

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS,
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

AUGUSTO EDUARDO SILVA MARTINS

APLICAÇÃO DO RELATÓRIO A3 PARA MELHORIA DE
INDICADORES DE DESEMPENHO NA COLHEITA FLORESTAL
MECANIZADA

ITUIUTABA
2026

AUGUSTO EDUARDO SILVA MARTINS

APLICAÇÃO DO RELATÓRIO A3 PARA MELHORIA DE INDICADORES
DE DESEMPENHO NA COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Administração, Ciências
Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço
Social da Universidade Federal de Uberlândia,
como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Lucio Abimael Medrano Castillo

ITUIUTABA
2026

APLICAÇÃO DO RELATÓRIO A3 PARA MELHORIA DE INDICADORES DE DESEMPENHO NA COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Administração, Ciências
Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço
Social da Universidade Federal de Uberlândia,
como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia de Produção.

Ituiutaba, 20 de Março de 2026.

Banca Examinadora:

Lucio Abimael Medrano Castillo (orientador), Universidade Federal de Uberlândia

Luís Fernando Magnanini de Almeida, Universidade Federal de Uberlândia

Vinicius Lemes Jorge, Universidade Federal de Uberlândia

Dedico este trabalho a minha família. Em especial, aos meus pais, Welliton José e Maria Aparecida, que sempre me deram todo amor, carinho, apoio e incentivo que precisei. E a minha irmã, Laura Eugênia, pelo suporte, companheirismo e amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Welliton José e Maria Aparecida. Este momento só é possível graças ao amor, carinho e apoio incondicionais que recebi e continuo recebendo de vocês. Esta conquista não é apenas minha, mas de toda a nossa família, fruto da dedicação de vocês em me proporcionar uma vida justa e as condições necessárias para que eu pudesse me dedicar integralmente à graduação.

À minha irmã, Laura Eugênia, agradeço o suporte, companheirismo e por estar sempre ao meu lado, torcendo por cada passo meu.

Um agradecimento especial à minha companheira, Railla Matos, que me acompanhou durante toda esta jornada acadêmica e seguirá comigo pela vida. Seu apoio e amor foram motivações essenciais para que eu me mantivesse firme em meus objetivos, sempre buscando evoluirmos juntos.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção, expresso minha gratidão por todos os ensinamentos e conselhos que moldaram o profissional que sou hoje. Em especial, agradeço ao professor Lucio Medrano, pela excelência como mestre, orientador e conselheiro. Sua paciência e orientações foram fundamentais para guiar não apenas o aluno, mas o profissional e o ser humano que encerra este ciclo.

Aos amigos e colegas de graduação, obrigado pelos momentos compartilhados. Agradeço especialmente àqueles com quem convivi na Produza Consultoria Júnior e no Centro Acadêmico da Engenharia de Produção (CAEP), as memórias e aprendizados construídos ali serão guardados para sempre.

Por fim, agradeço a toda a equipe com a qual estagiei. Vocês foram peças-chave para o meu desenvolvimento profissional e para a viabilização deste trabalho.

RESUMO

O setor de celulose brasileiro destaca-se mundialmente por sua elevada capacidade produtiva e constante expansão, o que intensifica a competitividade entre as empresas e exige maior eficiência em toda a cadeia produtiva. Nesse contexto, a colheita florestal mecanizada assume papel estratégico, por representar parcela significativa dos custos operacionais e impactar diretamente os indicadores de desempenho industrial. Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo implementar o Relatório A3, fundamentado na filosofia *Lean Manufacturing*, no processo de colheita mecanizada de eucalipto, visando aumentar a produtividade, a eficiência operacional e a disponibilidade mecânica. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem quali-quantitativa, descritiva e conduzida por meio de estudo de caso em um módulo operacional composto por *harvesters* e *forwarders*, formado por operadores recém-capacitados. A coleta de dados envolveu observação direta, entrevistas com gestores e operadores e análise de indicadores operacionais. Os resultados evidenciaram a estabilização inicial do processo, com evolução da eficiência operacional e da disponibilidade mecânica, além da melhoria na confiabilidade dos dados e no desenvolvimento técnico da equipe. Embora a produtividade da frente de baldeio não tenha apresentado evolução no período analisado, verificou-se tendência de maturação do processo. Conclui-se que a aplicação estruturada do A3 contribuiu para a organização do método de gestão, fortalecimento da padronização e melhoria do acompanhamento dos indicadores, demonstrando a viabilidade da aplicação da filosofia *Lean* na colheita florestal mecanizada.

Palavras-chave: Relatório A3; Lean Manufacturing; Colheita Florestal; Melhoria Contínua; Indicadores de Desempenho.

ABSTRACT

The Brazilian pulp sector stands out worldwide due to its high production capacity and continuous expansion, which intensifies competition among companies and demands greater efficiency throughout the production chain. In this context, mechanized forest harvesting plays a strategic role, as it represents a significant portion of operational costs and directly impacts industrial performance indicators. Given this scenario, the present study aimed to implement the A3 Report, grounded in Lean Manufacturing philosophy, in the mechanized eucalyptus harvesting process, seeking to increase productivity, operational efficiency, and mechanical availability. The research is characterized as applied, with a qualitative-quantitative approach and descriptive nature, conducted through a case study in an operational module composed of harvesters and forwarders operated by newly trained professionals. Data collection involved direct observation, interviews with managers and operators, and analysis of operational performance indicators. The results showed initial process stabilization, improvement in operational efficiency and mechanical availability, as well as increased data reliability and technical development of the team. Although the productivity of the forwarder's operation did not improve during the analyzed period, a maturation trend of the process was observed. It is concluded that the structured application of the A3 contributed to the organization of the management method, strengthening of standardization practices, and improvement in performance monitoring, demonstrating the feasibility of applying Lean philosophy in mechanized forest harvesting.

Keywords: A3 Report; Lean Manufacturing; Forest Harvesting; Continuous Improvement; Performance Indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Princípios <i>Lean</i>	Página 06
Figura 2	Casa <i>Lean</i>	Página 09
Figura 3	Estrutura do relatório A3.....	Página 11
Figura 4	Diagrama de Ishikawa.....	Página 14
Figura 5	Etapas da colheita florestal.....	Página 16
Figura 6	<i>Harvester</i>	Página 17
Figura 7	<i>Forwarder</i>	Página 18
Figura 8	<i>Harvesters</i> em manutenção.....	Página 26
Figura 9	Disponibilidade mecânica julho/2025.....	Página 27
Figura 10	Eficiência operacional julho/2025.....	Página 27
Figura 11	Diagrama de Ishikawa Módulo 07.....	Página 29
Figura 12	Evolução Produtividade.....	Página 41
Figura 13	Evolução Eficiência Operacional.....	Página 42
Figura 14	Evolução Disponibilidade Mecânica.....	Página 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Contrameditadas propostas.....	Página 35
----------	--------------------------------	-----------

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

STP	Sistema Toyota de Produção
ME	Manufatura Enxuta
LE	<i>Lean Manufacturing</i>
PE	Produção Enxuta
JIT	<i>Just-in-time</i>
HV	<i>Harvester</i>
FW	<i>Forwarder</i>
DM	Disponibilidade mecânica
EO	Eficiência operacional
VMI	Volume médio individual
CLT	<i>Cut-to-length</i>
TWI	<i>Training Within Industry</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
1.2	OBJETIVOS DE PESQUISA.....	2
1.2.1	<i>Objetivo geral.....</i>	2
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
1.3	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	3
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
2.1	LEAN MANUFACTURING.....	4
2.1.1	<i>Contexto histórico.....</i>	5
2.1.2	<i>Princípios Lean.....</i>	6
2.1.3	<i>8 desperdícios</i>	7
2.1.4	<i>Casa Lean.....</i>	9
2.1.5	<i>Ferramentas Lean.....</i>	11
2.1.5.1	<i>Relatório A3.....</i>	11
2.1.5.2	<i>5 Porquês.....</i>	12
2.1.5.3	<i>Diagrama de Ishikawa.....</i>	13
2.1.5.3	<i>Gemba Walking.....</i>	15
2.2	COLHEITA FLORESTAL DE EUCALIPTO.....	15
2.2.1	<i>Histórico e a evolução da colheita florestal no Brasil.....</i>	16
2.2.2	<i>Colheita como elo estratégico da cadeia de celulose.....</i>	18
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	19
3.2	TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	20
3.2	TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS	21
3.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - ETAPAS.....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	22
4.2	APLICAÇÃO DO RELATÓRIO A3	23
4.2.1	<i>Contexto e definição do problema.....</i>	24
4.2.1	<i>Cenário atual.....</i>	25
4.2.3	<i>Metas e objetivos</i>	28
4.2.4	<i>Análise de causas.....</i>	29
4.2.4.1	<i>Mão-de-obra.....</i>	30
4.2.4.2	<i>Máquinas.....</i>	31
4.2.4.3	<i>Método.....</i>	32
4.2.4.4	<i>Medição.....</i>	32
4.2.4.5	<i>Matéria-prima.....</i>	33
4.2.5	<i>Contramedidas propostas.....</i>	34
4.2.6	<i>Verificação de resultado.....</i>	40
4.2.7	<i>Ações futuras</i>	45
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e justificativa

A história nacional de celulose iniciou seu crescimento na década de 1970, devido a política de incentivos existentes no período, foi o momento no qual as grandes empresas presentes no cenário deram início a expansão de suas capacidades produtivas (Inácio; Senna, 2014).

Dando continuidade a esse processo de crescimento iniciado nas décadas anteriores, o setor de celulose no Brasil vive hoje um momento de consolidação e expansão acelerada. Em 2022, o país alcançou a produção recorde de 25 milhões de toneladas, com destaque para o segmento de fibra curta, e se posicionou como segundo maior produtor mundial, atrás apenas dos Estados Unidos. Além disso, manteve-se como maior exportador global, com 19,1 milhões de toneladas destinadas ao mercado externo. Esse avanço é sustentado por uma robusta carteira de investimentos — estimada em R\$ 62 bilhões — que viabiliza a abertura de uma nova fábrica a cada ano e meio, impulsionando não apenas a capacidade produtiva, mas também a inovação e a sustentabilidade do setor (IBÁ, 2023).

Com esse cenário atual da indústria brasileira de celulose, marcado por elevados índices de produção e investimentos robustos na ampliação da capacidade industrial, projeta um mercado cada vez mais competitivo. Com a abertura média de uma nova fábrica a cada ano e meio e a consolidação do país como maior exportador global, o setor atrai não apenas novos *players*, mas também pressiona as empresas já estabelecidas a buscarem maior eficiência operacional, redução de custos e diferenciação sustentável. Dessa forma, a competitividade das empresas do setor de celulose está diretamente ligada à capacidade de adotar metodologias modernas de gestão, como o *Lean Manufacturing*.

Segundo Womack e Jones (1996), ao eliminar desperdícios, padronizar processos e focar na geração de valor, o pensamento enxuto permite às organizações atingir ganhos operacionais significativos, sustentando sua vantagem competitiva mesmo em mercados de alta pressão como o florestal. Essa filosofia é especialmente eficaz em setores com elevado potencial de escala, como o da colheita mecanizada, onde eficiência e produtividade impactam diretamente os indicadores estratégicos da cadeia.

Segundo Minette *et al.* (2008) a colheita florestal mecanizada representa um dos elos mais relevantes da cadeia de valor na produção de celulose, sendo responsável por transformar os recursos florestais em matéria-prima disponível para o processamento industrial. Dessa

forma, conforme dito por Vieira *et al.* (2016), se trata de um setor que concentra uma parte significativa dos custos operacionais totais da cadeia produtiva da celulose, devido ao uso de maquinário avançado como *harvester* e *forwarder*, equipamentos responsáveis pelo corte e deslocamento da madeira cortada, respectivamente.

Diante disso, a aplicação de ferramentas da filosofia *Lean*, como o A3 e o *Kaizen*, apresenta-se como uma estratégia eficaz para promover a melhoria contínua e a otimização dos processos na colheita mecanizada de eucalipto. O A3, segundo Rocha (2022), atua como um método estruturado de resolução de problemas e tomada de decisão, permitindo identificar causas raízes, propor ações corretivas e acompanhar seus efeitos de forma visual e colaborativa. Já o *Kaizen*, conforme Imai (2011), fundamenta-se em melhorias progressivas e contínuas, estimulando o envolvimento das equipes operacionais e a padronização de boas práticas. A utilização integrada dessas ferramentas contribui diretamente para o alcance de melhores indicadores-chave de desempenho (KPIs), reforçando a competitividade da empresa em um mercado cada vez mais exigente e dinâmico.

Nesse contexto, o presente trabalho estudará uma grande empresa de celulose presente no estado do Mato Grosso do Sul, com enfoque em aplicar a filosofia do *Lean Manufacturing* no processo de colheita florestal, de forma que a empresa tenha ganhos em produtividade e eficiência operacional, contribuindo para seu ganho em competitividade em relação a outras empresas do setor. O estudo será feito em um dos módulos de colheita mecanizado, e após sua eficácia e adoção será replicado para os demais, pois conforme dito por Womack e Jones (1996), a adoção da filosofia *Lean* demanda não apenas técnicas operacionais, mas uma profunda transformação cultural. Esse processo requer tempo, acompanhamento contínuo e engajamento da liderança para que seus princípios sejam internalizados por toda a organização.

1.2 Objetivos de pesquisa

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo implementar o Relatório A3 no processo de colheita mecanizada para aumentar produtividade, eficiência operacional e disponibilidade mecânica.

1.2.2 Objetivos específicos

Visando atender ao objetivo geral e garantir a melhor execução da pesquisa, os objetivos específicos são:

- Apresentar e contextualizar as principais ferramentas da filosofia *Lean* aplicáveis ao processo de colheita florestal;
- Identificar pontos de desperdício e ineficiência na etapa de colheita mecanizada de eucalipto;
- Propor a padronização de procedimentos operacionais visando à melhoria contínua do processo;
- Sugerir ações voltadas à eliminação de custos excessivos e desperdícios operacionais;
- Contribuir para o aumento da competitividade da empresa estudada no setor de celulose.

1.3 Delimitação do trabalho

Esta pesquisa tem como foco a aplicação da filosofia *Lean Manufacturing*, com o uso do Relatório A3 na etapa de colheita mecanizada de eucalipto em uma empresa do setor de celulose localizada no estado de Mato Grosso do Sul. O objetivo é identificar oportunidades de melhoria e impulsionar indicadores-chave de desempenho, contribuindo para o aumento da competitividade da organização frente ao mercado. O estudo está delimitado a um único módulo operacional, com base em dados operacionais referentes ao ano de 2025. Será adotado o uso de ferramentas específicas do pensamento enxuto, como o Relatório A3, visando à melhoria contínua e à eliminação de desperdícios nas atividades analisadas.

1.4 Estrutura do trabalho

Esta pesquisa está organizada no formato de monografia, composta por cinco capítulos principais: introdução, fundamentação teórica, metodologia, resultados e considerações finais.

O primeiro capítulo, Introdução, tem como objetivo apresentar uma contextualização do tema abordado, justificando sua relevância no cenário atual. Também são definidos os objetivos da pesquisa, sua delimitação e os principais limites metodológicos.

O segundo capítulo, Fundamentação Teórica, consiste em uma revisão bibliográfica sobre os conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing*, com a descrição de suas principais etapas e aplicações práticas. Além disso, será abordado o processo de colheita mecanizada de eucalipto, com ênfase em sua importância na cadeia de valor da produção de celulose.

