas as pessoas que, de alguma maneira, contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal. Este trabalho é o resultado de um esforço coletivo, e por isso, cada um de vocês tem um lugar especial em minha jornada.

Obrigado a todos por fazerem parte deste sonho tão especial em minha vida.

Alexandre Antônio José Martins

RESUMO

Este trabalho é baseado nas experiências de estágio curricular obrigatório numa indústria de embalagens plásticas flexíveis do aluno Alexandre Antônio José Martins, estudante de bacharelado em engenharia química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano de Rio Verde, Goiás. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é relatar em experiência, com embasamento teórico, a perspectiva de discorrer as atividades desenvolvidas durante estágio supervisionado e identificar a interdisciplinaridade envolvida com o processo de extrusão numa empresa de embalagens no sudoeste do estado de Goiás. Visto que a base para a produção dessas são os filmes de materiais poliméricos. Por vez, destaca-se a problemática nesse estudo, na busca de interpretar qual o impacto das atividades desenvolvidas durante estágio de produção no setor de extrusão. Adjacente a isso, se descreve sobre a abrangente necessidade de identificar as características fundamentais do polietileno para o processo, relatar a diferença entre extrusão plana e tubular, buscar distinguir entre a importância do material coextrudado e extrudado. Além disso, esclarece a contribuição de indicadores para o conhecimento do processo sobre a tríade: qualidade, manutenção e produção, bem como, a influência de paradigmas de produção industrial com o processo de extrusão contínuo. Em suma, a metodologia desse trabalho reuni pesquisa de finalidade básica estratégica, objetivo descritivo e exploratório com abordagem qualitativa, mas também realizada com procedimentos bibliográfico. Por fim, justifica-se o estudo em aprofundar o conhecimento sobre extrusão, especificamente em indicadores de produção, na qual é fundamental para aqueles envolvidos no processo e em gerência industrial.

Palavra-chave: extrusão, indicadores, plástico, processo.

ABSTRACTION

This work is based on the experiences of a mandatory curricular internship in a flexible plastic packaging industry of the student Alexandre Antônio José Martins, a bachelor's student in chemical engineering at the Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano in Rio Verde, Goiás. Therefore, the objective of this work is to report in experience, with a theoretical basis, the perspective of discussing the activities developed during a supervised internship and identifying the interdisciplinarity involved with the extrusion process in a packaging company in the southwest of the state of Goiás. Since the basis for the production of these are films made of polymeric materials. At the same time, the problem in this study stands out, in the attempt to interpret the impact of the activities carried out during the production stage in the extrusion sector. Adjacent to this, it describes the comprehensive need to identify the fundamental characteristics of polyethylene for the process, report the difference between flat and tubular extrusion, seek to distinguish between the importance of co-extruded and extruded material. Furthermore, it clarifies the contribution of indicators to process knowledge regarding the triad: quality, maintenance and production, as well as the influence of industrial production paradigms with the continuous extrusion process. In short, the methodology of this work brings together research with a basic strategic purpose, descriptive and exploratory objectives with a qualitative approach, but also carried out using bibliographic procedures. Finally, the study is justified in deepening knowledge about extrusion, specifically in production indicators, which is fundamental for those involved in the process and in industrial management.

Keyword: extrusion, indicators, plastic, process.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cadeias de estruturais do PEAD, PEBDL e PEBD	21
Figura 2 - Modelo extrusora plana	28
Figura 3 - Matriz tubular	30
Figura 4 - Cilindro de extrusora tubular	31
Figura 5 - Troca de tela.....	31
Figura 6 - Anel de ar.....	32
Figura 7 - Torre de extrusora.....	33
Figura 8 - Saia de extrusora.....	33
Figura 9 - Rolos e puxadores.....	34
Figura 10 - Ilustração do processo de descarga corona.....	35
Figura 11 - Pinças e estação de tratamento corona.....	36
Figura 12 – Bobinadeira	36
Figura 13 - Diagrama de uma extrusora tubular.....	37
Figura 14 - Fluxograma de processo produtivo.....	39
Figura 15 - Horímetro analógico	46
Figura 16 - Relatório horímetro - abril 2022	46
Figura 17 - Relatório de Saldos e Limites de produção	47
Figura 18 - % de fase final Extrusão	48
Figura 19 - Indicador OEE	49
Figura 20 - Apares Varex - Geral	51
Figura 21 - Aparas Varex sem margem.....	52
Figura 22 - Aparas Varex com margem	53
Figura 23 - Acompanhamento de anomalias	55
Figura 24 - Acompanhamento Manutenção	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões de extrusoras e coextrusoras	42
Tabela 2 - Atividades desenvolvidas	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRE	Associação Brasileira de Embalagens
BPF	Boas Práticas de Fabricação
IFS	<i>International Featured Standards</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OP	Ordem de Produção
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PCP	Planejamento e Controle de Produção
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Adjust</i>
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PEBDL	Polietileno de Baixa Densidade Linear
SAP	<i>Systemanalysis Programmentwicklung</i>
TC	Trabalho de Curso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	Polietileno	18
2.1.1	Analisar as características químicas de polietilenos	18
2.2	Produção Industrial	22
2.3	Modelo de Paradigmas de Organização.....	23
2.4	Indicadores	25
2.5	Extrusão	26
2.6	Extrusão Plana	27
2.7	Processo de Extrusão Tubular.....	28
2.7.1	Componentes de uma extrusora tubular.....	29
2.7.2	Componentes complementares	32
2.8	Controle de Processo.....	36
2.9	Coextrusão	37
3	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO	38
3.1	Fluxograma de Produção Industrial	38
3.2	Estrutura Organizacional do Processo de Extrusão	41
3.3	Procedimento Operacional.....	42
3.4	Atividades Desenvolvidas.....	44
3.4.1	Acompanhamento de produção.....	44
3.4.1.1	Relatório de produção	45
3.4.1.2	Inventário	45
3.4.1.3	Horímetro	45
3.4.1.4	Saldos, limites de produção e % da próxima fase.....	46
3.4.1.5	OEE.....	48
3.4.1.6	Indicadores para gerência.....	49
3.4.1.7	Aparas da Varex.....	50
3.4.2	Acompanhamento de qualidade	54
3.4.2.1	Auditor 5'S e BPF.....	54
3.4.2.2	Controle de anomalias internas e externas.....	54
3.4.2.3	Controle de checklists	55
3.4.2.4	Treinamentos de qualidade e procedimentos	56
3.4.2.5	Elaboração e revisão de procedimentos	56

3.4.2.6	Acompanhamento de auditorias externas	57
3.4.3	Acompanhamento de manutenção	58
3.4.3.1	Acompanhamento de indicadores de manutenção	58
3.4.3.2	Solicitação de correções preventiva.....	58
3.4.3.3	Solicitação de ações corretivas para máquinas	59
3.4.3.4	Inspeção das ações corretivas	59
3.4.4	<i>Insights</i> de produção	59
3.4.5	<i>Insights</i> de qualidade.....	60
3.4.6	<i>Insights</i> de manutenção	61
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	64

1 INTRODUÇÃO

Há aproximadamente um século, Alfred Nobel, inventor da dinamite, descobriu que ao combinar os princípios da engenharia com as teorias da química, seria possível gerar avanços recentes na área do conhecimento humano (Scheffer, 1997).

Desse modo, nesse presente trabalho será apresentado o avanço de indicadores para o controle do processo de extrusão tubular, com foco em manutenção, produção e qualidade: a tríade para o *insight* do processo de extrusão de plásticos flexíveis.

Atualmente, as embalagens alcançaram um reconhecimento significativo por parte de todos, não apenas devido aos serviços que fornecem, mas também pela proximidade que estabelecemos com elas, graças à sua presença constante e sua utilidade prática (Dantas, 2007).

Em virtude disso, entra em cena a embalagem como principal ponto de contato do produto/marca com o consumidor, no ambiente do varejo, criando uma narrativa envolvente e consistente. Logo, o objetivo fundamental das embalagens é proteger contra contaminantes e aumentar a vida útil do alimento (ABRE, 2019; Stewart, 2009).

Acerca disso, o objetivo deste trabalho é relatar em experiência, com embasamento teórico, a perspectiva de descrever as atividades desenvolvidas durante estágio supervisionado e identificar a interdisciplinaridade envolvida com o processo de extrusão numa empresa de embalagens plásticas flexíveis no sudoeste do estado de Goiás.

Vale-se ressaltar que nesse presente relatório o autômato principal de processamento será a extrusora. Visto que a base para a produção das embalagens flexíveis são os filmes de materiais poliméricos. Por vez, destaca-se a problemática desse estudo, em interpretar qual o impacto das atividades desenvolvidas durante estágio de produção no setor de extrusão numa indústria de embalagens plásticas flexíveis.

Com base nisso, o estudo terá como objetivos específicos: identificar as características fundamentais do polietileno para o processo, relatar a diferença entre extrusão plana e tubular, buscar distinguir entre a importância do material coextrudado e extrudado. Além disso, interpretar a contribuição de indicadores para o conhecimento do processo sobre a tríade, bem como, a influência de paradigmas de produção industrial com o processo de extrusão contínuo.

Todavia, a metodologia desse trabalho reuni pesquisa de finalidade básica estratégica, objetivo descritivo e exploratório com abordagem qualitativa, mas também realizada com procedimentos bibliográfico e relato de experiência. A pesquisa partiu da observação e compreensão da dinâmica da linha de produção, identificação de problemas e formulação de soluções.

Baseado na ideia de "gestão científica", o taylorismo busca maximizar a eficiência e a produtividade por meio da padronização de tarefas, divisão do trabalho e uso de métodos rigorosos de controle e supervisão. Na indústria, isso se traduz em processos de produção altamente especializados, com trabalhadores realizando tarefas específicas em uma linha de montagem, visando reduzir o tempo e o desperdício (Martins, 2017).

Nesse ínterim, justifica-se o estudo em aprofundar o conhecimento sobre extrusão, especificamente em indicadores de produção, na qual é fundamental para aqueles envolvidos no processo e em gerência industrial. O estudo da extrusão abre caminho para a inovação e o desenvolvimento de novos produtos (Moore, 2009).

A extrusão é um processo contínuo e de alta velocidade, o que a torna altamente eficiente em termos de produção em larga escala. Além disso, estudar a extrusão ajuda a otimizar os parâmetros do processo para maximizar a eficiência, reduzir os custos de produção e aumentar a produtividade (Twede; Goddard, 2009).

Soma-se a isso, que o conhecimento da extrusão é essencial para garantir a qualidade dos produtos fabricados. Compreender os fatores que afetam a qualidade durante o processo de extrusão permite a identificação e correção de problemas, garantindo que os produtos atendam aos padrões de qualidade e especificações exigidos. (Dantas, 2007).

Estruturação do Trabalho

O trabalho está estruturado em 5 capítulos descritivos da seguinte forma:

O capítulo 1 apresenta a introdução desse trabalho, que compreende a definição do relato, o problema, a origem, a importância, os objetivos e a justificativa do presente estudo.

Já o capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica acerca do estudo de polímeros termoplásticos, especificamente, o polietileno. Compreendido assim, avança para

definição de produção industrial e abordando sobre diferentes paradigmas dessas organizações. Por conseguinte, é apresentado a importância de indicadores como monitoramento e discorre sobre o processo de extrusão plana, tubular e componentes complementares. Por fim, aborda variáveis do processo de extrusão e coextrusão.

No capítulo 3 é dividido em características industriais da empresa em questão, como: rotina de trabalho, estrutura organizacional do processo e procedimento operacional da extrusão. Logo, em seguida, é descrito as atividades realizadas no estágio dividido em produção, qualidade e manutenção. E, por fim, apresentado a discussão crítica da tríade.

Em subsequência, no capítulo 4 é feito as considerações finais acerca do estágio supervisionado em relação ao conteúdo teórico aplicado ao curso de engenharia química do Instituto Federal Goiano. Atribui-se a isso, também, a conclusão dos objetivos específicos apresentados na introdução.

Portanto, ao fim desse trabalho, é apresentado às referências bibliográficas estudadas para elaboração desse presente relatório de estágio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Polietileno

Para que sejam abordados os aspectos aos quais esse estudo se propõe, se faz necessário, primeiramente, realizar uma pesquisa acerca das características químicas do polietileno. Bem como sua constituição física, origem de produção, e comportamento. Vale-se ressaltar que esse termoplástico é fundamental para as embalagens plásticas flexíveis.

2.1.1 Analisar as características químicas de polietilenos

Atualmente, o polietileno destaca-se como um dos materiais mais amplamente utilizados mundialmente, experimentando um notável aumento em sua aplicação desde o período pós-Segunda Guerra Mundial (Araujo et. al., 2019).

Sobretudo, a matéria-prima do polietileno, parte do petróleo que é uma mistura de compostos orgânicos, predominantemente hidrocarbonetos. Haja visto que nas refinarias, o óleo cru passa por um processo de destilação fracionada, resultando em diversas frações,

como gás liquefeito, nafta, gasolina, querosene, óleo diesel, graxas parafínicas, óleos lubrificantes e piche (Piatti, 2005).

Analogamente, a nafta é a fração do petróleo da qual os monômeros são derivados. Tanto que ao ser submetida a um processo de craqueamento térmico (aquecimento na presença de catalisadores), a nafta origina diversas substâncias, incluindo etileno, propileno, butadieno, buteno e isobutileno, que são conhecidos como petroquímicos básicos (Anyadike, 2009).

Esses, por sua vez, passam por processos de transformação, originando os petroquímicos de maior refinamento, como polietileno, polipropileno, policloreto de vinila, entre outros. Em etapas subsequentes, os petroquímicos mais refinados são sujeitos a modificações químicas ou convertidos em produtos de consumo final (Leonel, 2020).

Logo, segundo Mano e Mendes (1999), o polietileno é uma resina caracterizada por sua flexibilidade e classificada como um termoplástico, na qual exibe um formato de pellets. Tal qual, a sua presença é universal em nossa vida cotidiana, sendo empregado em uma diversidade de produtos que vão desde embalagens de alimentos até brinquedos (Coles, 2009).

Sob o mesmo ponto de vista, o polietileno é um polímero da família olefinas formadas pela polimerização do monômero eteno, através do processo de obtenção de destilados do petróleo. Sua estrutura química consiste em cadeias de hidrocarbonetos, formadas por unidades repetitivas de etileno.

O polietileno é amplamente empregado devido à sua estrutura molecular e propriedades distintivas. A diferenciação entre os principais tipos de polietileno reside na existência de ramificações na cadeia polimérica, as quais podem originar-se por diversos mecanismos (Coutinho; Mello; Maria, 2003).

Além disso, a seleção do catalisador é um aspecto crucial, pois permite controlar a quantidade de comonômeros incorporados na cadeia polimérica, bem como o tipo e a distribuição de ramificações. Essas características têm um impacto direto na densidade, cristalinidade, propriedades e, conseqüentemente, nas aplicações dos polímeros (Coutinho; Mello; Maria, 2003).

