



XXXII Congresso Brasileiro de Custos
17, 18 e 19 de novembro de 2025
-Campo Grande / MS -



Gestão de custos e redução de desperdícios: aplicação integrada de VSM, OEE e TPM em indústrias gráficas

Mayara Moretti (UEL) - mayara.moretti@uel.br

João Gabriel Brighent (UTFPR) - mayaretti@gmail.com

Resumo:

Este estudo investigou a aplicação integrada das metodologias Overall Equipment Effectiveness (OEE), Total Productive Maintenance (TPM) e Lean Manufacturing em uma indústria de embalagens de papel, com o objetivo de reduzir desperdícios e aprimorar a gestão de custos. A pesquisa foi conduzida em oito setores e cinquenta máquinas, por meio de estudo de caso com observação direta, análise documental e entrevistas com gestores. Foi desenvolvido um sistema de apontamento automatizado, substituindo registros manuais, capaz de monitorar hora a hora a produção, metas, perdas e indicadores de desempenho. Os resultados apontaram eficiência global média de 72%, com perdas concentradas em quebras de equipamentos, baixa performance operacional e refugos. O impacto financeiro dessas perdas foi estimado em R\$474.760 mensais ($\approx 10\%$ do faturamento), somando custos de manutenção corretiva, paradas não planejadas e não conformidades. Entre as ações recomendadas, destacam-se a adoção estruturada de manutenção preventiva e preditiva, a padronização de operações entre turnos, o uso de gestão visual e indicadores em tempo real, além da integração entre setores para sincronização de ordens e insumos. Conclui-se que a combinação de OEE, TPM e Lean Manufacturing fornece uma base sólida para decisões estratégicas, permitindo não apenas a redução de custos e prazos, mas também maior precisão no custeio e avanço na maturidade da gestão industrial.

Palavras-chave: *Eficiência operacional. Estudo de caso. Sustentabilidade industrial.*

Área temática: *Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos*

Gestão de custos e redução de desperdícios: aplicação integrada de VSM, OEE e TPM em indústrias gráficas

RESUMO

Este estudo investigou a aplicação integrada das metodologias Overall Equipment Effectiveness (OEE), Total Productive Maintenance (TPM) e Lean Manufacturing em uma indústria de embalagens de papel, com o objetivo de reduzir desperdícios e aprimorar a gestão de custos. A pesquisa foi conduzida em oito setores e cinquenta máquinas, por meio de estudo de caso com observação direta, análise documental e entrevistas com gestores. Foi desenvolvido um sistema de apontamento automatizado, substituindo registros manuais, capaz de monitorar hora a hora a produção, metas, perdas e indicadores de desempenho. Os resultados apontaram eficiência global média de 72%, com perdas concentradas em quebras de equipamentos, baixa performance operacional e refugos. O impacto financeiro dessas perdas foi estimado em R\$474.760 mensais ($\approx 10\%$ do faturamento), somando custos de manutenção corretiva, paradas não planejadas e não conformidades. Entre as ações recomendadas, destacam-se a adoção estruturada de manutenção preventiva e preditiva, a padronização de operações entre turnos, o uso de gestão visual e indicadores em tempo real, além da integração entre setores para sincronização de ordens e insumos. Conclui-se que a combinação de OEE, TPM e Lean Manufacturing fornece uma base sólida para decisões estratégicas, permitindo não apenas a redução de custos e prazos, mas também maior precisão no custeio e avanço na maturidade da gestão industrial.

Palavras-chave: Eficiência operacional. Estudo de caso. Sustentabilidade industrial.

Área Temática: Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos.

1 INTRODUÇÃO

A indústria gráfica de transformação, sobretudo em empresas de pequeno e médio porte que operam sob demanda, enfrenta desafios significativos no que se refere à acurácia do custo. A alta personalização dos pedidos, a ausência de sistemas integrados de Enterprise Resource Planning (ERP) e a oscilação nos volumes de produção comprometem a precisão dos custos projetados. Nessas condições, variáveis operacionais como tempo improdutivo entre pedidos, ajustes técnicos e retrabalhos assumem grande relevância na composição dos custos, especialmente em pequenas tiragens. Quando ignoradas, essas variáveis tornam o custo projetado inconsistente com o custo real apurado, impactando diretamente a margem de contribuição e podendo inviabilizar economicamente determinados pedidos, mesmo quando aceitos comercialmente.