Já na metodologia, serão descritos os procedimentos adotados para a condução da pesquisa, incluindo o método de abordagem, as estratégias de coleta e tratamento de dados, bem como os critérios utilizados para a análise dos resultados.

O quarto capítulo é dedicado à apresentação e discussão dos resultados. Nele, será feita a caracterização da empresa estudada e serão descritas as etapas da aplicação da filosofia *Lean*, incluindo as ferramentas utilizadas, os desafios enfrentados e os ganhos observados nos indicadores-chave de desempenho.

Por fim, no capítulo de Conclusão, serão apresentadas as principais reflexões e aprendizados obtidos ao longo do desenvolvimento da pesquisa, avaliando o atendimento aos objetivos propostos e sugerindo possíveis trabalhos futuros que possam dar continuidade ou aprofundar o estudo realizado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, será apresentado o referencial teórico que fundamenta esta pesquisa, com foco na abordagem do *Lean Manufacturing*, incluindo seu contexto histórico, princípios, ferramentas e aplicações práticas, de forma a sustentar conceitualmente as análises e propostas desenvolvidas ao longo do trabalho. Complementarmente, será abordado o processo de colheita mecanizada de eucalipto, destacando sua evolução tecnológica, funcionamento operacional e sua importância estratégica dentro da cadeia produtiva da celulose.

2.1 *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* (LM), também chamado de manufatura enxuta (ME) e produção enxuta (PE), pode ser definido como um sistema que busca priorizar a otimização da produção, a melhoria do fluxo, e a eliminação de falhas e perdas (Moreira, 2008). O pensamento enxuto, se estende a todos os parâmetros de uma organização, visto que em seu modelo de produção é utilizado um menor esforço dos operários, uma redução na capacidade dos estoques e um menor tempo de fabricação, possibilitando assim o aumento do desempenho do sistema produtivo como um todo e a busca constante pela eliminação de atividades que não gere valor agregado aos produtos (Womack; Jones, 2004).

Segundo Womack e Jones (2004), a manufatura enxuta é definida como uma abordagem para otimizar a produção por meio da integração de diversos fatores que, quando harmonizados, contribuem para o aprimoramento do desempenho do sistema produtivo como um todo. Entre

esses fatores, destacam-se a redução dos tempos de fabricação e dos estoques, a flexibilização, o uso de trabalhadores multifuncionais, a diminuição das perdas, a produção puxada pela demanda e a busca contínua pela eliminação de qualquer perda que não agregue valor aos produtos.

2.1.1. Contexto histórico

A filosofia da Manufatura Enxuta, também conhecida como *Lean Manufacturing*, tem suas origens no Japão do pós-Segunda Guerra Mundial, mais especificamente na empresa Toyota. Diante das limitações econômicas da época — como escassez de recursos, baixa demanda interna e incapacidade de competir em volume com o modelo de produção em massa americano —, engenheiros como Taiichi Ohno e Eiji Toyoda desenvolveram um novo sistema produtivo, mais eficiente e flexível, que ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP) (Ohno, 1997; Womack.; Jones; Ross, 2004). Esse sistema visava produzir pequenos lotes com alta qualidade e menor *lead time*, eliminando desperdícios e otimizando recursos disponíveis (Liker, 2005).

A base dessa transformação estava em romper com os paradigmas do Taylorismo e do Fordismo, que predominavam nas fábricas ocidentais até então. Enquanto o modelo taylorista dividia rigidamente o planejamento e a execução das tarefas (Taylor, 1987), e o fordista promovia a produção em larga escala com mínima variação e forte padronização por meio da esteira rolante (Ford, 1964; Ribeiro, 2015), os engenheiros japoneses perceberam que o sucesso de seus métodos não poderia vir da simples cópia desses sistemas. Como destaca Womack, Jones e Ross (2004), após visitar as instalações da Ford nos Estados Unidos, Eiji Toyoda concluiu que seria inviável replicar tal modelo no Japão e, portanto, era necessário criar uma alternativa adaptada às realidades locais.

Assim, a Toyota desenvolveu um sistema baseado na eliminação sistemática de desperdícios, produção puxada, baixos estoques, pequenos lotes e melhoria contínua — princípios que mais tarde seriam formalizados como “Pensamento Enxuto” (*Lean Thinking*) por Womack e Jones (1996). Para esses autores, a filosofia *lean* é uma estratégia de produção centrada na geração de valor ao cliente com o menor uso possível de recursos, por meio da otimização do fluxo produtivo e da redução de desperdícios em todas as etapas do processo.

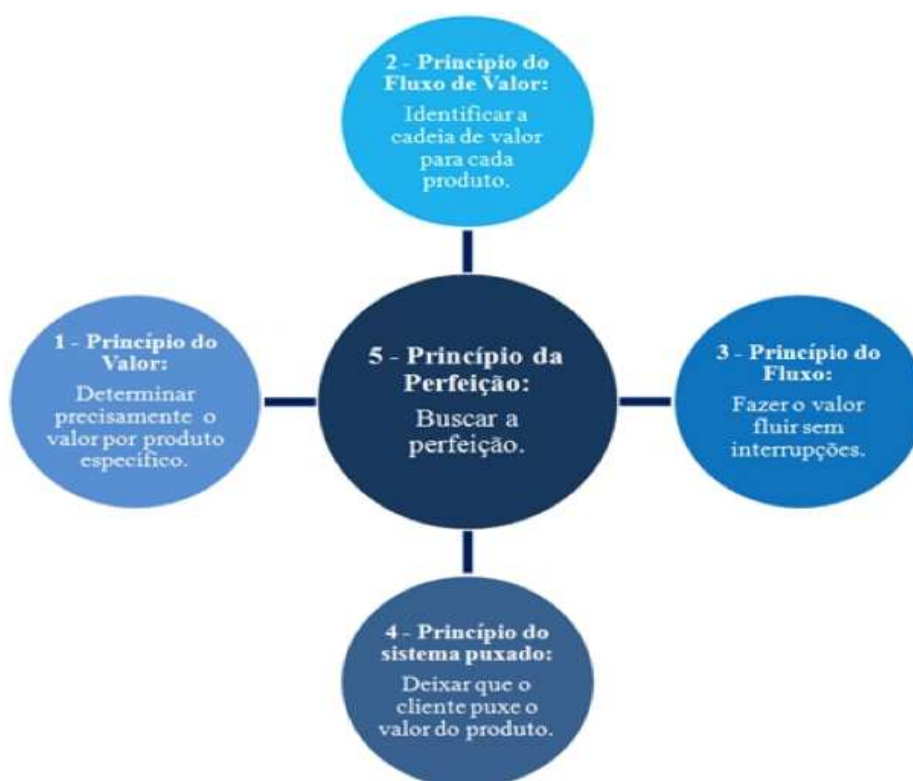
Além disso, a ME também incorpora conceitos como delegação de responsabilidade aos trabalhadores diretamente envolvidos na agregação de valor, buscando uma cultura organizacional mais participativa e orientada à melhoria contínua (Liker; Franz, 2013). A

adoção dessa filosofia permitiu à Toyota, e posteriormente a diversas outras empresas ao redor do mundo, alcançar ganhos expressivos de produtividade, qualidade e competitividade, mesmo em contextos adversos.

2.1.2. *Princípios Lean*

Segundo Maximiano (2011), os princípios da PE visam a otimização dos processos produtivos com o objetivo de eliminar desperdícios e maximizar a eficiência, sendo a central a eliminação de desperdícios, o que envolve identificar e remover tudo o que não agrega valor ao produto final. A PE é composta por cinco princípios, sendo eles: Princípio do Valor; Princípio do Fluxo de Valor; Princípio do Fluxo Contínuo; Princípio do Sistema Puxado e Princípio da Perfeição (Womack; Jones, 2004).

Figura 1 – Princípios *Lean*



Fonte: Harrison; Hoek (2003) e Womack; Jones (1996) *apud* Trentin (2016).

O primeiro princípio, o valor, conforme dito por Womack e Jones (1996) e Ohno (1997), é o ponto de partida da mentalidade enxuta, onde valor é tudo aquilo que agrega para o cliente,

ou seja, tudo o que foi empregado pela organização para atingir a satisfação do cliente, refletindo em sua demanda e preço de mercado.

Segundo Womack e Jones (1996), em sequência, o fluxo de valor busca analisar toda a cadeia produtiva, buscando identificar três tipos de atividades, sendo elas:

- Etapas que agregam valor aos olhos do cliente;
- Etapas que não agregam valor, mas são necessárias ao processo;
- Etapas que não agregam valor ao cliente e não são necessárias, logo devem ser eliminadas.

O princípio do fluxo contínuo é o encadeamento lógico do processo, ou seja, o mapeamento e representação do fluxo do processo, mudando a estrutura da organização de lotes e departamentos para fluxos, que possibilitam uma grande redução de tempos e agrega valor ao produto (Trentin, 2016).

O sistema de produção puxada é aquele em que a produção do bem ou serviço não deve ser iniciada até que o cliente tenha demandado, ou seja, o cliente “puxa” o processo. Para Shingo (1996) e Lazzaroto (2010), a programação de materiais e o estoque depende totalmente da produção puxada, pois a operação terá acesso aos materiais na quantidade correta e no tempo correto.

Por fim, o quinto princípio, a perfeição, deve ser objetivo de todos os gestores, conforme a realização dos demais princípios são atingidas, o quinto objetivo é atendido e surge oportunidades de completar o ciclo e alcançar o quinto princípio, mas sempre com margem para desenvolvimento e buscar a perfeição. Segundo Womack e Jones (1996), para alcançar esse princípio, além do atingimento dos quatro princípios anteriores, deve-se possuir total transparência e integração com sua cadeia de suprimentos (fornecedores, distribuidores, clientes e demais), sempre buscando agregar maior valor aos seus produtos e serviços.

2.1.3. Oito desperdícios

Desperdício são atividades que não agregam em nada ao cliente e nem ao processo, ou seja, não apresenta e agrega nenhum valor. De acordo com Dos Santos e Cadioli (2022), a PE consiste na incessante busca por eliminar todos os tipos de desperdício, logo, um de seus propósitos é minimizar esses desperdícios de forma contínua. Para alcançar esse objetivo, é fundamental reconhecer e compreender onde estão localizados os principais tipos de desperdício, para que possam ser abordados e convertidos em valor.

Sendo assim, a Toyota, precursora do sistema de PE identificou 8 desperdícios: Superprodução, Espera, Transporte, Sobreprocessamento, Movimento, Defeitos, Estoques e Subutilização de pessoas (Delfino, 2014).

Começando pelo primeiro desperdício, o de superprodução, Shingo (1996) identifica duas categorias: a superprodução quantitativa, que se refere à produção de mais itens do que o necessário, e a superprodução antecipada, que ocorre quando a produção é realizada antes da real demanda. Antunes *et al.* (2008) observam que, frequentemente, gestores implementam políticas de estoque para lidar com possíveis problemas nos sistemas produtivos, como falhas em máquinas, retrabalho ou falta de confiança nos fornecedores. Assim, para combater de forma eficiente a perda por superprodução, é essencial eliminar os fatores que contribuem para esse problema.

Quanto a espera, o diz respeito ao material aguardando processamento, resultando em filas e buscando assegurar a máxima utilização dos equipamentos (Corrêa; Giansesi, 1993). Shingo (1996) identifica dois tipos de perdas por espera: a do processo e a do lote. A espera do processo ocorre quando um lote de itens não processados aguarda enquanto o precedente é processado, inspecionado ou transportado. A espera do lote, por sua vez, acontece quando, durante o processamento de um lote, todas as peças, exceto a que está sendo processada, ficam paradas, aguardando sua vez ou a conclusão do restante do lote.

De acordo com Shingo (1996), o deslocamento de materiais não contribui para a valorização do produto. Por isso, muitas empresas buscam aprimorar o transporte, por meio de equipamentos como empilhadeiras e correias transportadoras, visando melhorar exclusivamente essa atividade. Entretanto, as verdadeiras melhorias são aquelas que eliminam a necessidade do transporte no sistema.

O sobreprocessamento, trata-se de uma etapa dispensável na produção, normalmente ligado a uma ineficiência do processo, como: ferramenta inadequada ou ao design de baixa qualidade do produto, resultando em movimentos desnecessários e defeitos na produção (Papandrea *et al.*, 2020). Segundo Antunes (2008), esse desperdício pode ser identificado através de duas simples perguntas:

- Por que esse tipo de produto ou serviço específico deve ser produzido?
- Por que esse método deve ser utilizado neste tipo de fabricação?

O desperdício de movimentação está presente em praticamente todas as operações que envolve a fabricação, onde sua consistência afeta diretamente a qualidade (Corrêa; Giansesi, 1993). Conforme descrito por Papandrea *et al.* (2020), esse desperdício engloba qualquer movimento desnecessário ou inútil realizado durante a produção.

A fabricação de itens com falhas ou a necessidade de reparos, descarte ou substituição durante a produção e inspeção resultam em perdas de recursos, tempo e energia (Papandrea *et al.*, 2020).

De acordo com Oliveira (2016), a presença de quantidades excessivas de matérias primas, produtos em processo e itens finalizados surge devido ao desequilíbrio entre o prazo de entrega do pedido e o tempo de produção. Delfino (2014) afirma que manter um volume de estoque além do necessário é dispensável, uma vez que acarreta prejuízos financeiros, inatividade de matéria-prima e diminuição da eficiência.

Segundo Delfino (2014), o último desperdício indica a subutilização do potencial criativo dos indivíduos e suas maneiras de expressar os conhecimentos e habilidades adquiridos. Algumas atitudes que contribuem para o desperdício de talento incluem a falta de escuta das pessoas envolvidas no trabalho em relação às suas percepções, a ausência de envolvimento na identificação e resolução dos problemas enfrentados diariamente, e a restrição do acesso a informações gerenciais.

2.1.4. Casa Lean

Segundo Erbs, Detoro e Rosa (2023), o LM é comumente representado por uma casa, pois é um sistema estrutural e baseado em uma base sólida, que são ligadas por pilares que justos sustentam um objetivo, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Casa Lean.



Fonte: Ghinato (2000).

Segundo Ohno (1997), não é possível sustentar colunas sem um alicerce sólido, o que reforça a importância da estabilidade dos processos como base para a construção do sistema *Lean*. Para isso, foram desenvolvidos métodos e práticas voltados à eliminação das mudas (termo japonês para desperdício), com o objetivo de estabelecer padrões confiáveis e repetíveis, que sirvam de suporte para a aplicação consistente do pensamento enxuto. Nesse sentido, Martinez (2018, *apud* Mansur, 2021) destaca que, sem a padronização, mesmo que melhorias sejam implementadas, o processo tende a regredir, comprometendo os resultados alcançados. As ferramentas utilizadas nesse nível da estrutura, além de proporcionarem gestão visual, também favorecem a manutenção da estabilidade e o avanço da melhoria contínua dentro da organização.

O primeiro pilar, o *Just-in-Time* (JIT) exerce um papel fundamental, pois seu princípio central é produzir apenas o necessário, no momento exato e na quantidade adequada. Essa lógica busca sincronizar o fluxo de produção com a demanda real, reduzindo estoques intermediários e tempos de espera. Segundo Danese, Manfè e Romano (2018), o JIT é um dos elementos mais representativos na melhoria do fluxo financeiro da empresa, justamente por promover a redução dos estoques e a otimização dos recursos disponíveis.