O polietileno é um polímero amplamente utilizado com comportamento termodinâmico estável. Suas propriedades térmicas são influenciadas pela densidade, cristalinidade e ramificações moleculares, assim, afetando sua resistência, flexibilidade e ponto de fusão.

Em virtude de compreender as propriedades termodinâmicas e, especialmente, sua variação com a temperatura, o controle dessa é fundamental para otimizar a eficiência na produção, assegurar a qualidade e aprimorar o desempenho dos produtos (Lima, 2006).

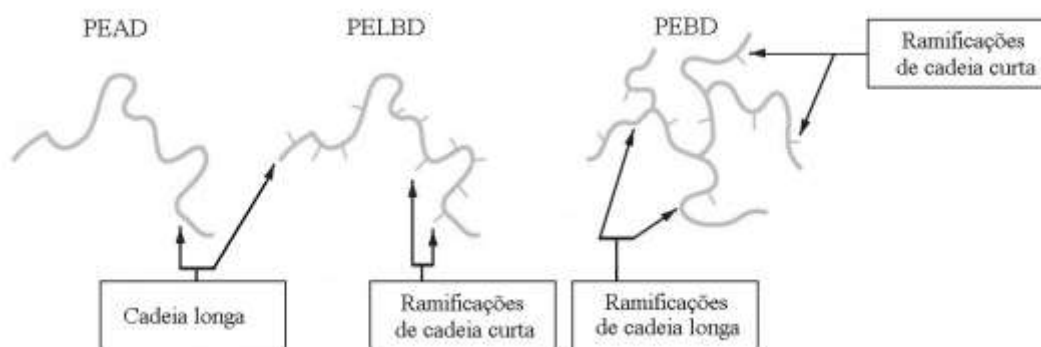
Uma vez que, o polietileno é produzido por um processo de polimerização, onde moléculas de etileno são combinadas para formar longas cadeias poliméricas. Este processo é frequentemente conduzido por catalisadores específicos, como Ziegler-Natta ou metallocenos (Mano; Mendes, 1999).

Evidentemente, o controle das condições de reação é essencial para determinar as propriedades finais do polietileno, influenciando sua densidade, ramificação molecular e aplicações.

[...] obtido através da polimerização do etileno, e dependendo das condições em que o processo é realizado, podem-se obter macromoléculas muito grandes, que formam um sólido compacto com alta resistência chamado PEAD, polietileno de alta densidade, muito usado na fabricação de canetas, brinquedos, móveis de jardim etc., ou o PEBD, polietileno de baixa densidade, formado por macromoléculas menores produzindo um material mais flexível, muito usado na fabricação de sacolas e sacos (Piatti, 2005, p. 31).

Aliás, acerca do conhecimento apresentado, vale-se voltar olhares para a formação estrutural dos polietilenos mais usuais, em que são: Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) e Polietileno de Baixa Densidade Linear (PEBDL). Em que, na figura 1 é apresentado as estruturas de suas cadeias moleculares:

Figura 1 - Cadeias de estruturais do PEAD, PEBDL e PEBD



Fonte: (Milani, 2010)

Contudo, a síntese do Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) é um processo de polimerização que é realizado em condições de baixa pressão, utilizando catalisador específico, como o do tipo metallocenos.

Durante esse processo, em baixa pressão, as cadeias poliméricas começam a se formar, apresentando ramificações que conferem ao polímero propriedades notáveis. Tais como, a flexibilidade e a resistência ao impacto, fazendo jus às características do catalisador utilizado (Anyadike, 2009; Mano; Mendes, 1999; Coles, 2010; Coutinho; Mello; Maria, 2003).

O PEBDL é produzido através de um processo de polimerização em fase gasosa ou em solução, resultando em uma resina termoplástica versátil e amplamente utilizada. Geralmente, o processo é por copolimerização de eteno com α -olefinas produzidas *in-situ*. Suas propriedades incluem alta resistência à tração, boa resistência química, flexibilidade, transparência e boa capacidade de processamento (Milani, 2010).

A maior resistência ao cisalhamento e a maior suscetibilidade à fratura do fundido tornam o processamento do PEBDL mais desafiador em comparação com o PEBD. No entanto, as excelentes propriedades mecânicas dos filmes de PEBDL, boa resistência a tração, resistência ao rasgamento, maior tensão de ruptura e alongamento a ruptura, juntamente com suas boas características ópticas, justificam os esforços para superar as dificuldades encontradas durante o processamento deste polímero (Anyadike, 2009; Mano; Mendes, 1999; Coles, 2010; Coutinho; Mello; Maria, 2003).

Em comparação com o PEAD, o PEBDL demonstra níveis inferiores de resistência à tração e dureza à medida que o teor de ramificações aumenta, porém exibe

maior resistência ao impacto e ao rasgamento. Dessa forma, esse polímero é muito utilizado em composição para formação de blendas, em que são misturas de dois ou mais polímeros diferentes para criar um novo material com propriedades combinadas (Milani, 2010; Anyadike, 2009; Mano; Mendes, 1999; Coles, 2010; Coutinho; Mello; Maria, 2003).

Embora a síntese do Polietileno de Alta Densidade (PEAD) é geralmente realizada por meio do processo de polimerização de alta pressão, nesse método, utiliza-se um catalisador Ziegler-Natta, comumente à base de compostos de titânio e alumínio.

Durante a polimerização, o etileno é submetido a altas pressões e temperaturas, resultando na formação de cadeias lineares de polietileno com alta densidade. A formação molecular do PEAD confere propriedades como rigidez, resistência e durabilidade (Endres, 2004).

A diferença principal entre os catalisadores reside na natureza e no funcionamento do processo de polimerização. Enquanto, os metallocenos são baseados em compostos de zircônio ou titânio, promovendo a polimerização em condições de baixa pressão. Entretanto, já os Ziegler-Natta são compostos de metal como titânio e alumínio que atuam em condições de alta pressão, assim permitindo maior controle sobre a estrutura molecular do polímero (Wolf, 2004).

Em resumo, ambos os processos, apesar de diferentes em pressão e catalisadores, resultam na formação de polímeros de polietileno, mas com diferentes propriedades físicas devido às condições distintas de polimerização. O PEBD tende a ter cadeias mais ramificadas, enquanto o PEAD possui cadeias mais lineares e, conseqüentemente, maior densidade.

2.2 Produção Industrial

Para Paranhos (2012, p. 11) “A produção é a base do sistema econômico de uma nação”. Enquanto isso, Karl Marx, um filósofo, economista e sociólogo do século XIX, tinha uma perspectiva específica sobre a produção que era central para sua teoria econômica e social. Sua análise da produção está profundamente vinculada ao materialismo histórico e à crítica ao sistema capitalista.

Em primeiro lugar, a produção industrial refere-se ao processo de fabricação em grande escala de bens tangíveis por meio da utilização de máquinas, tecnologia e mão de obra especializada em ambientes fabris. Sobre tudo, esse processo envolve a transformação de matérias-primas e componentes em produtos finais, prontos para serem distribuídos e comercializados (Wood, 1992).

Analogamente, a produção é a base do sistema econômico de uma nação. Soma-se a isso, o termo país desenvolvido ser sinônimo de país industrializado. Ou seja, estes apresentam uma renda per capita maior, sendo capaz de oferecer benefícios de qualidade e excelência a sua população (Paranhos, 2012).

Desse modo, o processo de produção de embalagens flexíveis não foge dessa concepção. Em que a maneira de embalar por segurança visa a qualidade, na qual gera valor ao produto. Logo, durante o processo é necessário transformar a matéria prima em produto final. Quer dizer que ocorre a introdução da resina ao processo de extrusão/coextrusão, dependente da finalidade da embalagem, o processo pode percorrer fases como: laminação, impressão, corte e solda (Piva, 2014).

2.3 Modelo de Paradigmas de Organização

Nota-se que o taylorismo, fordismo e toyotismo representam diversos paradigmas na organização da produção industrial. Esses sistemas representam diferentes abordagens para enfrentar desafios na produção industrial, cada um com suas características específicas e impactos na organização do trabalho e na economia (Martins, 2017).

Assim como o taylorismo, desenvolvido por Frederick Taylor, enfatiza a especialização do trabalho e a fragmentação das tarefas para aumentar a eficiência, através da aplicação de métodos científicos. Nessas condições, para Taylor a garantia da eficiência era papel fundamental da gerência. Assim, criava-se métodos padronizados de execução que deveriam otimizar a relação entre tempo e movimento (Martins, 2017).

Outrossim, o fordismo, introduzido por Henry Ford, destaca-se pela produção em massa, utilizando a linha de montagem e a padronização dos processos, visando maximizar a produtividade e reduzir custos.

Por exemplo, para Ford (2012, p. 87): “[...]O espírito de competição leva para a frente o homem dotado de qualidades[...]”, onde ele acreditava que a concorrência entre

empresas levava à melhoria contínua dos produtos e processos, beneficiando tanto os consumidores quanto as próprias empresas.

Na perspectiva de Ford, o homem "dotado de qualidades" seria aquele que possui habilidades, conhecimentos e iniciativa para competir de forma eficaz no mercado. Ele valorizava a ideia de que a competição motivava as pessoas a se esforçarem mais, a serem mais criativas e a superarem desafios.

Portanto, no entendimento de Ford, essa frase sugere que a competição é um impulso para o progresso e o sucesso, especialmente para aqueles indivíduos que têm talento e habilidades para se destacar nesse ambiente competitivo.

Entretanto, para Martins (2017), o toyotismo, criado pela Toyota, privilegia a flexibilidade, a qualidade e a redução de desperdícios, com o Just-in-Time e o sistema de Kanban, promovendo a participação dos trabalhadores na busca pela melhoria contínua e na adaptação às demandas do mercado.

Que dizer que o controle do tempo tem sido uma preocupação central desde os primórdios do taylorismo, permeando diversas abordagens de gestão da produção ao longo do tempo. No fordismo, a introdução da esteira rolante visava, em parte, controlar o ritmo de trabalho, apesar de também gerar períodos de inatividade (Batista, 2008).

Essa estratégia representava, ainda que de forma rudimentar, uma forma de domínio sobre o tempo de trabalho. No toyotismo, essa necessidade de controle se reflete no conceito de just-in-time e em uma organização do trabalho voltada para uma produção contínua e eficiente. Logo, essa preocupação original do taylorismo com o tempo ainda é evidente nos métodos de gestão contemporâneos (Ribeiro, 2015).

O modelo de produção e gerenciamento do trabalho conhecido como toyotismo pode parecer uma melhoria em relação à rigidez característica do sistema taylorista-fordista. No entanto, essa aparente melhoria não se traduz necessariamente em benefícios para os trabalhadores.

Pelo contrário, ela favorece principalmente o capital. Isso ocorre porque, embora o sistema Toyota de produção tenha refinado algumas técnicas já utilizadas por Ford e Taylor, ele também intensificou o trabalho e ampliou as formas de exploração da força

de trabalho ao sistematizar estratégias de apropriação da subjetividade dos trabalhadores (Ribeiro, 2015).

2.4 Indicadores

Uma boa gestão requer um conjunto de indicadores representativos do desempenho da fábrica e das operações. É crucial para os gestores das unidades industriais, de transportes, marketing e outras empresas maximizar a operacionalidade e o desempenho dos equipamentos em termos de eficiência e qualidade. Isso deve ser um objetivo constante para garantir a produção eficaz e a entrega de resultados consistentes (Busso, 2013).

Dentro desse contexto, várias abordagens são utilizadas para medir o desempenho dos equipamentos. Assim como, o indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) é amplamente reconhecido por muitos autores e organizações em todo o mundo como o melhor meio de avaliar a eficácia dos equipamentos durante sua operação (Yuniawan, et al., 2013).

É evidente que ter um conjunto abrangente de indicadores que representem e descrevam todo o processo resulta em melhor desempenho e oferece uma vantagem competitiva à empresa. Isso facilita a tomada de decisões, pois todas as informações relevantes estão centralizadas e visualmente acessíveis. Além disso, simplifica o acompanhamento das informações gerenciais ao longo do tempo pela criação e elaboração de dashboards (Cerqueira, 2021).

Logo, soma-se a isso, mecanismos que contribuem para o monitoramento dos resultados, como o estudo de conceitos renomados e comprovadamente eficazes da produção enxuta, como Kaizen, Kanban, JIT, e ferramentas da qualidade. Complementa-se ainda com brainstorming, 5W2H, diagrama de Ishikawa, PDCA, lead time, set-ups, lot sizes e KPIs (Key Performance Indicator) (Busso, 2013)..

Visto isso, também é essencial examinar as diferentes áreas que compõem o setor de manufatura da empresa, incluindo vendas, planejamento (SCM/PCP), engenharia, compras, materiais, produção, qualidade e logística, para compreender a extensão do problema relacionado ao aumento do KPI (Basto, 2020).

A importância do controle contínuo dos KPIs dos setores é fundamental, pois a melhoria desses índices contribui diretamente para o resultado final: a entrega do produto ao cliente final com máxima qualidade e no prazo correto. Novamente, ressalta-se a importância da comunicação entre os colaboradores do setor e suas interfaces para garantir união e comprometimento na busca pela melhoria dos índices da instituição (Basto, 2020).

Como anteriormente citado, o Overall Equipment Effectiveness (OEE) é um indicador de visão amplamente reconhecido e utilizado para medir a eficiência global dos equipamentos durante sua operação. Ele oferece uma abrangente do desempenho, levando em consideração aspectos como disponibilidade, desempenho e qualidade (Da Silva, 2021).

Com isso, de acordo com a equação 1, o cálculo do OEE é dado pela multiplicação dos fatores, conforme apresentado abaixo:

Equação 1 - Cálculo OEE

$$OEE = D * E * Q$$

Onde;

- D - Disponibilidade do equipamento para produzir
- E - Eficiência demonstrada durante a produção
- Q - Qualidade do produto obtido

O OEE é valioso para identificar oportunidades de melhoria e maximizar a utilização dos recursos, contribuindo para a otimização dos processos e o aumento da produtividade nas organizações (Gibbons; Burgess, 2010).

2.5 Extrusão

A extrusão é um processo mais comum de transformação de termoplásticos. O processo requer a utilização de um equipamento denominado extrusora que é constituído de um cilindro aquecido, dentro do qual gira uma rosca. Logo, este conjunto assegura a plasticização do material (Castro, 2003; Santos, 2014; Twede; Goddard, 2009).

No entanto, esse processo se distingue em extrusão tubular e plana. Pela própria nomenclatura, nota-se a principal diferença, em que persiste no formato geométrico da

matriz, e sua orientação do filme. Considerando somente o processamento, a diferença básica é que na primeira utiliza uma matriz circular e, em contrapartida, na segunda utiliza uma matriz plana (Piva, 2014).

