

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

LEONARDO BADO MARIANI

**ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MELHORIA DO CONTROLE DE QUALIDADE NA
PRODUÇÃO DE LAMINADOS DE FIBRA DE VIDRO EM PROCESSOS
DESCONTÍNUOS**

CAÇADOR, 2023

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

LEONARDO BADO MARIANI

**ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MELHORIA DO CONTROLE DE QUALIDADE NA
PRODUÇÃO DE LAMINADOS DE FIBRA DE VIDRO EM PROCESSOS
DESCONTÍNUOS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Câmpus Caçador do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia da Produção.

Orientadora: Prof.^a Dra.
Thaís Rodrigues

CAÇADOR, 2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

M333a Mariani, Leonardo Bado
Análise e proposição de melhoria do controle de qualidade na
produção de laminados de fibra de vidro em processos descontinuos /
Leonardo Bado Mariani ; orientadora: Dra. Thaisa Rodrigues. -- 2023.
92 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Bacharelado em
Engenharia de Produção, Caçador-SC, 2023.
Inclui bibliografia.

1. Melhoria nos processos. 2. Eficiência operacional. 3. Laminado de
fibra de vidro. I. Rodrigues, Thaisa. II. Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. IV. Título.

CDD 620

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Janice Moser Corrêa – CRB-14/1865

ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MELHORIA DO CONTROLE DE QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE LAMINADOS DE FIBRA DE VIDRO EM PROCESSOS DESCONTÍNUOS

LEONARDO BADO MARIANI

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Engenharia de Produção, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Caçador, 19 de dezembro de 2023.

Documento assinado digitalmente
 **THAISA RODRIGUES**
Data: 20/12/2023 09:39:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dra. Thaisa Rodrigues
Orientadora

Instituto Federal de Santa Catarina

Documento assinado digitalmente
 **LUCIO GALVAO MENDES**
Data: 21/12/2023 16:36:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Lúcio Galvão Mendes
Instituto Federal de Santa Catarina

Documento assinado digitalmente
 **JULIA DA SILVA DE MEDEIROS**
Data: 21/12/2023 17:01:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Julia da Silva de Medeiros
Instituto Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, cuja presença e orientação foram fundamentais ao longo deste percurso acadêmico, proporcionando força e sabedoria.

À minha família, expresso minha profunda gratidão a meus pais, Paulo e Izabete, e minha irmã Natalia, por seu apoio incondicional e amor constante.

Recordo com carinho meus avós, Paulina e Faustino, que desempenharam um papel crucial em minha infância, deixando um legado inesquecível em minha jornada .

À minha orientadora, Thaisa Rodrigues, expresso minha sincera apreciação pela sua orientação, paciência e comprometimento, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

À instituição IFSC - Caçador e a todos os professores envolvidos, meu reconhecimento pela estrutura e oportunidades proporcionadas ao longo desta jornada acadêmica.

Agradeço também a todos os meus colegas, cuja colaboração e companheirismo contribuíram significativamente para o ambiente acadêmico enriquecedor.

Por fim, expresso meu agradecimento à empresa e aos seus profissionais, pela oportunidade de aplicar na prática os conhecimentos adquiridos durante este percurso, ampliando minha visão profissional e acadêmica.

RESUMO

Com o intuito de aprimorar suas operações e torná-las mais eficientes e produtivas, as organizações têm sido impulsionadas a buscar novas abordagens e estratégias devido à competição acirrada em diversos setores industriais. Dentro desse contexto, o presente estudo busca identificação de causas de defeitos e propostas de melhoria para qualidade dos laminados. O foco principal é aumentar a eficiência em uma linha de produção específica, visando a redução de falhas e defeitos nos produtos finais, com especial atenção aos defeitos relacionados à presença de ar. A pesquisa foi realizada na sede de uma indústria especializada na fabricação de laminados de fibra de vidro, localizada em Iomerê, cidade situada no estado de Santa Catarina. A metodologia adotada para desenvolver esse estudo consistiu em um estudo de caso, abrangendo o mapeamento do processo, o levantamento do histórico de laminados com defeitos, a caracterização dos três principais tipos de defeitos, a elaboração do relatório A3 e, por fim, a proposição de um plano de ação. Os resultados indicam que, após os testes iniciais, aproximadamente 6.67% das ordens de produção apresentaram defeitos, especialmente relacionados à presença de ar. Essa taxa representa uma redução de 30% em comparação com o cenário inicial. A discussão destaca a proposta da padronização da pressão da máquina laminadora conforme a espessura do laminado na redução desses defeitos. Em conclusão, o estudo contribui para o aprimoramento contínuo dos processos produtivos, demonstrando as estratégias propostas, na busca pela eficiência e excelência na produção de laminados de fibra de vidro.

Palavras-chave: Melhoria nos Processos. Eficiência Operacional. Laminado de fibra de vidro

ABSTRACT

With the aim of improving their operations and making them more efficient and productive, organizations have been driven to seek new approaches and strategies due to fierce competition in various industrial sectors. Within this context, the present study seeks to identify causes of defects and propose improvements for the quality of fiberglass laminates. The main focus is to increase efficiency in a specific production line, aiming to reduce faults and defects in the final products, with special attention to defects related to the presence of air. The research was conducted at the headquarters of a specialized fiberglass laminate manufacturing industry located in Iomerê, a city in the state of Santa Catarina, Brazil. The methodology adopted to develop this study consisted of a case study, encompassing process mapping, collecting the history of laminates with defects, characterizing the three main types of defects, preparing the A3 report, and, finally, proposing an action plan. The results indicate that, after the initial tests, approximately 6.67% of production orders showed defects, especially those related to air presence. This rate represents a 30% reduction compared to the initial scenario. The discussion highlights the proposal of standardizing the pressure of the laminating machine according to the thickness of the laminate in reducing these defects. In conclusion, the study contributes to the continuous improvement of production processes, demonstrating the effectiveness of the proposed strategies in pursuing efficiency and excellence in the production of fiberglass laminates.

Keywords: Process Improvement. Operational Efficiency. Fiberglass Laminate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Diagrama de Ishikawa, espinha de peixe ou de causa e efeito.....	27
Figura 02 - Exemplo de um diagrama de Pareto.....	29
Figura 03 - Os 5 princípios de Lean Manufacturing.....	31
Figura 04 - Esquema organizacional da melhoria contínua.....	36
Figura 05 - Notações de modelagem de processos.....	37
Figura 06 - Exemplo de Fluxograma.....	39
Figura 07 - Representação de um laminado de fibra de vidro.....	40
Figura 08 - Etapas do Estudo.....	45
Figura 09 - Fluxograma do processo produtivo.....	48
Figura 10 - Máquina Laminadora.....	50
Figura 11 - Principais defeitos em laminados de fibra de vidro.....	56
Figura 12 - Defeito em luz específica (A) e Defeito de ar na cabeceira em luz ambiente (B)....	57
Figura 13 - Defeito em luz específica (A) e Defeito de ar na cabeceira em luz ambiente (B)....	59
Figura 14 - Defeito em luz específica (A) e Defeito de ar na cabeceira em luz ambiente (B)....	60
Figura 15 - Relatório A3.....	62
Figura 16 - Diagrama de Ishikawa.....	64
Figura 17 - Válvula reguladora de pressão.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Princípios do método 5W2H.....	34
Quadro 2 - 5W2H.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ocorrência e tipos de defeitos encontrados nos laminados de fibra de vidro.....	54
Tabela 2 - Proposta de melhoria na variação de pressão de acordo com a espessura do laminado.....	76
Tabela 3 - Testes iniciais com a proposta de melhoria.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MFV- Mapeamento do Fluxo de Valor

CEP - Controle Estatístico de Processos

O&M - Organização e Métodos

BPMN - *Business Process Model and Notation*

CC - Carta de Controle

LC - Linha Central

LSC - Limite Superior de Controle

LIC - Limite Inferior de Controle

ACR - Análise de Causa Raiz

DMAIC - *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*

TQM - *Total Quality Management*

ANSI - *American National Standards Institute*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
1.3 Estrutura Da Pesquisa.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1. Processo Produtivo E Fluxo De Trabalho.....	18
2.1.1 Valor Agregado no Processo Produtivo.....	21
2.2 Gestão E Controle Da Qualidade.....	24
2.2.2 Análise da Causa Raiz.....	25
2.2.2.1 Diagrama de Ishikawa.....	26
2.2.2.2 Princípio de Pareto.....	28
2.3 Melhoria Contínua e Metodologias.....	29
2.3.1 Lean Manufacturing.....	30
2.3.2 Relatório A3.....	31
2.3.3 Ferramenta 5W2H.....	32
2.4 Mapeamento De Processos.....	33
2.5 Laminados De Fibra De Vidro Na Indústria.....	40
2.5.1 Aplicações e importância no contexto industrial dos laminados.....	41
2.5.2 Tendências e inovações sobre laminados de fibra de vidro.....	42
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	44
4. RESULTADOS.....	48
4.1 Mapeamento Do Processo Produtivo E Identificação De Pontos Críticos.....	48
4.1.1 Controle de Qualidade na Empresa de Laminados: Métodos e Processos.....	52
4.2 Identificação E Análise De Problemas No Processo Produtivo De Laminados: Histórico De Perdas E Defeitos (2020-2023).....	53
4.2.1 Defeito de fabricação: Ar na cabeceira.....	57
4.2.2 Defeito de fabricação: Ar Lateral.....	58
4.2.3 Defeito de fabricação: Ar Superior.....	60
4.3 Relatório A3: Análise Detalhada Dos Principais Tipos De Defeitos Relacionados À Presença De Ar.....	61
4.3.1 Causas de Defeito por Ar Relacionadas aos Materiais.....	64
4.3.2 Causas de Defeito por Ar Relacionadas à Mão de Obra.....	65
4.3.3 Causas de Defeito por Ar Relacionadas às Máquinas.....	66
4.3.4 Causas de Defeito por Ar Relacionadas ao Meio ambiente.....	68
4.3.5 Causas de Defeito por Ar Relacionadas a Medida.....	69
4.3.6 Causas de Defeito por Ar Relacionadas ao Método.....	70
4.3.7 Análise da Causa Raiz e Plano de Ação.....	71
4.3.7.1 Análise da calibração das máquinas.....	73
4.3.7.2 Manutenção Preventiva na Máquina de Laminação.....	74
4.3.7.3 Treinamento para Operadores da Máquina Laminadora.....	75
4.3.7.4 Padronização da pressão da máquina de laminação.....	75

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
REFERÊNCIAS.....	81
ANEXO.....	88
APÊNDICE.....	89

1. INTRODUÇÃO

A indústria global de produção de laminados de fibra de vidro desempenha um papel importante em setores diversos, desde a construção civil até a fabricação de componentes automotivos, equipamentos aeroespaciais de alta tecnologia, e navais, entre outros (TAVARES, 2018; CARVALHO, 1992). A versatilidade e a utilidade do laminado de fibra de vidro, devido às suas propriedades mecânicas, elétricas e químicas, fazem dele um material amplamente empregado em diversas indústrias ao redor do mundo.

No entanto, apesar das vantagens intrínsecas, a fabricação desses laminados demanda uma abordagem complexa, influenciada por fatores como composição química, método de produção, e outros elementos internos e externos. A falta de controle adequado no processo produtivo pode resultar em produtos finais que não atendem aos requisitos de desempenho, segurança ou estética, levando a desafios significativos, como altas taxas de perdas devido à má qualidade dos laminados (LOPES; REZENDE, 2018).

Este trabalho tem como objetivo investigar, analisar e otimizar o controle de qualidade na produção de laminados de fibra de vidro descontínuos, com foco na redução das perdas e defeitos, particularmente os relacionados à presença de ar. O presente estudo foi realizado em uma indústria de laminados de fibra de vidro de médio porte, localizada em SC, referência nacional e internacional na fabricação de laminados de fibra de vidro. A necessidade de abordar essa problemática tornou-se evidente, devido a taxa de produtos totalmente não conformes (descarte) e produtos não conforme com desvio (aqueles que apresentam defeitos em alguns determinados pontos do laminado) próximo dos 20%, resultando no retrabalho de 1.980 unidades e descarte de 400 laminados somente no ano de 2022. Além das perdas de produtividade, isso gerou atrasos de pedidos, insatisfação de clientes, aumento de custos (mão de obra, matéria-prima e uso da infraestrutura) e impacto negativo na imagem do produto. Este laminado de fibra de vidro é amplamente utilizado no ramo rodoviário, com a fabricação de câmara fria para caminhões. Em 2022 a venda desse produto ficou acima das 9.000 unidades representando 47% do faturamento anual da organização.

As perdas por defeito no produto ou por processos ineficientes impactam negativamente a lucratividade e as chances das organizações se manterem competitivas. Para Graeml e Peinado (2007), as perdas são consideradas gastos que minimizam o rendimento durante o processo e afetam a qualidade do produto final. Por outro lado, Bornia, Kliemann e Neto (1994) afirmam que, se elas forem controladas de maneira eficaz, a organização desfrutará do aumento de produtividade, contando com o processo potencializado e capaz de atender a demanda com maior agilidade e qualidade.

Seguindo o pensamento de Slack, Chambers e Johnston (2011), o sucesso empresarial está associado ao desempenho dos processos, o alcance de metas e a satisfação dos clientes. Neste contexto, para as organizações se manterem no mercado, é essencial investir em meios para eficiência produtiva e competitividade, adotando estratégias que promovam a redução de custos e melhoria contínua.

A eficiência produtiva é definida como a capacidade da organização utilizar seus recursos da melhor maneira possível, de forma racional e coerente, minimizando os custos e os desperdícios. A eficiência produtiva pode ser afetada pela falta de controle, de mensuração e de acompanhamento dos processos, gerando retrabalhos, falhas e perdas durante o processo produtivo (SILVA, BARBOSA, 2002). Portanto, a gestão precisa concentrar esforços na implementação de práticas que garantam um controle efetivo, evitando assim o surgimento de retrabalhos e descartes desnecessários.

A melhoria da qualidade do processo produtivo se apresenta como uma possível solução dos problemas enfrentados diariamente com perdas e desperdícios de produção. Abordando essa questão, Ventris et al. (2022) utilizaram ferramentas de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), Controle Estatístico de Processo (CEP) e Diagrama de Ishikawa em busca da redução de desperdícios nos processos de concretagem de postes. Com as melhorias propostas e colocadas em prática, resultou na redução de 9,2% dos desperdícios e consequentemente na redução do *lead time* em 12%, quando comparados com meses anteriores. Tais ferramentas são amplamente conhecidas na área de gestão e controle da qualidade (PALADINI, 2002; PEINADO; GRAEML, 2007; ARAÚJO, 2007; OHNO, 1997; SHINGO, 1996; JURAN 1992). Outras ferramentas populares na área da qualidade são: método dos cinco porquês (GUINATO, 1996) e Princípio de Pareto (SALEME, 2008; LIKER, 2021).

O Relatório A3 é uma ferramenta muito utilizada na melhoria da qualidade, busca sintetizar informações complexas em um formato de uma única página, comumente no tamanho A3. Ele oferece uma visão holística do problema, incorporando análises detalhadas, identificação de causas raiz e propostas de soluções. Esta abordagem facilita a comunicação, a tomada de decisões e o acompanhamento das ações de melhoria. Diversos estudos citam o uso do Relatório A3 em diferentes contextos, tais como: uso da metodologia intitulada Relatório A3, Melhoria da qualidade na construção civil (CORTES; DE MORI, 2021); redução de não conformidades no processo de fabricação de portas de refrigeradores (VIANA, 2021), melhoria da produtividade de uma confecção (SILVA; VENTURA; CINTRA, 2018), gestão de documentos (SILVA et al., 2023), gestão de fornecedores (AZEVEDO, 2017), etc.

Abreu, Palma e Peixoto (2015) complementam o estudo propondo o gerenciamento da rotina para a gestão de melhoria contínua, o mesmo pode e deve ser aplicado em qualquer estrutura organizacional, através do controle sistêmico e da melhoria constante de cada microprocesso. Para isso, faz-se necessário a utilização de ferramentas da qualidade concomitantemente e o engajamento das pessoas envolvidas.

Diante da complexidade do problema da má qualidade dos laminados de fibra de vidro devido à presença de ar e das perdas significativas associadas, este estudo visa estabelecer objetivos gerais e específicos que nortearão a análise e melhoria do controle de qualidade, visando a redução de perdas e defeitos relacionados à ar.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Propor melhorias para o controle de qualidade na produção de laminados de fibra de vidro em processos descontínuos, visando sugerir ações para a minimização dos principais tipos de defeitos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Mapear o processo de fabricação intermitente de laminados de fibra de vidro descontínuos, identificando as etapas críticas e os pontos de controle de qualidade existentes;
- Analisar o histórico de perdas e defeitos registrados no período de 2020 a 2023, identificando os principais tipos de defeitos;
- Caracterizar os três principais tipos de defeitos mais recorrentes, e discorrer sobre seus impactos no processo produtivo;
- Elaborar um relatório A3, envolvendo colaboradores do processo produtivo, para identificar e analisar as causas raiz dos defeitos mais recorrentes;
- Propor um plano de ação destinado a minimizar as causas identificadas e, conseqüentemente, reduzir as perdas associadas a esses defeitos;

1.3 Estrutura Da Pesquisa

Esta pesquisa se desdobra em quatro seções distintas. A primeira seção trata da contextualização e apresentação do tema, discutindo o problema, os objetivos, a delimitação e a justificativa da pesquisa, destacando a necessidade de sua realização.

No segundo capítulo, é apresentado o embasamento teórico, explorando temas como gestão e controle da qualidade, a importância da melhoria contínua, ferramentas da qualidade, mapeamento de processos e uma compreensão aprofundada do produto laminado de fibra de vidro, incluindo sua relevância e aplicações.

No terceiro capítulo, a metodologia é detalhada, delineando a análise dos dados do processo produtivo e a formulação de melhorias.

O quarto capítulo apresenta a análise do processo produtivo, juntamente com a análise dos defeitos nos laminados de fibra de vidro, e as propostas de melhoria.

O quinto capítulo aborda as considerações finais da pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é realizado um levantamento teórico a respeito dos principais temas empregados neste trabalho de conclusão de curso. Inicialmente é apresentado o conceito central de gestão de processos e caracterizando o mapeamento de processos, a gestão da qualidade e a melhoria contínua. Além disso, ideais iniciais sobre a processo de laminação de laminados de fibra de vidro.

2.1. Processo Produtivo E Fluxo De Trabalho

Barros (2013) afirma que o processo produtivo é uma sequência de atividades planejadas e inter-relacionadas que transformam inputs, como matérias-primas, informações e recursos, em outputs, como produtos, serviços e resultados. É um elemento essencial para a criação de valor nas organizações, permitindo a entrega de bens e serviços aos clientes.

Segundo Peter Drucker (1999), o processo produtivo consiste em um conjunto de atividades organizadas e coordenadas, que visam transformar insumos em resultados valiosos. Essas atividades podem variar de acordo com a natureza da indústria e do produto em questão, mas em geral incluem etapas como aquisição de matérias-primas, transporte, armazenamento, transformação, montagem, embalagem e distribuição.

A definição das etapas do processo produtivo para Womack, Jones e Roos (1990) é fundamental para garantir que todas as atividades necessárias sejam contempladas de forma organizada e sistemática. Essas etapas podem variar de acordo com o tipo de produto ou serviço, mas geralmente, segundo Womack, Jones e Roos (1990) incluem atividades como:

a) Planejamento: Nesta etapa, são definidos os objetivos do processo produtivo, identificando os recursos necessários, as metas de produção e os prazos a serem cumpridos.

b) Aquisição de insumos: Os insumos necessários para o processo produtivo são adquiridos, incluindo matérias-primas, componentes, equipamentos, ferramentas e recursos humanos. Essa etapa envolve a gestão de fornecedores, a negociação de contratos e a seleção dos melhores recursos disponíveis.

c) Transformação: Nessa etapa, os insumos são processados ou transformados para gerar os produtos ou serviços finais. Isso pode envolver processos de fabricação, montagem, programação, design, entre outros, dependendo do setor e do produto em questão.

d) Controle de qualidade: Durante todo o processo produtivo, é importante realizar o controle e o monitoramento da qualidade para garantir que os produtos ou serviços atendam aos padrões estabelecidos. Isso pode ser feito por meio de inspeções, testes, amostragens e adoção de técnicas de gestão da qualidade.

e) Embalagem e armazenamento: Após a produção, os produtos são embalados adequadamente para proteção e apresentação. Além disso, é necessário armazená-los de forma apropriada até a distribuição ou entrega aos clientes.

f) Distribuição ou entrega: Nesta etapa, os produtos são distribuídos ou os serviços são entregues aos clientes. Isso pode envolver a logística de transporte, a gestão de estoques e a coordenação da entrega ou disponibilização do serviço contratado.

Rother e Shook (2003) afirmam que para que essas etapas sejam executadas de forma eficiente, é necessário o uso adequado de recursos, como máquinas, equipamentos, tecnologia e recursos humanos qualificados. O sequenciamento adequado das etapas é importante para garantir a fluidez do processo, evitando atrasos e gargalos que possam comprometer a produtividade.