O segundo pilar da produção enxuta é o *Jidoka*, conceito que remete à autonomia, isto é, automação com um toque humano. Esse princípio foi inspirado por uma invenção de Sakichi Toyoda (1867–1930), fundador do grupo Toyota, que criou um tear automático com a capacidade de parar o processo assim que detectava uma anomalia, evitando a continuidade da produção de peças defeituosas (Ohno, 1997). De acordo com Liker (2013), o conceito de *Jidoka* estabelece que nenhum defeito deve avançar para a próxima etapa do processo, reforçando a importância da qualidade na fonte e da interrupção imediata diante de qualquer irregularidade.

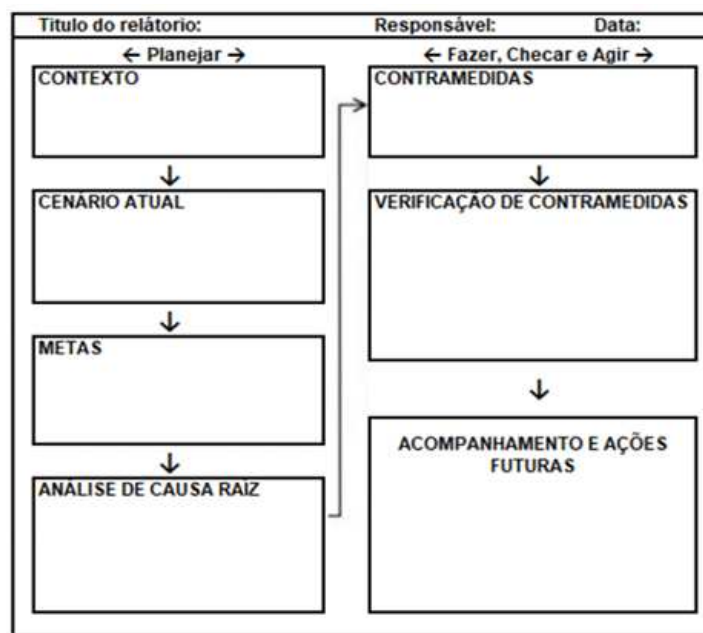
Assim como em uma casa real, o topo da Casa *Lean* representa o objetivo final de todo o sistema: oferecer máximo valor ao cliente com o menor uso possível de recursos. Esse "telhado" simboliza metas como qualidade superior, baixos custos, entregas rápidas e flexibilidade, garantindo a satisfação do cliente de forma contínua e sustentável. Segundo Liker (2005), todos os elementos da estrutura, da base estável aos pilares, devem estar integrados e alinhados para sustentar esses objetivos. Portanto, a Casa *Lean* não é apenas uma metáfora visual, mas uma representação concreta de um sistema de produção interdependente, onde cada componente tem papel essencial para alcançar a excelência operacional e a competitividade no longo prazo.

2.1.5. Ferramentas Lean

2.1.5.1 Relatório A3

Conforme Sobek e Smalley (2011), o A3 foi desenvolvido pela Toyota na década de 1960 com o objetivo de sistematizar a resolução de problemas por meio de um método visual, estruturado e conciso. Recebe esse nome por ser elaborado em uma folha de papel no formato A3 (297 x 420 mm), considerada suficiente para conter todas as informações essenciais de forma clara e objetiva. O relatório A3 representa uma aplicação prática do ciclo PDCA, uma vez que exige o entendimento da situação atual, a definição do problema, a análise de causas, a proposição de contramedidas e o acompanhamento dos resultados. Segundo Sobek e Smalley (2011) trata-se de uma ferramenta poderosa para promover o alinhamento organizacional, incentivar o pensamento crítico e permitir soluções sustentadas com base em dados concretos.

Figura 3 – Estrutura relatório A3.



Fonte: Sobek e Smalley (2011) *apud* Rocha (2020).

Ainda segundo Sobek e Smalley (2011), o relatório pode ser dividido em oito etapas e deve ser preenchido de cima para baixo, da esquerda para a direita, cada etapa deve ser preenchida da seguinte forma:

- i. Título e responsável: O relatório deve iniciar com um título claro e representativo do problema que está sendo abordado. Também é importante identificar o responsável pela condução do A3, assim como a data de início do relatório, para garantir o

acompanhamento das ações ao longo do tempo e facilitar o controle das notificações e atualizações.

- ii. Histórico: Nesta etapa, é apresentado o contexto geral da situação, fornecendo informações relevantes para o entendimento do problema e demonstrando como o tema se alinha às metas da organização. É o momento de incluir dados históricos, relatórios anteriores ou evidências que sustentem a importância da análise. O objetivo é fazer com que qualquer leitor compreenda o cenário de origem da questão.
- iii. Situação atual: Apresenta-se um resumo visual e analítico da situação atual, utilizando gráficos, tabelas, indicadores e outras ferramentas que ajudem a mapear o estado real do processo ou sistema. Devem ser destacados os principais fatores que caracterizam o problema, com base em evidências. Essa análise é fundamental para garantir que a equipe compreenda onde está o desvio ou falha operacional.
- iv. Objetivo: Define-se o estado desejado a ser alcançado após a implementação das ações. As metas devem ser mensuráveis, específicas e realistas, permitindo avaliar, ao final, se houve sucesso. Sempre que possível, deve-se estabelecer um padrão de desempenho ou uma meta comparativa, a fim de tornar a avaliação objetiva e confiável.
- v. Análise da causa fundamental: Nessa fase, o objetivo é identificar a causa raiz do problema. Para isso, utilizam-se ferramentas como os Cinco Porquês e o Diagrama de *Ishikawa* (espinha de peixe). É fundamental separar sintomas de causas reais e, se necessário, realizar testes ou simulações que ajudem a entender a origem do desvio. Essa etapa evita que se tomem ações superficiais, tratando apenas os efeitos.
- vi. Ações de acompanhamento: A etapa final do A3 visa garantir que o problema não volte a ocorrer. Devem ser descritas ações para padronização das melhorias implementadas e compartilhamento do conhecimento com outras áreas ou equipes que possam se beneficiar. Além disso, apontam-se oportunidades de novos aprimoramentos e melhorias contínuas a partir da solução desenvolvida.

2.1.5.2. 5 Porquês

O método do 5 Porquês é um método criado por Taichi Ono, se trata de um método científico para a detecção da causa raiz de problemas, essa detecção é feita através de cinco perguntas sobre o porquê de acontecer certa situação (Ohno, 1997). Segundo Costa e Mendes (2018), o método inicia-se com a definição do problema a ser estudado, depois deve se questionar o porquê de tal problema, ao se descobrir o motivo do primeiro problema deve se

perguntar novamente o porquê da nova causa, repetindo esse processo até realizar os “5 porquês”.

Conforme Weiss (2011), abaixo estão os cinco passos que devem ser realizados ao aplicar o método:

- i. Definir o problema a afirmação a ser solucionada, ou seja, o problema a ser analisado;
- ii. Se perguntar por que a afirmação anterior é verdadeira;
- iii. Deve-se encontrar uma razão para a primeira afirmação ser verdadeira, logo pergunte novamente o porquê;
- iv. Continue perguntando o porquê até que não exista mais por quês;
- v. Caso tenha encerrado os porquês, foi encontrado a causa raiz do problema.

2.1.5.3. Diagrama de Ishikawa

Conforme descrito por Costa e Mendes (2018), o Diagrama de Ishikawa, muitas vezes chamado de Digrama de Causa e Efeito ou também Diagrama de Espinho de Peixe, é mais uma ferramenta utilizada para identificação da causa raiz de um problema, de forma que engloba todas as variáveis que envolvem o processo. A ferramenta foi criada no Japão em 1960, pelo engenheiro Kaoru Ishikawa (Priebe, 2022).

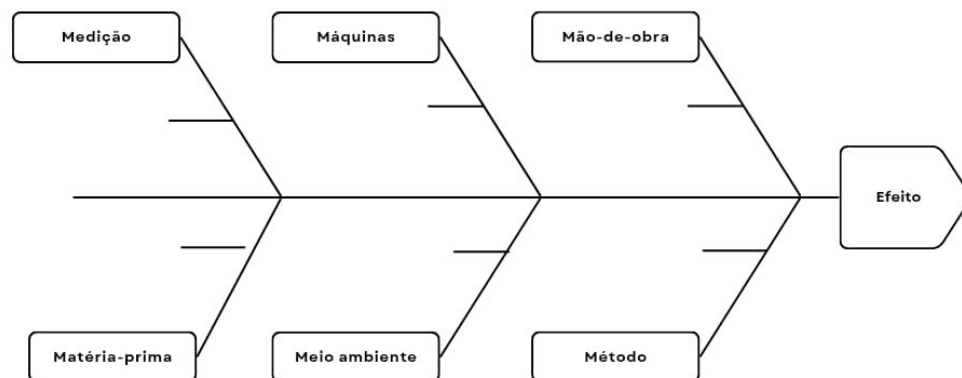
O diagrama é dividido em duas partes, primeiro sendo a cabeça do peixe, que corresponde ao problema e a ser analisado e solucionado, já as espinhas representam as causas e subcausas desse problema, sendo possível visualizar, evidenciando a relação entre causa e efeito (Ballesterro-Alvarez, 2010).

Usualmente, para as causas do diagrama são organizadas conforme os 6M's que são onde estão as principais causas dos problemas, segundo Ishikawa (1993), os 6M's são: matérias-primas, máquinas, medidas, meio ambiente, mão-de-obra e método. Seleme e Stadler (2008, apud Costa *et al.*, 2023) descreve cada uma das causas da seguinte forma:

- i. Matérias-primas: Refere-se à verificação das características das matérias-primas, assegurando que estejam em conformidade com os requisitos técnicos e padrões de qualidade necessários para o bom andamento do processo produtivo;
- ii. Máquinas: Diz respeito ao desempenho dos equipamentos utilizados nas atividades produtivas, destacando a relevância da manutenção preventiva e da calibração adequada para evitar interrupções e falhas durante a operação;

- iii. Medidas: Diz a respeito à precisão e confiabilidade dos instrumentos de medição utilizados para acompanhar variáveis do processo, como tempo, temperatura, pressão ou distância, assegurando que os resultados reflitam corretamente a realidade do sistema;
- iv. Meio ambiente: Considera os fatores ambientais internos e externos que podem influenciar o desempenho do processo, como variações climáticas, umidade, poeira ou outros agentes externos que possam interferir na produtividade ou na qualidade;
- v. Mão-de-obra: Envolve a avaliação da qualificação da equipe operacional, analisando se os colaboradores possuem o treinamento e as habilidades adequadas para desempenhar suas funções com eficiência e segurança;
- vi. Método: Por fim, o método refere-se aos procedimentos e rotinas adotadas na execução das tarefas, verificando o nível de padronização e aderência às instruções operacionais, com foco na eficiência e conformidade com as normas estabelecidas.

Figura 4 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Adaptado de Leite *et al.* (2024).

De acordo com Silva *et al.* (2018), o diagrama de Ishikawa pode ser implementado de acordo com as seguintes etapas:

- i. Determinar o problema a ser solucionado (identificação do efeito);
- ii. Realizar Brainstorming com as possíveis causas e registrá-las;
- iii. Construir o diagrama agrupando as causas conforme os “6M”;
- iv. Analisar o diagrama e identificar as causas verdadeiras;
- v. Corrigir o problema.

2.1.5.4. *Gemba*

A palavra *Gemba*, de origem japonesa, carrega em seu cerne o significado de "lugar real" ou "lugar verdadeiro" (Marchwinsky; Shook, 2005). No ambiente organizacional, esse termo define o local onde as atividades fundamentais de fato acontecem, por exemplo, refere-se ao chão de fábrica, espaço onde o valor é gerado e os produtos são transformados (Carpes, 2014; Marchwinsky; Shook, 2005).

A partir dessa definição, surge a prática do *Gemba Walking* (ou caminhada *Gemba*), uma atividade essencial para líderes e gestores que buscam a excelência operacional. Mais do que uma simples visita, essa prática baseia-se na observação direta das condições reais de trabalho. Segundo Marchwinsky e Shook (2005), melhorias genuínas só são possíveis quando se presencia o processo em sua execução cotidiana.

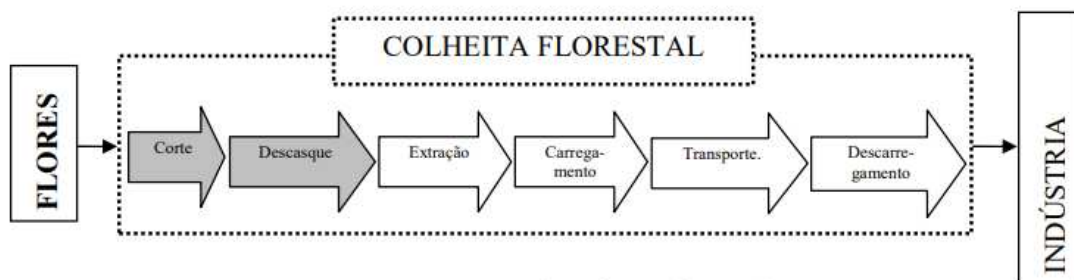
O objetivo central do *Gemba Walk* é identificar problemas, desperdícios e oportunidades de otimização diretamente na linha de frente (Hafey, 2015). No entanto, a prática vai além da eficiência técnica: ela desempenha um papel crucial na gestão de pessoas. Ao realizar essas observações, o gestor passa a compreender melhor o comportamento dos colaboradores e a dinâmica das equipes, o que favorece a interação e fortalece o desenvolvimento dos times (Petruska, 2012). Conforme dito por Womack (2011) gestores que não frequentam o *Gemba* tendem a perder a percepção sobre a importância da qualidade imediata — o "fazer certo da primeira vez" —, o que compromete o fluxo contínuo da produção. Além disso, o autor ressalta que estar presente no local real é fundamental para engajar e motivar os funcionários em suas atividades diárias.

2.2 Colheita florestal de eucalipto

A colheita florestal é definida como um conjunto de operações realizadas diretamente no maciço florestal, com o objetivo de preparar e extrair a madeira até o ponto de transporte, utilizando técnicas e procedimentos padronizados, de modo a viabilizar sua transformação em produto final. (Machado, 2014).

Conforme descrito por Malinovski e Malinovski (1998), a colheita florestal é uma cadeia produtiva formada por atividades parciais, ou seja, que se inicia na derrubada da árvore e finaliza com a colocação da madeira no pátio da empresa. Souza, Pires e Silveira (2008), descrevem a colheita florestal conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Etapas da colheita Florestal



Fonte: Souza, Pires e Silveira (2008).

Ainda conforme descrito por Souza, Pires e Silveira (2008), a primeira etapa é o corte, que envolve atividades como o abate das árvores, a remoção dos galhos, o traçamento em toras ou toretes, e o posterior empilhamento da madeira. Em seguida, quando necessário para atender às exigências do produto final, realiza-se o descasque, etapa opcional que consiste na separação da casca do tronco.

A terceira fase, denominada extração, refere-se ao transporte da madeira até pontos intermediários, como a beira de estradas, carregadores ou pátios temporários, onde será preparada para o próximo deslocamento (Souza; Pires; Silveira, 2008).

Após isso, ocorre o carregamento, que corresponde à inserção da madeira nos veículos de transporte. A etapa seguinte é o transporte até os centros consumidores, onde a madeira é levada ao destino final, como fábricas ou unidades de processamento. Por fim, realiza-se o descarregamento, que consiste na retirada da carga e sua disposição no pátio da empresa consumidora, encerrando assim o ciclo logístico da colheita florestal (Souza; Pires; Silveira, 2008). Fala ressaltar, algumas empresas classificam as últimas três etapas como Logística Florestal.