Por sua vez, as extrusoras devem atender a requisitos específicos, como alta e constante produtividade ao longo do tempo, manutenção de uma temperatura adequada e uniforme em todos os pontos, garantindo consistência ao longo do processo. Além disso, é essencial promover a homogeneização da massa fundida e assegurar a qualidade do produto final ao longo da produção (Cantor, 2006).

2.6 Extrusão Plana

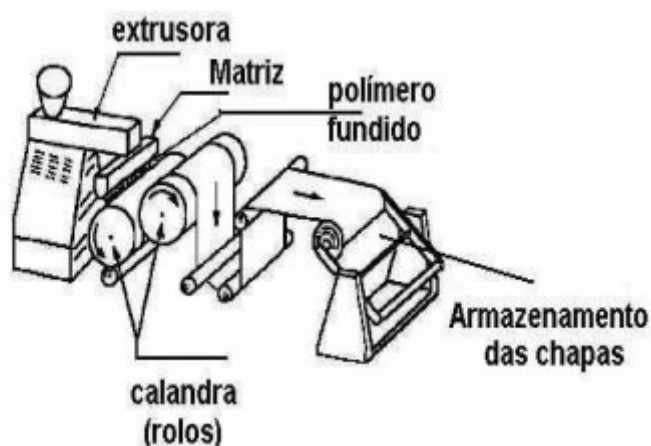
Assim sendo, no processo de extrusão plana para filmes poliméricos, os polímeros são forçados através de uma matriz extensa e plana, com abertura ajustável. Então, o filme resultante é continuamente esticado por rolos de tração. Esse método proporciona a produção eficiente de filmes plásticos de superfície plana (Santos, 2014; Anyadike, 2009, Castro; Pouzada, 2003).

Por conseguinte, após passar pelos rolos de tração, o filme polimérico é resfriado por imersão em tanques de água e em contato com rolos metálicos internamente refrigerados. Posteriormente, o plástico é enrolado em um cilindro para finalização do processo (Santos, 2014).

É importante destacar que o filme produzido pela extrusão através de uma matriz plana é conhecido como lâmina ou chapa. Isso se deve ao fato de que o plástico é resfriado em um filamento liso e contínuo. Por outro lado, o processo conduzido pelo autômato é em regime transiente.

Uma vantagem da extrusora plana em comparação com a extrusora tubular é a melhor destruição de massa, ou seja, melhora adequação na espessura do filme e seu controle de vazão/dosagem (Anyadike, 2009, Castro; Pouzada 2003). Na figura 3, é apresentado um diagrama conforme seus componentes de formação:

Figura 2 - Modelo extrusora plana



Fonte: Santos (2014)

Entretanto, o processo de produção de filmes tubulares oferece vantagens devido à sua capacidade de produção ampliada. Isso se deve ao fato de que é possível fabricar filmes com larguras significativamente maiores em comparação com o processo de matriz plana, permitindo a produção de filmes com mais do triplo da largura (Ferreira, 2019).

2.7 Processo de Extrusão Tubular

Resumidamente, no processo de extrusão tubular, o material polimérico é aquecido por resistências elétricas até fundir. A massa derretida é então direcionada através de uma matriz circular, formando um balão. Conforme o material emerge da matriz, ele é esticado na direção axial, resultando em uma expansão semelhante a um balão (Piva, 2014; Ferreira, 2019; Anyadike, 2009, Castro; Pouzada, 2003).

No processo de alimentação da máquina, as resinas são transportadas para o funil por meio de sugadores automáticos. Em seguida, são conduzidas para o barril da extrusora, onde são aquecidas e fundidas pela ação combinada do calor e da rotação da rosca. Posteriormente, o plástico é forçado através do orifício da matriz circular (Vasconcelos, 2008).

Esquemáticamente, o processo de processamento segue uma sequência básica de eventos. Primeiramente, há a plasticização da matéria-prima granulada, seguida pela dosagem do produto plastificado através de uma matriz. Em seguida, ocorre a solidificação na forma ou tamanho desejado, e por fim, o produto é embobinado ou cortado em unidades individuais (Castro; Pouzada, 2003).

No que diz respeito a este procedimento, os dois primeiros pontos ocorrem dentro da extrusora, enquanto os próximos acontecem em processos auxiliares. No processo de extrusão, as resinas introduzidas fluem ao longo do canhão, recebendo calor e fundindo-se pela ação do contato com as paredes aquecidas e do calor gerado pelo atrito no material viscoso. Por fim, a função final da rosca é extrair essa massa derretida através da matriz (Vasconcelos, 2008; Ferreira, 2019, Castro; Pouzada 2003; Twede; Goddard, 2009).

Em destaque, a rosca desempenha um papel central no processo de extrusão, fornecendo uma ação contínua durante o processamento das resinas. Ela é composta por três zonas distintas: alimentação, compressão e dosagem (Castro; Pouzada, 2003).

Conforme discutido anteriormente, na zona de alimentação ocorre o transporte da resina do funil até a zona de compressão. Na zona de compressão, o polímero é transformado em resina fundida devido à pressão exercida pelo termoplástico entre o filete e o cilindro, além do aquecimento proporcionado pelas resistências do equipamento (Ferreira, 2019; Twede; Goddard, 2009; Anyadike, 2009; Mano; Mendes, 1999).

Por último, a zona de dosagem é a seção final da rosca encarregada de dosar o polímero fundido através da matriz em uma taxa constante e de reduzir as pulsações. Essa parte final da rosca é crucial para equilibrar o fluxo ao descarregar a resina fundida na matriz (Ferreira, 2019; Twede; Goddard, 2009; Anyadike, 2009; Mano; Mendes, 1999; Coles, 2009).

2.7.1 Componentes de uma extrusora tubular

Dentro do contexto dos componentes de uma extrusora, os elementos principais que merecem destaque são o motor, o cilindro, a rosca, as telas e a matriz. Como mencionado anteriormente, a matriz ou cabeçote é responsável por distribuir o fluxo de massa, visando obter um filme liso e uniforme. A Figura 4 apresenta a matriz tubular de uma extrusora em diferentes ângulos.

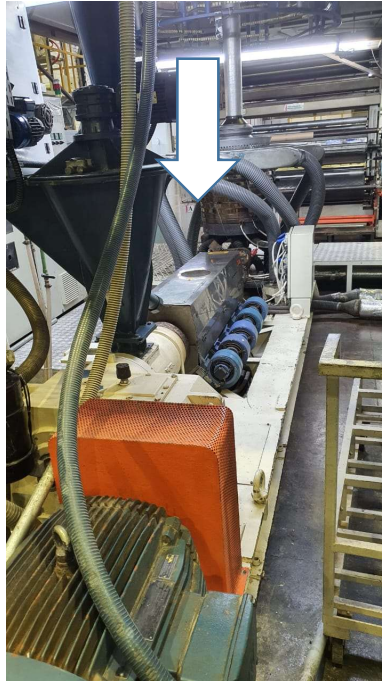
Figura 3 - Matriz tubular



Fonte: Próprio autor

Além disso, é crucial ressaltar a importância do motor, responsável por gerar a energia mecânica necessária para acionar a rosca. Em seguida, o cilindro desempenha o papel de envolver a rosca na zona de aquecimento. Por fim, a rosca é responsável pelo transporte das resinas desde o processo de alimentação até a expulsão da massa fundida (Ferreira, 2019; Santos, 2014; Anyadike, 2009). A Figura 05 apresenta o canhão de uma extrusora.

Figura 4 - Cilindro de extrusora tubular



Fonte: Próprio autor

E, por fim, o filtro que é o conjunto de telas resistentes ao calor e a pressão tem três funções básicas e importantes, evitam a passagem de sedimentos e sujeiras, alteram o fluxo do polímero minimizando a pulsação da descarga do canhão e aumenta a contrapressão melhorando o processamento da matéria-prima (Santos, 2014). A Figura 6 ilustra as etapas de uma troca de tela.

Figura 5 - Troca de tela

A - O operador retirando o compartimento de telas;

B - Visualização do orifício das telas; C - Alocação da nova tela.



Fonte: Próprio autor

2.7.2 Componentes complementares

Um dos equipamentos fundamentais para garantir a continuidade no processo de extrusão é o anel de ar, responsável pela estabilidade do balão e pelo resfriamento do plástico expelido da matriz. Além disso, é importante destacar a influência desse ar nas propriedades do filme, incluindo o alinhamento da espessura e a formação da linha de névoa (Soares, 2012). A Figura 7 mostra a estrutura do anel de ar.

Figura 6 - Anel de ar



Fonte: Próprio autor

Outro elemento essencial para o percurso do filme é a torre, uma estrutura metálica posicionada horizontalmente em relação à matriz, na qual são montados equipamentos importantes para o processamento do material. Nessa configuração, a saia, os rolos guias e os puxadores desempenham um papel crucial no alinhamento da espessura e no estiramento do filme. É importante notar que o plástico deve chegar aos rolos já resfriado para evitar dobras e problemas no vinco (Ferreira, 2019).

Na figura 8, mostra uma foto de uma extrusora em operação. Dessa forma, é possível verificar a estrutura composta para suspensão do balão.

Figura 7 - Torre de extrusora



Fonte: Próprio autor

Um aspecto interessante no processamento de PEAD é a necessidade de ajustar a altura da torre. Isso é feito para permitir o achatamento do filme enquanto ainda está quente, evitando a formação de dobras e vincos (Soares, 2012).

Em conjunto com a torre, na parte superior da estrutura, encontra-se a saia. A Figura 9 mostra a composição desse equipamento, que auxilia na estabilidade do balão e o direciona para o rolo puxador. Além disso, é importante regular a saia de acordo com o tamanho do balão.

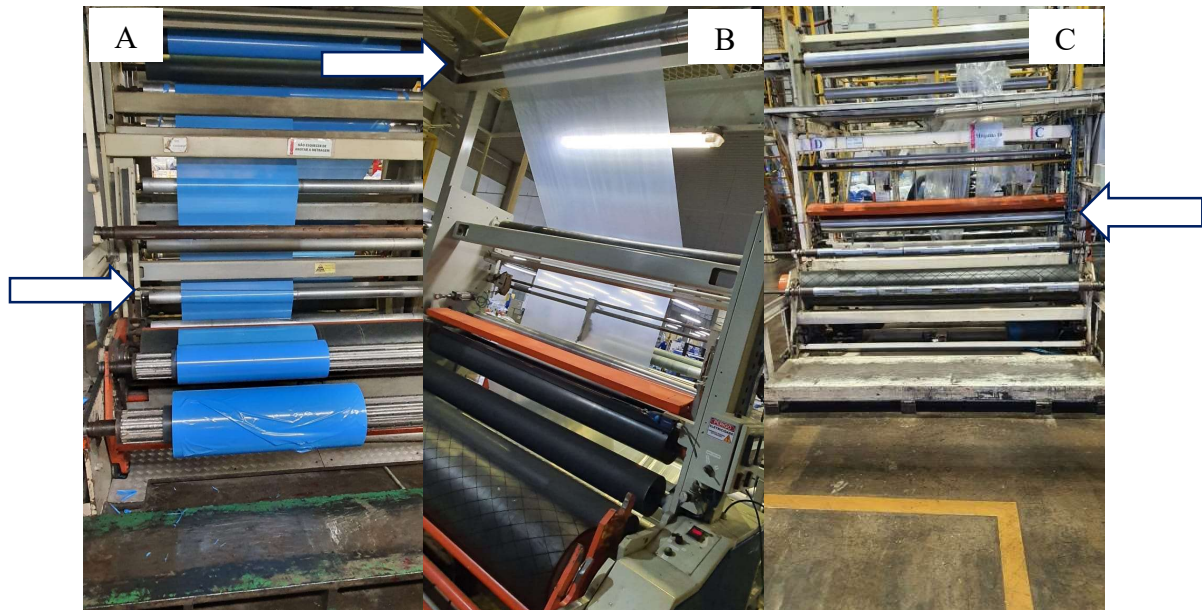
Figura 8 - Saia de extrusora



Fonte: Próprio autor

Em seguida, os rolos e puxadores são responsáveis pela produtividade e pela espessura do filme, ajustando-se de acordo com a velocidade de tração do plástico. A Figura 10 apresenta imagens desse conjunto, onde A e C representam os puxadores, enquanto B é o rolo de alinhamento de espessura.

Figura 9 - Rolos e puxadores



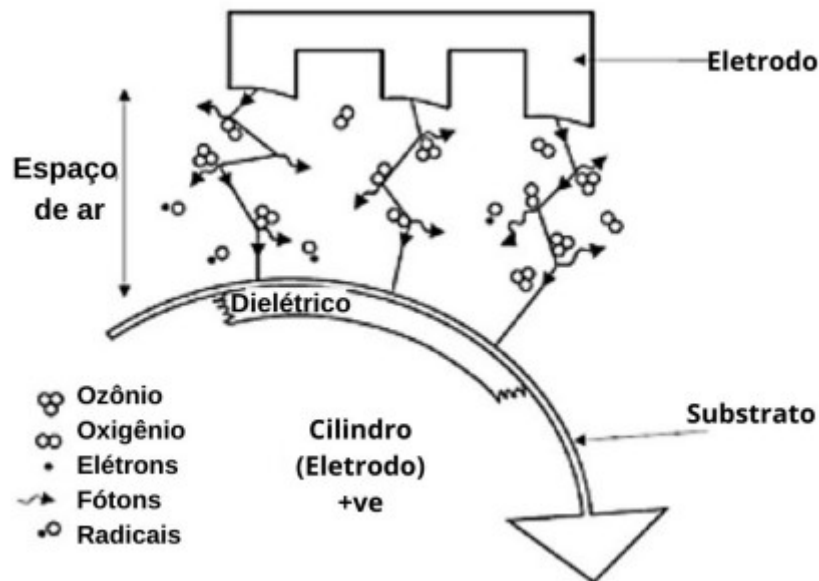
Fonte: Próprio autor

Após a extrusão, para embalagens impressas, o filme é submetido a um tratamento de superfície chamado tratamento corona, que aprimora a adesão de vernizes e impressões (Santos, 2014). Esse equipamento é incorporado à própria estrutura da torre da extrusora.

O tratamento superficial por descarga corona é amplamente empregado no aprimoramento das propriedades de filmes poliolefinicos. Esta técnica é especialmente útil para melhorar a capacidade de impressão e adesão em filmes de polietileno, cujas superfícies hidrofóbicas, devido aos grupos metil em suas cadeias poliméricas, limitam suas aplicações. (Louzi, Campos, 2019).