O tempo de execução de cada etapa deve ser estimado e monitorado para garantir que o processo produtivo esteja dentro dos prazos estabelecidos. Para Erdmann (2000) o uso de ferramentas como cronogramas, diagramas de Gantt e técnicas de gerenciamento de projetos podem auxiliar nesse controle.

ABPMP (2013) diz que além disso, é fundamental implementar mecanismos de controle e monitoramento contínuos ao longo do processo produtivo. Isso pode incluir a definição de indicadores de desempenho, a realização de inspeções regulares, a coleta de dados e o uso de sistemas de informação para acompanhar o progresso e identificar possíveis desvios.

A abordagem de Lean Manufacturing, proposta por Liker (2021), enfatiza a eliminação de desperdícios e a maximização da eficiência do processo produtivo. Por meio da identificação e remoção de atividades que não agregam valor ao produto ou serviço final, o *Lean Manufacturing* busca criar fluxos contínuos de valor, reduzir o tempo de ciclo e aumentar a qualidade.

A cadeia de valor, segundo Porter (1989), descreve o processo produtivo como uma série de atividades interdependentes que agregam valor ao produto ou serviço. Porter divide a cadeia de valor em atividades primárias, como logística, produção e vendas, e atividades de suporte, como infraestrutura, recursos humanos e desenvolvimento tecnológico. Essa abordagem permite uma análise mais detalhada das atividades envolvidas no processo produtivo e auxilia na identificação de oportunidades de melhoria.

Georgakopoulos e Hornicko (1995) definem o fluxo de trabalho como uma representação visual e sequencial das etapas do processo produtivo, que ilustra a ordem das atividades e a interação entre elas. É uma ferramenta fundamental para compreender e otimizar os processos, permitindo uma visão clara do fluxo de trabalho em um formato fácil de entender.

Para Villela (2000) a representação visual do fluxo de trabalho é geralmente feita por meio de diagramas, fluxogramas ou notações específicas, como a BPMN (*Business Process Model and Notation*). Essas representações gráficas fornecem uma visualização clara das etapas do processo, dos participantes envolvidos e dos fluxos de informação e materiais entre as atividades.

No contexto do processo produtivo, Chaffey (1998) diz que o fluxo de trabalho descreve a sequência de atividades desde o início até a conclusão do processo. Cada etapa é representada por um símbolo ou retângulo, que descreve a natureza da atividade a ser realizada. Os símbolos podem indicar uma ação, uma decisão, um documento, uma espera ou uma interação com um participante.

Além disso, ainda para Chaffey (1998) as informações adicionais podem ser incluídas no fluxo de trabalho, como tempos estimados para cada atividade, responsabilidades dos participantes, documentos ou sistemas utilizados em cada etapa, entre outros detalhes relevantes para a compreensão e execução do processo.

Segundo Sharp e McDermott (2009) a representação visual e sequencial do fluxo de trabalho é valiosa por vários motivos. Ela permite uma visão geral das atividades envolvidas no processo produtivo, facilita a identificação de gargalos e ineficiências, ajuda na comunicação e colaboração entre os envolvidos e fornece uma base sólida para análise e melhoria contínua.

Seguindo o pensamento de Villela (2000) ao visualizar o fluxo de trabalho, é possível identificar etapas redundantes, atividades desnecessárias ou sequências

que podem ser otimizadas. A partir dessa análise, é possível propor mudanças, realocar recursos, melhorar a eficiência e reduzir custos. Além disso, a visualização do fluxo de trabalho auxilia na identificação de pontos críticos que requerem monitoramento e controle mais rigorosos.

2.1.1 Valor Agregado no Processo Produtivo

Para Womack e Jones (2003) o valor agregado é um conceito fundamental no campo dos negócios, desempenhando um papel crucial na diferenciação de produtos e serviços. Refere-se às atividades, características ou recursos adicionados a um produto ou serviço, com o objetivo de torná-lo mais atrativo e útil aos consumidores. Ao fornecer um valor agregado significativo, um produto ou serviço se destaca da concorrência, atrai a atenção do público-alvo e influencia a decisão de compra.

Adicionar valor pode ser alcançado de várias maneiras. Um dos principais aspectos é a qualidade. Segundo Porter (1992) Produtos de alta qualidade são percebidos como mais valiosos pelos consumidores. Isso envolve a adoção de rigorosos padrões de produção, o uso de materiais superiores e o controle de qualidade em todas as etapas do processo. Quando os consumidores têm a garantia de que estão adquirindo um produto ou serviço de qualidade, eles se sentem mais confiantes e dispostos a pagar um preço mais alto.

Seguindo ainda o pensamento de Porter (1992) outra forma de agregar valor é por meio da inovação. Ao introduzir novas ideias, tecnologias ou recursos inovadores, um produto ou serviço se torna mais atraente e diferenciado. A inovação pode se manifestar em diversos aspectos, como funcionalidade, design, usabilidade, eficiência ou sustentabilidade. Empresas que investem em pesquisa e desenvolvimento e estão abertas a novas abordagens têm mais chances de oferecer produtos e serviços inovadores, aumentando assim seu valor agregado.

Kotler e Armstrong (2017) afirmam que a personalização também desempenha um papel importante na adição de valor. Os consumidores valorizam a capacidade de personalizar um produto ou serviço de acordo com suas preferências individuais. Isso pode ser alcançado por meio de opções de customização, como escolha de cores, tamanhos, recursos adicionais ou até mesmo serviços complementares. Ao permitir que os consumidores personalizem sua experiência, as

empresas criam um senso de exclusividade e satisfação, elevando o valor percebido.

Porter (1992) em seu livro destaca que o atendimento ao cliente excepcional é outra forma de agregar valor. Os consumidores desejam sentir-se valorizados e apoiados durante toda a jornada de compra. Um atendimento eficiente, amigável e personalizado pode fazer toda a diferença na percepção de valor. Empresas que investem em treinamento de equipe, implementam processos eficazes de suporte e estão prontas para resolver problemas rapidamente têm mais chances de criar uma experiência positiva e, conseqüentemente, adicionar valor ao produto ou serviço oferecido.

Harrington (1993) explica que a marca e a reputação também influenciam o valor agregado. Uma marca forte e uma boa reputação transmitem confiança e credibilidade aos consumidores. A confiança associada a uma marca renomada pode influenciar positivamente a decisão de compra, pois os consumidores acreditam que estão adquirindo um produto ou serviço de qualidade superior. Empresas que investem na construção de uma marca sólida e trabalham para manter uma boa reputação têm maior probabilidade de agregar valor aos seus produtos ou serviços.

Ainda para Harrington (1993) a sustentabilidade é um aspecto cada vez mais relevante na adição de valor. À medida que os consumidores se tornam mais conscientes do impacto ambiental e social de suas escolhas, eles valorizam produtos e serviços que demonstram práticas sustentáveis. Utilizar materiais recicláveis, adotar processos de produção eco-friendly e implementar medidas de responsabilidade social corporativa são exemplos de como as empresas podem agregar valor ao considerar a sustentabilidade como parte de sua estratégia.

Por outro lado, segundo Ritzman e Krajewski (2004), temos as atividades que não agregam valor, é importante identificar os elementos ou características que não são essenciais ou relevantes para atender às necessidades dos clientes. A fim de garantir a eficiência e a otimização dos recursos, é necessário eliminar o que não agrega valor aos produtos.

Nesse sentido, Antunes (2008) diz que a metodologia *Lean Manufacturing* é conhecida por sua abordagem de eliminação de desperdícios para maximizar a eficiência e a eficácia nos processos produtivos. Dentro desse contexto, são identificados sete principais desperdícios, também conhecidos como "os sete

desperdícios", que são alvos de redução ou eliminação. Esses desperdícios representam atividades, processos ou recursos que não agregam valor ao produto final, resultando em perda de tempo, recursos e custos desnecessários.

Segundo Ohno (1997) O primeiro desperdício é a superprodução. Isso ocorre quando são produzidos mais produtos do que a demanda real. A superprodução resulta em excesso de estoque, ocupação desnecessária de espaço e desperdício de recursos. Além disso, pode levar a problemas como obsolescência de produtos e dificuldade na identificação de problemas e implementação de melhorias.

Shingo (1996) determina que o segundo desperdício é o tempo de espera. Isso ocorre quando pessoas, máquinas ou recursos ficam ociosos aguardando a realização de atividades produtivas. O autor afirma ainda que o tempo de espera pode ser causado por fluxos de trabalho ineficientes, falta de coordenação ou sincronização inadequada. Esse desperdício resulta em perda de produtividade e eficiência, podendo afetar a capacidade de atender às demandas dos clientes de forma ágil e efetiva.

Outro desperdício é o transporte desnecessário. Segundo Antunes (2008) isso ocorre quando há movimentação excessiva de produtos, materiais ou componentes durante o processo produtivo. O transporte desnecessário não agrega valor ao produto final e aumenta o risco de danos, perdas e atrasos. Reduzir a necessidade de transporte e otimizar o fluxo de materiais é essencial para eliminar esse desperdício.

O quarto desperdício é o excesso de processamento. De acordo Guinato (1996) esse desperdício acontece quando são realizadas etapas, tarefas ou processos que não são essenciais para o produto final. O excesso de processamento resulta em desperdício de tempo, recursos e custos desnecessários. Para Antunes (2008) simplificar e otimizar os processos produtivos, eliminando etapas redundantes ou que não agregam valor, é fundamental para evitar esse desperdício.

O próximo desperdício é o estoque excessivo. Shingo (1996) afirma que quando há um acúmulo de produtos acabados, matérias-primas ou componentes além do necessário, ocorre esse desperdício. Ainda para o autor o estoque excessivo aumenta os custos de armazenamento, dificulta a identificação de problemas de qualidade e pode levar à obsolescência de produtos. Reduzir o estoque para níveis adequados é essencial para eliminar esse desperdício.

O sexto desperdício é o movimento desnecessário. Riani (2006) diz que o movimento desnecessário aumenta o risco de acidentes, desgaste físico e perda de produtividade. Organizar os fluxos de trabalho e o layout do local de trabalho de forma eficiente é crucial para eliminar esse desperdício.

O desperdício de defeitos ocorre quando há produtos ou serviços que não atendem aos padrões de qualidade ou apresentam defeitos. Segundo Rodrigues (2016) o desperdício de defeitos resulta em retrabalho, descarte de produtos, insatisfação do cliente e custos adicionais. Investir em controle de qualidade efetivo e processos de produção robustos é fundamental para eliminar esse desperdício.

2.2 Gestão E Controle Da Qualidade

Segundo Montgomery (2004), a qualidade pode ser definida de várias maneiras, dependendo do contexto ou da posição em que é aplicada. No entanto, o conceito fundamental de qualidade envolve a ideia de que tanto os produtos quanto os serviços devem atender às exigências de todos os consumidores (clientes).

Campos (2004) reitera que a função da qualidade está ligada a satisfação de todos os clientes de uma empresa, tanto internos quanto externos. Isso significa que as empresas não apenas fornecem produtos e serviços que buscam a satisfação do consumidor final, com ausência de defeitos e cumprimento de prazos, mas também oferecem aos seus colaboradores (diretos ou terceirizados) uma experiência de trabalho com qualidade. Isso envolve operações confiáveis, treinamentos para um bom desempenho de suas funções, remuneração justa, benefícios e um ambiente de trabalho agradável.

Para Oliveira (2006), uma responsabilidade fundamental da empresa é garantir a qualidade de seus produtos e serviços. No entanto, para que isso ocorra de forma rentável, é essencial que a qualidade seja incorporada internamente. Existe uma interdependência nesse contexto, pois a qualidade dos produtos ou serviços de uma empresa está diretamente ligada à qualidade interna da organização. Para alcançar o máximo de qualidade, é necessário contar com uma equipe de colaboradores treinados e conscientes dos objetivos da empresa, além de um processo de produção controlado.

Selemer e Stadler (2008) argumentam que a qualidade não pode ser vista como uma opção para as organizações, já que a concorrência utiliza a qualidade como um meio de melhorar o potencial de seus produtos.

De acordo com Carvalho e Paladini (2012), garantir que os produtos ou serviços de uma empresa atendam aos padrões de qualidade requer profissionais que compreendam a totalidade dos processos. Ter conhecimento sobre os métodos e ferramentas de controle de qualidade é essencial para tomar decisões informadas.

Para alcançar os resultados desejados na gestão da qualidade, é importante seguir procedimentos bem estabelecidos. Os métodos e ferramentas desenvolvidos para apoiar as empresas na busca pela excelência na qualidade apresentam diferentes conceitos, como definido a seguir:

Podemos definir, então, método como a sequência lógica empregada para atingir o objetivo desejado, enquanto ferramenta é o recurso utilizado no método. Portanto, o que resolve os problemas nos processos produtivos e operacionais é o método, e não a ferramenta ou as ferramentas. (SELEME E STADLER, 2010, p. 26).

Selene e Stadler (2010) destacam que o uso de métodos e ferramentas tem um impacto significativo na qualidade de produtos e processos, gerando resultados de grande importância.

2.2.2 Análise da Causa Raiz

A Análise de Causa Raiz (ACR) é um processo que visa investigar e identificar as causas fundamentais de um problema, a fim de tomar ações corretivas apropriadas. Segundo Araújo (2007), seu objetivo é descobrir o que aconteceu, por que aconteceu e o que fazer para evitar a recorrência do problema. Ao contrário de abordar apenas as causas contribuintes ou agravantes do problema, a ACR busca identificar a causa raiz, que é aquela causa fundamental sem a qual o problema não existiria. Ao eliminá-la por meio de ações corretivas, o problema é resolvido de forma definitiva e não voltará a ocorrer.

Embora a ACR seja uma abordagem retrospectiva, realizada após o problema ter ocorrido, seu objetivo, conforme afirmado por Dumas (2013), é prevenir eventos adversos futuros. Portanto, apesar de se concentrar na análise de erros passados, seu propósito é evitar a repetição de problemas semelhantes no futuro, melhorando assim a qualidade e a eficácia dos processos.

Ghinato (1996) destacam algumas características da análise de causa raiz, que são as seguintes:

- Auxilia na identificação do que aconteceu, por que aconteceu e como aconteceu.
- Tem como objetivo prevenir a recorrência do problema.
- Resulta na implementação de ações eficazes para evitar futuras recorrências.

Ao realizar uma análise de causa raiz, é fundamental investigar além dos sintomas óbvios do problema, buscando identificar as causas subjacentes que contribuíram para sua ocorrência. Isso envolve examinar as várias camadas e fatores envolvidos, como processos, procedimentos, pessoas, equipamentos e sistemas.

Gonçalves (2000) apresenta os seguintes objetivos para (ACR):

- Eliminar as causas presumíveis relacionadas a problemas de desempenho, como procedimentos, pessoas, equipamentos e processos.
- Descartar as causas presumíveis e aparentes que não são sustentadas por dados coletados do problema.
- Selecionar as causas que precisam ser verificadas para determinar sua validade.
- Identificar a causa raiz e as causas contribuintes do problema, que exigem ações corretivas.

A ACR segue uma abordagem lógica, que envolve a coleta e análise de dados relevantes, a aplicação de técnicas como diagrama de Ishikawa (espinha de peixe), diagrama de Pareto e os famosos "5 Porquês". Essas técnicas auxiliam na identificação das relações de causa e efeito, ajudando a desvendar as causas fundamentais por trás do problema.

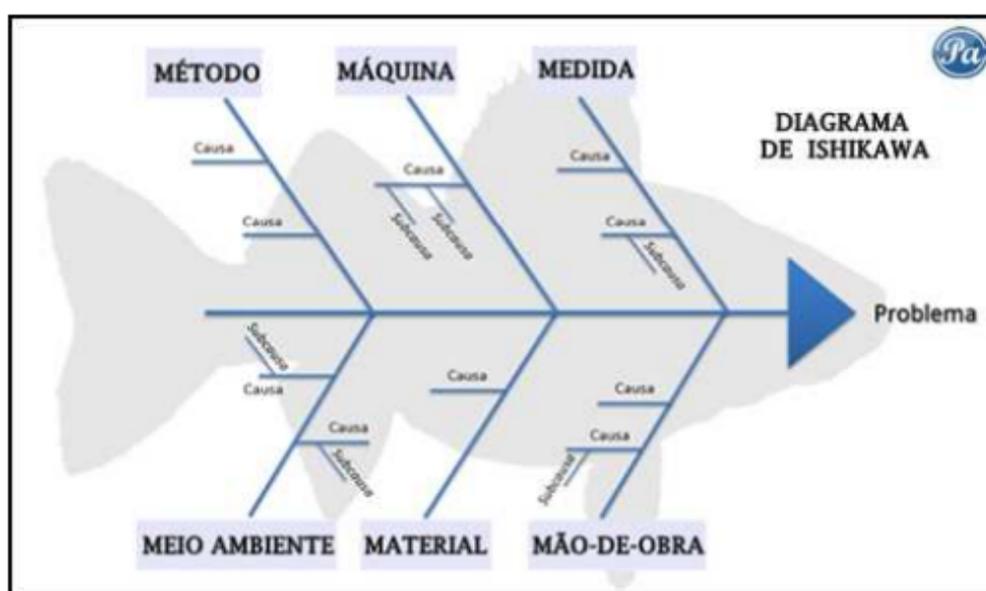
2.2.2.1 Diagrama de Ishikawa

Segundo Ohno (1997) o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Espinha de Peixe, é uma ferramenta visual utilizada para identificar e analisar as possíveis causas de um problema ou

efeito indesejado. Ele foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa, um renomado engenheiro japonês, na década de 1960.

A estrutura do Diagrama de Ishikawa é baseada em uma representação gráfica de uma espinha de peixe, na qual o efeito indesejado é colocado na cabeça do peixe e as principais categorias de causas potenciais são colocadas nas espinhas principais. Entretanto, para Shingo (1996) essas categorias podem variar de acordo com o problema em questão, mas algumas das mais comuns são: Método, Mão de obra, Material, Máquina, Medição e Meio ambiente, como mostra a figura 01.

Figura 01 – Diagrama de Ishikawa, espinha de peixe ou de causa e efeito



Fonte: Bezerra (2014)

Ainda para Shingo (1996) cada uma dessas espinhas principais pode ser expandida, criando espinhas secundárias e terciárias, representando causas mais detalhadas e específicas dentro de cada categoria. A ideia é explorar sistematicamente todas as possíveis causas relacionadas ao problema, de forma a identificar as causas raiz e desenvolver ações corretivas adequadas.

Ao utilizar o Diagrama de Ishikawa, é importante seguir algumas etapas básicas. Guinato (1996) explica que, primeiro, deve-se definir claramente o problema ou efeito indesejado a ser analisado. Em seguida, a equipe envolvida deve identificar as principais categorias de causas relacionadas ao problema. Posteriormente, cada categoria é detalhada e explorada em busca de possíveis causas específicas. É

importante que todas as ideias e contribuições sejam registradas, sem descartar nenhuma possibilidade inicialmente.

Liker (2021) afirma que uma vez que todas as causas tenham sido identificadas e analisadas, a equipe pode avaliar a importância e a influência de cada causa potencial. Isso pode ser feito por meio de ferramentas como a Matriz de Priorização ou outras técnicas de análise de impacto. Rodrigues (2016) complementa falando que com base nessa avaliação, as ações corretivas podem ser planejadas e implementadas para lidar com as causas raiz identificadas.

Para Rodrigues (2016) o Diagrama de Ishikawa é amplamente recomendado como uma ferramenta eficaz para análise de problemas e melhoria contínua. Ele promove a participação de equipes, estimula a criatividade e facilita a identificação das causas raiz que podem estar afetando negativamente os processos ou resultados desejados.

2.2.2.2 Princípio de Pareto

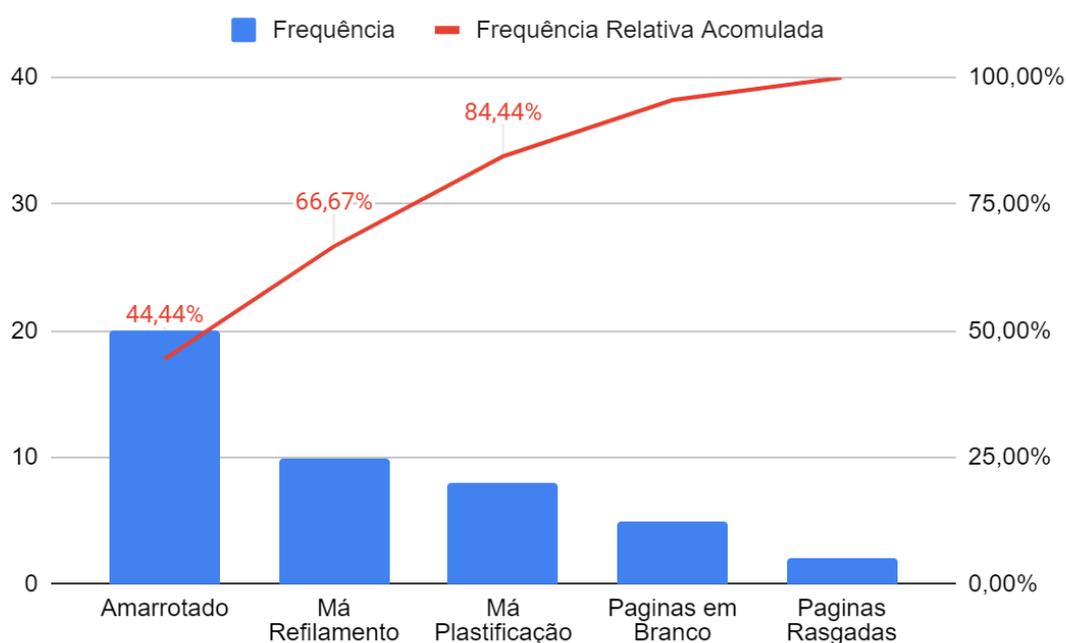
De acordo com Saleme (2008) o diagrama de Pareto é uma representação gráfica composta por barras verticais, que apresenta informações de maneira clara e evidente. Por meio deste diagrama, é possível identificar e estabelecer metas numéricas viáveis de serem alcançadas. As informações exibidas no diagrama de Pareto permitem uma compreensão visual das principais contribuições ou causas que influenciam um determinado resultado ou problema. Isso possibilita a priorização e o direcionamento de esforços para as áreas mais relevantes, resultando em ações mais efetivas e eficientes. Para Painado e Graeml (2007) o diagrama de Pareto é uma ferramenta valiosa na análise de dados e na tomada de decisões, pois oferece uma visão clara das prioridades e das oportunidades de melhoria.