2.2.1. Histórico e a evolução da colheita florestal no Brasil

A exploração florestal no Brasil está presente desde seu descobrimento, com a exploração da árvore a qual nomeou o país, o Pau Brasil, da árvore era extraído a brasileína, um pigmento vermelho muito utilizado no setor têxtil europeu (Altoé, 2008). Essa exploração foi crucial para o desenvolvimento econômico do país, representando a primeira atividade econômica realizada nas terras brasileiras, entretanto com práticas não sustentáveis, a quais afeta o país até a atualidade.

Segundo Altoé (2008), a priori, era empregado métodos manuais para a extração de madeira, o corte era feito com o uso de machados e usando técnicas de tombamento, sendo um método pouco competitivo e com alto riscos de segurança. Outro método manual muito utilizado era o de tração animal, onde são usados animais, principalmente o gado, em conjunto com ferramentas (Machado, 2014). Os métodos manuais demandam uma grande quantidade de mão-de-obra, o que levava a um alto custo operacional e um alto risco de segurança, desde a presença de animais de peçonha até as baixas condições operacionais (Gonçalves, 2008).

Por conseguinte, com o avanço da tecnologia, foram surgindo em meados da década de 1970, equipamentos como motosserras, sendo utilizado o método de colheita semimecanizado, onde usualmente eram utilizados um operador de motosserra e dois ajudantes, por mais que se trate de um método mais econômico, ainda apresenta um custo relativamente alto e grande risco a segurança, mas representa evoluções ao método 100% manual (Altoé, 2008; Machado, 2014).

A partir da década de 1990, a colheita florestal passou por um processo de modernização acelerado, com a introdução de máquinas específicas como *feller bunchers*, *skidders*, *harvesters* e *forwarders*, que passaram a substituir gradativamente os métodos manuais e semimecanizados (Altoé, 2008), as figuras 6 e 7 apresentam um *harvester* e um *forwarder*, respectivamente. Essas tecnologias proporcionaram um grande salto de produtividade e segurança, além de permitirem a execução das atividades em larga escala e com menor impacto ambiental.

Figura 6 – *Harvester*



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 7 – *Forwarder*

Fonte: Autoria própria (2025).

Essa modernização também exigiu a reestruturação da gestão operacional e o aumento da capacitação dos trabalhadores, uma vez que os equipamentos modernos demandam operadores qualificados e conhecimento técnico. Atualmente, a colheita florestal no Brasil alcança altos níveis de eficiência, com operações quase que totalmente mecanizadas, apoiadas por tecnologias de georreferenciamento, sensores, controle remoto e sistemas de monitoramento em tempo real, que fazem parte do conceito de silvicultura de precisão (Oliveira *et al.*, 2007; Machado, 2014). Assim, a atividade, que teve origem em práticas rudimentares e extrativistas, hoje se estrutura como uma cadeia produtiva moderna, tecnológica e sustentável.

2.2.2. Colheita como elo estratégico da cadeia de celulose

A colheita florestal ocupa uma posição estratégica dentro da cadeia produtiva da celulose, tanto sob o ponto de vista técnico-operacional quanto econômico. Trata-se da etapa mais intensiva em implementos de grande porte, exigindo máquinas pesadas, mão de obra especializada e sistemas de controle robustos, o que a torna também uma das áreas com maior diversidade de fornecedores nacionais no setor florestal (Franco; Barreira, 2021).

Do ponto de vista econômico, a importância da colheita está diretamente relacionada à composição dos custos de produção. Segundo Machado (2014), essa etapa pode representar 50% ou mais do custo total da madeira, tornando-se uma das atividades mais sensíveis à eficiência operacional. Dessa forma, há uma pressão constante por inovações tecnológicas,

aumento da produtividade e redução de desperdícios, o que justifica a adoção crescente de metodologias de gestão como o LM nesse contexto.

Dados do relatório da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) reforçam a relevância do setor florestal na economia nacional. Segundo o IBÁ (2020), em 2019, a contribuição da cadeia produtiva das florestas plantadas para a balança comercial brasileira foi de US\$ 10,3 bilhões, representando o segundo melhor desempenho em uma década. Além disso, o setor foi responsável por cerca de 1,3 milhão de empregos diretos, com impacto socioeconômico estimado em 3,75 milhões de brasileiros beneficiados, considerando toda a cadeia (IBÁ, 2020). Com os novos investimentos em expansão, a estimativa é de que sejam criados mais 36 mil postos de trabalho, consolidando o setor como um gerador de riqueza e desenvolvimento sustentável (IBÁ, 2020).

Do ponto de vista tecnológico, o nível de mecanização da colheita varia conforme o segmento da indústria e a maturidade operacional das empresas. Dorneles (2001) *apud* Ferreira (2021) destaca que as indústrias de papel e celulose lideram em termos de adoção de equipamentos altamente especializados, desenvolvidos tanto por fornecedores nacionais quanto por meio da abertura do mercado às importações. Esse grau de mecanização, além de elevar a eficiência, também exige maior padronização, planejamento e controle, tornando-se um campo fértil para a implementação de práticas enxutas e melhoria contínua.

Diante desse cenário, a colheita florestal deixa de ser apenas uma etapa operacional e passa a ser considerada um elo crítico e estratégico na cadeia de valor da celulose, influenciando diretamente os custos, os prazos e a qualidade da matéria-prima entregue às indústrias. Portanto, investir em eficiência, padronização e inovação nesse segmento é fundamental para garantir a competitividade de toda a cadeia produtiva.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa pode ser caracterizada segundo a tipologia proposta por Silva e Menezes (2005), que propõem a classificação dos estudos científicos a partir de quatro critérios: natureza, abordagem do problema, objetivos e procedimentos técnicos.

Do ponto de vista da natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois visa a resolução de um problema prático dentro de um contexto específico — a otimização dos indicadores de desempenho na colheita florestal mecanizada — por meio da aplicação de conceitos e

ferramentas da filosofia *Lean*. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimento com aplicação direta em situações reais, focando na solução de problemas concretos de interesse local ou organizacional.

Quanto à forma de abordagem, o estudo é classificado como quali-quantitativo, por integrar tantas análises estatísticas (como os dados operacionais e de desempenho da colheita) quanto a interpretação de aspectos mais subjetivos e contextuais do ambiente de trabalho. A abordagem qualitativa busca compreender o fenômeno observado a partir da percepção dos envolvidos e da dinâmica do processo, enquanto a abordagem quantitativa se apoia na mensuração e análise de dados numéricos (Richardson, 2017; Strauss; Corbin, 2015).

Em relação aos objetivos, a pesquisa se enquadra na categoria descritiva, uma vez que busca descrever as características e comportamentos dos indicadores operacionais antes e depois da aplicação de ferramentas *Lean*. De acordo com Gil (1999), pesquisas descritivas têm como propósito a observação, o registro e a análise sistemática de fenômenos, sem a interferência direta do pesquisador, permitindo a identificação de padrões e possíveis relações entre variáveis.

Por fim, no que diz respeito aos procedimentos técnicos, este trabalho é caracterizado como um estudo de caso, uma vez que se debruça sobre uma situação específica — a colheita mecanizada de eucalipto em uma unidade florestal localizada no Mato Grosso do Sul. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso é uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo em seu contexto real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o ambiente não estão claramente definidos. A escolha por essa abordagem possibilita uma análise profunda das práticas atuais, das oportunidades de melhoria e dos impactos gerados com a introdução do pensamento enxuto.

3.2 Técnicas de coleta de dados

A etapa de coleta de dados desta pesquisa teve como objetivo reunir o maior número possível de informações relevantes para a compreensão e análise do problema estudado. Considerando a natureza do estudo e os objetivos propostos, optou-se pela utilização de duas técnicas principais: observação e entrevista.

A observação consistiu na participação direta do pesquisador no ambiente de estudo, possibilitando a identificação de elementos e evidências que, muitas vezes, passam despercebidos pelos próprios participantes, mas que exercem influência significativa sobre o processo analisado (Lakatos; Marconi, 2021). Seguindo a perspectiva de Sampaio (2022), esse

método é altamente valorizado em pesquisas de cunho qualitativo, pois permite captar aspectos comportamentais e operacionais de forma espontânea, conferindo maior realismo e riqueza ao estudo. Durante a aplicação, buscou-se registrar fielmente os eventos observados, sem interpretações prévias, garantindo a fidedignidade dos dados coletados.

A segunda técnica empregada foi a entrevista, utilizada com caráter semiestruturado, seguindo a metodologia dos 5 Porquês, o que permitiu um equilíbrio entre a padronização do roteiro e a flexibilidade para explorar questões emergentes no decorrer da conversa (Lakatos; Marconi, 2021). Essa abordagem possibilitou a obtenção de informações detalhadas sobre percepções, opiniões e experiências dos entrevistados, além de favorecer uma interação mais próxima e recíproca entre entrevistador e entrevistado (Ana; Lemos, 2018). Conforme ressaltam Botelho e Cruz (2013), a entrevista é um instrumento básico para a coleta de informações específicas, permitindo não apenas a averiguação de fatos, mas também a compreensão das motivações e sentimentos que influenciam determinadas condutas.

A combinação desses dois métodos viabilizou uma coleta de dados abrangente e confiável, proporcionando uma visão aprofundada do contexto estudado e subsidiando as análises posteriores com base em evidências concretas e interpretações fundamentadas.

3.3. Técnicas de análise de dados

Como técnica de análise de dados será empregado os métodos já abordados anteriormente, sendo eles: Relatório A3, 5 Porquês e Diagrama de Ishikawa. Com essas ferramentas é possível analisar todos os dados coletados e tratá-los para solucionar todos os problemas.

3.4 Procedimentos metodológicos - Etapas

A pesquisa teve início por meio de uma revisão bibliográfica sobre o LM, contemplando seu contexto histórico, os oito desperdícios, a Casa *Lean* e suas principais ferramentas. Ainda na etapa de fundamentação teórica, abordou-se a colheita florestal, com ênfase em sua evolução histórica e no papel estratégico que desempenha como elo da cadeia produtiva da celulose.

Na sequência, foram aplicadas as técnicas de coleta de dados descritas neste capítulo. Primeiramente, realizou-se observação direta do cenário da empresa estudada, com o intuito de identificar oportunidades de melhoria e compreender a situação operacional atual. Em paralelo, foram conduzidas entrevistas com gestores e operadores, permitindo uma visão mais ampla e

detalhada do ambiente de estudo, bem como a obtenção de informações essenciais para o desenvolvimento do trabalho.

Com base nos dados levantados, elaborou-se um diagnóstico do cenário atual da empresa, descrevendo de forma minuciosa suas condições e identificando como as ferramentas *Lean* poderiam contribuir para o aprimoramento de seus indicadores de desempenho. Em seguida, procedeu-se à aplicação prática dessas ferramentas, voltadas à otimização dos indicadores-chave do processo, registrando detalhadamente cada etapa de implementação e os resultados alcançados.

Por fim, realizou-se uma análise final dos efeitos da aplicação das ferramentas *Lean*, discutindo os resultados obtidos e propondo sugestões para estudos futuros, de forma a possibilitar a continuidade do aprimoramento dos processos na organização.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da empresa

A organização analisada neste trabalho é uma multinacional de origem brasileira, com mais de um século de trajetória. A empresa iniciou suas atividades como um pequeno escritório de comercialização de papéis e, desde então, consolidou-se como uma das maiores referências globais em seu setor. Atualmente, está presente em nove países, empregando aproximadamente 40 mil colaboradores e alcançando diretamente mais de 2 bilhões de consumidores em escala mundial.

Sua atuação está estruturada em três grandes cadeias produtivas, sendo elas: matéria-prima, papel e higiene. Atualmente reúne em seu portfólio mais de 30 marcas reconhecidas, muitas delas líderes nacionais e internacionais em seus segmentos. Em termos de capacidade anual, a companhia produz cerca de 13,4 milhões de toneladas de celulose, 1,7 milhão de toneladas de papel e aproximadamente 280 mil itens de higiene, o que reforça sua posição como uma das principais produtoras globais do setor.

No segmento de celulose, sua relevância é ainda mais expressiva. A diversas unidades no Brasil e está iniciando sua expansão internacional, com a inserção de algumas unidades fora do país em seu portfólio. Complementarmente, mantém sob gestão cerca de 1,3 milhão de hectares de eucalipto plantado, aliados a 1,1 milhão de hectares de áreas de conservação nativa, consolidando-se como referência em manejo florestal sustentável.

Além de sua força produtiva, a organização tem se destacado pela inovação tecnológica e pela adoção de práticas alinhadas à Indústria 4.0, com elevado nível de automação, digitalização e integração de processos. Tais avanços garantem maior eficiência operacional e sustentam sua estratégia de competitividade em um mercado global cada vez mais desafiador.

O recorte deste estudo concentra-se em uma unidade localizada no estado de Mato Grosso do Sul, considerada uma das mais modernas do mundo. Recém-inaugurada, apresenta capacidade instalada de 2,55 milhões de toneladas de celulose por ano, apoiada por cerca de 457 mil hectares de eucalipto plantado distribuídos entre as operações no estado. Essa unidade não apenas reforça a presença estratégica da companhia na região Centro-Oeste, como também se configura como um importante vetor de desenvolvimento socioeconômico, por meio da geração de milhares de empregos diretos e indiretos e do fortalecimento da cadeia produtiva local.

Por fim, vale ressaltar que, apesar de sua liderança e expansão, a empresa enfrenta desafios estratégicos constantes, relacionados à pressão por redução de custos, necessidade de maior eficiência e crescente competitividade internacional. Nesse contexto, ferramentas de gestão como o *Lean Manufacturing* ganham relevância ao oferecer caminhos para a otimização de processos, a eliminação de desperdícios e o aumento da produtividade, o que justifica a pertinência do presente estudo.

4.2 Aplicação do Relatório A3

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com a aplicação da filosofia *Lean* na etapa de colheita mecanizada de eucalipto, bem como a análise crítica das melhorias alcançadas a partir do uso de suas ferramentas. Para garantir uma abordagem estruturada e alinhada à metodologia proposta, a apresentação dos resultados segue o formato do Relatório A3, ferramenta central de gestão e resolução de problemas dentro do *Lean Manufacturing*.

O modelo A3 foi escolhido por permitir uma visão sistêmica e lógica do processo, guiando o desenvolvimento da análise desde a identificação do problema até a avaliação dos resultados e a padronização das ações implementadas. Essa estrutura possibilita uma discussão clara, integrando os aspectos qualitativos e quantitativos da pesquisa.

Assim, este capítulo está organizado conforme as etapas que compõem o Relatório A3, a saber: Contexto e Definição do Problema, Cenário Atual, Metas e Objetivos, Análise de Causas, Contramedidas Propostas, Verificação de Resultados e Ações Futuras. Cada uma dessas seções descreve detalhadamente as observações, dados e interpretações realizadas

durante a execução da pesquisa, bem como as evidências que sustentam as conclusões alcançadas.

4.2.1. Contexto e definição do problema

A colheita florestal representa uma das etapas mais estratégicas e sensíveis da cadeia produtiva da celulose, uma vez que está diretamente relacionada ao fornecimento de matéria-prima e à eficiência operacional de toda a cadeia industrial. Por se tratar de um processo intensivo em recursos, tecnologia e mão de obra especializada, qualquer desvio nessa fase pode gerar impactos significativos nos custos de produção, na produtividade e na competitividade da empresa.