Dessa forma, o tratamento corona é a alteração química e eletrônica das superfícies de materiais plásticos para melhorar sua adesão e molhabilidade, ou seja, sua capacidade de um líquido se espalhar uniformemente sobre elas (Scarpetta, 2007). Na figura 11 é apresenta o esquema de reatividade na atmosfera para o tratamento do filme:

Figura 10 - Ilustração do processo de descarga corona



Fonte: Vieira (2022)

Durante a operação dos tratadores coronas, a descarga elétrica resulta na ionização do ar e na produção de ozônio. Isso cria uma atmosfera altamente oxidante que leva à oxidação da estrutura dos materiais plásticos, como polietileno. Essa oxidação gera grupos químicos mais polares do que a cadeia original, promovendo uma maior afinidade pela adesão (Scarpetta, 2007).

Logo, o tratamento corona aumenta a rugosidade do filme, resultando em uma área superficial expandida. Isso é positivo, pois significa uma maior quantidade de energia por unidade de área macroscópica (Vieira, 2022).

Além disso, na Figura 12, as pinças do tratamento são mostradas em A, enquanto em B é apresentado o funcionamento do mecanismo. Na primeira imagem, a remoção das pinças é realizada para permitir um fluxo sem tratamento no material, ou seja, nesse espaço não é feita a impressão da embalagem.

Figura 11 - Pinças e estação de tratamento corona



Fonte: Próprio autor

A embobinadeira é um rolo metálico que tem a função de enrolar o filme já resfriado e estável nos tubetes, formando as bobinas. Vale ressaltar o alinhamento entre os rolos puxadores e o controle da velocidade no acúmulo de plástico, para fornecer a tensão ideal durante o enrolamento (Soares, 2012). A Figura 13 apresenta esse componente.

Figura 12 – Bobinadeira



Fonte: Próprio autor

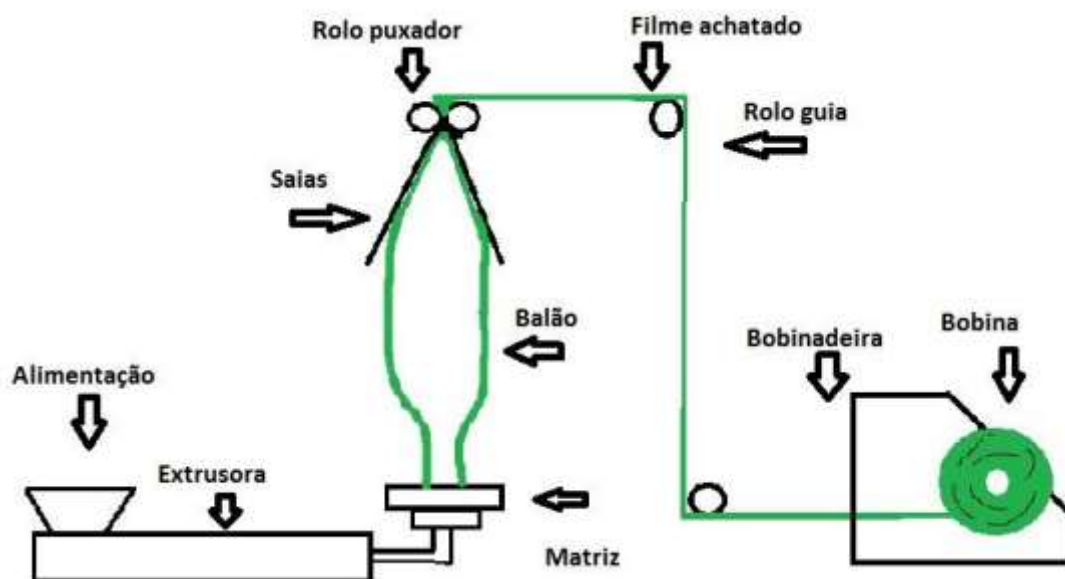
2.8 Controle de Processo

No que diz respeito ao controle do processo, são seguidas recomendações dos fornecedores e ajustes de produção baseados em estudos do processo. Assim, o controle de temperatura, a formação de pescoço e a razão de sopro durante o processo de extrusão

seguem a mesma orientação para garantir a qualidade do filme (Ferreira, 2019; Santos, 2014; Soares, 2012).

Na figura 14 é apresentado o diagrama do funcionamento de uma extrusora tubular, juntamente com seus equipamentos auxiliares e conjuntos de processamento.

Figura 13 - Diagrama de uma extrusora tubular



Fonte: Soares (2012)

Uma característica fundamental do processo de extrusão balão é a orientação molecular do filme resultante do processo de inflagem, o que confere ao filme excelente resistência mecânica e alto percentual de alongamento (Piva, 2014).

2.9 Coextrusão

Principalmente, o processo de coextrusão, que envolve a extrusão simultânea de dois ou mais polímeros para criar uma estrutura multicamadas, é altamente atrativo para a indústria de embalagens alimentícias. Essa técnica possibilita a formação de estruturas com diferentes propriedades funcionais em cada camada. No entanto, é crucial utilizar agentes de adesão entre as camadas, uma vez que cada matéria-prima é extrudada de forma independente (Fonseca, 2014; Lira, 2017).

Dando início, o processo envolve o uso de várias roscas convergindo para uma única matriz durante a extrusão. Cada rosca é responsável por transportar um material polimérico específico ou uma mistura, resultando em camadas distintas no filme final.

Isso possibilita a produção de filmes com propriedades diversas, como uma maior barreira a gases ou um coeficiente de atrito (COF) diferenciado em cada lado do filme (Piva, 2014).

Contudo, as estruturas multicamadas foram desenvolvidas para combinar as propriedades de vários materiais em uma única estrutura, especialmente quando não há um único material disponível que forneça o desempenho desejado. Seguindo a mesma linha de raciocínio mencionada acima, aqui está mais um exemplo e justificativa para o uso da coextrusão: o PE (polietileno) tem baixo custo e oferece barreira à umidade, mas é permeável ao oxigênio e pode sofrer deformações significativas sob tensões elevadas (Andrioni, 2023).

Por outro lado, o politereftalato de etileno (PET) é mais rígido e possui uma barreira ao oxigênio superior. No entanto, seu custo é mais elevado e ele apresenta dificuldades de soldagem. Ao unir esses materiais por meio de laminação ou coextrusão, é possível obter filmes multicamadas com propriedades que atendam às exigências da aplicação a um custo mais baixo (Andrioni, 2023).

Assim, com apenas um processamento, foi possível substituir o processo de laminação de filmes de polietileno com folha de alumínio ou com outros materiais de barreira, obtendo um menor custo.

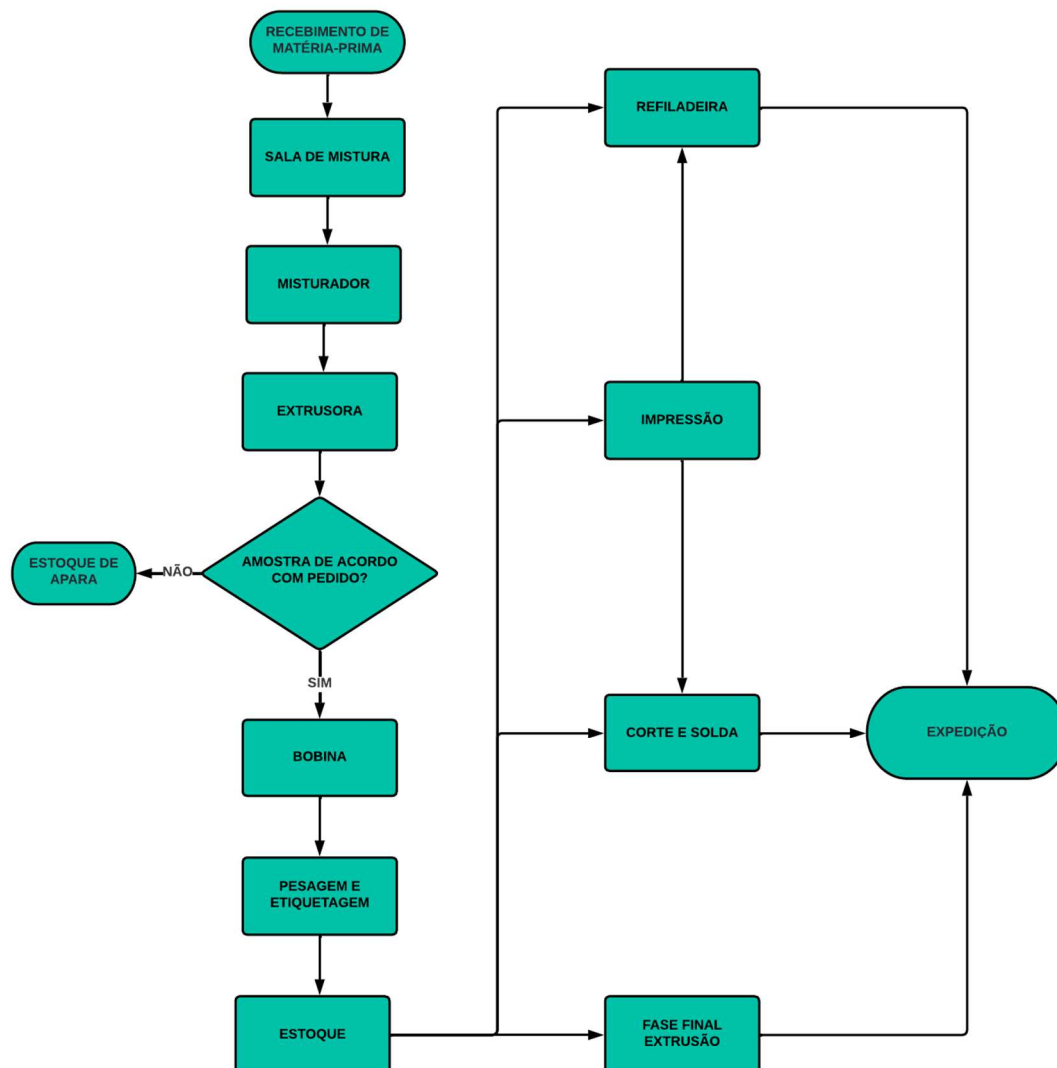
3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo, será apresentado inicialmente a rotina organizacional do setor de extrusão e suas interfaces. Ao longo desse, discorre-se sobre as atividades desenvolvidas acerca dos pilares de produção, qualidade e manutenção. E, por fim, feita as discussões pertencentes sobre as atribuições ao estagiário.

3.1 Fluxograma de Produção Industrial

Antes de começarmos as atividades, gostaria de apresentar o fluxograma da linha de produção, conforme mostrado na Figura 15. Isso nos permitirá observar as interações que ocorrem nas atividades industriais. Assim, durante o relato de estágio nesta indústria de produção de embalagens flexíveis, foi possível compreender a organização estrutural descrita na literatura.

Figura 14 - Fluxograma de processo produtivo



Fonte: Próprio autor

Assim como descrito por Piva (2014) em sua tese sobre o processo de produção de embalagens plásticas flexíveis, no qual ocorre a transformação do produto, este é composto pelas etapas de extrusão, impressão, corte, solda e refiladeira para a composição completa de uma embalagem impressa e cortada. A Figura 15 descreve de maneira semelhante esse processo.

Inicialmente, a matéria-prima é recebida na sala de mistura. Em seguida, conforme as especificações do cliente, os componentes são misturados para formar a composição desejada, que é então extrudada para produzir o filme. Uma amostra do material é

verificada quanto à qualidade; se estiver conforme, a produção continua, caso contrário, é encaminhada para a central de aparas.

Após essa etapa, o material é embobinado, pesado e etiquetado. Nesse ponto, o destino do material pode variar de acordo com sua finalidade. Ele pode ser armazenado como produto final, como rolos de filme termoencolhível ou folhas picotadas. Alternativamente, pode passar por processos adicionais, como impressão, corte e solda, ou refiladeira.

Em relação a isso, o processo do departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) inicia-se com a recepção do pedido no sistema SAP para organizar a formulação e as composições das frações mássicas, camadas e polietilenos de acordo com as especificações do cliente.

Assim, para gerenciar todo esse fluxo de materiais dentro da indústria, conta-se com a presença do Planejamento e Controle de Produção (PCP), responsável por organizar a Ordem de Produção (OP) para cada pedido por cliente, desde a mistura de resinas até a expedição das embalagens. Além disso, esse departamento é encarregado de determinar o lead time do produto, que se inicia na produção com uma margem de 45 dias.

Com base nesse entendimento, ao chegar na extrusão, o pedido é recebido com uma margem de 3% a mais do que o solicitado pelo cliente para ordens de produção maiores que 1000Kg. Por outro lado, para ordens de produção menores que 1000Kg, são adicionados 20Kg extras à ordem de produção. Essa medida é adotada para evitar retrabalho na máquina de extrusão em caso de perdas de produção nas fases seguintes.

Outra particularidade na interação entre o PCP e a produção é que todos os pedidos aceitos pela empresa, conforme o contrato, são acordados para entrega do material com uma margem de 10% a mais ou a menos da quantidade solicitada. Além disso, o setor de extrusão é responsável por extrudar o material com uma sobra para as fases subsequentes do processo.

É importante destacar que, nesta indústria, o processo de laminação é integrado ao setor de impressão. Em outras palavras, na etapa de impressão, o material é processado por impressoras e/ou laminadoras. Essa abordagem visa otimizar o tempo e melhorar o gerenciamento das atividades.

Alguns setores não estão representados no fluxograma de produção porque pertencem aos setores de apoio, como qualidade, almoxarifado, manutenção e segurança do trabalho. Isso não reflete sua importância, mas sim sua influência na transformação da matéria-prima.

No que diz respeito à qualidade, cada setor de transformação possui uma inspetora responsável pela área. Essa profissional desempenha um papel fundamental no controle e na auditoria direta dos produtos em processo de transformação. Todo material é inspecionado e sua conformidade ou não conformidade é registrada no sistema de controle SAP.

Da mesma forma, o setor de manutenção é subdividido em mantenedores com conhecimento específico para cada setor de produção. Esses profissionais são responsáveis por realizar tantas ações corretivas quanto preventivas nas máquinas, equipamentos e estruturas da empresa.

Por conseguinte, a função do almoxarifado é fornecer suporte a todos os setores da empresa, fornecendo, por exemplo, uniformes, instrumentos de trabalho e insumos. Além disso, é responsável por gerenciar e fornecer de maneira adequada os produtos necessários para a limpeza e manutenção do espaço industrial.

Por fim, o setor de segurança do trabalho é responsável por inspecionar o ambiente de trabalho e garantir a segurança operacional dos funcionários, além de zelar pela qualidade dos equipamentos de prevenção de acidentes e dos materiais para medidas emergenciais.

3.2 Estrutura Organizacional do Processo de Extrusão

Além do setor de extrusão, há um espaço dedicado ao processo de fracionamento dos polietilenos, conhecido como sala de mistura. Nesse local, são realizadas as bateladas dos polímeros conforme as especificações presentes na ordem de produção.