Liker (2021) comenta que o princípio de Pareto foi formulado por Joseph Juran no ano de 1950, com base na teoria de interação entre massas e elite, também conhecida como "Teorias das Elites", desenvolvida pelo sociólogo e economista italiano Vilfredo Pareto. Juran utilizou as ideias de Pareto para aplicá-las no campo da gestão da qualidade e da melhoria contínua. Essa abordagem busca identificar e priorizar as causas ou ações que geram os maiores impactos nos resultados desejados. Ainda para Liker (2021) Ao entender a desigualdade na

distribuição de causas e efeitos, Juran desenvolveu estratégias e técnicas para maximizar a eficiência e a eficácia dos processos organizacionais. O princípio de Pareto, assim, se tornou uma ferramenta valiosa na busca por melhorias e excelência nas organizações.

Juran (1992), um renomado especialista em qualidade, analisou a teoria de Pareto e a aplicou ao campo da qualidade, conhecida como "regra 80-20". Essa regra estabelece que 20% das causas mais significativas são responsáveis por 80% dos defeitos, enquanto que 80% das causas menos relevantes são responsáveis por apenas 20% dos defeitos. Essa relação é exemplificada na Figura 02.

Figura 02 - Exemplo de um diagrama de Pareto



Fonte: Autor (2023)

Na figura 02 podemos observar o gráfico de Pareto de alguns defeitos identificados no processo. Nele visualizamos com clareza que o defeito "Amarrotado" é o que mais se repete no estudo e onde a empresa deve focar seus esforços em solucionar ou diminuir esse defeito.

2.3 Melhoria Contínua e Metodologias

Para Kipper (2011) a melhoria contínua é uma abordagem metodológica que visa aprimorar constantemente os processos e operações de uma organização.

Essa metodologia segue uma estrutura sistemática, buscando identificar oportunidades de aperfeiçoamento, estabelecer metas claras, implementar ações de melhoria e monitorar os resultados alcançados. Por meio da análise de dados, feedback dos clientes, engajamento dos colaboradores e uso de ferramentas como o mapeamento de processos e a análise de causa e efeito, a melhoria contínua permite que a organização identifique e solucione problemas, reduza desperdícios, aumente a eficiência e a qualidade, buscando sempre a excelência operacional.

Existem diversas ferramentas amplamente utilizadas para melhorar os processos produtivos em diferentes setores e organizações. Essas ferramentas são projetadas para identificar e solucionar problemas, otimizar fluxos de trabalho, aumentar a eficiência e garantir a qualidade do produto ou serviço.

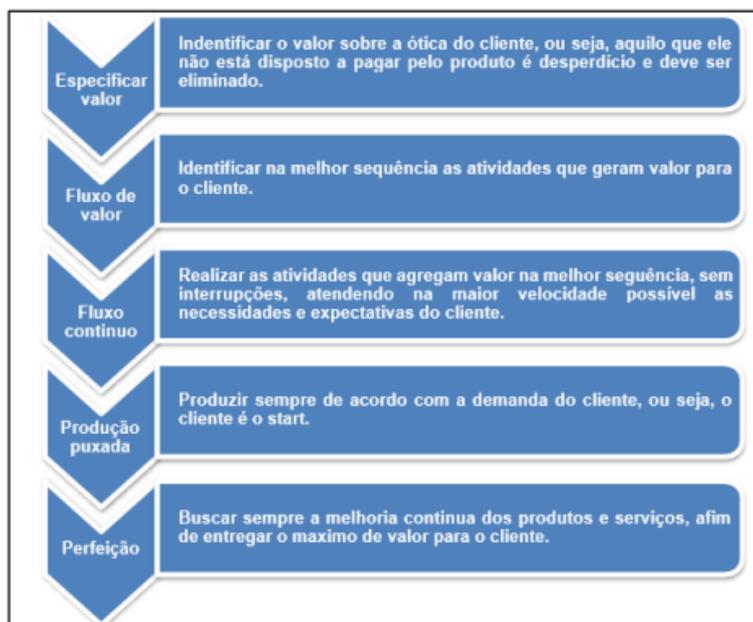
2.3.1 *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing ou Produção Enxuta teve início no Japão após o término da Segunda Guerra Mundial em 1945. Ohno (1997) explica que naquela época, as indústrias japonesas enfrentavam baixa produtividade e escassez de recursos. A Toyota, percebendo a necessidade de se recuperar no mercado, desenvolveu o Sistema Toyota de Produção.

Rodrigues (2016) afirma que o Sistema Toyota de Produção é caracterizado por uma abordagem de produção enxuta, com o propósito de eliminar desperdícios, promover a organização no ambiente de trabalho, gerenciar a qualidade por meio da melhoria contínua e eliminar atividades que não agregam valor.

Segundo os autores Womack, Jones e Roos (2007) a filosofia do Lean Manufacturing se baseia em princípios que visam reduzir desperdícios, otimizar processos e proporcionar maior valor ao cliente. Esses princípios, conhecidos como os pilares do Lean, incluem valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, puxar e busca pela perfeição, conforme exemplificado na FIGURA 03. Ao aplicar esses princípios de forma integrada, busca-se maximizar os resultados e minimizar as perdas.

Figura 03 - Os 5 princípios de Lean Manufacturing



Fonte:Womack, Jones e Roos (2007)

Como mencionado anteriormente, o conceito de lean teve sua origem considerando sete tipos de desperdícios. No entanto Gonçalves (2000) explica que em um mundo complexo e globalizado, onde o fator humano desempenha um papel crucial no sucesso ou fracasso das organizações, novos autores adaptaram esse conceito, adicionando um oitavo desperdício: o desperdício de capital humano. Esse desperdício ocorre quando trabalhadores com habilidades e conhecimentos significativos são subutilizados em tarefas simples e rotineiras, o que impede que eles contribuam plenamente com seu potencial.

2.3.2 Relatório A3

Dennis (2010) destaca que o termo "A3" refere-se ao tamanho internacional de uma folha de papel, medindo 297 por 420mm. No contexto do Sistema Toyota de Produção, o A3 é uma ferramenta amplamente utilizada para qualidade, consistindo na apresentação de um problema ou projeto em uma única folha de papel, que inclui todas as informações relevantes, como gráficos, ações de contenção, análises e figuras.

Shook (2008) ressalta que o relatório A3 desempenha um papel significativo especialmente na área de engenharia de processos, promovendo eficácia e

eficiência organizacional. A força do relatório não reside apenas nele mesmo, mas na cultura e na mentalidade desenvolvidas para implementar essa filosofia.

Seguindo o pensamento de Shook (2008), os gerentes podem utilizar o pensamento A3 para orientar, ensinar, atribuir responsabilidades, manter controle e prestação de contas, obter planos dos subordinados e orientar colaboradores. As organizações podem aplicar esse pensamento para tomar decisões, atingir objetivos, alinhar equipes e promover aprendizado visando eficiência, eficácia e melhorias.

Para Dennis (2010) o A3 atua tanto como ferramenta de resolução de problemas quanto como um processo estruturado para criar solucionadores de problemas. Propaga o método científico, forçando a observação da realidade, apresentação de dados, proposição de contramedidas e acompanhamento com base nos resultados reais.

Shook (2008) explica que o relatório inclui elementos como título, responsável/data, contexto, condições atuais, objetivos/metasp, análise, contramedidas propostas, plano e acompanhamento. Esses elementos são dispostos de forma sequencial e causal, contando uma história completa que inicia com o contexto e a definição do problema até sua resolução.

2.3.3 Ferramenta 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta de gestão desenvolvida para solucionar problemas nos processos metodológicos das empresas. Segundo Lucinda (2010), essa ferramenta funciona como um checklist de atividades claras e definidas a serem realizadas em um projeto. Ela simplifica as atividades diárias, auxiliando no planejamento, distribuição de tarefas, definição de itens em um plano de ação, além de permitir o registro e estabelecimento de prazos para sua conclusão.

De acordo com Araújo (2017), o 5W2H é valioso para quem deseja implementar um plano de ação de melhorias, oferecendo uma maneira estruturada, elaborada e precisa de organizar pensamentos. Lucinda (2010) esclarece que 5W2H refere-se às iniciais de sete perguntas que devem ser respondidas para eliminar dúvidas sobre o que deve ser feito. Essas iniciais em inglês correspondem a "*What*"

(o que), "Why" (por que), "Where" (onde), "When" (quando), "Who" (quem), "How" (como) e "How much" (quanto custa).

A ferramenta tem a capacidade de identificar os responsáveis pelas atividades, o que deve ser feito, o tempo necessário, o custo associado, a justificativa por trás das ações e o cronograma para sua realização. O Quadro 1, adaptado de Lucinda (2010), apresenta de forma didática cada uma dessas perguntas.

Quadro 1 - Princípios do método 5W2H

5W	What	O Que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why	Por que?	Porque a ação será executada?
2H	How	Como?	Como será executada a ação
	How much	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: Adaptado de Lucinda (2010)

Para aplicar o plano de ação com o 5W2H, conforme indicado no Quadro 1, é necessário responder à pergunta "O que?" para definir o objetivo da ação. Em seguida, justificar o motivo da realização da ação, determinar o local, o prazo de execução e o responsável pela atividade. Após esclarecer essas questões, é preciso planejar como a atividade será realizada e, por fim, determinar o orçamento para sua conclusão.

2.4 Mapeamento De Processos

Para Hunt (1996) a ideia de mapeamento de processos foi desenvolvida e implementada pela primeira vez na General Eletric (GE) por volta dos anos 80, onde utilizou como estratégia para a melhoria contínua dos seus processos produtivos. Fluxogramas e textos de apoio eram usados para descrever cada etapa importante da produção.

No entanto, Johansson et al. (1995) afirma que o mapeamento de processos começou bem antes disso com Taylor e a seus estudos de melhores métodos para realizar uma tarefa específica. As primeiras técnicas observadas e registradas foram, o diagrama de fluxo, o diagrama de cadeia, o diagrama de movimento, os registros fotográficos, os gráficos de atividades múltiplas e os gráficos de processo.

O processo de mapear para Kipper et al. (2011) é basicamente fazer um desenho inicial e entender a sequência de processos e como elas se inter-relacionam. Dessa forma, é possível identificar de maneira visual as principais etapas e decisões em um fluxo de trabalho. Complementando, Barbrow e Hartline (2015) descrevem que o mapeamento de processos rastreia o fluxo de informações, materiais e documentos envolvidos no processo. Além disso, busca explicar tarefas, decisões e ações importantes e necessárias para determinado momento.

Com isso, Vergidis, Tiwari e Maieed (2008) definem o mapeamento de processo como a habilidade de identificar, entender e documentar as atividades de uma organização de forma simples, clara e padronizada. Essa ferramenta de gestão tem como finalidade auxiliar na melhoria dos processos já existentes, segundo Harrington (1993) é com o mapeamento de processos que se adquire conhecimento necessário para o aperfeiçoamento da atividade.

É indispensável para todas as organizações a busca incessante pela eficácia de seus processos e o controle total de suas operações. Para isso, Santos et al. (2015) explica outra vantagem da utilização do mapeamento de processos, a identificação de possíveis falhas que levam ao erro, gerando retrabalho e perda na eficiência produtiva.

Para Leal (2003) cada empresa apresenta atividades distintas e particulares, portanto as técnicas de mapeamento de processos devem ser selecionadas de acordo com os objetivos do trabalho e características do processo. Hunt (1996) diz que a escolha assertiva gera benefícios, como, redução nos custos de desenvolvimento de serviços e produtos, redução de falhas na integração de sistemas, melhor compreensão do processo e a melhoria nas operações das empresas.

O primeiro passo para desenvolver o mapeamento do processo, segundo Cruz (2004), é analisar os macrofluxos dando a base necessária para o conhecimento e entendimento do processo, e assim, possibilitando aprofundar e buscar o potencial de melhoria.

Segundo Kipper et al. (2011) a coleta de dados e informações relevantes deve ser realizada com os responsáveis pelo processo na organização, buscando identificar todas as atividades executadas pela gerência, seus responsáveis e suas interações.

Davies, Brady e Hobday (2007) apontam que se houver o cuidado especial com a estruturação e formalização do processo, as empresas tendem a atingir seus objetivos de melhorias, organizando de forma ótima as atividades que requerem fornecedores e clientes, sejam eles internos ou externos.

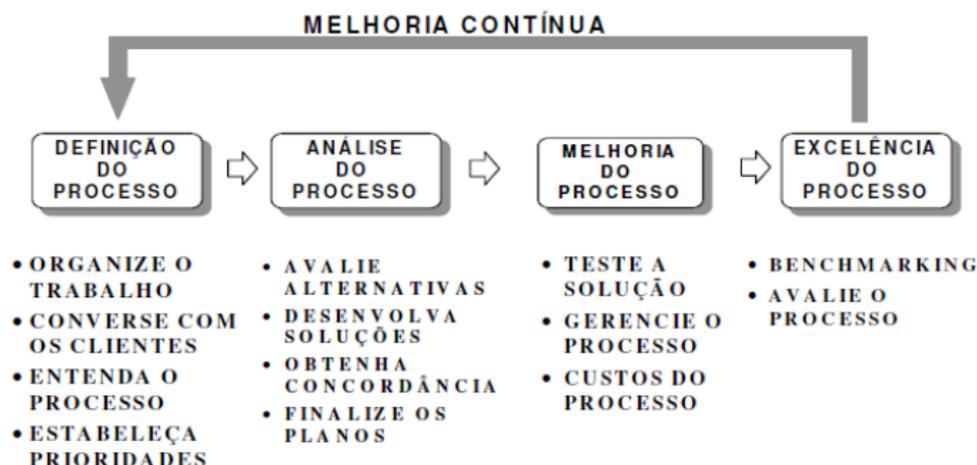
Desse modo Davenport (1994) traz em sua pesquisa quatro motivos para uma organização documentar ou formalizar seus processos, antes de propor qualquer tipo de melhoria, são elas, (i) conhecer os processos atuais ajuda estimar o valor da melhoria, (ii) Facilita a comunicação entre gestores, (iii) não é possível propor melhorias sem o conhecimento do processo atual, (iv) o reconhecimento de problemas existentes no atual processo pode ajudar a evitar sua repetição no novo processo.

Dito isso, Müller (2003) menciona as três principais etapas do mapeamento de processos:

- Identificação dos processos e objetivos, fornecedores, clientes e resultado esperado;
- Documentação do processo por meio de entrevistas;
- Converter esse conhecimento em representação visual.

Ottoboni e Pagni (2003) ressaltam que a realização do mapeamento já fornece informações "instantâneas" direcionando para possíveis pontos de melhoria do processo analisado. Além disso, Campos (2009) complementa dizendo que essa atividade possibilita a fazer o desdobramento dos indicadores de desempenho e a implantação das soluções propostas (figura 04).

Figura 04 - Esquema organizacional da melhoria contínua



Fonte: Campos (2009)

A melhoria de processos engloba uma série de análises das entradas e saídas do processo, para isso podemos utilizar o fluxograma. Slack, Chambers e Johnston (2009) explicam que o fluxograma fornece uma visão detalhada de cada atividade, a lógica de execução dos processos e os setores responsáveis e envolvidos.

Vale deixar claro que, para Slack, Chambers e Johnston (2009), mesmo que um processo ou uma determinada atividade seja projetada e suas operações planejadas e controladas, a tarefa não está totalmente finalizada. Todas as operações, não importa quão bem gerenciadas sejam, podem ser melhoradas.

Com isso, Tuai (2006) afirma que para mapear os processos existe, em geral, duas formas: a primeira maneira é ter uma equipe com colaboradores dedicados a realizar entrevistas internas (gestores, líderes, diretores, representantes internos...) e externas (clientes, fornecedores, acionistas...), arquivar todas essas informações coletadas e visitar as partes interessadas para revisar e confirmar a exatidão de seus mapas. A segunda forma é reunir todos os stakeholders em uma sala e atuar na criação de do mapa de processos, caso a empresa ainda não possua seus processos formalizados e mapeados.

Segundo estudos de Barbrow e Hartline (2015), mostram os principais fatores que influenciam e contribuem para o sucesso do mapeamento, são, os atributos relacionados ao processo escolhido, aos participantes e a abordagem de mapeamento selecionada.

No decorrer dos dias, meses e anos, Castellanos et al. (2006) afirma que é possível notar diferenças, e os processos acabam divergindo-se dos modelos mapeados. Isso por conta da evolução da organização, tanto a infraestrutura como nós novos objetivos. É importante então, realinhar o mapa de acordo com as atualizações industriais, analisar o que precisa mudar para que o mapeamento permaneça igual aos processos executados. Depois desse alinhamento, o ciclo continua e inicia uma nova busca pela melhoria do processo e oportunidade de crescimento.

Dumas et al, (2013) diz que as ferramentas de mapeamento de processos são fundamentais para melhorar a compreensão e a gestão dos processos de uma organização, permitindo uma análise detalhada e uma busca constante por melhorias e eficiência. Para Castellanos et al. (2006), de acordo com cada processo, pode-se, utilizar diversas ferramentas, de acordo com estágios, níveis ou finalidades de modelagem, como mostra a Figura 05:

Figura 05 - Notações de modelagem de processos

Notação	Descrição
BPMN (<i>Business Process Model and Notation</i>)	Padrão criado pelo <i>Object Management Group</i> , útil para apresentar um modelo para públicos-alvo diferentes
Fluxograma	Originalmente aprovado como um padrão ANSI (<i>American National Standards Institute</i>), inclui um conjunto simples e limitado de símbolos não padronizados; facilita entendimento rápido do fluxo de um processo
EPC (<i>Event-driven Process Chain</i>)	Desenvolvido como parte da estrutura de trabalho ARIS, considera eventos como "gatilhos para" ou "resultados de" uma etapa do processo; útil para modelar conjuntos complexos de processos
UML (<i>Unified Modeling Language</i>)	Mantido pelo <i>Object Management Group</i> , consiste em um conjunto-padrão de notações técnicas de diagramação orientado à descrição de requisitos de sistemas de informação
IDEF (<i>Integrated Definition Language</i>)	Padrão da <i>Federal Information Processing Standard</i> dos EUA que destaca entradas, saídas, mecanismos, controles de processo e relação dos níveis de detalhe do processo superior e inferior; ponto de partida para uma visão corporativa da organização
<i>Value Stream Mapping</i>	Do <i>Lean Manufacturing</i> , consiste em um conjunto intuitivo de símbolos usado para mostrar a eficiência de processos por meio do mapeamento de uso de recursos e elementos de tempo

Fonte: ABPMP (2013) p. 79.

Os mapas de processo são, segundo Araújo (2011), as principais ferramentas para realizar um estudo de processo cujo principal objetivo é garantir a fluidez do

processo e manter os limites de decisão em princípios que não permitem a ineficiência e ineficácia de todo o processo. Por isso, cita outros desafios no momento do mapeamento:

- Identificar a utilidade de cada etapa do processo;
- Verificar as vantagens em alterar a sequência;
- Adequar as operações (passos) às pessoas;
- Identificar a necessidade de treinamento.