Dentre as indústrias de transformação, o setor de embalagens, desempenha papel relevante em diversos segmentos da economia, sendo responsável pela preservação, transporte e comercialização de diversos produtos. No Brasil, esse segmento industrial movimentou aproximadamente R\$120 bilhões em 2022, representando cerca de 2,5% do PIB nacional (ABRE, 2023). Entre os diversos materiais, o papel e o papelão se destacam por sua sustentabilidade e ampla aceitação no mercado. Contudo, a gestão de custos continua sendo um fator crítico

de competitividade, uma vez que desperdícios de matéria-prima, tempo e processos ineficientes impactam diretamente a rentabilidade das empresas (Souza e Carvalho, 2021).

Nesse contexto, metodologias derivadas do Lean Manufacturing, como o Value Stream Mapping (VSM), têm sido aplicadas para identificar gargalos e eliminar atividades que não agregam valor. O VSM permite uma visão sistêmica dos fluxos de informação e de materiais, orientando melhorias tanto nos processos administrativos quanto nos produtivos. Estudos aplicados, como o de Oliveira (2022), evidenciam que a adoção dessa metodologia pode reduzir em até 30% o tempo de processamento de pedidos, eliminando gargalos operacionais. De forma complementar, a implementação de sistemas ERP, como analisado por Prock (2021), pode contribuir para isolar custos, controlar estoques e aumentar a confiabilidade da informação gerencial.

Entretanto, apenas a visão sistêmica não é suficiente para capturar a totalidade das perdas operacionais. Nesse sentido, ferramentas como o Overall Equipment Effectiveness (OEE) tornam-se essenciais para medir de forma integrada a disponibilidade, a performance e a qualidade da produção. O OEE, ao quantificar as ineficiências hora a hora, possibilita identificar perdas ocultas e avaliar seu impacto financeiro sobre a operação. Integrado ao conceito de Total Productive Maintenance (TPM), que enfatiza a participação ativa dos operadores na manutenção preventiva e na melhoria contínua, o OEE constitui-se em instrumento estratégico para aproximar indicadores de eficiência operacional da gestão de custos.

Diante dos desafios enfrentados pela indústria gráfica de transformação, sobretudo em empresas de pequeno e médio porte do setor de embalagens que operam sob demanda, emerge a seguinte questão de pesquisa: de que maneira a aplicação integrada de metodologias de gestão da produção, como o Value Stream Mapping (VSM), o Overall Equipment Effectiveness (OEE) e o Total Productive Maintenance (TPM), aliada à implementação de sistemas de Enterprise Resource Planning (ERP), podem contribuir para a eficiência operacional e gestão de custos?

O objetivo central da investigação consiste em analisar como a utilização combinada do VSM, do OEE e da TPM, em conjunto com a adoção de sistemas ERP, pode favorecer a melhoria da confiabilidade na gestão de custos em indústrias gráficas de pequeno e médio porte, de modo a assegurar uma formação de custos mais precisa e alinhada à realidade operacional. Para alcançar esse propósito mais amplo, torna-se necessário compreender, em primeiro lugar, quais são os fatores que comprometem a acurácia do custeio em ambientes de produção sob demanda, como tempos improdutivos entre pedidos, ajustes técnicos frequentes e retrabalhos recorrentes. Também se busca avaliar de que forma o VSM pode mapear gargalos e eliminar atividades que não agregam valor, oferecendo maior visibilidade dos fluxos produtivos e administrativos. Na sequência, a ênfase recai sobre a aplicação do OEE como instrumento para mensurar perdas relacionadas à disponibilidade, à performance e à qualidade, traduzindo ineficiências em impactos financeiros concretos sobre a operação. Essa análise se articula ainda à integração do OEE com a filosofia do TPM, que promove a manutenção preventiva e o engajamento dos operadores, elevando a confiabilidade dos processos produtivos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura tem por objetivo apresentar os principais conceitos, metodologias e estudos aplicados relacionados à gestão de custos e eficiência

operacional em processos produtivos. Neste trabalho, são destacadas três ferramentas fundamentais: o Value Stream Mapping (VSM), o Overall Equipment Effectiveness (OEE) e a Total Productive Maintenance (TPM), que, de forma integrada, oferecem suporte à redução de desperdícios e ao aumento da produtividade.