Na sala de mistura, há três misturadores com características operacionais específicas. Todos eles têm capacidade para 300 kg, sendo um equipamento destinado exclusivamente para sacos pigmentados azuis e os outros dois para a mistura de polímeros transparentes.

A operação é simples: os sacos de resinas, cada um pesando 25 kg, são despejados na alimentação do misturador de acordo com a fração mássica da batelada. Em seguida, ocorre o processamento da mistura internamente, impulsionado pela presença de uma hélice. Por fim, a mistura é despejada em uma caixa quadrada feita de material plástico resistente, pronta para ser processada pelas extrusoras.

Conforme destacado por Castro (2003), a extrusora é o equipamento principal para a fabricação de filmes e sacos plásticos flexíveis. Na fábrica em análise, o setor de extrusão é composto por 10 máquinas, todas do tipo matriz tubular, porém com variações significativas em termos de processamento. As diferenças são apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1 - Padrões de extrusoras e coextrusoras

Máquina	Nome	Tipo de material	Porte	Largura da matriz (cm de largura)		Capacidade máxima	
				Mínimo	Máximo	Kg/h	Kg/dia
2	Extrusora Ruli 75	Baixa, linear e termo contrátil	Médio	100	205	175	4200
4	Extrusora Carnevali 75 (PEAD)	Alta, baixa e linear	Médio	50	160	180	2800
5	Extrusora Carnevali 75 (PEBDL)	Baixa, linear	Médio	100	200	240	4300
6	Extrusora Carnevali 75 (PEAD)	Alta, linear	Médio	100	200	210	4200
9	Extrusora OF House PEBD 80	Baixa, linear e termo contrátil	Médio	100	190	140	3600
10	Extrusora OF House PEBD 80	Baixa, linear e termo contrátil	Médio	100	220	140	3600
11	Extrusora OF House PEBD 90	Baixa, linear e termo contrátil	Médio	100	220	175	4200
12	Extrusora OF House PEBD 50	Alta, média, baixa e linear	Pequeno	25	70	40	900
14	Coextrusora Varex II – 5 camadas	Baixa	Grande	140	260	625	15000
15	Coextrusora PEAD ALPINE – 3 camadas	Alta	Grande	140	220	375	9000

Fonte: Autor próprio

Resumidamente, o principal desafio desse setor está relacionado à diversidade dos pedidos. Os filmes extrudados precisam atender a uma variedade de especificações, incluindo cor, espessura, comprimento, largura e composição. Além disso, é necessário considerar a disponibilidade das máquinas, levando em conta suas características operacionais, como largura da matriz, presença da estação de tratamento e velocidade de produção.

Observa-se que, para organizar os pedidos no setor levando em conta essas variáveis de operação, a supervisão trabalha em conjunto com o programador para priorizar a data de entrega e fazer o ajuste ideal do tamanho dos balões. É importante ressaltar que a tonalidade do material também é considerada na tomada de decisão.

3.3 Procedimento Operacional

Na etapa de extrusão, o programador do setor coleta as ordens de produção do dia no PCP e as insere no sistema, programando e organizando-as de acordo com a melhor sequência, priorizando a data de entrega, o tamanho do balão e a espessura. Em seguida,

organiza as ordens de produção na prancheta conforme a sequência do sistema e as disponibiliza para a produção. Após isso, realiza a requisição de matéria-prima para o almoxarifado.

O líder do setor, junto com o operador de cada máquina, realiza as conferências e dá início à rotina diária de trabalho. A ordem de produção é encaminhada para o preparo da matéria-prima na sala de mistura, onde é selecionada, pesada, misturada e identificada na caixa. Além disso, são feitos os lançamentos dos lotes e quantidades utilizadas no sistema MES.

O operador prepara a máquina, separando os tubetes a serem utilizados, verificando as informações da ordem de produção e conferindo as caixas de resinas a serem utilizadas. Em seguida, conecta o sugador às caixas de resinas, levando a matéria-prima para a máquina, onde o processo é iniciado com a fundição da mistura de matéria-prima e realizado o ajuste da máquina.

Durante o acerto da máquina, são realizadas conferências operacionais, incluindo largura, espessura, tratamento, margem e tonalidade. Caso haja necessidade de ajustes, estes são realizados de acordo com as especificações estabelecidas na ordem de produção para o material. Se o material não estiver conforme, é destinado para aparas e feito um novo ajuste da máquina.

No entanto, se o material estiver de acordo com as especificações, a produção é iniciada e para cada bobina retirada da máquina são realizadas análises para verificar a qualidade do material. Durante o processo, são feitas análises de todas as bobinas, com o operador retirando uma amostra ao final de cada bobina para conferir todas as especificações do produto. Essas amostras são arquivadas para contraprovar em caso de necessidade.

Os resultados obtidos pelos auditores do controle de qualidade são registrados no formulário e lançados no sistema. As bobinas seguem para pesagem, etiquetagem e identificação. O fechamento da produção ocorre quando toda a quantidade solicitada na ordem de produção é produzida, e as bobinas são encaminhadas para o estoque interno. Durante a troca de turno, é feita a passagem de serviço, onde são conferidas todas as informações referentes a anormalidades e não conformidades ocorridas durante o turno.

3.4 Atividades Desenvolvidas

Inicialmente, neste bloco serão apresentadas as atribuições desempenhadas durante o período de estágio, que se estendeu por 23 meses, sendo abordado por semestre. Será realizada a contextualização entre os eixos de produção, qualidade e manutenção. Por fim, serão feitas as discussões pertinentes.

A tabela a seguir apresenta de forma organizada as atividades atribuídas ao estágio, subdivididas em interfaces com o setor de extrusão de embalagens plásticas e a tríade: qualidade, manutenção e produção. Na Tabela 2, esquematiza-se a distribuição das atividades de acordo com o desenvolvimento do conhecimento do processo:

Tabela 2 - Atividades desenvolvidas

Semestre	Produção	Qualidade	Manutenção
1º	- Relatórios de produção e apara; - Balanço de massa - Horímetro	- Auditor do 5ºS e BPF; - Acompanhamento de anomalias	- Acompanhamento de indicadores de manutenção;
2º	- Relatórios de produção e apara; - Balanço de massa - Horímetro - Elaboração de indicadores – Saldos, Limites de produção e % da próxima fase; - Aparas por margem na Varex	- Ronda 5ºS e BPF; - Plano de ação – ronda 5ºS; - Acompanhamento de anomalias internas e externas; - Controle de check-lists;	- Acompanhamento de indicadores de manutenção; - Solicitação de correções 5ºS (preventiva)
3º	- Relatórios de produção e apara; - Balanço de massa; - Horímetro; - Acompanhamento de indicadores – Saldos, Limites de produção e % da próxima fase; - OEE; - Indicadores para gerência; - Aparas por margem na Varex	- Ronda 5ºS e BPF; - Plano de ação – ronda 5ºS; - Controle de anomalias internas e externas; - Controle de check-lists; - Treinamentos de qualidade e procedimentos;	- Acompanhamento de indicadores de manutenção; - Solicitação de correções 5ºS e IFS (preventiva); - Solicitação de ações corretivas para máquinas;
4º	- Relatórios de produção e apara; - Balanço de massa; - Horímetro; - Acompanhamento de indicadores – Saldos, Limites de produção e % da próxima fase; - OEE; - Indicadores para gerência; - Aparas por margem na Varex	- Controle de anomalias internas e externas; - Controle de check-lists; - Treinamentos de qualidade e procedimentos; - Elaboração e revisão de procedimentos; - Acompanhamento de auditorias	- Acompanhamento de indicadores de manutenção; - Solicitação de correções 5ºS e IFS (preventiva); - Solicitação de ações corretivas para máquinas; - Inspeção das ações corretivas;

Fonte: Próprio autor

3.4.1 Acompanhamento de produção

Em 2021, a introdução de relatórios dinâmicos revolucionou a análise da linha de produção. Anteriormente, os relatórios da empresa eram simples e não apresentavam

interfaces entre as tabelas, ou seja, cada gráfico era representado em uma tabela separada. No entanto, conforme destacado por Cerqueira (2021), a evolução e desenvolvimento de dashboards trouxeram novos avanços para o desempenho dos processos.

3.4.1.1 Relatório de produção

A princípio, o relatório de produção e apara registra todo o material que foi inserido no sistema. A produção refere-se ao peso líquido indicado no momento da pesagem, associado à ordem de produção correspondente. Por outro lado, a apara consiste em todo o material produzido que não será enviado ao cliente, geralmente resultante de ajustes no pedido.

Logo, o relatório de produção e apara é acompanhado por meio de amostragem gráfica, permitindo a análise da quantidade de produção mensal e diária. Essa análise é fundamental para o alcance das metas estabelecidas e para identificar desvios ou falhas no processo, que podem ser visualizados pela eficiência das máquinas registrada na produção do dia anterior.

3.4.1.2 Inventário

O inventário ou balanço de massa consiste na contagem do estoque do setor, sendo dividido na extrusão em duas partes: resinas e materiais processados. Para realizar a contabilização de todo o setor, a linha de produção é mantida em funcionamento até que todo o polietileno misturado seja consumido, visando eliminar as resinas das máquinas.

Nesse processo, são contados os sacos de polietileno na sala de mistura e os contêineres de pigmentos. Simultaneamente, são contabilizadas as bobinas no estoque do setor, que representam o material processado. Ao final, o somatório da contagem é enviado para a gerência.

Além disso, todo o processo é registrado no sistema, incluindo o lote e a quantidade, proporcionando um controle eficaz sobre todos os produtos dentro do ambiente fabril e garantindo a precisão para o planejamento de produção em relação ao estoque disponível.

3.4.1.3 Horímetro

O horímetro é um indicador obtido em máquinas, porém, nem todas as extrusoras possuem painéis eletrônicos. Na Figura 16, é apresentado o instrumento. Diariamente, é

essencial visitar o autômato e registrar a numeração indicada no painel, sempre no mesmo horário. Esse indicador é crucial para avaliar a disponibilidade da máquina.

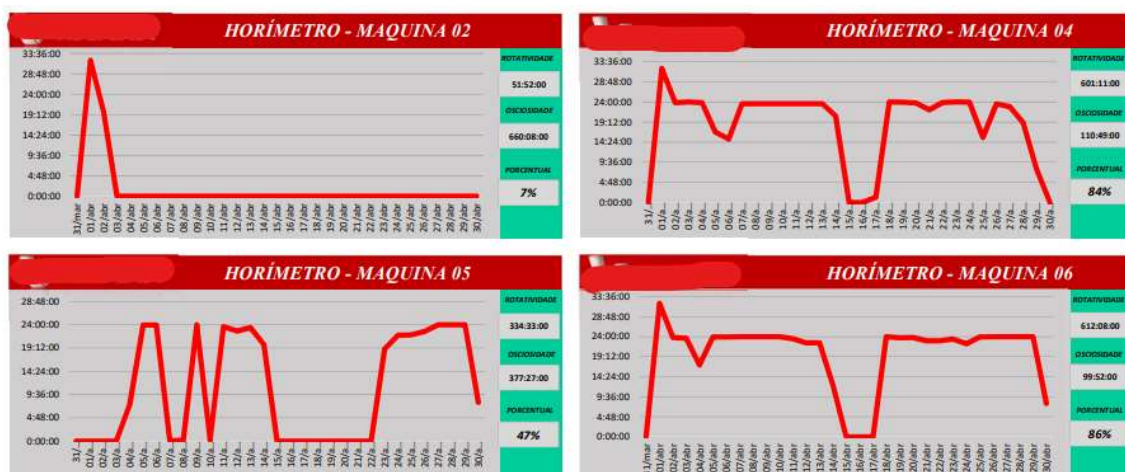
Figura 15 - Horímetro analógico



Fonte: Autoria própria

Na Figura 17, é mostrada uma seção do relatório final do horímetro referente ao mês de abril de 2022. Nesse relatório, é medida a disponibilidade das máquinas em cada dia ao longo do mês, apresentada por meio de um gráfico de linhas.

Figura 16 - Relatório horímetro - abril 2022



Fonte: Autoria própria

3.4.1.4 Saldos, limites de produção e % da próxima fase

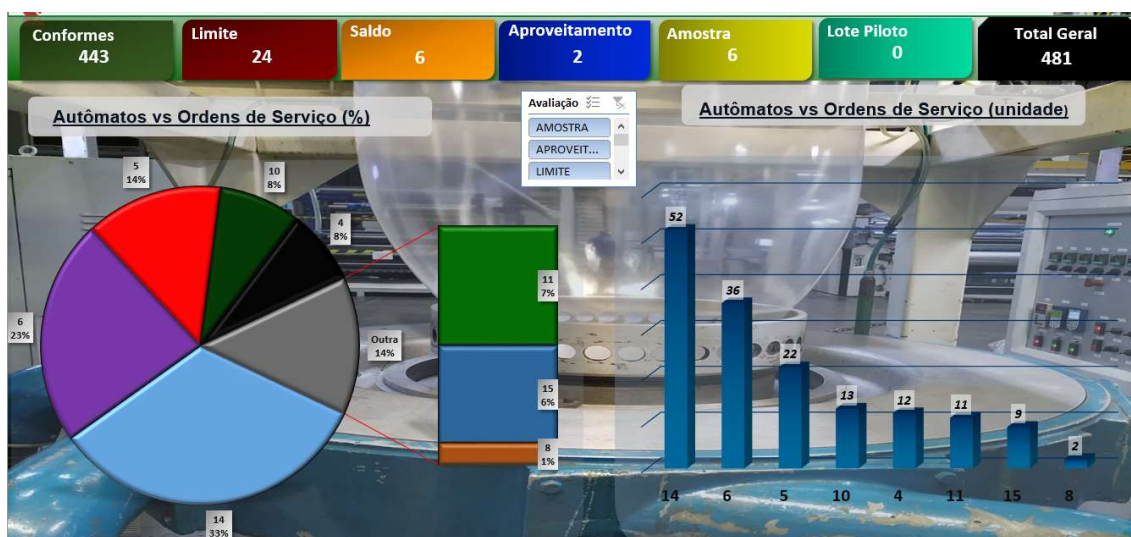
O acompanhamento dos indicadores de saldos, limites de produção e % da próxima fase é uma responsabilidade desenvolvida durante o estagiário. Em termos

definidos, os saldos representam as produções que ainda precisam ser concluídas para atender parcialmente ao pedido do cliente. Isso geralmente ocorre devido a perdas durante o processamento nas fases subsequentes, resultando em uma quantidade inferior à necessária para o envio, o que é identificado quando a Ordem de Produção (OP) é concluída no setor.

No entanto, os limites referem-se às produções que excedem a quantidade solicitada na Ordem de Produção (OP) do setor. Nesse caso, é necessário coordenar com o Planejamento e Controle de Produção (PCP) para avaliar a possibilidade de aproveitamento do material para outro cliente ou a liberação para pesagem na mesma ordem, sendo esta negociação conduzida com o cliente.