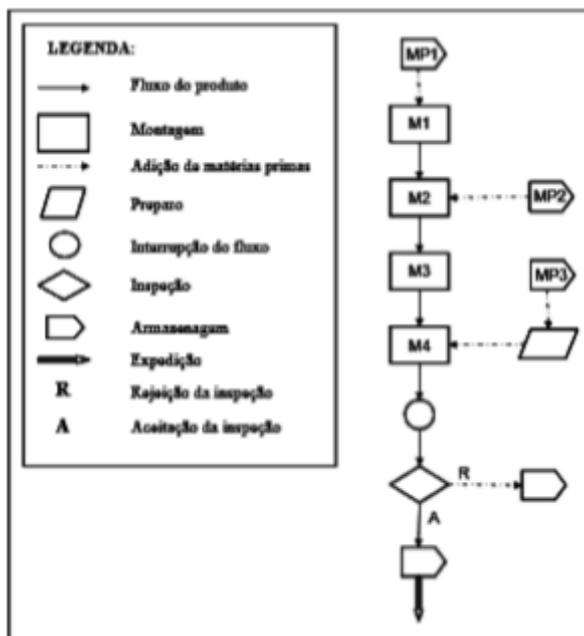
O fluxograma é uma técnica amplamente utilizada para o mapeamento de processos. Oakland (1994) define que o fluxograma é uma representação gráfica que mostra as diferentes etapas de um processo, com o objetivo de facilitar o entendimento e a visualização do mesmo. Segundo Gonçalves e Laruccia (2013), o fluxograma é uma ferramenta muito útil no gerenciamento de processos, pois permite identificar gargalos, desperdícios e oportunidades de melhoria. O fluxograma é utilizado em diversas áreas, como administração, engenharia, medicina, entre outras.

Ao elaborar um fluxograma, é necessário definir as atividades a serem realizadas, as entradas e saídas do processo, os responsáveis por cada atividade, o tempo de espera e o prazo para a execução das atividades. Segundo Chiavenato (2011), o fluxograma contribui para o controle do processo, uma vez que possibilita a identificação de falhas e a implantação de medidas corretivas.

Outro autor que destaca a importância do fluxograma é Araújo (2007), que afirma que esta ferramenta permite a simplificação e a padronização dos processos, facilitando a comunicação entre as áreas envolvidas e favorecendo a gestão da qualidade. Além disso, o fluxograma pode ser utilizado para treinamento de novos colaboradores e para a documentação dos procedimentos.

A figura 06 evidencia uma representação básica do fluxograma.

Figura 06 - Exemplo de Fluxograma



Fonte: Paladini (2002)

Porém, Barros (2013) ressalta a importância do fluxograma ser elaborado de forma clara e objetiva, para evitar interpretações equivocadas e garantir a eficácia das medidas adotadas. Para isso, é recomendável que seja revisado regularmente e atualizado sempre que houver alterações no processo.

Por fim, para Paim (2009) o fluxograma é uma ferramenta valiosa no gerenciamento de processos, sendo utilizado para simplificar, padronizar, controlar e melhorar as atividades envolvidas em um processo. Dessa forma, a sua elaboração e utilização devem ser realizadas de forma cuidadosa e sistemática, visando garantir a sua efetividade.

Barros (2013) mostra em seu estudo a simbologia de fluxograma da Padrão ANSI (*American National Standards Institute*), ela é amplamente utilizada para representar diferentes elementos e ações em um fluxograma. Essa padronização fornece uma linguagem visual consistente e universalmente reconhecida para facilitar a compreensão e a comunicação de processos. A seguir alguns dos símbolos mais comuns utilizados no fluxograma da Padrão ANSI para Barros (2013):

1. Terminal: Representado por um retângulo arredondado, indica o início ou o fim do fluxograma. Geralmente possui as palavras "Início" ou "Fim" dentro dele.

2. Processo: Representado por um retângulo, é usado para indicar uma ação ou uma etapa específica no fluxograma. Geralmente contém um verbo ou uma frase curta descrevendo a ação a ser realizada.
3. Decisão: Representado por um losango, é usado para representar uma bifurcação no fluxo, onde uma decisão precisa ser tomada. Geralmente contém uma pergunta ou uma condição, com setas saindo dele indicando as diferentes opções de caminho.
4. Conector: Representado por um círculo pequeno, é usado para conectar diferentes partes do fluxograma que estão em páginas ou locais diferentes.
5. Setas: São usadas para indicar a direção do fluxo entre os diferentes símbolos. Elas mostram a sequência em que as etapas são executadas.

2.5 Laminados De Fibra De Vidro Na Indústria

Laminados de fibra de vidro são materiais compósitos formados pela combinação de fibras de vidro e resinas poliméricas. Para Neto e Pardini (2016) esses laminados possuem propriedades mecânicas superiores, como alta resistência à tração, rigidez e baixo peso em relação a outros materiais tradicionais, a figura 07 mostra a foto de um laminado de fibra de vidro. Essas características os tornam amplamente utilizados em uma variedade de aplicações industriais.

Figura 07 - Representação de um laminado de fibra de vidro



Fonte: Site Sulfibra

Petrucci (2014) afirma que o processo de fabricação desses laminados envolve algumas etapas essenciais. A seguir estão os conceitos básicos sobre o processo de fabricação de laminados de fibra de vidro segundo Petrucci (2014)

Escolha da resina: Existem diferentes tipos de resinas termofixas utilizadas na fabricação de laminados de fibra de vidro, como a resina de tereftálica, ortoftálica e isoftálica. A escolha da resina depende das propriedades desejadas do laminado final e das aplicações específicas. Além disso, um catalisador é utilizado para iniciar a reação química que ocorrerá durante o processo de cura.

Disposição das camadas: As fibras são dispostas em camadas sucessivas, tanto os tecidos quanto as mantas de fibra de vidro. A quantidade de camadas vai depender das exigências do cliente, podendo variar de 1,2 até 3,0 mm de espessura. Entre essas camadas, é despejada a resina escolhida por toda a extensão do laminado. E por fim, a compressão de todos os componentes

Cura: Todo laminado produzido precisa descansar por aproximadamente 2 horas após a compressão. A explicação disso, é a aferição da dureza determina o momento que o laminado será retirado do molde, sem correr riscos. A dureza determinada é de 30 Barcol.

Acabamento: Nesta etapa é o laminado é retirado do molde e enviado para cortar as aparas laterais e das cabeceiras. Nesse processo o laminado já sai com as dimensões solicitadas pelo cliente.

Para Lopes e Rezende (2018) os laminados de fibra de vidro oferecem diversas vantagens em relação a outros materiais, como a alta resistência mecânica, a leveza, a durabilidade, a resistência química e à intempéries, a facilidade de fabricação e a possibilidade de personalização quanto à forma, tamanho e espessura. No entanto, eles também possuem algumas limitações, como a baixa resistência à abrasão, a baixa resistência ao fogo e a possibilidade de delaminação. Por isso, é importante escolher o tipo de fibra, resina e processo de fabricação adequados para cada aplicação específica.

2.5.1 Aplicações e importância no contexto industrial dos laminados

Na indústria automotiva, são utilizados na fabricação de carrocerias, painéis interiores, componentes estruturais e peças de desempenho. Tavares (2018) diz que esses laminados oferecem alta resistência e rigidez, ao mesmo tempo em que são

mais leves do que os materiais tradicionais, contribuindo para melhor eficiência de combustível e desempenho dos veículos.

Para Carvalho (1992) Na construção civil, são usados em uma variedade de aplicações, como na construção de casas completas, portas, janelas, tanques de armazenamento, painéis de isolamento e reforço de estruturas de concreto. Os laminados oferecem resistência mecânica, durabilidade e resistência à corrosão, tornando-os ideais para ambientes desafiadores e duráveis.

Na indústria naval, os laminados de fibra de vidro são aplicados em cascos de embarcações, mastros, lemes e outros componentes marítimos. Segundo Carvalho (1992) a resistência à corrosão e a capacidade de suportar ambientes marinhos agressivos tornam esses laminados uma escolha interessante na construção naval.

Logo, a importância dos laminados de fibra de vidro no contexto industrial reside em sua capacidade de fornecer soluções eficientes, duráveis e de alto desempenho em várias indústrias. Sua combinação única de propriedades mecânicas, elétricas e térmicas oferece vantagens significativas, contribuindo para a inovação tecnológica, a sustentabilidade e o avanço industrial.

2.5.2 Tendências e inovações sobre laminados de fibra de vidro

De acordo com Tavares (2018) os laminados de fibra de vidro têm passado por constantes avanços e inovações para atender às demandas do mercado. Pesquisas estão sendo conduzidas para desenvolver resinas de fibra de vidro com propriedades aprimoradas, como maior resistência, rigidez e resistência à fadiga. Isso permite a fabricação de laminados mais leves e duráveis, adequados para aplicações de alta performance.

Outra tendência para Lopes e Rezende (2016) é a combinação de diferentes tipos de fibras, como fibra de carbono, fibra de aramida ou fibras naturais, com a fibra de vidro está se tornando mais comum. Essa abordagem permite a criação de laminados com características específicas de cada fibra, resultando em materiais mais leves, resistentes e adaptados às necessidades de cada aplicação.

A indústria 4.0 já é uma realidade em diversas empresas do mundo todo, e para as indústrias de laminados de fibra de vidro não é diferente, de acordo com Petrucci (2014) principalmente envolvendo processos de fabricação automatizados, como a infusão a vácuo e a moldagem por transferência de resina, estão ganhando

popularidade. Essas técnicas garantem uma distribuição uniforme da resina e uma qualidade consistente dos laminados, além de possibilitarem uma produção mais eficiente e precisa.

Seguindo com o estudo de Petrucci (2014) a sustentabilidade é uma preocupação mundial e com isso, tem impulsionado pesquisas sobre materiais mais eco-friendly para laminados de fibra de vidro. Isso inclui o desenvolvimento de resinas de base biológica e a busca por métodos de reciclagem e reutilização dos laminados, visando reduzir o impacto ambiental e promover a economia circular.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse capítulo é destinado a definição dos procedimentos metodológicos com o intuito de propor melhorias para o controle de qualidade na produção de laminados de fibra de vidro, através da identificação e caracterização dos principais tipos de defeitos e sugestão de ações para a minimização dos principais tipos de defeitos.

A pesquisa foi conduzida em uma indústria de laminados de fibra de vidro localizada no meio-oeste de Santa Catarina. A análise concentrou-se no processo produtivo de produção descontínua, caracterizada pela realização da produção em mesas.

A pesquisa possui natureza aplicada, com objetivos tanto exploratórios quanto descritivos. Utiliza abordagem qualitativa e quantitativa, fundamentada em um estudo de caso. Além disso, foram conduzidos experimentos com avaliação quantitativa para analisar possíveis valores de pressão.

Conforme Gil (2002), os estudos de caso oferecem uma visão abrangente do problema ao identificar potenciais elementos que afetam e contribuem para a ocorrência do fenômeno em estudo. Assim, pode-se afirmar que esses estudos têm certos propósitos fundamentais: discernir o fenômeno de seu contexto, o que representa um desafio significativo para os pesquisadores; preservar a unidade do objeto de estudo, ou seja, delimitar com precisão a abrangência da pesquisa, evitando desvios do tema ou do objetivo inicial; descrever a situação dentro do contexto da investigação em andamento; formular hipóteses ou desenvolver teorias; e explicar as variáveis causais de um determinado fenômeno.

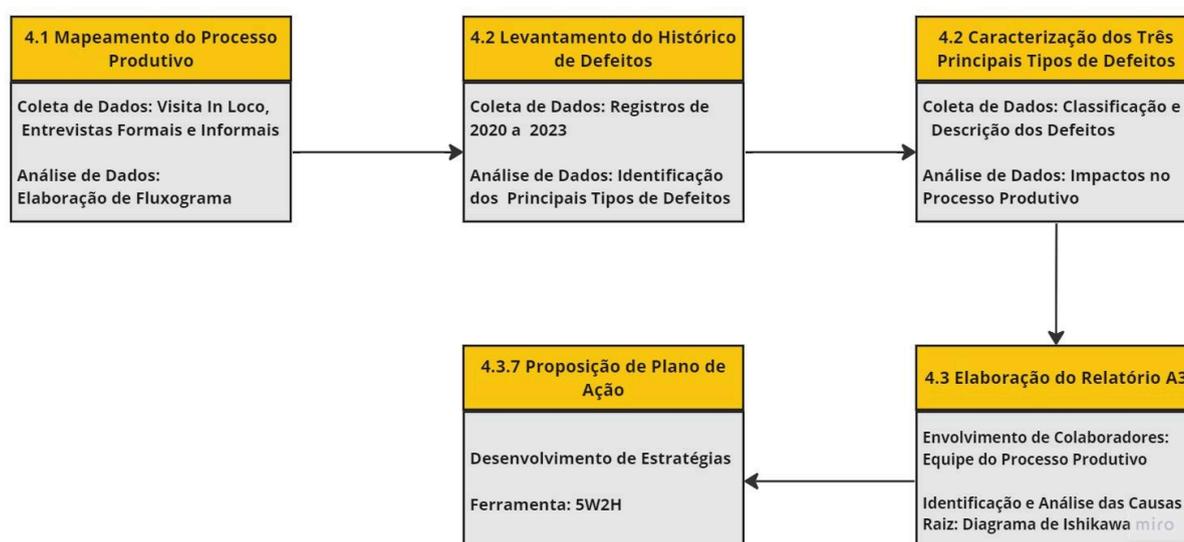
Em relação à natureza da pesquisa, este trabalho é considerado uma pesquisa aplicada, pois, segundo Miguel (2010), visa gerar conhecimento que possa ser aplicado de forma prática para solucionar problemas reais.

Quanto à abordagem do problema, é utilizada uma abordagem combinada, combinando elementos qualitativos e quantitativos. A abordagem qualitativa é empregada para obter dados descritivos e realizar análises indutivas, fornecendo informações sobre as características investigadas. Isso envolve uma descrição detalhada de todos os aspectos e fatores relacionados às condições operacionais da linha de produção em estudo, bem como às variáveis relevantes para a perda de eficiência (ALVES-MAZZOTTI, 1999).

Por outro lado, a abordagem quantitativa envolve a mensuração das variáveis do estudo, a elaboração de gráficos, a geração de números e tabelas com os dados coletados, além da realização de análises e conclusões com base nessas informações. Já a pesquisa de natureza qualitativa se concentra na interpretação dos dados coletados, sem a necessidade de representação numérica(ALVES-MAZZOTTI, 1999).

Dessa forma, a figura 08, representa a metodologia a ser seguida pela elaboração deste estudo.

Figura 08 - Etapas do Estudo



Fonte: Autor (2023)

De acordo com a figura 08, temos como primeiro passo a realização de um diagnóstico do setor produtivo, limitado a produção dos laminados de fibra de vidro descontínuos. A fim de cumprir com esse objetivo, é necessário dividir em três etapas, mapeamento de processo produtivo, levantamento dos problemas produtivos e análise das variáveis do processo produtivo.

O mapeamento do processo produtivo tem como propósito a compreensão e a identificação, de forma simples e clara, das variáveis existentes nos processos estudados. A ferramenta utilizada foi o fluxograma, que consiste em uma representação gráfica que mostra a sequência de etapas e as relações entre elas. Além disso, a coleta de dados será por meio da visita *in loco* e entrevistas formais

com o gestor e líder da produção, e informais com dois colaboradores experientes na fabricação de laminados.

A próxima etapa é o levantamento do histórico de defeitos, a fim de compreender os principais tipos de perdas e defeitos relacionados com a produção. Os dados foram obtidos através da análise de relatórios de inspeções da qualidade ao longo do período de janeiro de 2020 a agosto de 2023. Com este relatório foi possível sistematizar as inúmeras informações no Excel, com o auxílio do gestor de produção, para facilitar a visualização com a criação de gráficos. É possível priorizar as causas ou problemas mais relevantes e direcionar os esforços de melhoria para resolvê-los. A identificação dos defeitos que mais impactaram a qualidade dos processos conduziu à análise das variáveis relacionadas a esses desvios de qualidade. Durante a fase de análise, foi realizada uma reunião formal envolvendo o gestor, líder de produção e gestora de qualidade. O objetivo era examinar e compreender as variáveis do processo produtivo e os fatores que as influenciam. Dados e gráficos das etapas anteriores foram utilizados para determinar as áreas de foco mais importantes, visando à redução de perdas.

Nesse contexto, foram aplicadas novas ferramentas da qualidade, como o diagrama de Ishikawa e o Relatório A3. Essas ferramentas possibilitaram a identificação das causas-raiz dos problemas, o desenvolvimento de soluções eficazes e a promoção de melhorias contínuas. O uso do Relatório A3, em particular, destaca-se pela sua capacidade de oferecer uma abordagem estruturada e abrangente na resolução de problemas. Essa abordagem facilita a comunicação eficaz e a implementação de medidas corretivas sustentáveis. As ferramentas empregadas incentivaram uma investigação aprofundada, promoveram a participação colaborativa da equipe e estimularam a busca por soluções de longo prazo.

Em adição à análise dos relatórios, foram realizadas entrevistas individuais com os dois principais stakeholders do processo de produção: o gerente de produção e o líder de produção. Através das entrevistas semiestruturadas, foi possível obter informações valiosas que complementaram os dados quantitativos. A entrevista com o gerente de produção abordou uma perspectiva mais estratégica, explorando desafios gerais e percepções sobre os defeitos frequentes nos laminados, oferecendo uma visão mais ampla e estratégica dos problemas. Por outro lado, a entrevista com o líder de produção concentrou-se em aspectos

operacionais e práticos, discutindo detalhes sobre o cotidiano da produção, procedimentos empregados, dificuldades encontradas na linha de produção e possíveis origens dos defeitos. As informações coletadas dessas entrevistas proporcionaram uma compreensão mais profunda das questões enfrentadas no nível operacional.

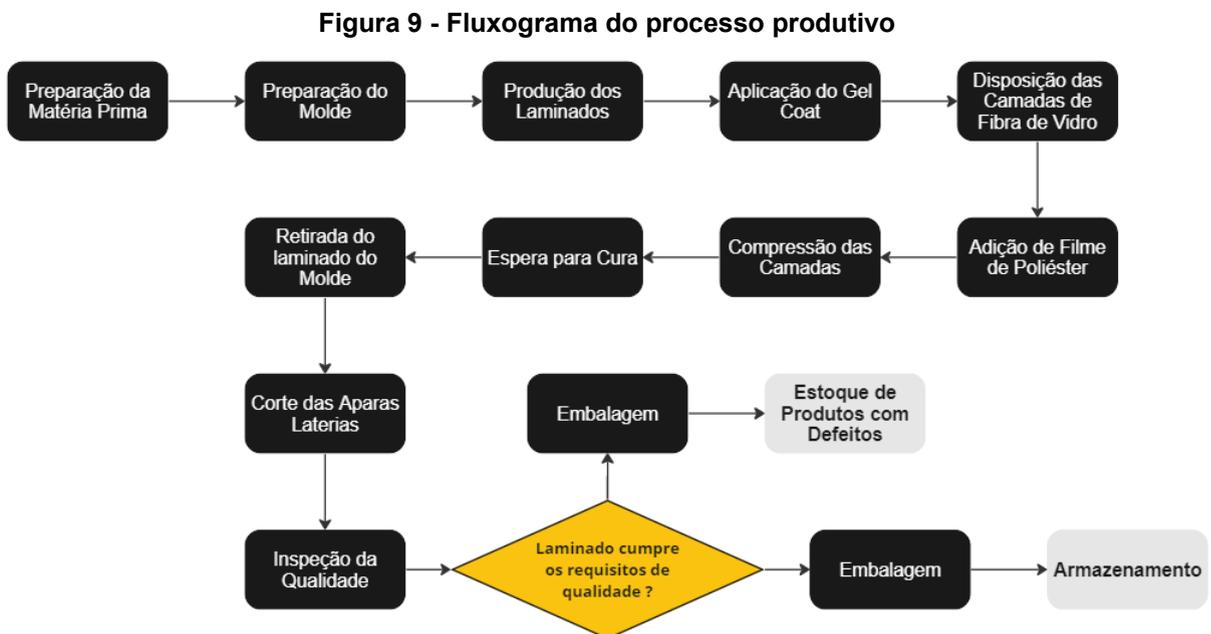
No contexto das entrevistas realizadas, foi possível identificar as causas subjacentes de cada um desses defeitos, contribuindo assim para o aprimoramento contínuo dos processos produtivos e a busca por soluções eficazes.

Após a elaboração do relatório A3, juntamente com a análise das variáveis e de todas as informações coletadas e estudadas, a próxima etapa envolveu a proposição de um plano de ação. Nessa fase, houve a elaboração das ações necessárias para diminuir ou até mesmo eliminar as perdas e falhas na produção. E por último a análise da proposta em testes iniciais, permitindo visualizar o seu impacto na qualidade de laminado e também do processo produtivo.

4. RESULTADOS

4.1 Mapeamento Do Processo Produtivo E Identificação De Pontos Críticos

O processo de produção de laminados de fibra de vidro descontínuos, amplamente reconhecidos como laminados em mesas, compreende uma série de etapas, que se estendem desde a chegada inicial da matéria-prima, essencial para a fabricação, até a realização do produto final desejado. A seguir, na Figura 9, um fluxograma do processo produtivo de laminados é apresentado:



Fonte: Autor (2023)

De acordo com a Figura 9, a produção de laminados começa com a preparação da matéria-prima, que consiste em fibras de vidro, seja tecido ou manta, e resina de laminação. As fibras de vidro descontínuas vêm em bobinas com diferentes comprimentos, geralmente 60, 120 ou 180 metros. Para otimizar o processo e evitar desperdícios de matéria-prima, as mesas de produção têm um comprimento de 60 metros, o que nos permite adquirir bobinas com o tamanho exato necessário para a produção. Além do comprimento, a largura das bobinas varia entre 1,80 metros e 3,00 metros. Para garantir uma eficiente gestão de estoque e

acomodar as necessidades específicas dos laminados produzidos, também é mantida em estoque mantas e tecidos com larguras próximas às dos laminados.