Conforme discutido na fundamentação teórica, o setor de colheita é responsável por grande parte dos custos operacionais do processo florestal, podendo representar mais de 50% do custo total da madeira (Machado, 2014). Além disso, por se tratar de uma atividade que opera em condições variáveis de terreno, clima e turnos de trabalho, a padronização e o controle dos indicadores de desempenho tornam-se fundamentais para a sustentabilidade do processo e a estabilidade da produção.

Nesse contexto, observa-se que a busca por eficiência e produtividade na colheita mecanizada é um dos principais desafios enfrentados pelas empresas do setor. Mesmo com elevados níveis de mecanização, ainda são comuns perdas associadas a paradas não programadas, baixa disponibilidade de equipamentos e desvios nos tempos de ciclo, fatores que comprometem diretamente o desempenho operacional e elevam os custos por metro cúbico colhido. Assim, compreender e atacar as causas desses desvios é essencial para o alcance de melhores resultados.

Dessa forma, o presente estudo foi conduzido em um módulo operacional específico da colheita mecanizada, identificado como Módulo 07, responsável pelas frentes de corte (*harvesters*) e baldeio (*forwarders*). Este módulo foi implantado recentemente, em julho de 2025, e é composto por uma equipe de operadores recém-formados, provenientes de um programa de treinamento interno.

Essa característica torna o módulo um ambiente especialmente propício à aplicação de ferramentas *Lean*, uma vez que processos ainda em fase de maturação operacional tendem a apresentar maiores variações nos resultados e oportunidades de padronização. Assim, a pesquisa busca compreender como a aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing* pode contribuir para acelerar o amadurecimento do módulo, elevar a produtividade, eficiência

operacional e demais indicadores chaves, além de consolidar práticas de melhoria contínua desde o início de suas atividades.

4.2.2. *Cenário atual*

Com base na definição do problema apresentada anteriormente, esta seção tem como objetivo descrever detalhadamente o cenário atual do módulo operacional estudado, destacando as condições em que o processo de colheita mecanizada de eucalipto é executado, seus principais indicadores de desempenho e as oportunidades de melhoria identificadas.

O módulo analisado, composto pelas frentes de corte (*harvesters*) e baldeio (*forwarders*), encontra-se em fase inicial de operação, com equipes recém-formadas e ainda em processo de adaptação às rotinas produtivas. Essa característica torna o ambiente propício à ocorrência de variabilidade operacional, decorrente tanto da curva de aprendizado dos operadores quanto da falta de padronização em determinadas atividades, fatores que impactam diretamente na eficiência e estabilidade do processo.

A caracterização do cenário foi realizada por meio de observações diretas em campo, análise de indicadores operacionais e entrevistas com gestores e operadores, permitindo compreender as condições reais de trabalho e identificar gargalos que comprometem o desempenho do módulo. No acompanhamento das operações do módulo, foram analisados os principais indicadores de desempenho utilizados na colheita mecanizada, com destaque para a Produtividade, Eficiência Operacional (EO) e a Disponibilidade Mecânica (DM).

A Eficiência Operacional (EO) expressa a relação entre o tempo efetivamente produtivo e o tempo total disponível de operação, refletindo o quanto do tempo de trabalho está sendo realmente aproveitado em atividades que agregam valor. Esse indicador é influenciado por fatores como ociosidade, deslocamentos desnecessários, pausas operacionais e ritmo de trabalho dos operadores.

$$EO = \frac{\text{Horas trabalhadas}}{(\text{Horas trabalhadas} + \text{Horas de paradas operacionais})} \quad (1)$$

A Disponibilidade Mecânica (DM) mede a proporção de tempo em que o equipamento permanece em condições adequadas para operação, desconsiderando períodos de manutenção corretiva, preventiva ou falhas mecânicas. Trata-se de um indicador diretamente associado à confiabilidade dos equipamentos e à eficácia da manutenção.

$$DM = \frac{(Horas\ trabalhadas + Horas\ de\ paradas\ operacionais)}{(Horas\ trabalhadas + Horas\ de\ paradas\ operacionais + Horas\ de\ paradas\ mecânica)} \quad (2)$$

Já a Produtividade representa a quantidade de madeira processada em determinado período, sendo geralmente expressa em metros cúbicos por hora, na empresa estudada ela é vista de duas formas, sendo aderência de produção para o HV, ou seja, quanto % a operação atingiu o volume esperado de madeira naquela hora e em m³/h para o FW.

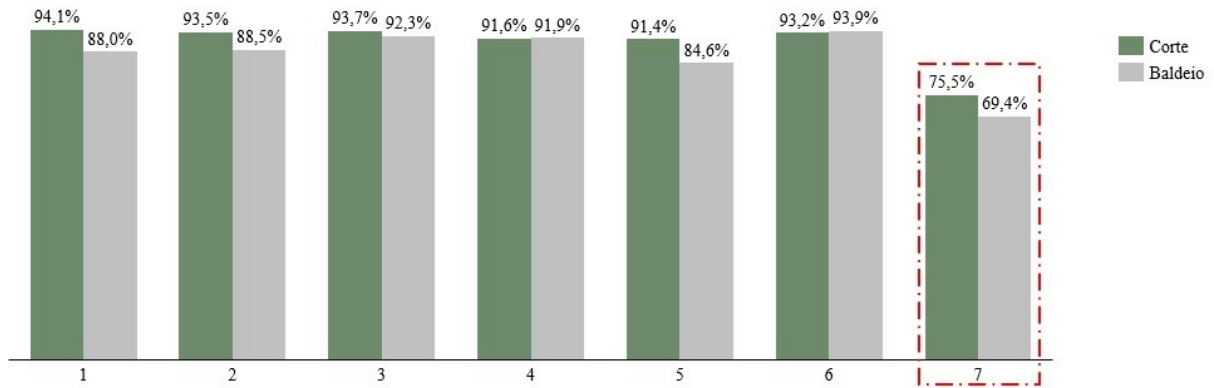
No começo da operação, o módulo estudado estava sofrendo muito com a quebra de máquinas, como exemplificado na Figura 8, o que afetava diretamente a sua produção, além de indicadores como a DM. O gráfico abaixo (Figura 09), compara a DM no mês de julho em diversos módulos operacionais, reforçando ainda mais o problema do módulo estudado, que se encontrava com um número de 75,49% para o corte e 69,40% para o baldeio. Esse baixo número de disponibilidade mecânica muitas vezes era influenciado também pela falta de mecânicos capacitados no módulo, devido a abertura do módulo ter sido realizada no mês de julho, existia a necessidade de contratação de mais mecânicos especializados para suprir a demanda do módulo.

Figura 8 – *Harvesters* em manutenção



Fonte: Autoria própria (2025).

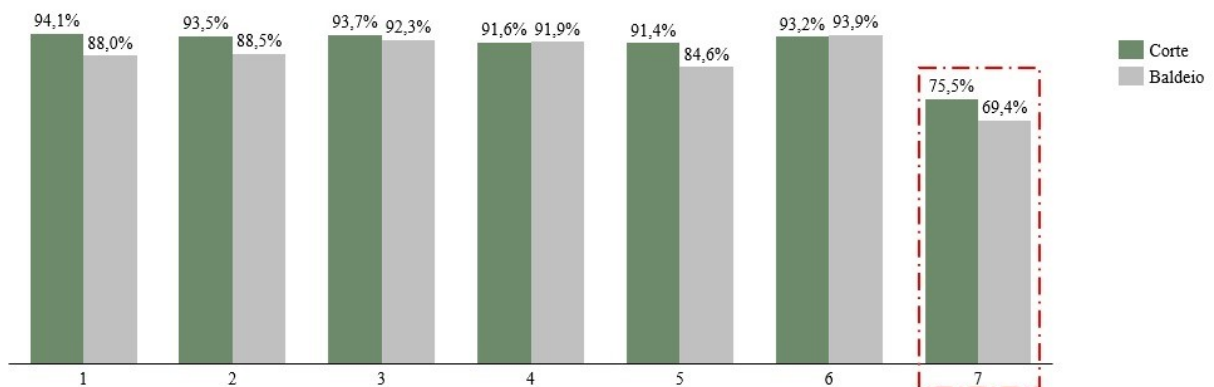
Figura 9 – Disponibilidade mecânica julho/2025



Fonte: Autoria própria (2026).

Além disso, em visitas presenciais ao campo e em entrevistas com os operadores e gestão do módulo estudado, ficou evidenciado a dificuldade ao realizar lançamento de apontamentos, ou seja, os dados apontados pela operação, sejam eles de produção, parada mecânica ou qualquer outra parada, não estava sendo enviadas para o sistema automaticamente e afetando a visualização dos dados reais da operação. Esse desvio vinha ocorrendo devido a algumas máquinas da operação, em específico duas HV, estavam sem antena de comunicação. Isso resultava em um processo de envio de dados de forma manual pelo técnico operacional, o que levava mais de 24 horas para ser realizado e muitas vezes estava resultando em perdas de informações, o que afetava a diversos indicadores, em especial os de EO e DM.

Figura 10 – Eficiência operacional julho/2025



Fonte: Autoria própria (2026).

No início das atividades do módulo, as operações foram realizadas em uma área florestal caracterizada por um elevado Volume Médio Individual (VMI) e pela presença significativa de

árvores bifurcadas, condições que impuseram desafios adicionais à execução do corte mecanizado. Esse tipo de ambiente tende a reduzir a produtividade dos *harvesters*, uma vez que o processamento de árvores bifurcadas demanda maior tempo de manipulação, cortes adicionais e ajustes de posicionamento da máquina, além de aumentar o desgaste dos cabeçotes de corte.

Essa situação foi agravada pelo fato de o módulo ser composto por operadores recém-formados, ainda em processo de adaptação às rotinas operacionais e que nunca havia executado suas atividades em cenários parecidos. Logo, a combinação entre condições florestais desfavoráveis e inexperiência da equipe resultou em variações significativas nos indicadores de EO e produtividade.

4.2.3. Metas e objetivos

Diante do cenário descrito anteriormente, evidencia-se que o Módulo 07, objeto de estudo desta pesquisa, encontra-se em um contexto de baixa estabilidade operacional, com a presença de inconformidades em relação ao processo padrão, o que resulta na existência de lacunas relevantes no desempenho do sistema produtivo. Esse cenário revela um ambiente propício à aplicação da filosofia *Lean*, especialmente no que se refere à busca pela excelência operacional e à melhoria contínua dos processos.

Nesse contexto, os objetivos do Relatório A3 consistem em promover a estabilização do processo de colheita mecanizada, reduzindo as variações operacionais entre turnos, operadores e frentes de trabalho; fortalecer a padronização das atividades operacionais, assegurando maior previsibilidade, segurança e eficiência na execução das tarefas; e desenvolver tecnicamente os operadores recém-formados, estimulando o aprendizado contínuo e a maior aderência aos padrões operacionais definidos pela empresa.

Para o atingimento desses objetivos, foram estabelecidas as seguintes metas operacionais:

- Alavancar a produtividade dos operadores de *harvester* em 5 %;
- Incrementar a produtividade dos operadores de *forwarder* em 5 m³/h;
- Realizar treinamento e acompanhamento individual de todos os operadores do módulo;
- Aumentar a disponibilidade mecânica dos equipamentos de corte em 5% e baldeio em 10%;
- Elevar a eficiência operacional da equipe de corte em 5%, como o baldeio apresenta um resultado alinhado com os demais módulos, ele não será desafiado nesse trabalho.

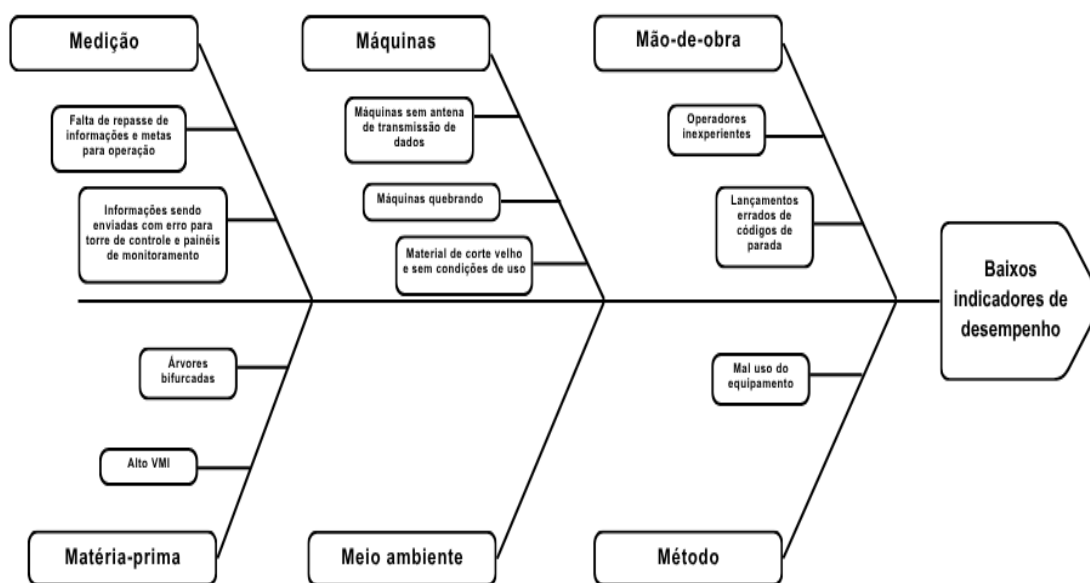
4.2.4. Análise de causas

Apesar da definição clara dos objetivos e das metas a serem alcançadas, torna-se evidente que o atingimento desses resultados depende da compreensão aprofundada dos fatores que atualmente limitam o desempenho do Módulo 07. Os desvios observados nos indicadores de produtividade, eficiência operacional e disponibilidade mecânica não ocorrem de forma isolada, mas são consequência de um conjunto de variáveis inter-relacionadas, presentes tanto no processo quanto na gestão da operação.

Dessa forma, para que as metas estabelecidas sejam alcançadas de maneira consistente e sustentável, faz-se necessária a realização de uma análise estruturada das causas que impactam negativamente o desempenho do módulo. Essa etapa tem como objetivo identificar as causas-raiz dos problemas, evitando a adoção de ações pontuais ou paliativas, e assegurando que as contramedidas propostas estejam alinhadas aos princípios da filosofia *Lean*.

Nesse contexto, a Análise de Causas será conduzida por meio do uso do Diagrama de Ishikawa, considerando as seis categorias conhecidas como 6M (Máquina, Método, Mão de Obra, Material, Medida e Meio Ambiente), permitindo uma visão sistêmica do processo de colheita mecanizada e fornecendo subsídios para a definição de ações efetivas de melhoria.

Figura 11 – Diagrama de Ishikawa Módulo 07



Fonte: Autoria própria (2026).

4.2.4.1. Mão-de-obra

- Operadores inexperientes:

Conforme apresentado na etapa de cenário atual, o Módulo 07 é composto majoritariamente por operadores recém-formados, que tiveram seu primeiro contato com a operação produtiva após concluírem o período de treinamento. Embora capacitados tecnicamente para operar os equipamentos, esses profissionais ainda se encontravam em fase de adaptação ao ritmo operacional real, caracterizado por maior pressão por resultados, variabilidade de condições florestais e necessidade de cumprimento rigoroso dos padrões estabelecidos.

Além disso, eventuais lacunas no processo de formação não haviam sido completamente corrigidas, refletindo-se em dificuldades na execução padronizada das atividades, menor ritmo operacional e maior variabilidade no desempenho entre operadores. Esse cenário contribui diretamente para a redução da produtividade e para oscilações nos indicadores de eficiência operacional, uma vez que a ausência de experiência impacta o tempo de ciclo, a tomada de decisão em campo e o uso adequado dos equipamentos.