A Figura 18 apresenta uma imagem do relatório que abrange todas as ordens de produção no setor de extrusão. Este relatório totaliza todos os pedidos de acordo com as classificações mencionadas anteriormente. Ele inclui um gráfico de pizza e um de barras que mostram a quantidade de OP por máquina, ambos com filtros de classificação de status.

Figura 17 - Relatório de Saldos e Limites de produção



Fonte: Próprio autor

O percentual da próxima fase indica a quantidade de material líquido produzido em relação à quantidade indicada em cada ordem de produção. Isso permite observar quanto está sendo encaminhado da extrusão para a próxima etapa de transformação ou para o cliente final.

A Figura 19 apresenta o percentual de produto extrudado, com fase final do setor de extrusão, em comparação com o material liberado para produção do PCP. Observa-se um aumento significativo, resultado da comunicação entre ambos setores. Esse aumento é evidenciado pela liberação do limite de 10% sobre o pedido do cliente, o que representa lucratividade e uma estratégia eficiente de acompanhamento das OPs.

Figura 18 - % de fase final Extrusão



Fonte: Próprio autor

3.4.1.5 OEE

O Overall Equipment Effectiveness (OEE) emergiu como o principal indicador na linha de produção devido à sua capacidade abrangente de avaliação. Gibbons e Burges (2010) afirmam que o OEE não só mensura a eficiência dos equipamentos, mas também fornece insights cruciais para otimizar os processos, impulsionando, assim, a busca pela melhoria contínua.

A disponibilidade, um dos componentes do OEE, é calculada através da coleta de dados do horímetro para medir a atividade das máquinas ao longo do tempo. Esse valor é então expresso como uma porcentagem em relação a um dia de trabalho padrão de 24 horas, conforme descrito pela equação 2.

Equação 2 - Cálculo da disponibilidade de máquinas

$$Disponibilidade = \frac{Horas\ rodadas}{24h}$$

Após compreender a disponibilidade, a eficiência é determinada pela relação entre a produção bruta diária e a produção padrão da máquina em comparação com a disponibilidade. É importante notar que os parâmetros para essa produção padrão são definidos pelos próprios equipamentos, como indicado na Tabela 1. Isso é expresso pela equação 3.

Equação 3 - Cálculo da eficiência de máquinas

$$Eficiência = \frac{Produção\ bruta}{Produção\ padrão\ x\ disponibilidade}$$

Em seguida, a qualidade é representada pelo percentual de aparas produzidas pela máquina em um dia. Esse cálculo leva em conta o peso das aparas em relação à produção bruta do mesmo dia. Assim, a fração é expressa conforme a equação 4:

Equação 4 - Cálculo da qualidade de máquinas

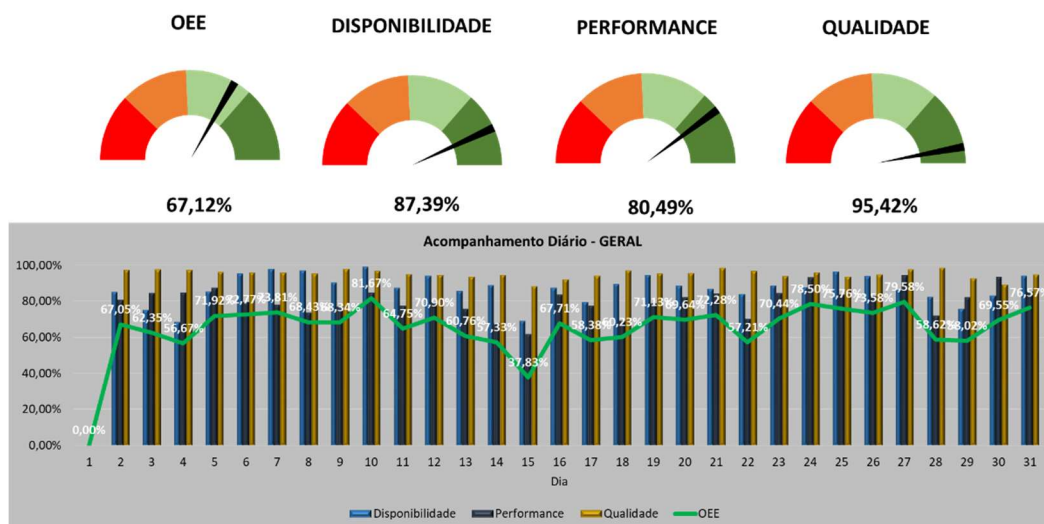
$$Qualidade = 1 - \frac{Kg\ de\ aparas}{Kg\ de\ produção\ bruta}$$

Assim, o OEE de cada máquina é obtido multiplicando-se os resultados dos cálculos individuais. O valor final é expresso em porcentagem, refletindo as relações aplicadas em cada análise.

$$OEE = Eficiência \times Disponibilidade \times Qualidade$$

Na figura 20 é apresentado o indicador geral do setor em abril de 2022, semelhantemente, da mesma forma cada máquina tem seu percentual expresso.

Figura 19 - Indicador OEE



Fonte: Próprio autor

3.4.1.6 Indicadores para Gerência

Todos os indicadores relacionados ao desempenho do setor produtivo, à qualidade e ao pessoal são comunicados à gerência no início de cada mês. Como a empresa é uma

filial, essa transparência oferece uma visão analítica quantitativa dos fluxos do setor. De maneira geral, são compartilhados dados como entrada e saída de funcionários, incidentes de trabalho, produção bruta, percentual de aparas, rotatividade de pessoal, tempo de ciclo, quantidade de ordens de produção concluídas e não conformidades externas.

Essa abordagem, similar à proposta por FORD (2012), reflete a competição entre as empresas como um impulso para a melhoria contínua dos processos. Assim, o mecanismo de comparação entre as filiais estimula um senso de competição saudável e eleva os padrões de produtividade.

3.4.1.7 Aparas da Varex

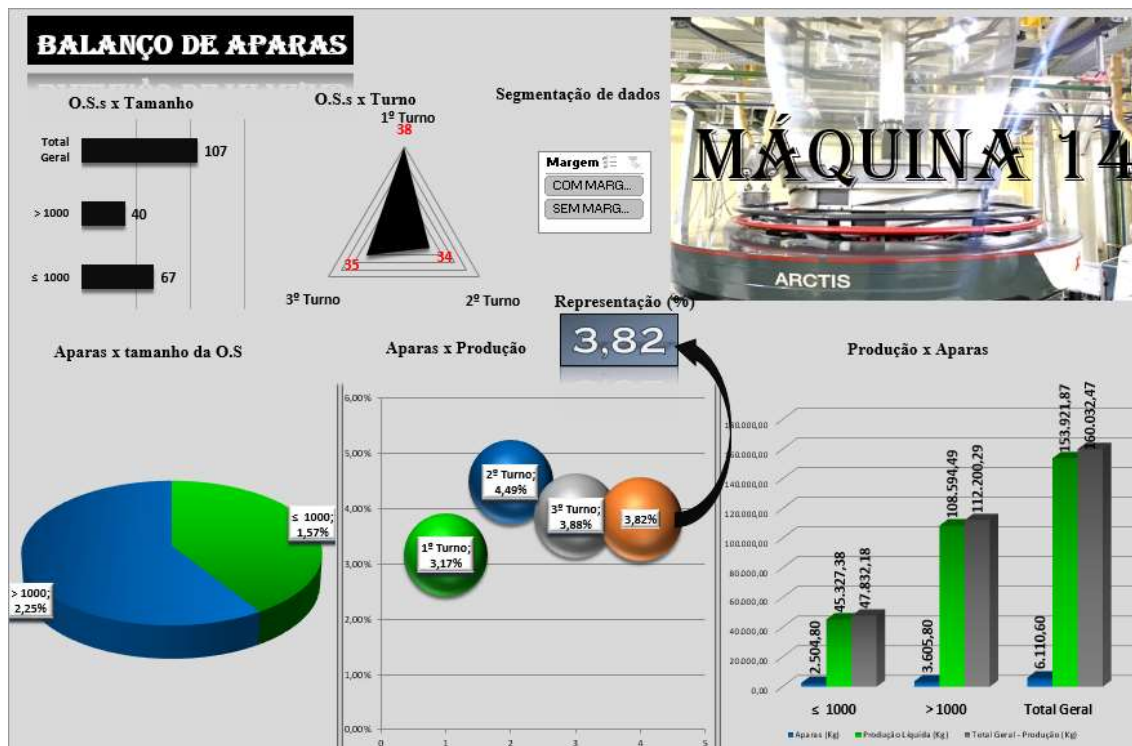
Antes de tudo, gostaria de destacar a coextrusora Varex, composta por 5 extrusoras, como a máquina automatizada com a maior capacidade de produção de filmes plásticos na planta industrial, conforme indicado na Tabela 1.

O indicador em questão visa analisar a quantidade de Ordens de Produção (OPs) produzidas pela máquina em relação aos filmes impressos com margem e os demais filmes produzidos. Vale ressaltar que a margem no filme é obtida retirando-se as pinças em uma posição em que o filme não recebe tratamento térmico.

Dessa forma, o indicador baseia-se em um relatório gerado pelo sistema de pesagem de material, que classifica as OPs em "material com margem" e os demais. Esse relatório permite identificar os operadores e turnos responsáveis pela produção do filme.

Em seguida, a Figura 21 apresenta um resumo do relatório geral do mês de abril de 2022, destacando a análise das aparas da máquina 14. É evidente a diversidade de gráficos e a conexão entre eles com base na presença ou ausência de margem no material. Nesse mês, a máquina produziu 107 OPs, resultando em um indicador de aparas final de 3,82%, totalizando 160.032,47 kg de plástico.

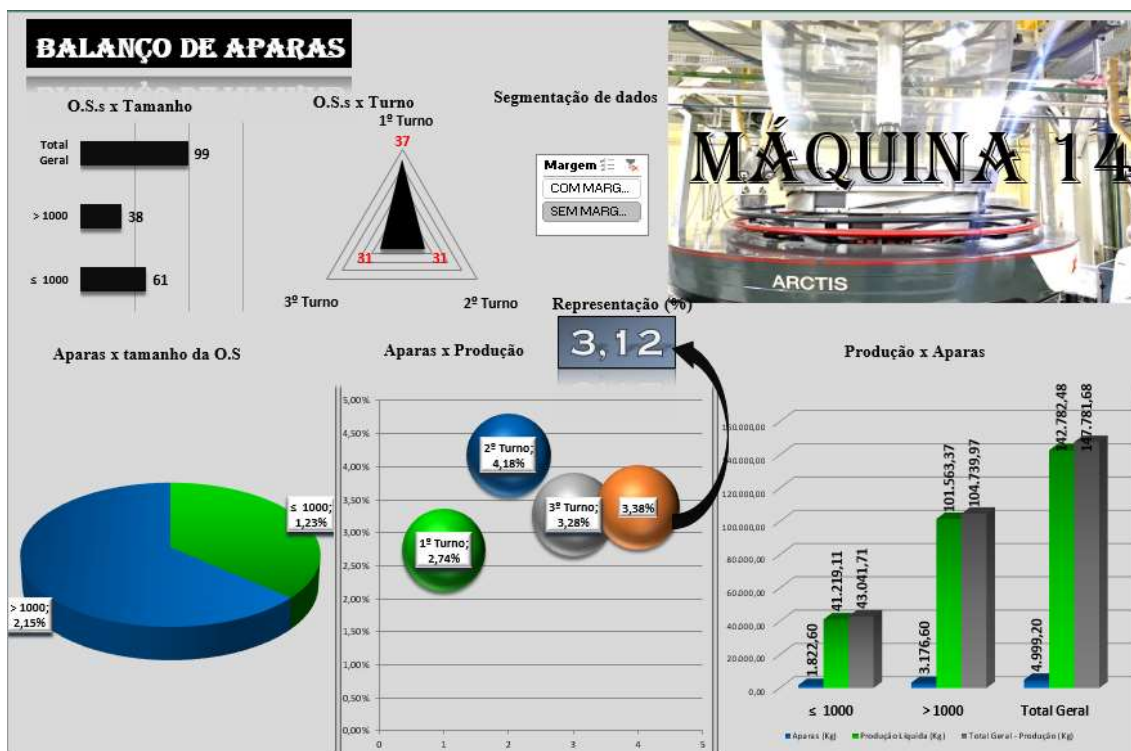
Figura 20 - Aparaes Varesx - Geral



Fonte: Próprio autor

Nesse meio tempo, a Figura 22 mostra o panorama da máquina sem a produção de filmes com margem durante o mês de abril. Ao filtrar os materiais sem margem, o percentual de aparas é apresentado em 3,12% em relação ao total de rejeitos, com uma produção total de 147.781,68 kg e 99 OPs.

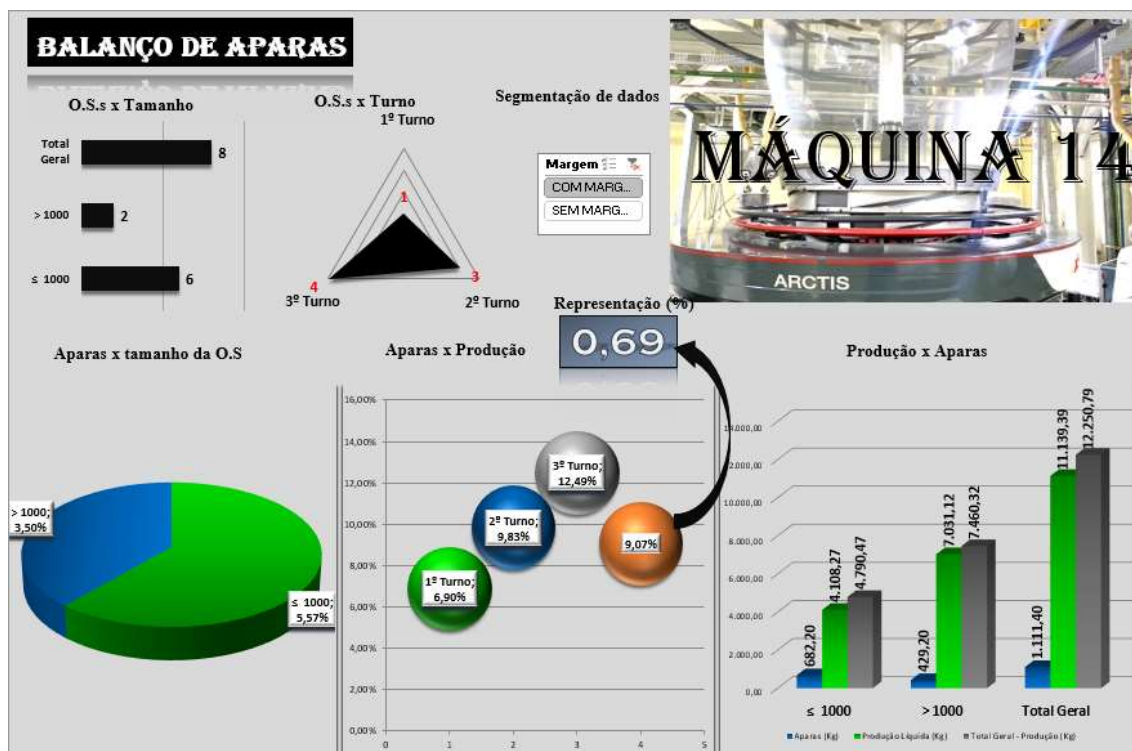
Figura 21 - Aparas Varex sem margem



Fonte: Próprio autor

Por outro lado, na Figura 23 são exibidos os materiais produzidos com margem durante o mês de abril. Sob essa análise, observa-se um percentual de aparas de 0,69% em relação ao total geral representativo. Com uma produção de 8 OPs e 12.250,69 kg, o cenário também indica um índice de rejeitos de 9,07% em relação à quantidade produzida.