2.1 Value Stream Mapping

O Value Stream Mapping (VSM) é uma ferramenta do Lean Manufacturing utilizada para mapear e analisar o fluxo de valor de um processo produtivo, com foco na identificação de atividades que agregam valor e desperdícios ao longo da cadeia. Diferente de métricas tradicionais, o VSM não se baseia em equações matemáticas fixas, mas em um conjunto estruturado de etapas que permitem visualizar o fluxo completo de materiais e informações (Rother & Shook, 2003).

Entre as métricas derivadas do VSM, destaca-se o Lead Time (LT), que corresponde ao tempo total necessário para que um produto percorra todas as fases do processo, desde a entrada da matéria-prima até a entrega ao cliente. Slack et al. (2021) apontam que esse tempo pode ser decomposto em etapas de processamento, espera, transporte e inspeção, sendo o cálculo expresso pela equação (1):

$$\text{LeadTime} = \Sigma (\text{Espera} + \text{Processamento} + \text{Transporte} + \text{Inspeção}) \quad (1)$$

Para Ohno (1988), a redução do Lead Time é essencial para a criação de fluxos produtivos contínuos, com menores estoques intermediários e maior capacidade de resposta às demandas do mercado. Assim, o VSM permite tanto uma avaliação quantitativa dos tempos envolvidos quanto uma análise qualitativa das fontes de ineficiência, servindo de guia para a formulação de propostas de melhoria.

Além disso, estudos recentes indicam que a digitalização e a Indústria 4.0 ampliam o potencial do Value Stream Mapping, uma vez que sensores IoT e sistemas de coleta automática de dados aumentam a precisão do mapeamento e reduzem falhas de registro manual (Tortorella et al., 2021). De forma semelhante, o conceito de Digital VSM incorpora softwares de monitoramento em tempo real e simulações digitais para identificar gargalos dinâmicos e apoiar decisões gerenciais (Powell et al., 2018). Complementarmente, a integração do VSM a plataformas de Business Intelligence permite análises rápidas por meio de dashboards digitais, fortalecendo o suporte à tomada de decisão e a modernização da gestão industrial (Garcia et al., 2022).

2.2 Overall Equipment Effectiveness

O Overall Equipment Effectiveness (OEE) é um indicador amplamente utilizado para medir a eficácia global dos equipamentos industriais, integrando três dimensões: disponibilidade, performance e qualidade, onde cada um dos fatores é calculada separadamente. Para o cálculo do indicador é utilizado a equação (2):

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \quad (2)$$

A disponibilidade, é medida pelo tempo produtivo em relação ao tempo total disponível, conforme a equação (3):

$$\text{Disponibilidade (\%)} = (\text{Tempo Total-Paradas})/(\text{Tempo Total}) \times 100 \quad (3)$$

O desempenho, é avaliado a eficiência da máquina comparando a velocidade real com a capacidade nominal, dado a equação (4):

$$\text{Desempenho (\%)} = \text{Peças Produzidas} \times \text{Tempo de Ciclo Ideal} / (\text{Tempo Produtivo}) \times 100 \quad (4)$$

E por fim, a qualidade, que mensura a taxa de produtos conformes em relação ao total produzido, por meio da equação (5):

$$\text{Qualidade (\%)} = (\text{Peças boas})/(\text{Total de peças produzidas}) \times 100 \quad (5)$$

Desenvolvido no contexto da TPM, o OEE traduz em um único valor o quanto do tempo disponível é convertido em produção efetiva e de qualidade (Nakajima, 1988). Segundo Hansen (2001), sua principal contribuição está na simplicidade e objetividade, permitindo que gestores identifiquem rapidamente perdas significativas e orientem esforços para melhorias. Já Muchiri e Pintelon (2008) defendem que o OEE deve ser compreendido como um sistema de gestão, estruturando a coleta de dados e transformando-os em informações estratégicas para a melhoria contínua.