- Lançamento errado de códigos de paradas:

Outro fator relevante identificado refere-se ao registro inadequado dos códigos de parada nos sistemas de monitoramento. Durante a análise dos elevados desvios nos indicadores de Eficiência Operacional (EO) e Disponibilidade Mecânica (DM), observou-se que parte significativa das inconsistências estava relacionada ao lançamento incorreto de apontamentos pelos operadores.

Cada código de parada possui classificação específica e influencia diretamente o cálculo dos indicadores, determinando se o impacto será atribuído à eficiência operacional ou à disponibilidade mecânica. Quando esses registros são realizados de forma equivocada, ocorre distorção nos dados analisados, mascarando a real origem das perdas e dificultando a identificação precisa da causa-raiz dos problemas.

Essa falha na qualidade da informação compromete não apenas a análise de desempenho, mas também a tomada de decisão gerencial, contrariando um dos princípios fundamentais da filosofia *Lean*: a gestão baseada em dados confiáveis e na resolução estruturada de problemas.

4.2.4.2. Máquinas

- Máquinas sem antena de transmissão de dados:

Durante a análise detalhada dos indicadores operacionais, identificou-se que duas máquinas do módulo não estavam transmitindo dados de produção e de paradas ao sistema de monitoramento. Após consulta à equipe da torre de controle, verificou-se que os equipamentos se encontravam sem antenas de transmissão de dados, impossibilitando o envio automático das informações operacionais.

Nessas condições, a coleta de dados dependia da extração manual realizada pelo técnico operacional, por meio de dispositivo externo (*pen drive*), sendo posteriormente encaminhada à torre de controle para tratamento das informações. Esse procedimento resultava em atualização com defasagem de até 24 horas, inviabilizando o acompanhamento em tempo real da operação.

Além disso, foram constatadas perdas parciais de informações durante o processo manual, comprometendo a confiabilidade dos dados analisados. Tal situação impacta diretamente a gestão dos indicadores, dificultando intervenções rápidas e decisões assertivas, contrariando o princípio *Lean* de monitoramento contínuo e resolução imediata de desvios.

- Máquinas quebrando:

A análise do indicador de Disponibilidade Mecânica (DM) evidenciou frequência elevada de paradas por manutenção corretiva. Observou-se que parte dos equipamentos apresentava histórico de inatividade prolongada antes de serem incorporados ao módulo, além de possuírem maior tempo de uso em comparação com os demais.

Essa condição contribuiu para maior incidência de falhas mecânicas, impactando diretamente a disponibilidade dos equipamentos e, conseqüentemente, a produtividade do módulo. Embora a atuação da equipe de manutenção seja fator relevante, verificou-se que a condição estrutural dos equipamentos também representa variável significativa para o desempenho operacional.

- Material de corte velho e sem condições de uso:

Para que os *harvesters* possam realizar o corte do eucalipto é utilizado um conjunto conhecido como material de corte, o mesmo é composto pelo: sabre, corrente de motosserra, coroas e ponteiros substituíveis. Para garantir uma boa performance operacional, o conjunto deve estar em boas condições de uso e afiado, cada módulo operacional possui uma equipe de afiação, que é responsável por manter o material em bom estado e em condições para uso pelos operadores, além de trocar sempre que necessário. Por outro lado, os operadores, devem

cumprir com o procedimento de troca/virar o material de corte uma vez por turno, de forma a evitar forçar e desgastar o material.

Entretanto, foi identificado que o módulo enfrentava escassez de material novo, levando à utilização de componentes além da vida útil recomendada. Essa prática ocasionava maior esforço do equipamento, aumento do tempo de ciclo e desgaste prematuro do sistema de corte, além de contribuir para paradas não planejadas por necessidade de substituição emergencial.

Adicionalmente, observou-se que, em função da inexperiência de parte dos operadores, nem sempre o procedimento de troca ou inversão do material era realizado no tempo adequado, potencializando danos ao equipamento e afetando tanto a produtividade quanto a disponibilidade mecânica.

4.2.4.3. Método

- Mal uso dos equipamentos:

No que se refere ao método operacional, observou-se a ocorrência recorrente de uso inadequado dos equipamentos durante a execução das atividades de corte e baldeio. Embora os operadores tenham passado por período de formação, verificou-se que, na prática produtiva, nem todos executavam as operações conforme os procedimentos operacionais padronizados estabelecidos pela empresa.

Em alguns casos, os desvios estavam associados ao desconhecimento parcial dos padrões; em outros, à dificuldade de aplicação correta das técnicas operacionais sob condições reais de produção, como variações de relevo, densidade florestal e pressão por desempenho.

Essa inconsistência na execução do método impacta diretamente na produtividade, o consumo de componentes, o desgaste dos equipamentos e a ocorrência de paradas não planejadas, refletindo negativamente nos indicadores de produtividade e eficiência operacional.

4.2.4.4. Medição

- Falta do repasse de informações e comunicação de metas para a operação:

A partir das entrevistas realizadas com os operadores, conduzidas com apoio da técnica dos 5 Porquês, identificou-se fragilidade no processo de comunicação entre a liderança direta e a equipe operacional. Evidenciou-se a ausência sistemática do repasse de informações relevantes para a execução das atividades, tais como mapas operacionais, orientações técnicas específicas para determinadas condições de campo e diretrizes padronizadas de atuação.

Além disso, constatou-se deficiência na divulgação das metas estabelecidas para o módulo e no compartilhamento dos indicadores individuais de desempenho. A maioria dos operadores demonstrou não possuir conhecimento claro acerca de seu rendimento real, tampouco de como suas atividades impactavam os indicadores globais do módulo.

Essa ausência de transparência compromete o alinhamento entre objetivos estratégicos e execução operacional, reduzindo o engajamento da equipe e dificultando a atuação orientada por metas.

- Informações enviadas incorretamente para torre de controle:

Conforme mencionado anteriormente, a ausência de antenas de transmissão de dados em determinados equipamentos exigiu a adoção de procedimento manual para extração e envio das informações operacionais. Tal atividade era de responsabilidade do técnico operacional do módulo.

Entretanto, verificou-se que o responsável não possuía domínio completo do procedimento de extração, o que resultou em falhas no envio dos dados e perdas parciais de informações durante o processo. Essa inconsistência comprometeu a confiabilidade dos indicadores analisados, dificultando a correta identificação das causas de desvios em produtividade, eficiência operacional e disponibilidade mecânica.

4.2.4.5. Matéria-prima

- Alto VMI:

No contexto da colheita florestal, o Volume Médio Individual (VMI) constitui um dos principais parâmetros dendrométricos utilizados para caracterizar o povoamento. Conforme descrito por Scolforo (1993), o cálculo do volume individual representa etapa fundamental para a determinação do estoque volumétrico de uma floresta, sendo indispensável ao planejamento da colheita e às estimativas econômicas da produção. Em termos práticos, o VMI expressa as dimensões médias das árvores a serem colhidas.

No que se refere à produtividade da colheita mecanizada, o VMI exerce influência direta sobre o desempenho dos *harvesters*. Estudos indicam que, no sistema *cut-to-length* (CTL), modelo empregado pelo módulo analisado, os equipamentos apresentam melhor desempenho em florestas com VMI situado até faixa de 0,21 a 0,25 m³ (Scorupski *et al.*, 2017).

Quando o VMI se encontra acima dessa faixa, caracterizando árvores de maior porte, a produtividade tende a reduzir. Conforme destacado por Malinowski *et al.* (2006), árvores com volume excessivo podem gerar dificuldades operacionais relacionadas ao peso e ao diâmetro,

aumentando o esforço mecânico do cabeçote, o risco de falhas e a incidência de manutenções corretivas.

No caso do Módulo 07, a operação foi iniciada em área com VMI elevado, o que potencializou desafios técnicos, especialmente considerando o perfil inexperiente da equipe. Essa condição ambiental contribuiu não apenas para a redução da produtividade, mas também para impactos indiretos sobre a disponibilidade mecânica dos equipamentos.

- Número alto de árvores bifurcadas:

Outro fator ambiental relevante identificado foi a alta incidência de árvores bifurcadas na área de atuação do módulo. Segundo Malinovski *et al.* (2006), defeitos de forma, como bifurcações, aumentam o esforço aplicado sobre as facas de desgalhe e os rolos alimentadores do cabeçote, podendo ocasionar desalinhamento do sabre de corte e danos aos sensores do equipamento.

Além do impacto mecânico, a presença de bifurcações exige maior habilidade técnica do operador, que passa a executar movimentos adicionais para processar adequadamente cada fuste. Na prática, o volume final produzido permanece semelhante, porém com maior tempo de manipulação por árvore, elevando o tempo de ciclo e reduzindo a produtividade horária.

No contexto analisado, a combinação entre elevado número de árvores bifurcadas e operadores recém-formados intensificou a variabilidade operacional, contribuindo para oscilações nos indicadores de produtividade e eficiência operacional.

4.2.5. Contramedidas propostas

Com base na análise das causas identificadas por meio do Diagrama de Ishikawa, foram definidas contramedidas direcionadas aos principais fatores que impactavam negativamente a produtividade, eficiência operacional e disponibilidade mecânica do Módulo 07. As ações propostas foram estruturadas priorizando padronização, capacitação, melhoria contínua e gestão baseada em dados confiáveis, conforme a Tabela 01.

Tabela 01 – Contramedidas propostas

<i>What?</i> (O que?)	<i>Why?</i> (Por quê?)	<i>Where?</i> (Onde?)	<i>Why?</i> (Quem?)	<i>When?</i> (Quando?)	<i>How?</i> (Como?)
Designar instrutores por turno	Desenvolver operadores inexperientes e reduzir variabilidade	Módulo 07	Excelência Operacional	Jul–Ago	Presença de instrutor por turno com diagnóstico técnico e acompanhamento contínuo
Elaborar cartilha de códigos de parada	Corrigir lançamentos incorretos e aumentar confiabilidade e dos dados (EO/DM)	Módulo 07	Excelência Operacional	Julho	Criação de guia prático + reforço contínuo em campo
Instalar antenas de comunicação	Garantir envio automático e confiável de dados operacionais	Harvesters do Módulo 07	Torre de Controle	Julho	Instalação para transmissão automática de dados
Reforçar equipe de manutenção e plano preventivo	Reduzir quebras e aumentar Disponibilidade de Mecânica	Módulo 07	Manutenção + PCM + Excelência Operacional	Jul–Ago	Ampliação do efetivo + cronograma preventivo + suporte técnico
Substituir material de corte e regularizar afiação	Evitar perda de desempenho e falhas por desgaste excessivo	Equipamentos de colheita	Colheita	Julho	Aquisição de novos conjuntos + controle de vida útil
Reforçar procedimentos operacionais	Reduzir uso inadequado dos equipamentos e aumentar produtividade	Campo	Excelência Operacional	Contínuo	Acompanhamento técnico + reforço de padrões operacionais
Reestruturar quadro de gestão à vista	Melhorar comunicação de metas e engajamento	Área de vivência do módulo	Colheita	Julho	Atualização diária de indicadores e exposição de metas

Capacitar técnico e supervisionar envio de dados	Reduzir falhas no envio manual de informações	Operação / Sistema	Excelência Operacional + Colheita	Julho	Treinamento direcionado + acompanhamento da liderança
Adaptar técnica ao alto VMI	Reduzir impacto das condições florestais na produtividade	Campo	Excelência Operacional + Colheita	Jul–Ago	Ajustes operacionais + suporte técnico contínuo
Alocar operadores experientes e melhorar sequenciamento	Reduzir bifurcação e melhorar fluxo operacional	Áreas de colheita	Excelência Operacional + Colheita	Agosto	Redistribuição estratégica + planejamento adequado de áreas

Fonte: Autoria Própria (2026).

Para o início do plano de ação, identificou-se a necessidade de acompanhamento individualizado dos operadores, considerando o baixo nível de experiência prática e a limitada aderência ao Trabalho Padronizado (*Standard Work*) previamente estabelecido para a operação. Com esse objetivo, foram direcionados quatro instrutores ao Módulo 07, profissionais com amplo conhecimento técnico e domínio dos padrões operacionais, atuando como multiplicadores das diretrizes e melhores práticas do processo.

Assim, cada turno passou a contar com a presença de um instrutor dedicado, responsável por diagnosticar oportunidades de melhoria específicas de cada operador, oferecer suporte técnico durante a execução das atividades e promover o desenvolvimento contínuo das competências operacionais. Essa atuação foi estruturada com base nos princípios do TWI – *Job Instruction*, metodologia voltada à padronização do ensino das tarefas, garantindo que cada operador compreendesse não apenas a sequência correta das atividades, mas também os pontos-chave e as razões técnicas associadas a cada etapa. A ação buscou reduzir a variabilidade entre operadores, elevar a produtividade individual e fortalecer a estabilidade do processo.

A atuação dos instrutores foi orientada pelo Diagnóstico Técnico Operacional, ferramenta utilizada para avaliar o desempenho do operador durante a execução das atividades, verificando a aderência aos padrões definidos no Trabalho Padronizado e aos critérios de qualidade estabelecidos. Ao final da avaliação, era atribuída uma pontuação representativa do nível de conformidade da operação observada.

Com base nesse resultado, iniciava-se o ciclo estruturado de desenvolvimento individual, no qual o instrutor atuava diretamente sobre as lacunas identificadas, promovendo orientações práticas e correções técnicas alinhadas aos padrões operacionais. Após o período de acompanhamento, o diagnóstico era reaplicado, permitindo mensurar a evolução do operador e verificar a efetividade das ações implementadas, em um ciclo contínuo de melhoria.

Adicionalmente, visando à melhoria dos indicadores de Eficiência Operacional (EO) e Disponibilidade Mecânica (DM), foi identificada deficiência recorrente nos lançamentos de códigos de parada, tanto de natureza mecânica quanto operacional, o que comprometia a confiabilidade dos dados e a acuracidade das análises gerenciais. Sob a perspectiva *Lean*, tal fragilidade representava uma quebra no princípio da qualidade na fonte, uma vez que informações incorretas impactavam diretamente a tomada de decisão.

Como contramedida, foi estruturado um material padronizado de apoio — concebido como instrumento de Gestão Visual — na forma de uma cartilha objetiva e de fácil compreensão, distribuída individualmente aos operadores durante visitas em campo. O conteúdo foi desenvolvido com foco na padronização dos critérios de apontamento, contendo explicações sobre os conceitos de EO e DM, identificação de momentos de oportunidade e descrição detalhada dos códigos de parada, bem como as situações adequadas para sua utilização.

Além da entrega do material, os instrutores passaram a reforçar sistematicamente, durante os acompanhamentos individuais, a correta realização dos apontamentos, assegurando aderência ao padrão definido e alinhamento entre prática operacional e sistema de medição. Essa ação contribuiu para reduzir a variabilidade nos registros, aumentar a confiabilidade das informações e fortalecer a base analítica utilizada para o gerenciamento do processo.

Com o intuito de assegurar maior confiabilidade e tempestividade das informações enviadas à Torre de Controle, foi contratada empresa especializada para realizar a instalação de antenas de comunicação nas máquinas que ainda não possuíam o sistema de transmissão automática de dados. Essa medida possibilitou o acompanhamento em tempo real da operação, além de reduzir a dependência da extração manual de informações.