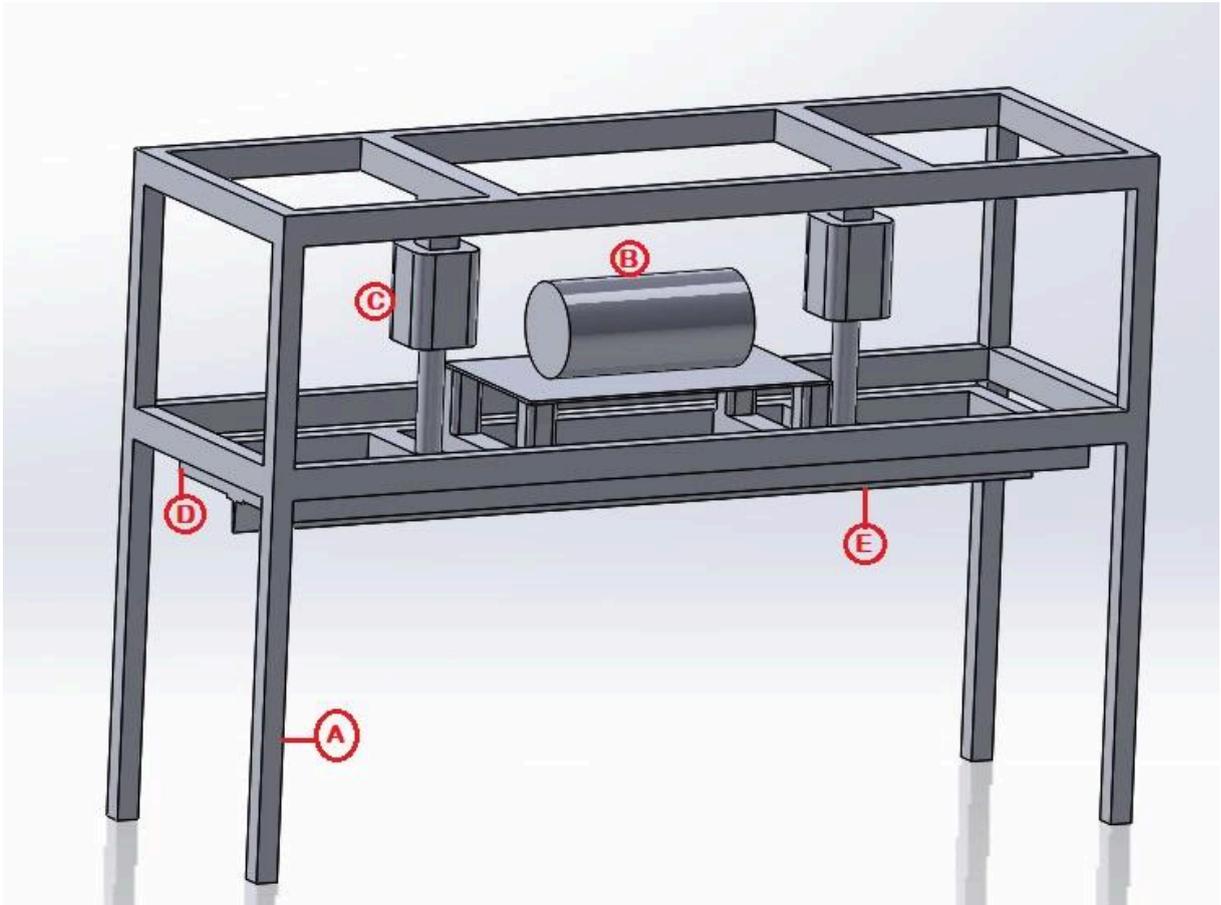
No processo de produção, a preparação detalhada do molde é uma etapa essencial. Antes de iniciar a fabricação do novo laminado, é realizada uma limpeza em toda a extensão do molde, removendo quaisquer cascas e poeiras provenientes da produção anterior. Uma característica vantajosa é que, devido aos aditivos presentes no gel utilizado no processo, não é necessário aplicar agentes desmoldantes adicionais, facilitando a remoção do laminado após a cura e tornando todo o processo mais eficiente.

Após a preparação do molde e a programação do PCP (Planejamento e Controle da Produção), a produção dos laminados é iniciada. A primeira etapa é a aplicação do gel *coat*, responsável pela aparência estética dos laminados. O gel *coat* pode ser disponibilizado em várias cores, mas, na produção em questão, segue o padrão branco (com algumas exceções para clientes específicos). Uma vez aplicado o gel *coat*, é necessário aguardar alguns minutos para que ele seque levemente antes de prosseguir com a aplicação das mantas, tecidos e resina, de acordo com as especificações do produto escolhido pelo cliente. Essa etapa é fundamental para garantir a qualidade e o acabamento visual dos laminados finais

Em seguida, o processo continua com a disposição das camadas de fibra de vidro. Entre essas camadas, a resina é aplicada como um elemento de ligação, sendo fundamental para conferir rigidez ao laminado. A quantidade de tecido ou manta de fibra de vidro utilizada varia conforme o produto escolhido pelo cliente e sua aplicação específica. Essa etapa é crucial para determinar as características e a resistência do laminado final.

Após a disposição de todas as camadas necessárias no molde, um filme de poliéster é adicionado para proteger o laminado durante o próximo passo. Em seguida, uma máquina especializada é utilizada para comprimir as camadas, garantindo a homogeneização do material e a remoção completa de qualquer ar que possa estar preso entre as camadas. Além disso, nesse processo, a espessura do produto final é assegurada. A Figura 10 mostra uma representação da máquina laminadora, também chamada de espátula.

Figura 10 - Máquina Laminadora



Fonte: Autor (2023)

O funcionamento da máquina (Figura 10) é simples. A máquina consiste em uma estrutura de aço (representada por A) que abriga um compressor (identificado como B). O compressor tem a função de armazenar o ar comprimido e, por meio de mangueiras de ar, direciona o ar para os pistões pneumáticos (denominados C). Os pistões pneumáticos, por sua vez, realizam a importante função de baixar a estrutura da espátula (referida como D) utilizando a pressão padrão. Por último, a espátula em questão (identificada como E) executa a ação de pressionar o laminado ao longo da mesa.

Depois da etapa de compressão do laminado, ele permanece dentro do molde por um período adicional, que pode variar de 1 a 2 horas, até que ele atinja a dureza e resistência desejadas, conforme os padrões estabelecidos pela organização. Essa fase de espera é fundamental para garantir que o laminado tenha adquirido a resistência adequada antes de ser retirado do molde com segurança.

No próximo passo, o laminado é retirado do molde e transportado para a etapa de corte. Durante essa fase, as aparas de manta, tecido e resina nas laterais e cabeceiras do laminado são removidas, assegurando as medidas finais exigidas pelo cliente.

Por fim, ocorre a etapa de inspeção da qualidade. Após a finalização da fabricação e do corte do laminado, é realizado o processo de inspeção para verificar a conformidade do produto com os padrões de qualidade estabelecidos pela empresa.

Durante a inspeção, os laminados são examinados visualmente e submetidos a testes específicos para avaliar sua resistência, integridade estrutural, acabamento superficial e outras características relevantes. Essa avaliação rigorosa visa identificar e corrigir possíveis defeitos, falhas ou imperfeições que possam comprometer a qualidade do produto final.

Além disso, a inspeção da qualidade também envolve a verificação do cumprimento das especificações técnicas solicitadas pelo cliente. É fundamental garantir que o laminado atende os requisitos e necessidades do cliente, assegurando assim sua satisfação e o sucesso do projeto no qual será aplicado.

O processo de inspeção é realizado com o laminado passando dentro de uma cabine com iluminação especial, permitindo que o operador examine internamente toda a extensão do laminado, 60 metros. Se forem encontrados quaisquer defeitos ou imperfeições durante essa inspeção, eles são registrados em um *checklist* e tirado uma foto para comprovar. Esse *checklist* de produção é gerado pelo PCP durante a programação da produção e enviado junto com o roteiro, que lista todos os laminados a serem fabricados no dia, contendo uma série de itens que são preenchidos ao longo de todas as etapas produtivas. O *checklist* é apresentado na Apêndice A, pg. 90. A aceitação do laminado pelo cliente é posteriormente avaliada com base nessas informações.

Assim, através do processo de inspeção da qualidade, a empresa assegura que apenas os laminados que atendam aos padrões de qualidade sejam liberados para o mercado, proporcionando aos clientes um produto confiável, durável e com excelente desempenho para suas aplicações específicas. Contudo, frequentemente 17% dos laminados são encaminhados para o estoque e muitas vezes descartados por apresentarem defeitos ou falhas, devido a diversos problemas no processo de fabricação. O tópico 4.2 aborda os principais defeitos e falhas do processo produtivo.

Após a inspeção, o laminado segue por dois fluxos distintos. Se o laminado for destinado ao cliente em forma de bobina de 60 metros, ele é encaminhado diretamente para o processo de embalagem. Por outro lado, caso o cliente solicite o laminado já cortado em pedaços menores, ele é direcionado para a guilhotina. Posteriormente, passa por uma nova inspeção antes de seguir adiante.

O processo de embalagem do laminado é executado manualmente, onde um operador cuidadosamente envolve a bobina com uma camada de papelão, garantindo uma proteção abrangente para todo o laminado. Em seguida, é aplicado um número de camadas do Filme *Stretch*, proporcionando um reforço adicional à proteção da bobina.

A última fase deste procedimento envolve o armazenamento das bobinas nos espaços designados, conhecidos como drive-ins. Estes espaços servem como uma forma de estoque temporário, onde as bobinas são armazenadas com atenção às condições ideais. Esse armazenamento é mantido até que as bobinas de laminado sejam enviadas ao cliente final.

4.1.1 Controle de Qualidade na Empresa de Laminados: Métodos e Processos

O controle de qualidade é um pilar essencial na fabricação de laminados de fibra de vidro, garantindo que os produtos atendam aos padrões de qualidade e especificações necessárias. Abaixo, são apresentados os principais pontos de controle, métodos empregados em cada estágio e uma avaliação realista da eficácia desses pontos na identificação e prevenção de defeitos.

Na seleção das matérias-primas, como fibras de vidro e resinas poliméricas, a empresa inicia o processo de controle de qualidade. A verificação minuciosa de cada lote recebido é realizada, utilizando checklists detalhados que englobam análises de pureza, resistência e características específicas da fibra de vidro. Da mesma forma, as resinas poliméricas são avaliadas quanto à reatividade e estabilidade.

A segunda etapa envolve a coleta regular de amostras representativas ao longo do processo de fabricação. Essas amostras passam por testes de laboratório abrangentes, incluindo determinação de resistência à tração, módulo de elasticidade e resistência à compressão. Os resultados desses testes são registrados e analisados para garantir a conformidade com as especificações de qualidade estabelecidas.

Além dos testes de laboratório, a inspeção visual desempenha um papel crucial no controle de qualidade. Profissionais treinados realizam uma análise visual detalhada dos laminados, detectando defeitos visíveis como bolhas, delaminação, porosidade e imperfeições superficiais. Critérios específicos são definidos para cada tipo de defeito, e os laminados que não atendem a esses critérios são rejeitados ou corrigidos. Os resultados da inspeção visual são registrados sistematicamente, permitindo a rastreabilidade e a melhoria contínua do processo.

A rastreabilidade é mantida ao longo de todas as etapas do processo, desde a entrada das matérias-primas até o produto final. Registros detalhados incluem informações sobre datas, lotes, parâmetros de processo, resultados de testes e inspeções, além de dados sobre os operadores responsáveis em cada etapa. Essa abordagem garante a rastreabilidade total do produto e a capacidade de identificar e corrigir problemas ao longo do processo.

Avaliar a eficácia dos pontos de controle de qualidade é uma prática essencial. Embora esses pontos desempenhem um papel significativo na identificação e prevenção de defeitos, a empresa reconhece a natureza dinâmica da produção e está aberta a melhorias contínuas. Algumas áreas podem demandar ajustes para aprimorar ainda mais a eficácia na identificação e prevenção de defeitos, demonstrando um compromisso constante com a qualidade e a excelência na produção de laminados de fibra de vidro.

4.2 Identificação E Análise De Problemas No Processo Produtivo De Laminados: Histórico De Perdas E Defeitos (2020-2023)

Este tópico visou a identificação e análise de problemas do processo produtivo de laminados da empresa do presente estudo. Para tanto, foram levantadas informações provenientes dos relatórios do sistema ERP *Senior* que permitiu uma visão quantitativa e categorizada dos defeitos mais recorrentes nos laminados ao longo dos últimos anos.

Como resultado, foram identificados 46 defeitos diferentes em chapas de fibra de vidro e sua frequência. A tabela 01 a seguir evidencia os defeitos.

Tabela 1 - Ocorrência e tipos de defeitos encontrados nos laminados de fibra de vidro.

Sequência	Defeito	2020	2021	2022	2023	Total
1	Ar Superior	90	82	46	17	235
2	Ar Cabeceiras	305	200	338	89	932
3	Ar Lateral	153	147	168	89	557
4	Corte Atravessado	18	12	8	20	58
5	Corte Errado	1	0	0	1	2
6	Erro Medida	12	8	0	6	26
7	Cabeça de Alfinete	80	3	1	0	84
8	Laminação Catalisada	8	14	3	1	26
9	Gel Catalisado	5	2	1	2	10
10	Gel com Bolhas	48	42	32	6	128
11	Gel com Bichinho	5	2	2	2	11
12	Gel Fraco	18	11	4	3	36
13	Gel manchado	16	14	11	9	50
14	Gel Trincando	152	117	140	17	426
15	Gel Remendado	5	8	9	5	27
16	Gel com Poeira	7	3	1	1	12
17	Gel com Sujeira	7	4	2	2	15
18	Excesso Resina	0	1	1	0	2
19	Filme Superior Dobrado	9	4	6	0	19
20	Filme Superior Estourou	6	8	6	5	25
21	Filme Superior Rasgou	1	7	4	5	17
22	Filme Superior com Sujeira	22	18	18	9	67
23	Filme Superior com Ondulação	1	0	2	6	9
24	Manta/Tecido com Defeito	14	6	6	7	33
25	Manta/Tecido com Emenda	39	32	27	15	113
26	Manta/Tecido Molhada	2	1	1	0	4
27	Manta/Tecido com Ondulação	2	2	8	2	14
28	Estourou Manta	1	4	1	1	7
29	Quebrado na Produção	38	29	25	31	123
30	Quebrado no Corte	37	29	23	16	105

31	Quebrado na Inspeção da Qualidade	18	11	11	8	48
32	Quebrado na Embalagem/Expedição	8	7	2	4	21
33	Molde com Defeito	19	15	6	16	56
34	Delaminação	1	3	0	1	5
35	Ponta Grossa	47	30	13	12	102
36	Pedra	102	98	72	45	317
37	Erro de Especificação Técnica	15	11	19	0	45
38	Teste e Desenvolvimento	21	18	13	25	77
39	Espessura Fora do Padrão	2	0	0	1	3
40	Gel com Ondulação	1	2	0	1	4
41	Erro de Corte na Rebarba	1	3	0	1	5
42	Erro de Medida	4	8	2	8	22
43	Pouco Tempo de Cura	13	2	0	3	18
44	Erro de PCP	4	3	3	0	10
45	Desalinhamento do Laminado	85	72	70	81	308
46	Sujeira de 3º/Manutenção	1	0	1	0	2

Fonte: Autor (2023)

Como pode ser observado na Tabela 1, analisando os dados disponíveis até agosto de 2023 em comparação com os anos anteriores, é possível observar uma tendência promissora de redução de defeitos. Durante o período de 2020 a agosto de 2023, a quantidade total de defeitos relatados diminuiu significativamente, de 1075 em 2020 para 751 até agosto de 2023, representando uma redução de aproximadamente 30%. Essa tendência é um indicativo positivo do compromisso da organização em aprimorar a qualidade de seus produtos e processos.

Uma análise mais detalhada dos dados revela que essa redução é consistente em várias áreas da empresa. Em particular, a área de Produção e o setor de Corte apresentaram quedas nos defeitos relatados, com reduções de cerca

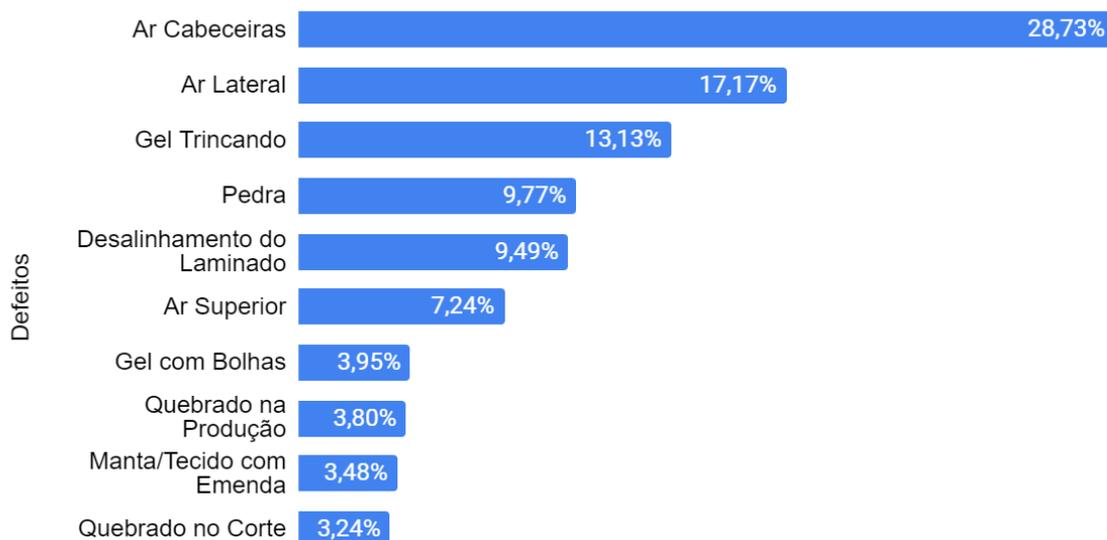
de 33% e 28%, respectivamente, até agosto de 2023, em comparação com 2020. Essa melhoria na produção é particularmente significativa, uma vez que esta área era responsável por uma grande proporção dos defeitos totais em 2020.

Em 2020, a produção representava 80% dos defeitos totais, enquanto até agosto de 2023, essa porcentagem havia diminuído para 63%. O setor de Corte também reduziu sua contribuição de 5% para 2% do total de defeitos no mesmo período. Isso indica que as melhorias implementadas nesses departamentos tiveram um impacto substancial na redução de defeitos.

Outras áreas, como Inspeção, Expedição e Manutenção, também mostraram melhorias em suas taxas de defeitos, contribuindo para a tendência geral de redução. No entanto, é importante notar que a área de Produção ainda concentra a maioria dos defeitos, sugerindo que pode haver oportunidades adicionais de otimização nesta área.

Para auxiliar na priorização e compreensão visual dos problemas, o Figura 11 apresenta os 10 principais tipos de defeitos que mais ocorreram nesse período.

Figura 11 - Principais defeitos em laminados de fibra de vidro



Fonte: Autor (2023)

Através da Figura 11 sobre os defeitos mais frequentes na produção de laminados da empresa em estudo, conclui-se que a maioria dos problemas está associada a defeitos relacionados com "Ar", mais especificamente Ar na Cabeceira e Ar Lateral, sendo estes dois os mais frequentes. Contudo, vale ressaltar que o Ar

Superior também ocupa a sexta posição, com um registro de 235 ocorrências desde 2020, o que o torna igualmente relevante. A soma desses defeitos resulta em um total de um total de 4.74% de todos os laminados produzidos nesse período (1724 laminados). Com isso, os principais defeitos produtivos que impactam a qualidade dos laminados são defeitos associados ao problema de ar, tais defeitos são descritos nos subtópicos seguintes, bem como são identificadas suas principais causas

4.2.1 Defeito de fabricação: Ar na cabeceira

O defeito de ar na cabeceira em um laminado de fibra de vidro refere-se a uma condição em que pequenas bolsas de ar ficam presas ou acumulam-se na região da cabeceira do laminado durante o processo de fabricação. A cabeceira se refere à parte inicial ou final do material que está sendo laminado. A Figura 12A apresenta o defeito em luz ambiente e a Figura 12B o defeito em luz específica da cabine.

Figura 12 - Defeito em luz específica (A) e Defeito de ar na cabeceira em luz ambiente (B)



Fonte: Autor (2023)

Na Figura 12 é possível visualizar as implicações do defeito de ar na cabeceira no laminado. Nessas imagens, torna-se evidente a exposição das camadas internas da manta de fibra de vidro. Dado que o defeito ocorre na área da cabeceira, para corrigir, é necessário realizar retrabalho que envolve o corte de toda a extensão do laminado afetado.