Figura 22 - Aparas Varex com margem



Fonte: Próprio autor

Com base nessa análise, foi elaborado um plano de ação para treinamento visando melhorar a precisão no acerto de materiais com margens. Ficou evidente que cerca de 18% desse tipo de material estava impactando no percentual de aparas da máquina no mês em análise, como demonstrado na equação 5. Dessa forma, estamos buscando soluções para promover melhorias contínuas.

Equação 5 - % de aparas com margem

$$\% \text{ Aparas de material com margem} = \frac{\text{Aparas com margem}}{\text{Aparas geral}} = \frac{0,69}{3,82} = 18\%$$

3.4.2 Acompanhamento de qualidade

Durante o cenário pandêmico de 2021, surgiram muitos comentários sobre a segurança alimentar relacionada a contaminantes microbiológicos devido à pandemia de Covid-19. Nesse contexto, a qualidade tornou-se uma prioridade na empresa, especialmente em relação ao atendimento aos clientes.

3.4.2.1 Auditoria 5'S e BPF

Inicialmente, é importante destacar que a combinação do programa 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke) com as Boas Práticas de Fabricação (BPF) pode contribuir de maneira significativa para a gestão eficiente das embalagens plásticas em um ambiente de produção. Essa integração pode resultar em processos mais eficientes, redução de desperdícios, aumento da segurança dos produtos e conformidade regulatória.

Para motivar os setores a adotarem essas práticas, a implementação e o cumprimento do programa 5S juntamente com as BPF são realizados por meio de gamificação. No entanto, para garantir a efetividade desse procedimento, é necessário capacitar auditores. Esses multiplicadores são encarregados de realizar auditorias em setores diferentes dos que pertencem e cuidam da barreira sanitária, realizando inspeções individuais na entrada da fábrica.

A cada mês, ocorre uma auditoria em cada setor, seguida pelo recebimento de um relatório descritivo e fotográfico da inspeção. Portanto, como parte desse processo, é essencial elaborar um plano de ação para cada não conformidade encontrada durante a inspeção. Esse retorno à inspeção é facilitado pela utilização da ferramenta 5W2H.

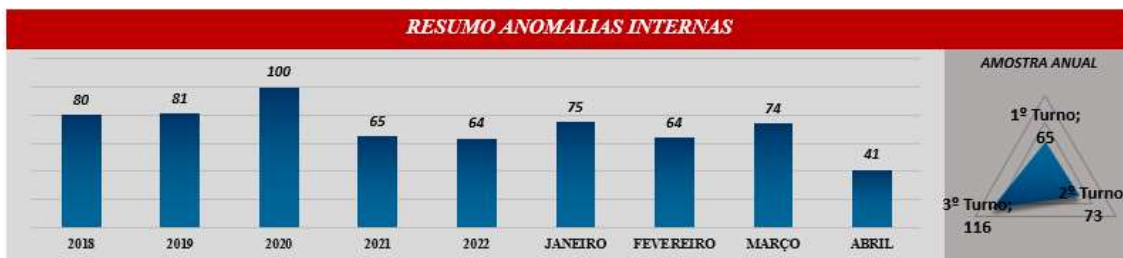
3.4.2.2 Controle de anomalias internas e externas

Em primeiro lugar, é importante destacar que a nomenclatura de anomalias abrange todo o processo não conforme, tanto interno quanto externo. Para justificar essa abordagem, é necessário realizar um estudo sobre a ferramenta 5W2H.

As investigações internas são conduzidas pela liderança do setor, enquanto as ocorrências externas são de responsabilidade do departamento administrativo. Anomalias internas referem-se a problemas que ocorrem dentro do ambiente fabril. Por exemplo, quando o material é enviado com algum dano para a próxima fase do processo, como no caso em que o material da extrusão é enviado com dobras para a etapa de impressão. Essa

prática pode eventualmente resultar em problemas na impressão sobre o filme na etapa subsequente. A Figura 24 mostra o acompanhamento das não conformidades internas no setor de extrusão.

Figura 23 - Acompanhamento de anomalias



Fonte: Próprio autor

Por outro lado, as anomalias externas referem-se a defeitos encontrados nas embalagens que estão sob posse do cliente. Quando um comprador relata um defeito à empresa e registra-o em relação a um lote específico, inicia-se o processo de rastreamento para identificar o setor responsável pela não conformidade. Uma vez evidenciado que a extrusão é a causa, é elaborado um plano de ação corretiva e realizado treinamento com todos os funcionários sobre a problemática, utilizando a ferramenta PDCA.

3.4.2.3 Controle de checklists

Em resumo, o checklist é uma ferramenta de verificação composta por uma lista de itens ou critérios relacionados à qualidade dos produtos fabricados e aos processos de produção. Esses checklists são utilizados para assegurar que os produtos atendam aos padrões de qualidade estabelecidos e que os processos de fabricação sejam executados de forma consistente e eficiente.

De forma similar, o checklist auxilia na identificação de erros e na formulação de planos de ação corretiva. Essa medida visa detectar potenciais fontes de perigo na produção. No setor de extrusão, são mantidos 18 documentos para controle, como checklist de pragas, madeira, vidro, lâminas, corpos estranhos, limpeza do setor, limpeza das máquinas, e troca de telas em cada máquina.

Além disso, todos esses documentos devem ser regularmente inspecionados e revisados em auditorias internas. A supervisão é responsável por assinar, confirmando a

conformidade com os registros. Mensalmente, os documentos são entregues ao departamento de qualidade para arquivamento e estão sujeitos a auditorias externas.

3.4.2.4 Treinamentos de qualidade e procedimentos

Como parte dos esforços para obter a certificação na norma IFS, a empresa realiza treinamentos para um multiplicador designado em cada setor. Este indivíduo, equipado com o conhecimento necessário, é encarregado de disseminar as informações para todos os funcionários da equipe. O objetivo é garantir o envolvimento de todos e fornecer orientação sobre o processo.

Como uma das medidas para lidar com não conformidades, isso constitui parte da abordagem PDCA. Especificamente, na etapa "agir", são propostos treinamentos e orientações para as equipes, visando explicar os desvios encontrados e evitar a repetição de erros.

Por meio desses treinamentos, os funcionários adquirem conhecimentos específicos sobre os processos de produção, técnicas operacionais, normas de segurança e qualidade. Além disso, eles desenvolvem habilidades necessárias para executar suas tarefas com precisão e eficiência.

Além disso, os programas de treinamento contribuem para aumentar a motivação, o engajamento e a produtividade dos colaboradores. Isso promove uma cultura organizacional de aprendizado contínuo e melhoria constante.

3.4.2.5 Elaboração e revisão de procedimentos

O objetivo do Procedimento Operacional Padrão (POP) é estabelecer uma maneira padronizada e documentada de realizar uma determinada tarefa, processo ou atividade dentro de uma organização. Por meio do POP, são definidas passo a passo as instruções, diretrizes e procedimentos a serem seguidos para garantir uma execução consistente de acordo com os padrões de qualidade, segurança e eficiência estabelecidos pela empresa.

Ao implementar os POPs, as organizações buscam assegurar a uniformidade das operações, minimizar erros, reduzir desperdícios, aumentar a produtividade e facilitar a capacitação e o treinamento dos funcionários.

Durante auditorias, os procedimentos devem ser estritamente respeitados e seguidos conforme documentação. A revisão dos procedimentos é realizada anualmente

e, caso haja implementação de novas ações, um novo procedimento deve ser estabelecido. Todos os funcionários envolvidos no processo devem ser devidamente treinados.

3.4.2.6 Acompanhamento de auditorias externas

A auditoria externa desempenha um papel fundamental ao fornecer uma avaliação imparcial e objetiva dos processos de produção, qualidade e conformidade de uma empresa com regulamentos e padrões industriais. Essa prática é crucial para garantir o cumprimento das leis, regulamentos e padrões de qualidade exigidos pelo mercado e pelos clientes.

Além disso, os auditores externos trazem uma perspectiva nova e independente para a empresa, auxiliando na identificação de áreas de oportunidade para melhorias nos processos, procedimentos e práticas de gestão. Seus insights e recomendações podem contribuir significativamente para otimizar a eficiência operacional, reduzir custos, aumentar a qualidade dos produtos e serviços, e melhorar a satisfação do cliente.

Realizar auditorias externas demonstra o compromisso da empresa com a transparência, a prestação de contas e a excelência operacional. Isso pode elevar sua credibilidade perante clientes, parceiros comerciais, investidores e outras partes interessadas, fortalecendo relacionamentos e construindo uma reputação sólida no mercado.

Além de avaliar a conformidade, as auditorias externas ajudam a identificar e avaliar os riscos potenciais que podem afetar o desempenho e a segurança das embalagens. Isso possibilita a implementação de medidas preventivas e de mitigação de riscos para proteger os funcionários, evitar problemas legais ou de conformidade, e garantir a continuidade das operações.

O responsável pela certificação IFS (*International Featured Standards*) deve participar da auditoria externa do setor, juntamente com a supervisão da gestão, que deve estar familiarizada com o regimento e disponível para participar. Juntos, eles devem receber o auditor externo e acompanhar a inspeção, facilitando a apresentação de justificativas e recebendo orientações quando necessário.

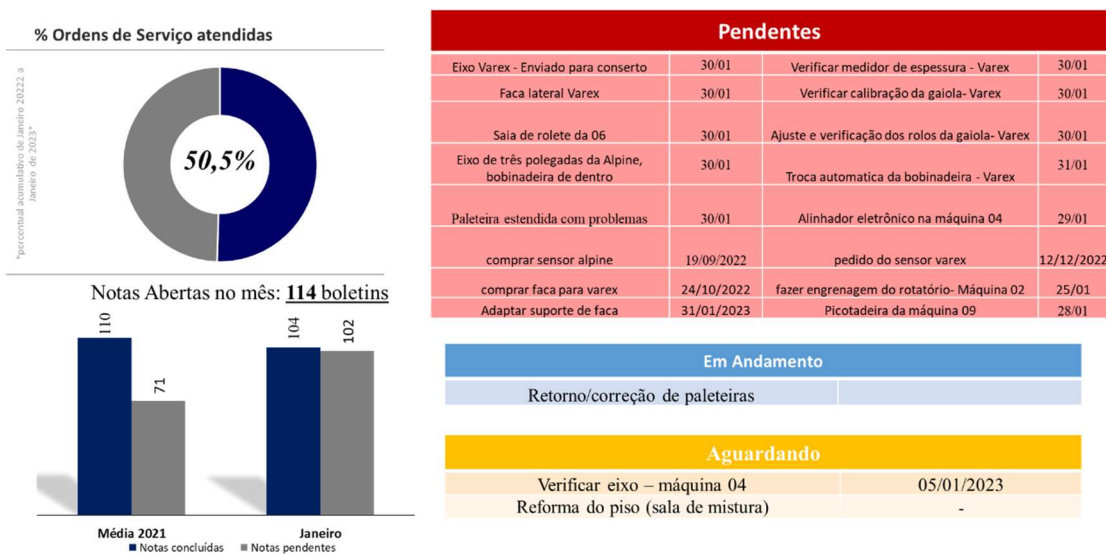
3.4.3 Acompanhamento de manutenção

3.4.3.1 Acompanhamento de indicadores de manutenção

Este registro, embora simplificado, abrange todos os aspectos necessários. Quando uma ordem de serviço para a manutenção de um equipamento ou maquinário é aberta, é crucial que seja cumprida. O acompanhamento inicial envolve monitorar a ação corretiva no local, ou seja, uma inspeção constante e programada da ação pela equipe de apoio.

Nesse processo, todas as ordens de manutenção abertas são monitoradas. Isso permite controlar e priorizar de acordo com a disponibilidade da equipe de manutenção e a urgência da situação no setor. Na Figura 25, apresentamos o controle de prioridade e atendimento à extrusão conforme o registro das ordens de serviço.

Figura 24 - Acompanhamento Manutenção



Fonte: Próprio autor

3.4.3.2 Solicitação de correções preventiva

Em termos gerais, a manutenção preventiva em fábricas consiste em um conjunto de atividades planejadas e realizadas com o objetivo de evitar falhas, minimizar a degradação e prolongar a vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações industriais.

Dentro do plano de ação do programa 5S, a manutenção corretiva envolve a execução regular de inspeções, testes, lubrificações, ajustes e substituições de peças conforme necessário, seguindo um cronograma predefinido. Essas ações ajudam a

identificar e corrigir potenciais problemas antes que eles causem interrupções na produção, reduzindo o tempo de inatividade não planejado, aumentando a confiabilidade dos equipamentos e contribuindo para a segurança dos funcionários.

Além disso, a manutenção preventiva também atende aos requisitos das normas IFS, garantindo a segurança da qualidade alimentar no ambiente industrial.

3.4.3.3 Solicitação de ações corretivas para máquinas

Contrastando com as ações preventivas, as ações corretivas são medidas adotadas para eliminar as causas de não conformidades, defeitos ou problemas identificados em processos, produtos ou sistemas industriais. Portanto, as ações corretivas são cruciais para garantir a qualidade, a eficiência e a conformidade em ambientes de fabricação.

Nesse sentido, o processo de solicitação envolve uma comunicação ativa entre as equipes de extrusão e manutenção, visando implementar correções imediatas na linha de produção de embalagens plásticas. Durante essa atividade, é fundamental possuir conhecimento técnico dos equipamentos para explicar a necessidade da alteração. Por fim, é realizada uma inspeção para verificar a eficácia da ação corretiva implementada.

3.4.3.4 Inspeção das ações corretivas

Essa prática ocorre sempre que um serviço é finalizado pela equipe de manutenção. Portanto, o responsável pela abertura da ordem de serviço deve acompanhar o progresso e a conclusão da atividade desenvolvida. Após a conclusão do serviço e sua devida execução, a ordem de serviço é assinada e marcada como concluída.