Como consequência, também se evitou a sobrecarga do técnico operacional, permitindo que este direcionasse esforços a outras atividades estratégicas do módulo. Entretanto, como medida preventiva, o técnico operacional foi capacitado quanto ao procedimento correto de extração manual de dados, garantindo que, em situações excepcionais, o processo seja realizado de forma adequada e supervisionado pela liderança responsável pelo envio das informações à gestão.

Com o objetivo de reduzir a recorrência de falhas mecânicas e elevar o indicador de Disponibilidade Mecânica (DM), definiu-se como contramedida o fortalecimento da estrutura de manutenção no Módulo 07, alinhado aos princípios do *Total Productive Maintenance* (TPM). Inicialmente, foi direcionado maior contingente de mecânicos ao módulo, possibilitando maior agilidade nas manutenções corretivas e garantindo a execução adequada das manutenções preventivas programadas, em consonância com o pilar de Manutenção Planejada.

Paralelamente, a equipe passou a estruturar um plano de manutenção mais robusto, contemplando cronogramas preventivos, inspeções periódicas e priorização de componentes críticos. Essa sistematização teve como objetivo reduzir paradas não planejadas, aumentar a confiabilidade dos equipamentos e mitigar falhas recorrentes, promovendo maior estabilidade operacional.

De forma complementar, o time de Excelência Operacional designou um instrutor de manutenção para atuar junto à equipe do módulo, reforçando a disseminação de boas práticas técnicas e apoiando a execução das intervenções realizadas. Essa atuação contribuiu para elevar o padrão das manutenções executadas, fortalecer o desenvolvimento técnico da equipe e consolidar uma abordagem mais estruturada e preventiva, em linha com os fundamentos do TPM.

No que se refere ao material de corte, constatou-se a necessidade de substituição imediata dos componentes em uso, uma vez que operavam além do período recomendado e apresentavam desempenho inferior ao padrão estabelecido, impactando diretamente a eficiência operacional e a integridade dos equipamentos. Sob a ótica do *Total Productive Maintenance* (TPM), essa condição evidenciava fragilidade no controle preventivo da vida útil dos componentes críticos.

Como contramedida, foi destinada ao time de colheita a aquisição de novos conjuntos de material de corte, assegurando disponibilidade adequada para a operação e restabelecendo o padrão técnico esperado. A ação teve como objetivo eliminar perdas associadas ao desgaste excessivo e reduzir a probabilidade de falhas secundárias decorrentes do uso inadequado dos componentes.

Adicionalmente, procedeu-se à regularização da equipe de afiação, responsável pela manutenção e controle da vida útil dos materiais. Foi estabelecida uma sistemática formal de acompanhamento e registro do tempo de utilização dos componentes, estruturando um controle preventivo alinhado aos princípios da Manutenção Planejada. Essa medida contribuiu para

evitar desgaste excessivo, prevenir danos aos equipamentos e aumentar a confiabilidade do processo produtivo.

No campo da gestão da informação, identificou-se a necessidade de fortalecer a cultura de utilização do quadro de gestão à vista já existente na área de vivência do módulo. Como contramedida, foi reestruturada a rotina de atualização do painel, garantindo exposição diária dos principais indicadores operacionais, metas estabelecidas e resultados individuais.

Complementarmente, instituiu-se uma rotina periódica de feedback individual entre a liderança do módulo e os operadores. Esses encontros passaram a ser registrados em aplicativo corporativo, promovendo maior proximidade entre gestão e operação, além de estimular engajamento, responsabilização pelos resultados e alinhamento contínuo às metas estabelecidas.

No que se refere às variáveis de matéria-prima, reconhece-se que determinadas condições são inerentes à operação florestal, uma vez que decorrem das características silviculturais das áreas a serem colhidas. Fatores como elevado Volume Médio Individual (VMI) e alta incidência de árvores bifurcadas configuram condições impostas pelo próprio ambiente produtivo, não sendo passíveis de eliminação direta por meio de intervenções operacionais.

Diante desse contexto, as contramedidas adotadas possuem caráter adaptativo, visando mitigar os impactos dessas variáveis sobre os indicadores de produtividade e eficiência operacional. Para isso, estabeleceu-se a presença contínua de instrutores e técnicos operacionais em campo, com o objetivo de orientar os operadores quanto às técnicas mais adequadas para cada condição específica de floresta, promovendo ajustes operacionais conforme a complexidade do terreno e do material colhido.

Paralelamente, atribuiu-se ao técnico operacional a responsabilidade pela organização estratégica da disposição dos equipamentos no campo, priorizando a alocação de operadores mais experientes em áreas com maior grau de dificuldade operacional. Essa medida busca reduzir riscos, minimizar perdas de produtividade e garantir maior estabilidade do processo.

Além disso, reforçou-se a importância do correto sequenciamento das áreas de colheita, considerando características dendrométricas e operacionais, de modo a equilibrar o nível de complexidade enfrentado pelo módulo ao longo do tempo.

4.2.6. Verificação de resultado

Após a implementação das contramedidas descritas, procedeu-se à análise dos indicadores operacionais do Módulo 07, com o objetivo de verificar a efetividade das ações adotadas. A avaliação concentrou-se nos indicadores de Produtividade, Eficiência Operacional (EO) e Disponibilidade Mecânica (DM), comparando-se os resultados obtidos antes e após a execução do plano de ação.

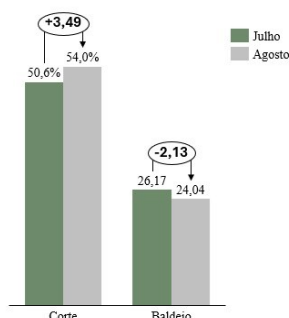
Durante a execução do estudo, o Módulo 07 foi descontinuado em virtude de uma mudança estratégica da companhia, o que limitou o período de análise aos meses de julho e agosto. Apesar do curto intervalo temporal, foi possível observar tendências relevantes de evolução nos indicadores operacionais após a implementação das contramedidas propostas.

Ao analisar o indicador de produtividade, diretamente relacionado ao volume produzido por hora efetiva de operação, observou-se comportamento distinto entre as frentes de corte (*harvester*) e baldeio (*forwarder*) no período avaliado. Inicialmente, estabeleceu-se como meta uma evolução de 5% na aderência da produtividade do corte, métrica utilizada pela empresa para essa frente, e um incremento de 5 m³/h na produtividade do baldeio.

No que se refere à frente de corte, foi possível identificar uma evolução de 3,49% entre julho e agosto. Embora o resultado tenha ficado abaixo da meta estipulada para o período, observa-se um avanço consistente, especialmente considerando o contexto de operadores recém-formados, inseridos em um ambiente produtivo com elevado grau de complexidade. A atuação dos instrutores junto aos operadores contribuiu para a redução de variações operacionais, maior aderência aos procedimentos e ganho progressivo de ritmo, sinalizando um processo em fase de estabilização e com tendência de crescimento sustentável.

Em contrapartida, na frente de baldeio foi verificada uma redução na produtividade, passando de 26,17 m³/h em julho para 24,04 m³/h em agosto. Parte desse resultado pode ser atribuída ao direcionamento prioritário das ações de acompanhamento à frente de corte, o que reduziu a intensidade de suporte técnico aos operadores de *forwarder*. Além disso, no início do período de acompanhamento, as frentes estavam alocadas em fazendas distintas, dificultando a atuação simultânea dos instrutores. Ainda que fatores logísticos tenham influenciado, reconhece-se uma falha no planejamento da distribuição dos recursos de suporte, o que impactou diretamente o desempenho dessa frente.

Figura 12 – Evolução Produtividade



Fonte: Autoria própria (2026).

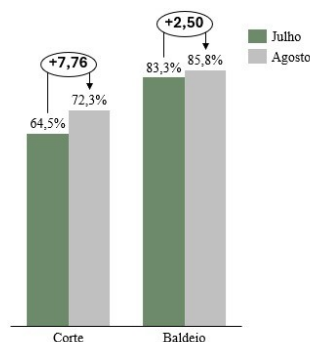
Considerando o curto período de análise — limitado a dois meses em função da descontinuidade do módulo — e o contexto de estruturação inicial da operação, os resultados apontam para uma tendência de evolução estrutural do processo, especialmente na frente de corte. Contudo, evidencia-se a necessidade de balanceamento das ações de melhoria entre as frentes operacionais, a fim de garantir ganhos sistêmicos e sustentáveis na produtividade do módulo como um todo.

No que se refere à Eficiência Operacional (EO), indicador que mede o percentual do tempo disponível efetivamente convertido em produção efetiva, os resultados demonstraram evolução positiva no período analisado, com comportamentos distintos entre as frentes de corte e baldeio.

Na frente de corte (*harvester*), observou-se uma evolução significativa do indicador, passando de 64,53% em julho para 72,29% em agosto, representando um incremento de 8%, superando a meta estabelecida de 5% para o período. Esse avanço está diretamente associado às contramedidas implementadas, sobretudo ao acompanhamento individual dos operadores e ao reforço na correta classificação dos códigos de parada. A melhoria na qualidade dos apontamentos e na execução operacional contribuiu para redução de perdas e maior aproveitamento do tempo disponível.

Já na frente de baldeio, embora não tenha sido estabelecida meta específica para o indicador, uma vez que o módulo já apresentava desempenho alinhado à média dos demais módulos operacionais, observou-se ainda assim uma evolução de 83,27% para 85,77%, representando incremento de 2%. Esse resultado evidencia ganho incremental em um processo que já se encontrava relativamente estabilizado, demonstrando que as ações implementadas também impactaram positivamente essa frente, ainda que de forma menos intensa quando comparada ao corte.

Figura 13 – Evolução Eficiência Operacional



Fonte: Autoria própria (2026).

De maneira geral, os resultados da Eficiência Operacional indicam avanço na estabilidade do processo e maior controle das perdas operacionais, especialmente na frente de corte, onde havia maior oportunidade de melhoria identificada no diagnóstico inicial.

Além da evolução operacional propriamente dita, é importante destacar que parte da melhoria observada na Eficiência Operacional também está associada ao aumento da confiabilidade e tempestividade dos dados. A instalação das antenas de transmissão nos dois *harvesters* que anteriormente operavam sem comunicação em tempo real foi um fator determinante para elevar a qualidade das informações disponibilizadas à gestão.

Antes da intervenção, os dados dessas máquinas dependiam de extração manual, realizada de forma esporádica, o que gerava defasagem temporal, perda de registros e possíveis inconsistências nos apontamentos. Com a implantação das antenas, passou-se a contar com transmissão automática e contínua das informações de produção e paradas, permitindo acompanhamento em tempo real pela Torre de Controle.

Esse avanço proporcionou maior assertividade nos indicadores, reduziu distorções decorrentes de falhas de coleta e possibilitou intervenções mais rápidas diante de desvios operacionais. Dessa forma, parte da evolução da Eficiência Operacional não deve ser interpretada apenas como ganho produtivo direto, mas também como reflexo da melhoria na qualidade do sistema de medição e controle do processo.

Outro ponto crucial para a evolução da Eficiência Operacional (EO) na frente de corte foi o direcionamento de esforços ao material de corte. Com a disponibilização de conjuntos novos, de maior qualidade, aliada à estruturação de uma equipe de afiação mais robusta e preparada, tornou-se possível proporcionar aos operadores uma operação mais contínua, com paradas ocorrendo predominantemente nos momentos estipulados pelo procedimento. Esse

comportamento foi reforçado pela distribuição da cartilha orientativa e pelo acompanhamento constante dos instrutores em campo.

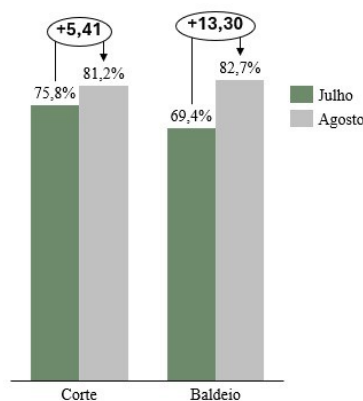
Ainda que não seja possível isolar quantitativamente o impacto exclusivo do material de corte sobre a produtividade, observa-se que a melhoria das condições do conjunto contribuiu para maior fluidez operacional, redução de interrupções não planejadas e melhor aproveitamento do tempo efetivo de trabalho.

Ao analisar a Disponibilidade Mecânica (DM), percebe-se que o impacto do material de corte ocorre de forma menos imediata quando comparado à Eficiência Operacional. Entretanto, a utilização de componentes adequados e dentro da vida útil recomendada contribui para a preservação estrutural do cabeçote e dos demais sistemas do equipamento, reduzindo esforços excessivos e desgaste prematuro, o que tende a influenciar positivamente a confiabilidade mecânica ao longo do tempo.

Dessa forma, torna-se pertinente analisar, na sequência, o comportamento da Disponibilidade Mecânica (DM) no período avaliado, para a qual foi proposta uma evolução de 5% na frente de corte e de 10% na frente de baldeio, considerando que esta última apresentava maior defasagem inicial.

Os resultados observados ao final do período demonstram avanço consistente do indicador em ambas as frentes, no corte, verificou-se evolução do indicador, evoluindo 1% em relação à meta estabelecida e sinalizando aumento da confiabilidade dos equipamentos. Já no baldeio, a evolução foi ainda mais perceptível, evoluindo de 69,40% para 82,70%, refletindo diretamente a reestruturação do modelo de atuação da manutenção no módulo.

Figura 14 – Evolução Disponibilidade Mecânica



Fonte: Autoria própria (2026).

A estratégia adotada para alavancar a Disponibilidade Mecânica mostrou-se assertiva e estruturada. Inicialmente, houve o reforço da equipe de manutenção com a alocação de mecânicos mais experientes e com maior bagagem operacional. Essa medida permitiu melhor organização das atividades, garantindo atendimento mais ágil às manutenções corretivas que surgiam ao longo do dia, sem comprometer a execução adequada das manutenções preventivas previamente planejadas. Essa atuação equilibrada foi fundamental para reduzir falhas recorrentes e evitar paradas prolongadas.

Adicionalmente, a designação de um instrutor de manutenção representou um diferencial relevante no processo de estabilização do módulo. Esse profissional atuou no desenvolvimento técnico da equipe, promovendo acompanhamento prático, orientação técnica e padronização dos procedimentos de manutenção. Como resultado, os mecânicos menos experientes puderam evoluir gradativamente, elevando o nível técnico geral da equipe e contribuindo para maior confiabilidade dos equipamentos.

Cabe destacar, ainda, que ações anteriormente descritas — como a substituição do material de corte e a melhoria na qualidade dos dados operacionais — também exerceram influência indireta sobre a Disponibilidade Mecânica. A utilização de componentes em melhores condições reduziu esforços excessivos sobre o cabeçote e sistemas hidráulicos, enquanto a melhoria na acuracidade dos apontamentos permitiu identificar com maior precisão as reais causas das paradas mecânicas.

Considerando o curto período de análise, os resultados indicam uma tendência positiva de evolução estrutural da Disponibilidade Mecânica, reforçando que a continuidade das ações implementadas tende a consolidar ganhos mais expressivos no médio e longo prazo.

Antes de avançar para a etapa final do A3, torna-se relevante destacar algumas ações de natureza qualitativa e motivacional que, embora não estejam diretamente vinculadas a indicadores numéricos específicos, exercem influência significativa sobre a sustentabilidade dos resultados alcançados.