O impacto da comercialização desse produto remanufaturado depende do perfil do cliente. Alguns clientes aceitam laminados em múltiplos, o que implica que, se a bobina não atingir os 60 metros completos, o cliente pode aceitar o laminado com 54 metros, por exemplo, resultando na perda de 6 metros. Em contrapartida, clientes de exportação têm critérios mais rigorosos; eles não aceitam laminados com comprimento inferior a 60 metros. Conseqüentemente, as bobinas que não atendem a esse requisito precisam ser direcionadas para o estoque. O laminado permanece em estoque até que o setor comercial consiga vender para um cliente que aceite o laminado fora do comprimento padrão.

Essas bolsas de ar podem se formar devido a várias causas, como o uso inadequado de ferramentas de laminação no processo da compressão ou espatulagem, fluxo de resina desequilibrado, falta de uniformidade na pressão de aplicação, ou até mesmo imperfeições na superfície do molde.

4.2.2 Defeito de fabricação: Ar Lateral

Esse defeito é um problema que pode ocorrer durante o processo de fabricação, resultando na presença de bolhas de ar ou vazias nas bordas ou nas laterais do laminado. Essas bolhas de ar podem ser visíveis a olho nu e podem se formar ao longo das extremidades do produto laminado, prejudicando sua qualidade estética e funcional. As figuras 13A e 13B possibilitam a visualização deste defeito.

Figura 13 - Defeito em luz específica (A) e Defeito de ar na cabeceira em luz ambiente (B)



Fonte: Autor (2023)

O defeito de ar lateral, mostrado na figura 13, e o ar na cabeceira possuem notável semelhança, tanto visualmente quanto em sua estrutura. A única distinção está no posicionamento, em que o ar lateral se manifesta ao longo da lateral do laminado. Dado que os laminados têm um comprimento padrão de 60 metros, esse defeito pode estender-se por toda a extensão, resultando em perdas maiores de área. Uma consequência mais significativa ocorre quando consideramos que, devido à diminuição na largura do laminado, os clientes não aceitam o produto final. Isso resulta na destinação desses laminados para o estoque, agravando ainda mais o impacto financeiro.

As causas subjacentes ao defeito de ar lateral estão frequentemente relacionadas ao processo de aplicação das camadas de material. Isso pode ser resultado de uma pressão inadequada nas laterais durante o processo de laminação, movimentações irregulares das camadas de material ou problemas com a aderência entre as camadas adjacentes.

4.2.3 Defeito de fabricação: Ar Superior

O defeito conhecido como ar superior em laminados de fibra de vidro refere-se a uma irregularidade que ocorre na camada superior do laminado durante o processo de fabricação. Nesse defeito, pequenas bolhas de ar ficam aprisionadas entre a camada de resina e a superfície do gel coat, criando protuberâncias visíveis e áreas irregulares na parte superior do produto acabado, como é possível observar na figura 14A e 14B.

Esse defeito é visualmente perceptível e pode afetar tanto a estética quanto a integridade do laminado. As bolhas de ar na camada superior podem comprometer a superfície lisa e uniforme desejada nos laminados, afetando sua aparência final. Além disso, as áreas com bolhas de ar podem ser menos resistentes e propensas a danos, o que pode comprometer a durabilidade e o desempenho do produto.

Figura 14 - Defeito em luz específica (A) e Defeito de ar na cabeceira em luz ambiente (B)



Fonte: Autor (2023)

Para entender esse defeito com maior detalhamento, as figuras 14A e 14B apresentadas fornecerão evidências visuais claras do problema. As imagens ilustram a presença das bolhas de ar na camada superior dos laminados,

destacando a extensão do defeito e permitindo uma visualização mais precisa das áreas afetadas.

As causas subjacentes ao defeito de ar superior podem estar relacionadas a diversos fatores. Esses podem incluir uma aplicação inadequada da resina ou do gel coat, pressão insuficiente durante o processo de laminação, bolhas de ar retidas em materiais de laminação ou impurezas presentes na superfície antes da aplicação.

4.3 Relatório A3: Análise Detalhada Dos Principais Tipos De Defeitos Relacionados À Presença De Ar

Após a realização do mapeamento abrangente do processo produtivo, a análise do histórico de perdas e defeitos e a identificação dos principais tipos de defeitos mais recorrentes ("Ar na Cabeceira," "Ar Lateral" e "Ar Superior"), o Relatório A3 foi elaborado. Este relatório é dedicado à análise detalhada dos defeitos que apresentam relação direta com a presença de ar, uma questão crítica que afeta a qualidade e eficiência do processo produtivo de laminados de fibra de vidro descontínuos.

No decorrer desta seção, são apresentadas as características e os impactos dos três principais tipos de defeitos relacionados à presença de ar. O relatório é apresentado na figura 15:

Figura 15 - Relatório A3



Melhoria da Qualidade dos Laminados de Fibra de Vidro

Data Elaboração
30/10/2023

Líder do Plano
Leonardo Mariani

Revisão
01

Data Última Rev.

1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Identificamos a ocorrência recorrente de defeitos relacionados ao Ar nos laminados de fibra de vidro. Os principais defeitos incluem "Ar na Cabeceira," "Ar Lateral" e "Ar Superior." Esses problemas impactam a qualidade dos nossos produtos, aumentam os custos de retrabalho e afetam a satisfação do cliente.

2. CONDIÇÕES ATUAIS

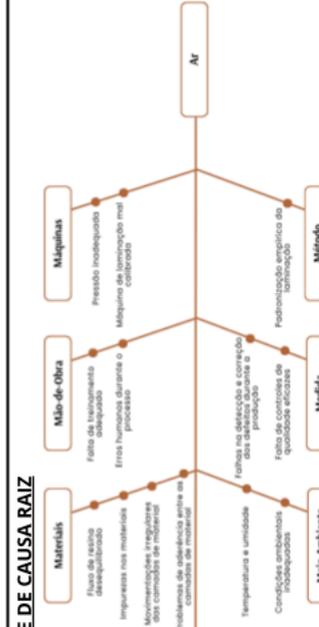
- No período de análise (especificar o período), foram identificados defeitos de ar como um desafio significativo na produção de laminados de fibra de vidro.
- Os defeitos de ar compreendem três tipos principais: Ar Superior, Ar Lateral e Ar na Cabeceira.
- 1724 laminados em menos de três anos apresentaram defeitos relacionado a ar

Tipo de Defeito	Frequência de Ocorrência (Unid.)	Total de laminados com defeito	%
Ar Cabeceiras	932	4216	22,11%
Ar Lateral	557	4216	13,21%
Ar Superior	235	4216	5,57%

3. OBJETIVOS E METAS

- Reduzir em 20% a ocorrência de defeitos de Ar na Cabeceira até junho de 2024
- Reduzir em 15% a ocorrência de defeitos de Ar Lateral até junho de 2024
- Reduzir em 15% a ocorrência de defeitos de Ar Superior até junho de 2024
- Padronizar a pressão de laminação em todos os processos, até dezembro de 2023

4. ANÁLISE DE CAUSA RAIZ



4. ANÁLISE DE CAUSA RAIZ (continuação)

Durante a reunião com a equipe multidisciplinar, identificamos as principais causas dos problemas com base na opinião dos especialistas. Em seguida, priorizamos quatro causas que acreditamos ser as mais impactantes.

- Causa Raiz 1: Pressão inadequada nas máquinas de laminação.
- Causa Raiz 2: Máquinas de laminação mal calibradas.
- Causa Raiz 3: Falta de treinamento adequado
- Causa Raiz 4: Padronização empírica da pressão na máquina laminadora

5. PLANO DE AÇÃO

WHAT (O QUE)	WHY (POR QUE)	WHERE (ONDE)	WHO (QUEM)	WHEN (QUANDO)	HOW (COMO)	HOW MUCH (QUANTO/QUANTAS)
Análise de calibração das máquinas	Melhorar a qualidade do produto e evitar erros de máquina	Produção	Engenheiro de Produção e equipe de manutenção	Janeiro de 2024	O engenheiro de produção (gerente) e engenheiro mecânico atuarão nessas análises e na documentação	Sem investimento. Tempo médio de um mês inicialmente.
Manutenção preventiva nas máquinas de laminação	Para garantir que a máquina esta em pleno funcionamento	Produção	Equipe de manutenção	Imediatamente	Agendar manutenção preventiva regular	Sem investimento. Tempo médio uma semana para definir os dias de manutenção
Treinamento para operadores	Para que sejam capazes de operar a máquina de forma correta	Produção	Gerente e líder de produção	Janeiro de 2024	O gerente e líder de produção deverão passar um treinamento para os colaboradores	Sem investimento. O tempo depende de cada operador, mas no mínimo um dia para cada.
Procedimento padronizado para a definição de pressão na máquina laminadora	Para melhorar o produto final e diminuir o defeito de máquina laminadora	Produção	Equipe de produção, PCP e qualidade.	Dezembro de 2023	Criar um procedimento padrão com base no estudo e nos testes realizados	Sem investimento. O tempo varia de acordo com a realização dos testes. Na faixa de dois a três meses.

6. IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO

- As ações serão supervisionadas pela gerência e líder de produção, além de especialistas em qualidade.
- Cada ação terá um responsável designado e um cronograma definido.
- Um sistema de acompanhamento será estabelecido para garantir a execução eficaz das ações.

7. APROVADO POR:

9. O PLANO FOI EFICAZ?: Sim Não

Conforme o Relatório A3, apresentado na figura 15, após a identificação do problema e das condições atuais, foram definidas metas. No processo de estabelecimento dessas metas, uma análise criteriosa dos dados disponíveis foi conduzida para a identificação de oportunidades de melhoria nos processos de produção de laminados de fibra de vidro. Esse enfoque fundamentou-se em uma compreensão aprofundada dos desafios específicos relacionados aos defeitos de ar, evidenciando a capacidade de avaliação da eficiência operacional e da qualidade dos laminados.

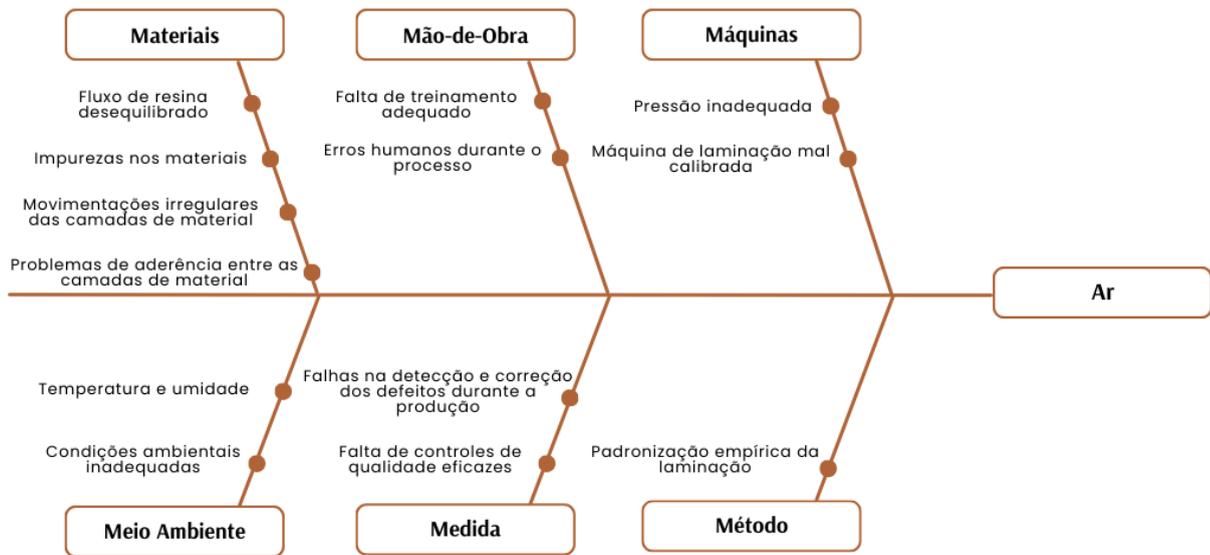
Ao longo do desenvolvimento das metas, foram realizadas reuniões internas para discutir possíveis melhorias, considerando as limitações técnicas, viabilidade econômica e o tempo necessário para implementar as mudanças. A abordagem foi participativa, contando com a contribuição de colaboradores e especialistas, enriquecendo o processo decisório com diferentes perspectivas.

As metas estabelecidas visam aprimorar significativamente a qualidade dos laminados de fibra de vidro produzidos pela empresa. A redução em 20% da ocorrência de defeitos de Ar na Cabeceira até junho de 2024 representa um compromisso em enfrentar de forma assertiva um dos desafios identificados. De maneira análoga, as metas de reduzir em 15% a ocorrência de defeitos de Ar Lateral e Ar Superior até o mesmo período demonstram a busca por melhorias consistentes e específicas em cada tipo de defeito, contribuindo para a excelência na produção.

Além disso, a meta de padronizar a pressão de laminação em todos os processos até dezembro de 2023 é um passo estratégico para assegurar uniformidade nos laminados. Essa padronização não só impacta diretamente na redução de defeitos específicos de ar, mas também promove uma operação mais eficiente e consistente em toda a linha de produção. Dessa forma, cada meta foi cuidadosamente delineada para endereçar desafios específicos, refletindo a busca contínua por aprimoramento e excelência nos processos produtivos.

A análise da causa raiz é uma etapa crítica para compreender por que ocorrem defeitos relacionados à presença de ar nos laminados de fibra de vidro. Assim, para investigar a fundo as possíveis causas desses defeitos, tanto visíveis quanto ocultas, foi utilizado o Diagrama Ishikawa (Figura 16).

Figura 16 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autor (2023)

Na figura 16, observa-se 13 causas potenciais que geram defeitos relacionados ao Ar, essas causas podem ser categorizadas em: materiais, mão de obra, máquinas, meio ambiente, medida e método. É importante notar que essas causas são comuns e aplicam-se igualmente aos três tipos de defeitos: Ar Superior, Ar Lateral e Ar na Cabeceira. A seguir, são discutidas as causas relacionadas ao defeito de Ar em cada uma das categorias do Diagrama.

4.3.1 Causas de Defeito por Ar Relacionadas aos Materiais

O diagrama de Ishikawa (Figura 16) revelou-se uma ferramenta valiosa na identificação das principais causas dos defeitos de Ar em laminados de fibra de vidro. Dentre as diversas causas identificadas, destacam-se aquelas relacionadas diretamente aos materiais utilizados no processo de laminação.

Uma causa primordial detectada é o desequilíbrio no fluxo de resina durante a laminação, resultando em uma distribuição irregular da resina entre as camadas de material. Esse desequilíbrio propicia áreas propensas à retenção de ar, ocasionando a formação de bolhas nos laminados. A calibração adequada das máquinas de laminação e o monitoramento contínuo do fluxo de resina emergem como fatores

cruciais para resolver essa questão. Além disso, a avaliação constante da qualidade da resina é essencial para assegurar que ela atenda aos padrões exigidos.

Movimentações irregulares das camadas de material durante a laminação também desempenham um papel significativo na formação de defeitos de Ar. Ondulações, enrugamentos ou desalinhamentos das camadas afetam a uniformidade, gerando áreas propícias à retenção de ar. O treinamento adequado dos operadores, instruindo-os sobre técnicas de posicionamento e fixação das camadas, é essencial para garantir estabilidade e distribuição uniforme durante a laminação. A atenção ao manuseio das camadas e o uso de dispositivos de fixação apropriados são práticas eficazes para evitar movimentações irregulares.

Problemas de aderência entre as camadas de material também surgem como uma causa comum de defeitos de Ar. A aplicação correta de resina e a verificação da qualidade da superfície das camadas são requisitos para garantir uma aderência uniforme e eficaz. A aderência inadequada compromete não apenas a estética dos laminados, mas também sua integridade estrutural.

Além dessas causas, a presença de impurezas nos materiais de laminação, como partículas estranhas ou contaminações, pode influenciar na formação de defeitos de Ar. Essas impurezas interferem na uniformidade do processo de laminação, gerando espaços onde o ar é retido. Medidas preventivas, como o adequado armazenamento e manipulação dos materiais, são essenciais para evitar a contaminação. A implementação de procedimentos de inspeção rigorosos torna-se fundamental para identificar e remover impurezas antes do processo de laminação.

Importante notar que, embora a análise aborda diversas causas identificadas no diagrama de Ishikawa, algumas podem não estar incluídas devido a critérios específicos, como baixa frequência, recentes mudanças nos processos, complexidade técnica ou demanda de recursos não disponíveis. Essa abordagem direcionada visa concentrar esforços nas causas mais relevantes e passíveis de intervenção, otimizando a eficácia das ações corretivas.

4.3.2 Causas de Defeito por Ar Relacionadas à Mão de Obra

A qualidade dos laminados de fibra de vidro está intrinsecamente ligada às habilidades e práticas da mão de obra envolvida no processo de fabricação.

Diversas causas relacionadas à mão de obra podem contribuir para a ocorrência de de Ar nos laminados.

Uma das causas-chave reside na falta de treinamento adequado para os operadores de laminação. A ausência de treinamento pode resultar em erros durante o processo de laminação, como a aplicação desigual de resina, pressão inadequada ou posicionamento incorreto das camadas de material. Para abordar essa questão, é essencial implementar programas abrangentes de treinamento, garantindo que os operadores sejam devidamente capacitados em todas as etapas do processo de laminação. Isso inclui o domínio das técnicas de aplicação de resina, a manipulação dos equipamentos e a adoção de procedimentos para evitar a retenção de ar.

Erros humanos durante o processo de laminação também podem contribuir para a formação de Ar. Esses erros podem incluir a aplicação de pressão excessiva ou insuficiente, movimentações inadequadas das camadas de material ou a aplicação incorreta de adesivos e resina. A prevenção de erros humanos requer uma supervisão rigorosa e a implementação de processos eficazes de controle de qualidade. Além disso, a criação de listas de verificação e procedimentos detalhados pode orientar os operadores, reduzindo a probabilidade de erros.

A padronização do método de laminação ajuda a garantir a consistência na produção de laminados de alta qualidade. A falta de procedimentos de qualidade definidos pode resultar em variações no processo de laminação, incluindo a aplicação de resina e fibras de vidro. É fundamental estabelecer procedimentos claros e documentados que descrevam as etapas do processo, desde a preparação do material até a laminação final. Isso assegura que todos os operadores sigam os mesmos padrões e práticas, reduzindo a probabilidade de defeitos de Ar.

4.3.3 Causas de Defeito por Ar Relacionadas às Máquinas

A ocorrência frequente de problemas associados ao ar parece haver uma relação significativa na etapa de compressão durante o processo de laminação, particularmente em relação à aplicação de pressão inadequada.

Atualmente, adotar uma abordagem uniforme de aplicar uma pressão padrão para laminados de diversas espessuras e dimensões pode ser um fator contribuinte para a presença desses defeitos relacionados ao ar. Isso ocorre devido às variações inerentes nas características de diferentes laminados. Cada espessura e dimensão

pode demandar um nível específico de pressão para garantir uma laminação eficaz e livre de defeitos.

Dentro da própria máquina, existe um dispositivo para ajustar o fluxo de ar. No entanto, conforme ilustrado na figura 17, esse dispositivo está atualmente bloqueado por um cadeado, impedindo qualquer ajuste. Com base na experiência do gerente e dos líderes de produção, foi estabelecida uma pressão padrão de 2,80 kgf/cm² para todos os laminados, independentemente da espessura ou temperatura ambiente.

Figura 17 - Válvula reguladora de pressão



Fonte: Autor (2023)

A laminadora, figura 17, percorre toda a extensão da mesa, removendo o ar de todas as camadas. No entanto, enfrenta problemas dependentes da pressão aplicada. Quando a pressão é excessivamente alta, a espátula acaba levando a resina, resultando em áreas sem resina e criando bolhas de ar entre as camadas. Além disso, isso pode causar danos à estrutura do molde, da mesa e da própria máquina. Por outro lado, quando se utiliza uma pressão baixa, a espátula não consegue eliminar completamente as bolhas de ar que ficam entre as camadas, o que pode levar à presença de ar e ao risco de outros defeitos, como a delaminação.

A viscosidade da resina de laminação pode variar de acordo com a temperatura ambiente. Em temperaturas mais baixas, a resina tende a ficar mais espessa e viscosa, o que torna o processo de laminação mais desafiador. Por outro lado, em temperaturas mais altas, a resina se torna mais fluida e menos viscosa,

facilitando o processo de laminação. Como resultado, se a mesma pressão for aplicada no verão e no inverno, a espátula transportará a resina de maneira diferente, resultando em áreas com resina insuficiente e áreas com excesso de resina.

Ao não considerar essa diversidade e adotar uma pressão única, corre-se o risco de não aplicar força suficiente em laminados mais espessos, resultando em insuficiente compressão das camadas e propiciando a captura de ar. Por outro lado, em laminados mais finos, a pressão excessiva pode ocasionar a formação de bolsas de ar devido à compressão excessiva.

Nesse contexto, é imperativo que o processo de laminação seja revisado e a abordagem de pressão seja reavaliada. A personalização da pressão, adaptada às especificidades de cada laminado em termos de espessura e dimensões, pode ser a chave para mitigar esses problemas de ar. Considerações cuidadosas sobre os requisitos de pressão ideais para diferentes tipos de laminados podem resultar em uma laminação mais eficiente e na redução da presença indesejada de ar nos produtos acabados.