3.4.4 *Insights* de produção

As atividades descritas anteriormente destacam a profunda e interdependente relação entre produção e engenharia química. A engenharia química desempenha um papel crucial na concepção, desenvolvimento e otimização de processos industriais para a produção de uma ampla variedade de produtos químicos, materiais e produtos derivados de recursos naturais.

Observa-se, durante a redação deste relato, a influência de diferentes paradigmas de produção industrial. Por exemplo, o sistema taylorista-fordista, no qual as atividades são atribuídas aos operadores de forma específica e rotineira, permeia o processo de

fabricação de plástico flexível pela extrusora, conforme procedimento apresentado e subdividido em setores.

Por outro lado, o toyotismo é evidente na aplicação do "just in time" para o estoque. No entanto, ainda se observam características do sistema fordista, como a competição entre as filiais como estímulo para o desenvolvimento contínuo e otimização do processo.

O engenheiro químico desempenha um papel essencial em todo o processo de produção de embalagens, desde a seleção da matéria-prima até o projeto de reatores, sistemas de separação, controle de processos e tratamento de resíduos.

A gestão do desempenho dos equipamentos é fundamental para a manutenção dos KPIs. Isso fica evidente ao analisar os indicadores presentes no setor de extrusão, com destaque para o OEE, que trabalha com três pilares principais envolvendo o equipamento e sua eficiência, buscando engajar a liderança por meio de indicadores.

O trabalho do engenheiro químico também inclui a avaliação das ordens de produção com margem produzidas na Varex, por exemplo, o que ressalta a importância de treinamentos para a equipe, especialmente considerando as diferenças entre os acertos e a elaboração de um novo procedimento.

O processo de coextrusão substitui as laminadoras, como observado no fluxograma da indústria. Optou-se por incluir a laminação junto à impressão, atribuindo a responsabilidade do processo a um único supervisor quando necessário laminar algum material.

3.4.5 *Insights de qualidade*

A relação entre qualidade e engenharia química é fundamental para garantir a eficácia, segurança e confiabilidade dos processos na produção de embalagens plásticas flexíveis. O engenheiro desempenha um papel crucial em todas as etapas desse processo, desde a seleção cuidadosa de matérias-primas, como o polietileno, até o controle rigoroso dos parâmetros de processo para assegurar a qualidade dos produtos finais.

A qualidade é uma preocupação central em todas as fases desse processo. O conhecimento detalhado do processo de extrusão e das características dos polietilenos é

crucial durante a inspeção interna para identificar não conformidades, como dobras no material, variações de espessura e falhas no tratamento.

Ao enfrentar uma não conformidade, é essencial ter conhecimento sobre os processos, procedimentos e normas aplicáveis para realizar uma análise precisa da situação e identificar suas causas subjacentes. Aspectos como velocidade, temperatura, vazão de material e alinhamento são fundamentais durante o ajuste e a operação da extrusora.

O conhecimento sobre as melhores práticas e experiências anteriores pode oferecer insights valiosos para encontrar soluções eficazes e implementar medidas corretivas adequadas. Além disso, a capacidade de interpretar dados, analisar tendências e aplicar princípios técnicos e científicos é essencial para resolver não conformidades de maneira sistemática e eficiente.

Em suma, o conhecimento é essencial para tomar decisões informadas, desenvolver soluções eficazes e prevenir a recorrência de não conformidades, garantindo a qualidade, segurança e eficiência dos processos e produtos.

3.4.6 *Insights de manutenção*

Considerando que a engenharia química e a manutenção industrial desempenham papéis complementares e vitais na operação de instalações industriais, especialmente no processo de fabricação de embalagens plásticas.

Enquanto a engenharia química fornece conhecimentos especializados sobre processos, materiais e fenômenos envolvidos na produção, a manutenção industrial assegura a integridade e eficiência desses processos por meio de práticas preventivas e corretivas.

A colaboração entre essas áreas é essencial para garantir a operação contínua, segura e eficiente das instalações, promovendo a qualidade dos produtos e a integridade das operações industriais, alinhando-se aos programas de qualidade estabelecidos na linha de produção.

Além disso, o conhecimento dos processos industriais desempenha um papel crucial na manutenção de máquinas, permitindo aos colaboradores compreender como as máquinas se encaixam nos processos de produção.

Isso facilita a detecção precoce de problemas, o diagnóstico preciso de falhas e a implementação de medidas preventivas adequadas. Com um entendimento claro dos processos, os técnicos podem planejar melhor a manutenção, otimizar o desempenho das máquinas e reduzir o tempo de inatividade não planejado.

Em suma, o conhecimento dos processos industriais capacita os técnicos a realizar uma manutenção mais eficaz e eficiente, garantindo a operação contínua e confiável das máquinas na indústria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o relato descritivo, destaca-se a interação entre a prática e a teoria. Em geral, o acompanhamento de indicadores, como parte do estágio, proporcionou um conhecimento aprofundado sobre o processo e suas variáveis. Os paradigmas de produção ofereceram uma visão mais clara sobre a otimização do tempo na zona industrial e a competição como impulsionadora da melhoria dos processos.

O acompanhamento dos indicadores de anomalias e suas resoluções foi uma característica adequada para aprofundar meu entendimento dentro do curso de engenharia química. Ao lidar com o material retornado pelo cliente para rastreamento no setor, cada análise interpretativa baseava-se no conhecimento do processo e nas possíveis causas do desvio.

Da mesma forma, o acompanhamento da manutenção me desafiava diariamente a compreender todas as partes de uma extrusora tubular. Além disso, a conformidade com os padrões de qualidade para auditorias exigia uma inspeção minuciosa das máquinas e do setor, embasada em uma análise crítica dos fundamentos da qualidade.

Considerando que o processo de extrusão é contínuo devido à estabilidade do balão, o conhecimento sobre as resinas e suas características é crucial. O estudo aprofundado das resinas termoplásticas, como o polietileno, é fundamental para aqueles envolvidos na aquisição e utilização dessa matéria-prima. Tanto os compradores quanto os colaboradores responsáveis pela produção podem evitar uma série de equívocos ao entender melhor o material utilizado pela indústria em que trabalham.

Essa compreensão mais profunda não apenas contribui para a eficiência nas compras, mas também melhora a qualidade e o desempenho do processo produtivo, resultando em benefícios significativos para toda a cadeia de produção. Assim, a

integração entre qualidade e engenharia química é crucial para o sucesso e a reputação das empresas do setor químico, garantindo produtos confiáveis e seguros para os consumidores.

No entanto, é identificado o objetivo desta fábrica em optar por extrusoras tubulares, persistindo na oportunidade de produzir em maior quantidade em comparação com as extrusoras planas. Além disso, essas extrusoras são mais eficientes em termos de consumo de energia, especialmente para a produção de filmes tubulares finos, e permitem a produção contínua de produtos com diâmetros variáveis e comprimentos longos.

Embora as coextrusoras substituam parte do funcionamento das laminadoras devido ao processamento em camadas numa única fase, os benefícios desse processo são valiosos, como a alta produtividade da máquina e a capacidade de extrudar diferentes camadas de resinas num único filme plástico, proporcionando diversas proteções às embalagens.

Portanto, desde a utilização de ferramentas da qualidade, Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) e segurança alimentar estudados em higiene, até a relação entre Planejamento e Controle da Produção (PCP), Pesquisa e Desenvolvimento, abrangentes em administração industrial, estiveram presentes durante meu estágio. Adicionalmente, o estudo do processamento e funcionamento da extrusora, envolvendo a troca de calor e o fluxo de massa, justifica as atividades em fenômenos de transporte e operações unitárias.

Por fim, encerro este relato afirmando que o processo de extrusão para a produção de embalagens plásticas flexíveis é a peça fundamental desta cadeia produtiva. As inovações e as formas revolucionárias de extrudar o polietileno, juntamente com as aplicabilidades do dinamismo maquinário, têm um impacto positivo sobre a maneira como embalamos produtos de forma diferente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRE (org.). **TECNOLOGIA E VAREJO**. 2019. Disponível em: <https://www.abre.org.br/tecnologia/o-que-e-omnichannel-e-qual-sua-importancia-para-o-varejo/>. Acesso em: 15 jan. 2024.

ANDRIONI, Keila et al. ESTUDO COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES MECANICAS DE FILMES DE POLIETILENO EXTRUSADOS E COEXTRUSADOS. 2023.

ANYADIKE, Nnamdi. **Introdução às embalagens flexíveis** 1. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 127 p. (Coleção embalagens)

ARAÚJO, Amanda Vecila Cheffer de; SCIENZA, Lisete Cristine; SOARES, Alessandro Luiz Alves; MARTINS, Vinícius. AVALIAÇÃO DO EFEITO DO REPROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) VERDE POR CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC). **Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia** 6, [S.L.], p. 43-52, 16 maio 2019. Atena Editora. <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.3471916044>.

BASTOS, Riomar Martins et al. A comunicação como nova ferramenta da produção enxuta para aumento de um KPI principal. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 35223-35245, 2020.

BATISTA, Erika. Fordismo, taylorismo e toyotismo: apontamentos sobre suas rupturas e continuidades. **III Simpósio Lutas Sociais na América Latina**, v. 2, 2008.

BUSSO, Christianne Matias; MIYAKE, Dario Ikuo. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. **Production**, v. 23, p. 205-225, 2013.

CANTOR, K. Extrusão de filme soprado – **Na Introduction**. Hanser Publishers, 2006.

CASTRO, A. G.; POUZADA, A. S. **Embalagens para a indústria alimentar**. 1ª. ed. Lisboa: Instituto Peaget, 2003. 609 p.

CERQUEIRA, Luiz Felipe Capobiango. Elaboração de dashboard de indicadores de processo logístico através de ferramenta de business intelligence em empresa do setor de óleo e gás. 2021.

- COLES, R. E. **Estudo de embalagens para o varejo**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 111p. (Coleção embalagens)
- COUTINHO, Fernanda; MELLO, Ivana L.; SANTA MARIA, Luiz C. de. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. *Polímeros*, v. 13, p. 01-13, 2003.
- DA SILVA, José Pedro. OEE—A forma de medir a eficácia dos equipamentos. 2009.
- DANTAS, Rebeca L.; LIMA, CAP Qualidade de embalagens flexíveis para alimentos. In: **9º Congresso Brasileiro de Polímeros. Campina Grande, PB, Brasil**. 2007.
- DE FREITAS RIBEIRO, Andressa. Taylorismo, fordismo e toyotismo. **Lutas Sociais**, v. 19, n. 35, p. 65-79, 2015.
- ENDRES, Luciano. Síntese e caracterização da PEAD obtido via catálise Ziegler-Natta em homo e copolimerização de eteno e 1-buteno. 2004.
- FERREIRA, Roberto. **PROCESSO DE EXTRUSÃO**. Sapucaia do Sul: Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, 2019. 45 slides, color.
- FONSECA, R. V. **avaliação de filmes coextrusados de PET/PEBD e PET/EVOH/PEBD Usados Em Embalagens Para Alimentos**. 2014. 70p. 2014. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado em engenharia de materiais). Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- FORD, Henry. **Os princípios da prosperidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2012.
- GIBBONS, Paul M.; BURGESS, Stuart C. Apresentando OEE como uma medida da capacidade Lean Six Sigma. **Revista Internacional de Lean Six Sigma**, v. 2, pág. 134-156, 2010.
- GODOI, Luciane de. **Química do petróleo e seus derivados**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2022.
- LEONEL, Raquel Folmann. **Polímeros e cerâmicas**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2020.
- LIMA, L. F. C. P. et al. Determinação da temperatura de transição vítrea (Tg) de três tipos de polietileno por análise dinâmico-mecânica (DMA), 2006.

LIRA, V. M. **Princípios dos processos de fabricação utilizando metais e polímeros**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

LOUZI, V. C.; CAMPOS, J. S. C. Tratamento corona aplicado a monofilamentos poliméricos sintéticos (PP, PET, e PA-6). **Surfaces and Interfaces**, v. 14, 2019, p. 98-107.

Mano. E. B.; Mendes, L.C. **Introdução a polímeros**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1999. 191p.

MARTINS, José Ricardo. **Introdução à sociologia do trabalho**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2017.

MILANI, Marcéo Auler. **Obtenção de PELBD através da copolimerização de eteno com oleofinas produzidas in-situ**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MOORE, Grahan. **Nanotecnologia em embalagens**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 80 p. (Coleção embalagens)

PARANHOS FILHO, Moacyr. **Gestão da produção industrial**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2012.

PIATTI, Tania Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. **Maceió: Edufal**, p. 51, 2005.

PIVA, A. C. **Caracterização de aditivos em filmes flexíveis de polietileno**. 2014. 73 f. 2014. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais)- Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

PONTE, Edson L. et al. AUMENTO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE) ATRAVÉS DA IDENTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE PROBLEMAS CRÔNICOS: UM ESTUDO DE CASO REALIZADO EM UMA INDÚSTRIA DE REFRAATÓRIOS. **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO EM FOCO-VOLUME 2**, v. 2, n. 1, p. 48-68, 2021.

SANTOS, Marcel Ferrari dos. Desenvolvimento de filmes monocamada pebdl e pead antimicrobianos e atóxicos para aplicação em embalagens flexíveis. 2014.

SCARPETA, E. **Flexografia: Manual Prático**. São Paulo: Bloco Comunicação Ltda, 2007

SCHEFFER, Elizabeth Weinhardt de Oliveira. **Química: ciência e disciplina curricular, uma abordagem histórica**. 1997. Tese de Doutorado.

Silva J. T. *et. al.* **Engenharia Química: os profissionais e suas atribuições**. CONFEA. E-book. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads/cartilha_eng_quim_PDFsite_compact.pdf. Acessado em: 12 jan. 2024.

SOARES, André Luiz Flores. **Estudo da permeabilidade em filmes de polietileno verde**. 2012.

STEWART, B. **Estratégias de design para embalagens**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 180 p. (Coleção embalagens)

TWEDE, D. Goddard, R. **Materiais para embalagens**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 171p. (Coleção embalagens)

VASCONCELOS, Graciete de Pinho et al. **Reprocessamento do PEBD por extrusão**. 2008.

VIEIRA, João Vítor de Moraes et al. **Influência do tratamento superficial em filmes de polipropileno aplicados à impressão flexográfica**. 2022.

WOLF, Carlos Rodolfo. **Preparação, caracterização e aplicação de catalisadores Ziegler-Natta na produção de polietileno de alta densidade**. 2004.

WOOD JR, Thomaz. **Fordismo, toyotismo e volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido**. **Revista de administração de Empresas**, v. 32, p. 6-18, 1992.

YUNIAWAN, Dani; ITO, Teruaki; BIN, Mohamad E. **Cálculo do peso de eficácia global do equipamento pelo método Taguchi com simulação**. **Concurrent Engineering**, v. 21, n. 4, p. 296-306, 2013.