Entre as iniciativas propostas estava a reestruturação do quadro de gestão à vista, com o objetivo de fortalecer a transparência dos indicadores e estimular o engajamento da equipe operacional. Entretanto, essa ação não pôde ser plenamente implementada, principalmente em decorrência da desmobilização do módulo, o que inviabilizou sua consolidação. Cabe ressaltar que, desde o início, tratava-se de uma ação de prioridade secundária, prevista para um momento posterior de maior estabilidade do processo.

Por outro lado, a consolidação de uma cultura estruturada de feedback apresentou avanços relevantes. O gestor do módulo passou a realizar acompanhamentos semanais com

foco nos operadores que apresentavam maior defasagem nos indicadores de desempenho. Nessas interações, eram apresentados os resultados individuais, comparativos com metas e médias do módulo, além de esclarecimentos sobre critérios de medição, padrões operacionais e expectativas de desempenho. Esse momento também se mostrou essencial para compreender as dificuldades práticas enfrentadas pelos operadores, promovendo um ambiente de maior proximidade, confiança e desenvolvimento técnico.

Adicionalmente, operadores que demonstraram evolução consistente e rápida adaptação aos padrões operacionais foram direcionados para módulos mais consolidados, compostos por equipes mais experientes. Essa movimentação estratégica contribuiu para acelerar o desenvolvimento desses profissionais, inserindo-os em ambientes de maior maturidade operacional e reforçando a lógica meritocrática e motivacional dentro da estrutura organizacional.

Mesmo em um cenário de transição e descontinuidade do módulo, tais ações qualitativas reforçam a importância do desenvolvimento humano e da liderança ativa como pilares fundamentais para a consolidação de um time engajado e motivado.

4.2.7. Ações futuras

Para garantir a continuidade da evolução iniciada com a aplicação do A3, torna-se fundamental a manutenção das rotinas estruturadas ao longo do período analisado. Ainda que o Módulo 07 tenha sido desativado em função de uma estratégia corporativa, seus equipamentos e operadores foram redistribuídos para outros módulos operacionais, o que amplia a responsabilidade de replicar as práticas implementadas. Nesse contexto, destaca-se a importância da continuidade do acompanhamento técnico individual dos operadores recém-formados, assegurando que o processo de desenvolvimento não seja interrompido.

A inserção desses profissionais em equipes compostas por operadores mais experientes representa uma oportunidade relevante de aprendizado prático e amadurecimento operacional. Entretanto, para que essa integração produza resultados consistentes, é indispensável que as rotinas de feedback, orientação técnica e monitoramento sistemático dos indicadores sejam mantidas pelas lideranças dos módulos de destino.

Além disso, é necessário reforçar o cumprimento integral das ações previstas no plano de contramedidas. Apesar de ter sido possível observar estabilização do processo e tendência de evolução nos principais indicadores, o curto período de aplicação impediu a consolidação plena de todas as iniciativas planejadas. A continuidade dessas ações, especialmente aquelas

relacionadas à padronização, controle de dados e fortalecimento da disciplina operacional, são determinantes para evitar retrocessos e ampliar os ganhos já obtidos.

Assim, mais do que resultados pontuais, o principal avanço observado foi a estruturação de um método de gestão aplicável a outros contextos operacionais, demonstrando que a lógica de estabilização, desenvolvimento técnico e acompanhamento sistemático pode ser replicada como modelo de melhoria contínua dentro da organização.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo implementar o Relatório A3 no processo de colheita mecanizada de eucalipto, com foco na melhoria da produtividade, da eficiência operacional e da disponibilidade mecânica, visando contribuir para a evolução dos indicadores-chave de desempenho. A pergunta de pesquisa foi parcialmente respondida, uma vez que o método foi efetivamente aplicado e executado no Módulo 07 durante os meses de julho e agosto, promovendo avanços relevantes em parte dos indicadores analisados. Entretanto, não houve evolução na produtividade da frente de baldeio no período avaliado, evidenciando a necessidade de maior maturação das ações implementadas.

O principal resultado observado foi a estabilização inicial do módulo, condição indispensável para a obtenção de ganhos sustentáveis de desempenho. Ao longo da execução do plano de ação, verificou-se a alavancagem da eficiência operacional e da disponibilidade mecânica, além do aumento da confiabilidade dos dados operacionais, proporcionado pela melhoria nos processos de medição e transmissão de informações. Destaca-se também a reestruturação da equipe de manutenção, tornando-a mais organizada e tecnicamente madura, bem como o desenvolvimento dos operadores por meio do acompanhamento individualizado e da consolidação de uma rotina sistemática de feedback.

Para a empresa estudada, a aplicação do Relatório A3 demonstrou-se estratégica ao permitir a estruturação de um método organizado de identificação de problemas, análise de causas e implementação de contramedidas. A experiência evidenciou que a utilização disciplinada das ferramentas Lean pode apoiar a estabilização de novas frentes operacionais, fortalecer a padronização e ampliar a confiabilidade dos dados utilizados na tomada de decisão.

Do ponto de vista prático, o estudo reforça a aplicabilidade da filosofia *Lean* em ambientes de colheita florestal mecanizada, tradicionalmente caracterizados por alta variabilidade operacional e influência de fatores ambientais. Observou-se que, antes da busca

por ganhos expressivos de produtividade, é fundamental promover a estabilidade do processo e o desenvolvimento técnico das equipes, alinhando pessoas, método e controle de desempenho.

Como limitação, destaca-se o curto período de aplicação do estudo, restrito a dois meses, além da desmobilização do módulo durante a execução das ações, o que impediu a consolidação integral das contramedidas propostas. Para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do modelo em períodos mais longos, a expansão para outros módulos operacionais e a análise do impacto financeiro das melhorias implementadas, especialmente em termos de custo por metro cúbico produzido e retorno sobre investimento das ações estruturadas.

REFERÊNCIAS

ALTOÉ, F. E. **Colheita e Evolução da Colheita Florestal do Brasil**. 2008. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

ANA, W. P. S.; LEMOS, G. C. **Metodologia Científica**: a pesquisa qualitativa nas visões de Lüdke e André. Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar, v. 4, n. 12, 2018.

ANTUNES, J. *et al.* **Sistemas de Produção**: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BALLESTERO-ALVAREZ, M.E. **Gestão de qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010.

BOTELHO, J. M.; CRUZ, V. A. G. **Metodologia científica**. São Paulo: Pierson Education do Brasil, 2013.

CARPES, W. P. **Introdução ao Projeto de Produtos**. 1ª. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G.N. **Just in Time, MRP II e OPT**: Um Enfoque Estratégico. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1993.

COSTA, C. E. S. da, *et al.* Aplicação das ferramentas de qualidade - controle estatísticos de processos e diagrama de ishikawa na determinação da qualidade de um processo produtivo de limão. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 9, n. 5,

p. 1794–1819, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i5.9916. Disponível em:
<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/9916>. Acesso em: 28 jul. 2025.

COSTA, T. B. S.; MENDES, M. A. **Análise da causa raiz:** utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 10., 2018, São Cristóvão, SE. **Anais [...]**. São Cristóvão, SE, 2018. p. 1 - 11.

DANESE, P.; MANFÈ, V.; ROMANO, P. A Systematic Literature Review on Recent Lean Research: State-of-the-art and Future Directions. **International Journal of Management Reviews**, vol 20, nº3, p. 579-605, abr. 2018. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijmr.12156>. Acesso em: 20 jul. 2025.

DELFINO, E. L. de. M. **O Estudo da Produção Enxuta na Eliminação de Desperdícios e sua Aplicação em uma Empresa de Gelados Comestíveis**. 62 f. Graduação em Engenharia de Produção - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – IFMG, 2014.

DOS SANTOS, J. P. D.; CADIOLI, L. P. Lean manufacturing e seu impacto no setor produtivo. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, SP, v. 19, n. 2, p. 902–914, 2022. DOI: 10.31510/infa.v19i2.1433. Disponível em:
<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1433>. Acesso em: 20 jul. 2025.

ERBS, M. M.; DETRO, S. P.; ROSA, C. R. M. As Ferramentas e Elementos Lean mais utilizados na Literatura – Aplicação do PROKNOW- C para Seleção e Análise de um Portifólio Bibliográfico. **Journal of Lean Systems**, v. 8, nº 2, nov. 2023. Disponível em:
<https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/lean/article/view/6213>. Acesso em: 20 jul. 2025.

FERREIRA, J. V. **Análise da estruturação de custos com peças de reposição na colheita florestal em uma empresa de celulose no Brasil**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

FORD, H. **Os princípios da prosperidade:** minha vida e minha obra. São Paulo/Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1964.

FRANCO, M. P.; BARREIRA, S. A cadeia produtiva da celulose no Brasil. In: MEDINA, G. da S.; CRUZ, J. E. (Org.). **Estudos em agronegócio: participação brasileira nas cadeias produtivas**. v. 5. Goiânia: Kelps, 2021. p. 149-172.

GHINATO, P. **Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações**. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GONÇALVES, A. F. **Colheita florestal do século XXI: “Foco nas novas estruturas e tecnologias aplicadas à colheita mecanizada de corte raso de eucalipto”**. 2008. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

HAFEY, R. B. **Lean Safety Gemba Walks. A methodology for workforce engagement and culture change**. 1ª.Ed. New York: CRC Press, 2015

IBÁ. **Relatório anual**. IBÁ; FGV IBRE: Brasília, 2020. Disponível em: <<https://iba.org/publicacoes/relatorios>>. Acesso em: 03 ago. 2025.

IBÁ. **Relatório anual**. IBÁ: Brasília, 2023. Disponível em: <<https://iba.org/publicacoes/relatorios>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso da competitividade**. 7 ed. São Paulo: IMAM. 2011. 235 p.

INÁCIO, R. P.; SENNA, A. J. T. Caracterização da cadeia produtiva da madeira no município de Rosário do Sul-RS. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, vol. 16, n. 3, p. 291-305, 2014.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica: métodos científicos, técnicas de pesquisa, elaboração de referências bibliográficas**. Rio de Janeiro: Gen Atlas, 2021.

LAZZAROTTO, E. **O desempenho da manufatura enxuta. O caso da empresa ognibene nas unidades de Caxias do Sul Brasil e Reggio Emília- Itália**. 2010. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade de Caxias do Sul.

LEITE, D. de J *et al.*. AVALIAÇÃO DOS ATRASOS NAS ENTREGAS DE TORAS DE MADEIRAS PARA UMA EMPRESA DE CELULOSE. **Revista Gestão e Conhecimento**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. e380, 2024. DOI: 10.55908/RGCV18N2-020. Disponível em: <https://ojs.revistagc.com.br/ojs/index.php/rgc/article/view/380>. Acesso em: 24 ago. 2025.

LIKER, J. K.; FRANZ, J. K. **O modelo Toyota de melhoria contínua**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LIKER, J.K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. 543 p.

MALINOVSKI, R. A. et al. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, v.36, n.2, p.166-182, 2006.

MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de pinus na região sul do Brasil**. Curitiba: FUPEF, 1998.

MANSUR, T. G. **Aplicação de mapa de fluxo de valor: estudo de caso em indústria química**. 2021. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2021.

MARCHWINSKY, C.; SHOOK, J. **Léxico Lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2005. 107 p.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à Administração**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2011.

MINETTE, L. J. *et al.* Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 659–665, nov. 2008.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Cengage Learnig, 2ª ed., 2008.

OBEK D. K. II; SMALLEY A. **Understanding A3 thinking**: a critical component of Toyota's PDCA management system. New York: Taylor and Francis Group, 2011.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, R. J. *et al.* Metodologias de previsão de defeitos em estradas florestais e levantamento da malha florestal. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal**, p. 393-409, 2007.

PAPANDREA, P. J. *et al.* Lean manufacturing: redução de desperdícios e a padronização do processo. **Journal of Open Research**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. e4, 2020. Disponível em: <https://journals.stellata.com.br/jor/article/view/4>. Acesso em: 20 jul. 2025.

PETRUSKA, R. **Gemba Walks for Service Excellence**: The Step-by-Step Guide for Identifying. 1ª. Ed. New York: CRC Press, 2012

PRIEBE, Dieni Cristine. Diagrama de Ishikawa: Proposta para identificação de causas de evasão. **Saber Humano: Revista Científica da Faculdade Antonio Meneghetti**, [S. l.], v. 12, n. 20, 2022. DOI: 10.18815/sh.2022v12n20.540. Disponível em: <https://saberhumano.emnuvens.com.br/sh/article/view/540>. Acesso em: 30 jul. 2025.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RIBEIRO, A. de F. Taylorismo, fordismo e toyotismo. **Lutas Sociais**, [S. l.], v. 19, n. 35, p. 65–79, 2015. DOI: 10.23925/ls.v19i35.26678. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/ls/article/view/26678>. Acesso em: 12 jul. 2025.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 4. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Atlas, 2017.

ROCHA, C. E. C. Aplicação da metodologia A3 como suporte de melhoria no chão de fábrica: Estudo de caso. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 05, Ed. 12, Vol. 03, pp. 38-62. Dezembro de 2020. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/metodologia-a3>. Acesso em: 6 jul. 2025.

SAMPAIO, T. B. **Metodologia da pesquisa**. 1 ed. Santa Maria: UFSM, UCB e UAB, 2022.

SCOLFORO, J.R.S. 1993. **Mensuração florestal 5: Crescimento florestal 1**. ESAL; FAEPE, Lavras.

SCORUPSKI, A. J. *et al.*. Produtividade do Processamento Mecanizado da Madeira de Pinus nos Sistemas Full Tree e Cut To Length em Diferentes Volumes Individuais. **Biofix Scientific Journal**, [S. l.], v. 2, p. 06–11, 2017. DOI: 10.5380/biofix.v2i0.56344. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/56344>. Acesso em: 23 fev. 2026.

SILVA, A. L. da *et al.*. Implantação do diagrama de ishikawa no sistema de gestão da qualidade de uma empresa de fabricação termoplástica, para resolução e devolutiva de relatórios de não conformidade enviados pelo cliente. **Gestão em Foco**, Amparo, v.10, n.1, p.387 – 397, 2018. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/08/028_Artigo_Ishikawa.pdf. Acesso em: 30 jul. 2025.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis, 2005.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: Do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SOBEK D. K. II; SMALLEY A. **Understanding A3 thinking: a critical component of Toyota's PDCA management system**. New York: Taylor and Francis Group, 2011.

SOUZA, M. A. de; PIRES, C. B.; SILVEIRA, F. C. Colheita florestal: mensuração e análise dos efeitos das variáveis controláveis e não controláveis no custo das atividades de corte e descasque mecanizado. **RCO – Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 3, n. 2, p. 73 - 99 mai./ago. 2008.

STRAUSS, A.L.; CORBIN, J. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. Trad. de Luciane de Oliveira da Rocha. 2ª ed., Porto Alegre, Artmed, 2015.

TAYLOR, F. W. **Princípios de administração científica**. São Paulo: Atlas, 1987.

TRENTIN, L. Manufatura enxuta: Contribuições para a obtenção da vantagem competitiva. **Revista Espacios**, Caracas, Vol. 38, nº 09, Pág. 6. 2017. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a17v38n09/17380906.html>>. Acesso em: 19 jul. 2025.

VIEIRA, G. C. *et al.* Custos Operacionais e de Produção na Atividade Mecanizada de Corte Florestal. **Nativa**, [S. l.], v. 4, n. 5, p. 342–346, 2016. DOI: 10.31413/nativa.v4i5.3626. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/3626>. Acesso em: 6 jul. 2025.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

WOMACK, J. P. **Caminhadas pelo Gemba – Gemba Walks**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011. 350 p.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, Daniel. **A Máquina que mudou o Mundo**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riquezas. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking**: banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.