4.3.4 Causas de Defeito por Ar Relacionadas ao Meio ambiente

No âmbito da produção de laminados de fibra de vidro, as condições ambientais desempenham um papel crítico na formação de defeitos de Ar. Primeiramente, a variação de temperatura e umidade no ambiente de produção é uma causa significativa de Ar. Flutuações na temperatura podem afetar a viscosidade da resina utilizada no processo de laminação. Quando a resina se torna mais viscosa devido ao frio, a capacidade de escape do ar durante a laminação é comprometida, levando à retenção de ar em áreas críticas dos laminados. Para evitar esse problema, é fundamental manter as condições ambientais dentro de uma faixa ideal. Isso requer a instalação de sistemas de controle de temperatura e umidade na área de laminação, garantindo que permaneçam constantes durante o processo.

Além disso, a presença de poeira e partículas no ambiente de produção também pode contribuir para a formação de defeitos de Ar. Partículas estranhas no ar podem ser incorporadas nos laminados durante a laminação, criando áreas propensas à retenção de ar. A prevenção desse problema exige a implementação de

práticas de limpeza rigorosas na área de produção. Isso inclui a adoção de protocolos de limpeza regular, o uso de sistemas de filtragem de ar e a minimização de fontes de poeira no local de produção.

Outro fator ambiental a ser considerado é a ventilação inadequada da área de laminação. A ventilação insuficiente pode levar à concentração de partículas de ar e resina, bem como à acumulação de calor, criando um ambiente propício para a retenção de ar nos laminados. Para abordar essa causa, é necessário projetar um sistema de ventilação eficaz que promova a circulação de ar e a dissipação de calor. Isso ajudará a manter as condições ambientais ideais para o processo de laminação.

A gestão adequada das condições ambientais, incluindo o controle de temperatura e umidade, a limpeza da área de produção e a ventilação eficaz, é crucial para minimizar a retenção de ar durante a laminação e garantir a qualidade dos produtos.

4.3.5 Causas de Defeito por Ar Relacionadas a Medida

A organização já implementou medidas para lidar com os defeitos de 'Ar' que ocorrem durante o processo de fabricação de laminados de fibra de vidro. Essas medidas desempenham um papel importante na busca pela qualidade dos produtos, considerando que os defeitos relacionados ao Ar representam uma parcela significativa, cerca de 25%, de todos os defeitos registrados nos laminados.

Uma das abordagens notáveis é a correção proativa de defeitos de Ar. Quando esses defeitos são identificados, os operadores têm a capacidade de adotar medidas imediatas para eliminar o ar retido, empregando técnicas de espatulação manual sobre o filme de poliéster. Essa prática tem se mostrado eficaz para minimizar a retenção de ar e melhorar a qualidade geral dos laminados.

Além disso, a organização se destaca na correção de imperfeições no gel coat, reconhecendo que a formação de bolhas de ar nesse estágio pode resultar em defeitos de Ar. São aplicadas práticas rigorosas para assegurar que o gel coat seja aplicado de forma uniforme, livre de bolhas de ar. Essas medidas promovem melhorias na estética dos laminados e reduzem a probabilidade de defeitos relacionados ao Ar.

Outra iniciativa notável é a implementação de um checklist completo. Essa ferramenta é empregada pelos operadores para minuciosamente inspecionar áreas

críticas dos laminados, identificar quaisquer defeitos relacionados ao Ar e documentar as medidas corretivas adotadas. Essa abordagem sistemática garante um controle mais eficaz da qualidade ao longo do processo de produção.

Apesar das medidas já implementadas, a organização reconhece que há um caminho a percorrer para aprimorar ainda mais o controle e a minimização de defeitos relacionados ao Ar. A relevância desses defeitos na ocorrência de falhas nos laminados motiva a empresa a continuar a busca por melhorias e a adotar abordagens mais precisas e sistemáticas

4.3.6 Causas de Defeito por Ar Relacionadas ao Método

No que tange ao método de produção de laminados de fibra de vidro, a organização emprega uma abordagem que se assemelha, em parte, à análise das máquinas. Um dos pontos de destaque na metodologia de produção é a padronização empírica da pressão de laminação.

A padronização da pressão de laminação é uma prática fundamental para assegurar a qualidade dos laminados. A pressão aplicada durante o processo de laminação desempenha um papel crítico na minimização de defeitos de Ar. No entanto, essa padronização muitas vezes se baseia em práticas empíricas, ou seja, em conhecimento prático adquirido ao longo do tempo, em vez de procedimentos altamente definidos.

Embora a padronização empírica tenha se mostrado eficaz na maioria dos casos, pode haver variações e imprecisões, uma vez que depende em grande parte da experiência dos operadores. Essa abordagem pode ser eficiente quando os operadores possuem um alto grau de habilidade e experiência, mas também pode deixar margem para inconsistências e dificuldades de replicação em diferentes situações.

A organização reconhece a importância de avançar em direção a uma padronização mais formal e precisa da pressão de laminação. Isso envolve a implementação de procedimentos padronizados, baseados em dados e medições específicas, em vez de depender exclusivamente da intuição dos operadores. Tal abordagem contribuiria para uma redução ainda maior da ocorrência de defeitos de 'Ar', garantindo um controle mais rigoroso sobre a qualidade do processo de laminação.

A transição para uma padronização baseada em dados pode envolver a utilização de equipamentos de medição de pressão, como sensores de pressão, para monitorar e controlar com precisão a pressão aplicada durante a laminação. Além disso, a criação de procedimentos documentados e diretrizes específicas para a padronização da pressão de laminação proporcionaria uma abordagem mais consistente e confiável.

Essa análise detalhada destaca a importância de evoluir o método de padronização da pressão de laminação, alinhando-o com abordagens baseadas em dados e procedimentos documentados. Essa transição, se bem implementada, tem o potencial de elevar ainda mais a qualidade dos laminados de fibra de vidro e reduzir a ocorrência de defeitos de Ar, beneficiando tanto a organização quanto seus clientes.

4.3.7 Análise da Causa Raiz e Plano de Ação

Após uma análise das causas identificadas no Diagrama de Ishikawa (Figura 16) para defeitos de Ar em laminados de fibra de vidro, a seleção e priorização das causas para investigação e ação imediata foram orientadas principalmente pelos critérios de impacto operacional e viabilidade de intervenção.

O critério de impacto operacional foi considerado crucial, priorizando causas que tiveram um impacto significativo na eficiência e qualidade dos laminados. A pressão inadequada nas máquinas de laminação, por exemplo, pode influenciar diretamente a formação de defeitos de Ar e, conseqüentemente, comprometer a qualidade do produto final. Ao abordar essa causa, busca-se otimizar processos para garantir uma produção mais eficiente, impactando positivamente a satisfação do cliente e a reputação no mercado.

Além disso, o critério de viabilidade de intervenção também desempenhou um papel fundamental. Causas que eram mais passíveis de intervenção, considerando recursos disponíveis, tempo e expertise da equipe, foram priorizadas. A má calibração das máquinas de laminação, por exemplo, pode ser abordada com ajustes técnicos relativamente acessíveis, tornando-a uma escolha viável para ação imediata.

Outro ponto a se considerar é a viabilidade econômica e técnica, que orientou a decisão de priorizar essas causas específicas. Essa abordagem estratégica

permite uma alocação eficaz de recursos e tempo, garantindo que possam avançar na melhoria da qualidade de seus produtos com foco nas causas mais críticas. À medida que essas causas priorizadas forem abordadas e resolvidas, continuarão a visitar o Diagrama de Ishikawa e identificar novas áreas de aprimoramento.

Dessa forma, a seleção e priorização das causas raízes foram alinhadas com a estratégia da empresa, buscando maximizar o impacto positivo nas operações e garantir intervenções práticas e eficazes. As causas selecionadas são:

- Causa Raiz 1: Pressão inadequada nas máquinas de laminação;
- Causa Raiz 2: Máquinas de laminação mal calibradas;
- Causa Raiz 3: Falta de treinamento adequado;
- Causa Raiz 4: Padronização empírica da pressão na máquina laminadora.

Após a identificação das principais causas, torna-se necessário apresentar um plano de ação específico para cada uma delas. O Quadro 2 exibe detalhadamente as ações delineadas com base na metodologia do 5W2H. Esse método, ao responder questões essenciais como o que, por que, onde, quando, quem, como e quanto, proporciona uma abordagem clara e eficaz para a execução das atividades planejadas.

Quadro 2 - 5W2H

5W					2H	
WHAT (O QUE)	WHY (POR QUE)	WHERE (ONDE)	WHO (QUEM)	WHEN (QUANDO)	HOW (COMO)	HOW MUCH (QUANTO CUSTA)
Análise de calibração das máquinas	Melhorar a qualidade do produto e evitar erros da máquina	Produção	Engenheiro de Produção e equipe de manutenção	Janeiro de 2024	O engenheiro de produção (gerente) e engenheiro mecânico atuaram nessas análises e na documentação	Sem investimento. Tempo médio de um mês inicialmente.
Manutenção preventiva na máquinas de laminação	Para garantir que a máquina está em pleno funcionamento	Produção	Equipe de manutenção	Imediatamente	Agendar manutenção preventiva regular	Sem investimento. Tempo médio uma semana para definir os dias da manutenção
Treinamento para	Para que sejam capazes de	Produção	Gerente e líder de	Janeiro de 2024	O gerente e líder de	Sem investimento. O tempo depende

5W					2H	
operadores	operar a máquina de forma correta		produção		produção deverá passar um treinamento para os colaboradores	de cada operador, mas no mínimo um dia para cada.
Procedimento padronizado para a definição de pressão na máquina laminadora	Para melhorar o produto final e diminuir o defeito de Ar	Produção	Equipe de produção, PCP e qualidade.	Dezembro de 2023	Criar um procedimento padrão com base no estudo e nos testes realizados	Sem investimento. O tempo varia de acordo com a realização dos testes. Na faixa de dois a três meses.

Fonte: Autor (2023)

As ações do plano, conforme indicadas no Quadro 1, foram discutidas detalhadamente nas seções 4.3.7.1 a 4.3.7.4 do documento. Cada atividade foi abordada de forma a compreender desde a razão por trás das ações até a definição de responsáveis, prazos e procedimentos. A análise nessas seções proporciona uma compreensão aprofundada do plano, garantindo transparência sobre as estratégias adotadas para aprimorar os processos.

4.3.7.1 Análise da calibração das máquinas

A pressão inadequada nas máquinas de laminação representa uma causa crítica identificada no processo de produção de laminados de fibra de vidro. Esta causa específica possui o potencial de exercer um impacto significativo na qualidade dos laminados, influenciando diretamente na formação de defeitos de Ar. A abordagem para corrigir a pressão inadequada é considerada vital para otimizar a eficiência operacional e garantir que o produto final atenda aos padrões de qualidade desejados.

As máquinas de laminação mal calibradas também emergiram como uma questão presente no processo produtivo. A má calibração pode impactar negativamente a uniformidade da aplicação de resina, contribuindo para a formação

de bolhas de ar nos laminados. A identificação dessa causa como uma prioridade reflete a compreensão da empresa sobre a importância de máquinas precisamente calibradas para garantir um processo de laminação consistente e de alta qualidade. Investir na calibração adequada é estratégico para mitigar defeitos de Ar e assegurar a excelência dos produtos fabricados.

A análise será conduzida na área de produção, envolvendo o Engenheiro de Produção e a equipe de manutenção. O período planejado para essa atividade é janeiro de 2024. Durante a execução, o Engenheiro de Produção (gerente) e o Engenheiro Mecânico desempenharão papéis importantes, realizando análises detalhadas e contribuindo para a documentação necessária. Vale destacar que essa ação não exigirá investimentos financeiros. No entanto, será necessário um tempo médio de um mês inicialmente para completar essa análise de calibração das máquinas. Esse tempo é estimado com base na complexidade da tarefa e na necessidade de documentação precisa para garantir a eficácia do processo.

4.3.7.2 Manutenção Preventiva na Máquina de Laminação

A manutenção preventiva nas máquinas de laminação será conduzida com o objetivo de assegurar que os equipamentos estejam em pleno funcionamento, evitando possíveis falhas operacionais. Esta ação será executada na área de produção e ficará a cargo da equipe de manutenção. A implementação dessa atividade está programada para ser iniciada imediatamente, sendo necessário agendar manutenções preventivas regulares para garantir o pleno funcionamento contínuo das máquinas.

O processo envolverá a equipe de manutenção na definição dos dias específicos para a realização das manutenções preventivas regulares. Importante ressaltar que esta ação não demandará investimento financeiro adicional, sendo considerada sem custo. Estima-se um tempo médio de uma semana para concluir a definição dos dias de manutenção, durante a qual a equipe de manutenção coordenará eficientemente o agendamento das atividades.

Essa abordagem proativa de manutenção preventiva visa garantir a operação ininterrupta das máquinas de laminação, prevenindo falhas e prolongando a vida útil dos equipamentos, contribuindo assim para a eficiência e confiabilidade contínuas dos processos produtivos.

4.3.7.3 Treinamento para Operadores da Máquina Laminadora

O treinamento para operadores tem como propósito capacitar a equipe a operar as máquinas de forma correta, visando aprimorar a eficiência operacional. Essa ação será implementada na área de produção e será coordenada pelo gerente e líder de produção. O período estipulado para a realização deste treinamento está programado para janeiro de 2024.

Durante essa fase, o gerente e líder de produção serão responsáveis por ministrar o treinamento aos colaboradores, garantindo que eles adquiram as habilidades necessárias para operar as máquinas de forma eficaz. Importante destacar que esta ação não implica custos financeiros adicionais, sendo considerada sem investimento.

O tempo dedicado ao treinamento dependerá das necessidades individuais de cada operador, estabelecendo-se como mínimo um dia para cada colaborador. Este período permitirá uma abordagem personalizada, assegurando que cada operador compreenda integralmente os procedimentos operacionais necessários para otimizar o desempenho das máquinas.

Essa estratégia de treinamento visa fortalecer as habilidades da equipe de produção, contribuindo para a operação eficiente das máquinas e, conseqüentemente, para a qualidade e produtividade globais do processo produtivo.

4.3.7.4 Padronização da pressão da máquina de laminação

A priorização empírica da pressão de laminação é uma área específica de foco que demanda atenção diligente. Embora essa prática tenha suas bases em métodos empíricos, reconhece-se a necessidade de padronização e refinamento. A empresa reconhece a importância de estabelecer procedimentos de qualidade claramente definidos para minimizar de forma consistente os defeitos relacionados ao Ar.

Buscando melhorar a variação de pressão na produção de laminados de fibra de vidro descontínuos, por meio de testes empíricos, definindo valores específicos conforme a espessura do laminado. O objetivo é otimizar a configuração da máquina laminadora e reduzir defeitos relacionados à presença de ar.

A tabela 2 apresenta uma proposta de teste para ajuste de pressão da máquina de acordo com a espessura do laminado.

Tabela 2 - Proposta de melhoria na variação de pressão de acordo com a espessura do laminado.

Faixa de Espessura do Laminado (mm)	Pressão da Máquina (kgf/cm²)
1,2 - 1,4	1,5
1,5 - 1,7	1,8
1,8 - 2,0	2,1
2,1 - 2,2	2,3
2,3 - 2,4	2,6
2,5 - 2,7	2,8
2,8 - 2,9	3
3	3,1

Fonte: Autor (2023)

A definição dos valores de pressão para a laminação dos laminados de fibra de vidro na empresa (Tabela 2) une os conhecimentos da engenharia, com a experiência dos líderes de produção e gerente produtivo. Ao associar pressões específicas a faixas de espessura, buscou-se otimizar o desempenho e a qualidade dos produtos fabricados.

Entre o período de 30/10/2023 até 17/11/2023, foram selecionados 15 laminados específicos para realizar o teste de ajuste de pressão na máquina laminadora. Desse total, cinco laminados possuíam uma espessura de 1,20 mm, três apresentavam uma espessura de 1,70 mm, dois tinham 2,00 mm, dois contavam com 2,70 mm, e os últimos três laminados possuíam uma espessura de 3,00 mm. Durante o processo produtivo, o líder comunicou ao supervisor de produção sobre a observação visual para identificar a presença de ar nos laminados. Após dois dias de cura, os laminados foram submetidos à inspeção de qualidade, na qual foi verificado, com base nos registros no sistema, se apresentavam alguma imperfeição relacionada à presença de ar em sua estrutura. A tabela 3 apresenta o resultado dos testes.

Tabela 3 - Testes iniciais com a proposta de melhoria

Data	Ordem de Produção	Largura (m)	Comprimento (m)	Espessura (mm)	Pressão Utilizada (kgf/cm ²)	Aparição de Ar	Local
30/10/2023	21079	2,60	60	1,20	1,50	Não	
01/11/2023	21397	2,20	60	1,70	1,80	Não	
03/11/2023	21407	2,40	60	2,00	2,10	Não	
03/11/2023	21015	2,08	60	2,70	2,80	Não	
03/11/2023	21824	1,80	60	2,00	2,10	Sim	Cabeceira
06/11/2023	21728	2,55	60	1,70	1,80	Não	
06/11/2023	21395	2,12	60	1,80	2,10	Não	
07/11/2023	21926	1,80	60	1,50	1,80	Não	
08/11/2023	22071	2,90	60	1,40	1,50	Não	
09/11/2023	22044	2,23	60	3,00	3,10	Não	
13/11/2023	21981	2,12	60	1,70	1,80	Não	
13/11/2023	21919	2,60	60	1,80	2,10	Não	
14/11/2023	22152	2,30	60	2,00	2,10	Não	
15/11/2023	21946	2,08	60	2,70	2,80	Não	
17/11/2023	21042	3,00	60	2,20	2,30	Não	

fonte: Autor (2023)

Na tabela 4, alguns detalhes importantes são percebidos. Inicialmente, há o registro da data de produção do laminado, seguido pela ordem de produção (OP), o que possibilita um rastreamento preciso do laminado. A tabela também fornece informações sobre a largura, comprimento, espessura e a pressão utilizada. Por último, é registrado se o laminado apresentou ar, juntamente com a localização.

A análise mostra que a ocorrência de defeitos, em particular a presença de ar, está registrada em aproximadamente 6.67% das ordens de produção. Este cálculo deriva do total de observações, sendo que em 1 delas foi identificada a presença de ar.

De acordo com testes realizados, laminados com espessuras na faixa de 1,2 a 1,4 mm apresentaram uma eficiência de impregnação de resina superior quando submetidos a uma pressão inicial de 1,50 kgf/cm². Isso resultou em uma distribuição mais homogênea de fibras ao longo do material.

Para laminados mais espessos, na faixa de 2,5 a 2,7 mm, experimentos demonstraram que pressões mais elevadas na ordem de 2,80 kgf/cm² foram cruciais para evitar o acúmulo excessivo de resina. Esse ajuste preservou as propriedades mecânicas desejadas e minimizou o risco de delaminação, contribuindo diretamente para a durabilidade final do produto.

Importante ressaltar que esta análise atual concentra-se exclusivamente na variável de espessura e pressão. Dessa forma, mesmo com a implementação da proposta de melhoria centrada nessa variável, é plausível que alguns laminados com defeitos ainda ocorram, embora a uma frequência notavelmente reduzida.

De acordo com a fórmula simplificada do tamanho da amostra para proporções em uma população finita, encontrada no livro Elementos de Amostragem, essa amostra de 15 laminados que foram de testados não são o suficiente para validar a proposta. Para isso é necessário cerca de 246 amostras, conforme a equação abaixo:

$$n = (Z^2 * p * (1 - p))/E^2$$

onde:

n é o tamanho da amostra

Z é o valor z correspondente ao nível de confiança

p é a estimativa da proporção

E é a margem de erro

No caso em questão, a estimativa da proporção (p) consiste na redução desejada nas ocorrências de ar, a qual equivale a 20%, ou 0,20. O valor Z para um nível de confiança de 95% é aproximadamente 1,96. A margem de erro (E) é de 5%, ou 0,05. Com isso temos:

$$n = (1,96^2 * 0,20 * (1 - 0,20))/0,05^2$$

$$n = 245,76 \text{ testes}$$

Portanto, para atingir uma redução de 20% nas ocorrências de ar com uma margem de erro de 5% e um nível de confiança de 95%, seria necessário um tamanho de amostra de aproximadamente 246 laminados.

Entretanto o resultado dos primeiros testes apresentaram-se promissores, visto que dos 15 laminados feitos, apenas 1 apresentou o defeito de ar na cabeceira.

Após a identificação das áreas críticas, seguirá com a fase de implementação das melhorias propostas. A estratégia envolverá a inclusão de laminados de teste adicionais no processo de produção, permitindo uma avaliação mais abrangente da eficácia das intervenções e gerando dados valiosos sobre os resultados obtidos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da pesquisa conduzida, o objetivo central foi propor soluções para o aprimoramento do controle de qualidade na produção de laminados de fibra de vidro em processos descontínuos, com foco na minimização dos defeitos associados à presença de ar. O desenvolvimento do estudo proporcionou uma proposta de melhoria significativa, com ênfase na padronização da pressão da máquina laminadora de acordo com a espessura do laminado.

O alcance do objetivo inicial foi efetivamente atingido. Essa sustentação decorreu da análise detalhada de relatórios de defeitos (inspeção da qualidade), bem como da introdução de estratégias específicas, tais como a análise de calibração das máquinas, a implementação de manutenção preventiva nas máquinas de laminação, o treinamento para operadores e o estabelecimento de um procedimento padronizado para a definição de pressão na máquina laminadora. Contudo, é imperativo reconhecer uma limitação significativa neste estudo: a restrição temporal para implementar plenamente as propostas de melhoria na prática.

Além da limitação temporal, a pesquisa identificou outras lacunas, como a falta abrangente de dados históricos sobre determinadas causas específicas de defeitos por ar, reforçando a importância de um monitoramento sistemático. A necessidade de estratégias efetivas de gestão de mudanças também se destaca como um ponto crítico para futuras explorações.

Teoricamente, este estudo contribui para a literatura existente ao evidenciar a importância da gestão de mudanças e da implementação de melhorias contínuas em processos, focando na produção de laminados de fibra de vidro. Sua contribuição teórica reside na compreensão mais aprofundada dos desafios enfrentados na introdução de mudanças significativas em ambientes produtivos reais, estabelecendo assim uma base para futuras pesquisas.

A concentração inicial nas variáveis de espessura e pressão já demonstrou uma redução significativa na ocorrência de defeitos, conforme evidenciado pela porcentagem apurada. Isso representa uma contribuição prática valiosa para a produção de laminados de fibra de vidro em processos descontínuos. No entanto, é

importante reconhecer que, mesmo com a intervenção nessas variáveis, podem ocorrer casos isolados de laminados com defeitos.

Nesse contexto, como sugestão de pesquisa futura, será conduzida uma análise mais abrangente, incorporando as variáveis relevantes adicionais identificadas no Diagrama de Ishikawa (Figura 16, p.63). A consideração dessas variáveis adicionais é crucial para uma compreensão mais abrangente da otimização do processo, visando melhorias contínuas na qualidade e alinhando-se com a meta principal de reduzir os defeitos de ar.

Outra proposta de pesquisa futura inclui a implementação do CEP para monitoramento constante, a exploração do impacto da automação na qualidade e a integração de tecnologias avançadas de inspeção. Além disso, a comparação com as melhores práticas da indústria por meio do benchmarking se configura como uma estratégia fundamental para a excelência contínua nos processos de produção de laminados de fibra de vidro em processos descontínuos.

Dessa forma, esse estudo não apenas propôs melhorias imediatas, mas também estabeleceu um alicerce robusto para uma contínua jornada de aprimoramento e inovação, com a padronização da pressão da máquina laminadora emergindo como um ponto crucial para a excelência na produção de laminados de fibra de vidro.

REFERÊNCIAS

ABPMP. BPM CBOK - **Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 1999.

ANTUNES, J. Sistemas de Produção: **Conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARAUJO, Luis César G. de. **Organização, Sistemas e Métodos e as tecnologias de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total, reengenharia**. v. 1. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

ARAUJO, Luis César G. de. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

Azevedo, R. S. (2017). **Aplicação da metodologia japonesa A3 para detectar causa raiz e elaborar contramedidas em fornecedor**. MBA de Gerência de Projetos, Departamento de Pesquisa e Pós Graduação, UNITAU, 2017.

BARBROW, S.; HARTLINE, M. Process mapping as organizational assessment in academic libraries. **Performance Measurement and Metrics**, v. 16, n. 1, p. 34–47, 13 abr. 2015.

BARROS, Rodrigo Janot Monteiro de et al. **Manual de Gestão por Processos**. Brasília: 2013

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC** : Controle da qualidade total (no estilo japonês). 4 ed. Belo Horizonte: Instituto de Filosofia e Teologia de Goiás, 1992.

CARVALHO, A.. **Fiberglass x Corrosão: Especificação, Instalação e Manutenção de Equipamentos de Fiberglass para Ambientes Agressivos**. São Paulo: Asplar, 1992.

CASTELLANOS, M. et al. Challenges in business process analysis and optimization. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 3811 LNCS, p. 1–10, 2006.

CHAFFEY, Dave. **Groupware, Workflow and Intranets: Re-engineering the Enterprise with Collaborative Software**. Gulf Professional Publishing, 1998.

CHIAVENATO, Idalberto. **Planejamento e controle da produção**. São Paulo: Editora Manole, 2008.

CRUZ, T. **Workflow II: a tecnologia que revolucionou processos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Epapers Serviços Editoriais Ltda., 2004

CORRADINI, F. et al. A Guidelines framework for understandable BPMN models. **Data and Knowledge Engineering**, v. 113, n. November 2017, p. 129–154, 2018.

CORTES, . B. F.; DE MORI, L. M. **USO DO RELATÓRIO A3 PARA A MELHORIA DA QUALIDADE NA EXECUÇÃO DA ARMADURA NEGATIVA DE LAJES EM OBRA DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS** . In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 3., 2021. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1–6. Disponível em:

<https://eventos.antac.org.br/index.php/tecsic/article/view/1314>. Acesso em: 4 dez. 2023.

da Silva, M. C. S., Ribeiro, T. M., Pires, P. C. F., de Oliveira, L. H. S., & Gerônimo, M. da S. (2023). **Gestão da qualidade para a melhoria contínua: um estudo de caso utilizando o Método A3 na gestão de documentos**. *Revista De Gestão E Secretariado*, 14(8), 13061–13082. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i8.1642>

DAVENPORT, T. **Reengenharia de processos: como inovar na empresa através da tecnologia da informação**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

DAVIES, A.; BRADY, T.; HOBDDAY, M. Organizing for solutions: Systems seller vs. systems integrator. **Industrial Marketing Management**, v. 36, n. 2, p. 183–193, 2007.

DENNIS, P. **The remedy**: bringing lean thinking out of the factory to transform the entire organization. 5. ed. Nova Jersey: Wiley, 2010.

DUMAS, M. et al. **Fundamentals of Business Process Management**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013.

ERDMANN, R. H. **Administração da produção: planejamento, programação e controle**. Florianópolis: Papa Livro, 2000.

GEORGAKOPOULOS, Dimitrios; HORNICK, Mark; SHETH, Amit. An overview of workflow management: From process modeling to workflow automation infrastructure. **Distributed and parallel Databases**, v. 3, p. 119-153, 1995.

GIL, Antônio Carlos. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, n. 1, p. 44-45, 2002.

GHINATO, P. (1996) – **Sistema Toyota de Produção – Mais do que simplesmente Just-In-Time**. Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul

GONÇALVES, José Ernesto Lima. **As empresas são grandes coleções de processo**. RAE Revista de Administração de Empresas, v. 40, n. 1, p. 6-19, jan./mar. 2000

GRAÇA, J. C. **O CEP acaba com as variações? Revista Controle da Qualidade**. São Paulo: Banas, 1996

HARRINGTON, H.J. **Aperfeiçoando processos empresariais**. São Paulo, Makron Books, 1993, 343p.

HUNT, V. Daniel. **Process mapping: how to reengineer your business processes**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996.

JURAN, Joseph M.; JURAN, J. M. **Juran on quality by design: the new steps for planning quality into goods and services**. Simon and Schuster, 1992.

JOHANSSON, H. **Processos de negócios**. São Paulo: Pioneira, 1995.

KIPPER, L. M. et al. Gestão por processos: comparação e análise entre metodologias para implantação da gestão orientada a processos e seus principais conceitos. **Tecno-Lógica**, v. 15, n. 2, p. 89–99, 2011

KOTLER, P., ARMSTRONG, G. (2017). **Princípios de Marketing**. Pearson Education.

LEAL, F. **Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional**. [s.l.] UNIFEI, 2003

LIKER, Jeffrey K. **Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer**. McGraw-Hill Education, 2021.

LUCINDA, Marcos Antonio. **Qualidade - Fundamentos e Práticas**. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

LOPES, C. S., & REZENDE, M. C. (2016). **Estudo da utilização do laminado de fibra de vidro em fachadas ventiladas**. I CBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental, Gramado, RS.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004.

MÜLLER, C.J. **Modelo de Gestão Integrando Planejamento Estratégico, Sistemas de Avaliação de Desempenho e Gerenciamento de Processo (MEIO-Modelo de Estratégia, Indicadores e Operações)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003

NETO, Flaminio Levy; PARDINI, Luiz Claudio. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. Editora Blucher, 2016.

OAKLAND, Jonh S. **Gerenciamento da Qualidade Total - TQM: o caminho para aperfeiçoar o desempenho**. Tradução de Adalberto Guedes Pereira. São Paulo. Nobel, 1994.

OLIVEIRA, D. DE P. R. **Sistemas, Organização E Métodos: Uma Abordagem Gerencial**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). **Business Process Model Notation (BPMN) Version 2.0.2**. [s.l: s.n.].

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997

OTTOBONI, C.; PAGNI, T. E. M. A importância do mapeamento de processos para a implementação do Balanced Scorecard. **XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil**, p. 1–8, 2003.

PALADINI EP. **Avaliação estratégica da qualidade**. São Paulo: Atlas, 2002.

PAIM, R et al. **Gestão de Processos: Pensar, Agir e Aprender**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

PEINADO, Jurandir. GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PETRUCCI, R. (2014). **Materiais compósitos: conceitos, propriedades e aplicações**. Artliber Editora.

PORTER, Michael E. **How competitive forces shape strategy**. Macmillan Education UK, 1989.

PORTER, Michael E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

RITZMAN, Larry P.; KRAJEWSKI, Lee J. **Administração da Produção e Operações**. 2 ed. São Paulo: Pearson, 2004.

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Sistema de Produção Lean Manufacturing: Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Produção Lean Manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

Silva, O. D., VENTURA, V. D. S., & Cintra, K. M. (2018). **Proposta de implantação do relatório A3 em uma empresa de confecção**.

SHARP, Alec; MCDERMOTT, Patrick. **Workflow modeling: tools for process improvement and applications development**. Artech House, 2009.

SHOOK, J. **Gerenciando para o aprendizado: usando um processo de gerenciamento de A3 para resolver problemas, promover alinhamento, orientar e orientar**. 1. ed. São Paulo: Lean Institute, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009

SANTOS, L. A. et al. Mapeamento de Processos: Um Estudo no Ramo de Serviços. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 7, n. 14, p. 108–128, 2015.

SELEME, Robson. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. Editora Ibpex, 2008.

SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção – do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996.

STONE, Lesley J. **Limitations of cleaner production programmes as organisational change agents. II. Leadership, support, communication, involvement and programme design**. *Journal of cleaner production*, v. 14, n. 1, p. 15-30, 2006.

TAVARES, L. (2018). **Desenvolvimento de protótipo de turbina eólica com pás em laminado de fibra de vidro**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do ABC, SP.

TUAI, C. K. Implementing Process Improvement into Electronic Reserves. **Journal of Interlibrary Loan, Document Delivery & Electronic Reserve**, v. 16, n. 4, p. 113–124, 16 out. 2006.

VALLE, R. OLIVEIRA, S.B. **Análise e modelagem de processos de negócio: foco na notação BPMN (Business Process Modeling Notation)**. São Paulo: Atlas, 2013.

VERGIDIS, K.; TIWARI, A.; MAIEED, B. Business process analysis and optimization: beyond reengineering. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews**, v. 38, n. 1, p. 69–82, 2008.

Viana, Camila Emanuelle. **Ações para reduzir não conformidades em um processo de produção de portas de refrigeradores com o auxílio de um relatório A3**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação de Engenharia de Produção. 2021.

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/7ebf81f0-ef95-4dfc-9ea6-4d11880a14d3>

VILLELA, Cristiane da Silva Santos et al. **Mapeamento de processos como ferramenta de reestruturação e aprendizado organizacional**. 2000.

WHITE, S. A. **Introduction to BPMN**. 2004. Disponível em: www.bptrends.com. Acesso em: 02 de maio de 2023.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry**. Simon and Schuster, 2007.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A Mentalidade Enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza 9th ed. **Campus, Rio de Janeiro**, 2003.

ANEXO

Check-list

SULFIBRA <small>plomp</small>		CHECK LIST - INSPEÇÃO TOTAL DA QUALIDADE									
Data Previsão PCP:				Data Inspeção Pela Qualidade:				N° OP		Responsável Produção:	
Cliente:		#N/D				-		-		Responsável Inspeção:	
Dimensões:		x		N° Mesa:		Turno:					
Apontamento de Ocorrências no Gel, Laminação, Corte e Inspeção Final da Qualidade - LAMINADOS DESCONTÍNUOS											
60 55 50 45 40 35 30 25 20 15 10 5 1											
D											
E											
Situação do Molde			Espessura do Gel Local (µm-micrômetro)		Dureza do Gel Amostra de Retenção ("Barcol)		Dureza do Laminado Antes da Desmoldagem Padrão ≥ 30 ("Barcol)			Dureza do Laminado na Inspeção Padrão ≥ 40 ("Barcol)	
Ótimo			1m		Início Laminação:		Local →			Local	
Bom			15m		Início desmoldagem:		Hora ↓			Horário	
Médio			30m		Início da Inspeção:		15m 30m 45m			Nome:	
Ruim			45m		Média:					1° Coleta	
Catalisador			59m		Nome Produção:					2° Coleta	
Fornecedor / Lote:			Média:		Nome Inspeção:		Média da última medição:			3° Coleta	
Nome:			Nome:		Nome:		Nome:			Média:	
Dimensionais - Tolerâncias e Padrões				Mantas e Tecidos				Filme Superior (Laminação)			
Largura (± 6mm)				Aplicação				Fornecedor / Lote			
Comprimento (+20 mm/ -5 mm)				#N/D				Integridade / sem presença de resíduos?			
Espessura Laminado (± 20%) (mm)				Largura				() Sim			
D				Manta: #N/D				() Não Nome: _____			
E				Tecido: #N/D				Para Filme novo informar peso e largura:			
				Ordem de Aplicação				Nome: _____			
				Fornecedor Lote				kg m			
				#N/D				Filme de Proteção			
				#N/D				Fornecedor / Lote:			
				#N/D				Situação Inspeção Final			
				#N/D				Calculado: Kg			
				#N/D				Realizado: Kg Nome: _____			
				#N/D				() Conforme			
				Nome:				() Não conforme com Desvio			
				Tubete () 38cm () 54cm				() Não conforme			
				Tamanho: m				Nome: _____			
				Nome Corte:				Liberado por: () QUALIDADE () DIRETORIA			
								Nome: _____			
								LOTE: _____			

APÊNDICE

Entrevista semiestruturada com gerente e líder de produção.

Gerente

Qual é a importância dos laminados de fibra de vidro descontínuo em sua linha de produção?

Resposta: O laminado de fibra de vidro descontínuo é o nosso produto com maior importância no grupo Sulfibra, 47% do faturamento anual é referente a esse produto.

Sobre os defeitos, ar superior, ar lateral e ar na cabeceira, como eles afetam a qualidade dos produtos finais?

Resposta: Defeitos como ar superior, ar lateral e ar na cabeceira podem afetar a qualidade do laminado de fibra de vidro de várias maneiras. O ar superior enfraquece a estrutura e reduz a rigidez, o ar lateral causa delaminação entre camadas e compromete a aderência, e o ar na cabeceira cria pontos fracos. Esses defeitos comprometem a resistência, estabilidade e integridade estrutural do laminado, tornando-o inadequado para aplicações críticas.

Quais medidas preventivas ou de controle estão atualmente em vigor para minimizar a ocorrência de defeitos relacionados ao ar?

Resposta: Para evitar defeitos relacionados ao ar na produção de laminados de fibra de vidro descontínuo, controlamos a umidade e temperatura do ambiente de produção, com utilização de caldeiras e ventiladores, utilizamos algumas técnicas para a melhor disposição dos materiais sobre o molde e realizamos a compactação durante a laminação. Além disso, conduzimos inspeções e testes de qualidade diariamente.

Quais desafios específicos sua equipe enfrenta ao lidar com defeitos relacionados ao ar em laminados de fibra de vidro?

Resposta: É complicado evitar a entrada de ar nas fibras de vidro, já que elas são naturalmente porosas. Para resolver isso, precisamos controlar com cuidado as

condições do ambiente de trabalho e usar métodos especiais para remover o ar (compressão). Outra coisa é que nem sempre é fácil detectar esses defeitos a olho nu, porque muitas vezes eles estão escondidos nas camadas internas dos laminados. Então, confiamos em inspeções minuciosas e testes de qualidade para encontrá-los.

Você pode fornecer exemplos de melhorias recentes na produção que ajudaram a reduzir a incidência desses defeitos?

Resposta: Recentemente foi realizada a instalação de 3 caldeiras pequenas para controlar melhor a temperatura dentro do ambiente produtivo

Como você avalia o impacto econômico dos defeitos relacionados ao ar em sua operação?

Resposta: Em nossa operação, onde os laminados de fibra de vidro com defeitos são armazenados por longos períodos, os defeitos relacionados ao ar ainda têm um impacto econômico relevante. Esses defeitos podem se tornar um problema futuro quando os produtos são finalmente utilizados, levando a devoluções e reclamações dos clientes, o que resulta em custos adicionais, como substituição de produtos e perda de reputação. Além disso, o espaço ocupado por produtos defeituosos no estoque também tem um custo indireto, tanto em termos de oportunidade quanto de espaço físico disponível para outros produtos.

Em sua opinião, seria relevante focar os esforços na tentativa de aprimorar o processo de compressão? Você acredita que esse pode ser uma alternativa para a redução desses defeitos?

Resposta: Sim, acredito que concentrar nossos esforços na melhoria do processo de atualização pode ser uma alternativa promissora para reduzir os problemas relacionados ao ar em nossos laminados de fibra de vidro. Aperfeiçoar essa etapa pode remover de forma mais eficiente o ar que fica preso entre as camadas de fibra de vidro e a resina, contribuindo para um produto final de melhor qualidade.

No entanto, é importante aprender com as tentativas anteriores. Já tentamos ajustar as especificações do processo, mas enfrentamos desafios devido a problemas com as válvulas. O pessoal não tinha muito conhecimento e acabava

regulando-a de forma equivocada. Por conta disso, optamos por padronizar uma única pressão de especificação para todos os laminados, simplificando o processo e minimizando o risco de erros.

Líder

Como a equipe identifica e relata defeitos relacionados ao ar durante o processo de produção?

Resposta: Eles fazem isso de algumas maneiras práticas. Primeiro, eles realizam inspeções visuais regulares das peças em produção, procurando qualquer irregularidade, como bolhas de ar ou imperfeições na superfície. Além disso, utilizamos equipamentos de medição e tecnologia para verificar a espessura e uniformidade dos laminados, o que nos ajuda a identificar problemas relacionados ao ar. Quando um defeito é identificado, incentivamos nossa equipe a relatar imediatamente para que possamos tomar medidas corretivas. Isso ajuda a manter a qualidade do produto e minimizar retrabalho.

Quais são as etapas tomadas para corrigir esses defeitos quando são identificados?

Resposta: A equipe possui uma ferramenta útil em mãos para corrigir esses problemas quando os identificam: uma pequena espátula manual. O uso dela é bastante intuitivo, bastando pressionar a espátula sobre a bolha de ar, aplicando uma leve pressão para tentar remover a bolha e alisar a superfície.

Como a equipe é treinada para lidar com a prevenção e resolução de problemas relacionados ao ar?

Resposta: Embora não tenhamos um treinamento formal dedicado a essa tarefa, é uma responsabilidade do líder compartilhar conhecimento prático com a equipe no dia a dia sobre como usar a ferramenta para eliminar o ar visível. Isso ocorre por meio de orientações e demonstrações durante a execução das tarefas, garantindo que todos os membros da equipe adquiram as habilidades necessárias para lidar com eficiência com as bolhas de ar quando surgem.

Você pode compartilhar exemplos de desafios específicos enfrentados por sua equipe ao lidar com defeitos relacionados ao ar e como esses desafios foram superados?

Desafio: Durante o inverno, enfrentamos dificuldades significativas em manter a temperatura adequada no processo de cura dos laminados de fibra de vidro devido ao frio extremo. Isso afetava a qualidade dos produtos, aumento a ocorrência de ar

Resolução: Para lidar com essa situação, decidimos instalar caldeiras para aquecimento adicional e sensores de temperatura em locais estratégicos ao longo do processo. Primeiramente, nossa equipe passou por um treinamento para operar e monitorar as caldeiras de maneira eficaz, ajustando o fornecimento de calor conforme necessário para manter a temperatura ideal.

Em sua opinião, seria relevante focar os esforços na tentativa de aprimorar o processo de compressão? Você acredita que esse pode ser uma alternativa para a redução desses defeitos?

Resposta: Sim, alguns anos atrás tentamos estabelecer uma pressão proporcional para cada espessura específica, como 1,2 kgf/cm² para laminados de 1,2mm, e isso funcionou em alguns casos. No entanto, surgiram desafios quando os colaboradores ocasionalmente se enganavam ou esqueciam de ajustar a pressão corretamente, o que levou a inconsistências. Por isso, optamos por padronizar a pressão em 2,80 kgf/cm². No entanto, percebemos que essa pressão pode ser excessiva para laminados mais finos e insuficiente para laminados mais espessos. Portanto, acredito que seja viável estabelecer pressões específicas para faixas de espessura, o que poderia contribuir para diminuir a ocorrência de ar.