No campo prático, Jain, Bhatti e Singh (2017) destacam que organizações de classe mundial alcançam valores de OEE superiores a 85%, embora tais níveis sejam de difícil obtenção em indústrias caracterizadas por alta variabilidade. Mais relevante, portanto, é analisar a evolução do indicador e identificar padrões de desvios que possam ser corrigidos.

Com a evolução tecnológica, o OEE também passou a ser integrado a sistemas digitais e soluções de Indústria 4.0. Marques, Silva e Oliveira (2022) evidenciam que sua incorporação em plataformas ERP e Business Intelligence permite o monitoramento em tempo real, enquanto Santos, Lima e Rocha (2023) destacam o uso de inteligência artificial na manutenção preditiva, o que reduz falhas e otimiza custos operacionais.

2.3 Total Productive Maintenance

A Total Productive Maintenance (TPM) surgiu no Japão na década de 1970 com o propósito de maximizar a eficiência dos equipamentos produtivos por meio da manutenção preventiva, da eliminação de perdas e da melhoria contínua. Ahuja e Khamba (2008) descrevem a TPM como uma filosofia de gestão que envolve toda a força de trabalho em práticas de manutenção autônoma e planejada. Sua integração com o OEE é natural, já que o indicador foi concebido como métrica para mensurar seus resultados.

Nakajima (1988) apresenta oito pilares que sustentam a TPM, incluindo manutenção planejada, melhoria específica, treinamento, segurança e meio ambiente, qualidade na manutenção e eficiência administrativa. Esses pilares são voltados para eliminar as seis grandes perdas industriais: falhas de equipamentos, tempos de setup e ajustes, paradas e ociosidades, redução da velocidade de operação, defeitos de processo e desperdícios por retrabalho ou descarte.

Na prática, a TPM busca criar uma cultura de corresponsabilidade, na qual operadores e equipes de manutenção trabalham em conjunto para prevenir falhas e melhorar o desempenho das máquinas. Estudos como o de Tatar e Ingaldi (2022) reforçam a relevância da digitalização no processo, evidenciando que, embora o nível

de adoção de tecnologias avançadas ainda seja baixo em pequenas e médias empresas, soluções digitais podem acelerar a integração entre manutenção, monitoramento e gestão de custos.

2.4 Estudos correlatos

Diversos estudos têm explorado a integração de ferramentas voltadas à gestão de custos e à eficiência operacional em diferentes setores industriais. Oliveira (2022), por exemplo, investigou a aplicação do Lean Manufacturing em um centro de distribuição, demonstrando que a adoção dessa filosofia permitiu reduzir em até 30% o tempo de processamento dos pedidos, além de eliminar gargalos operacionais. O estudo reforça que, ao atacar desperdícios de tempo e movimentação, o Lean gera impactos diretos na eficiência e nos custos operacionais, servindo como base para a adaptação dessas práticas em diferentes contextos.

Complementarmente, Prock (2021) analisou a implementação de um sistema Enterprise Resource Planning (ERP) em uma indústria têxtil. A pesquisa evidenciou ganhos significativos na precisão dos custos e no controle de estoques, mostrando que a integração sistêmica favorece maior confiabilidade das informações de gestão. Esse estudo destaca a importância de alinhar processos produtivos e administrativos por meio da digitalização, algo essencial em setores onde a complexidade operacional compromete a acurácia do custeio.

Silva (2020) trouxe outra dimensão ao tema ao explorar o papel da inteligência artificial na gestão de custos. Sua análise evidenciou que ferramentas de IA possibilitam prever a demanda com maior precisão e identificar ineficiências produtivas ocultas, fornecendo subsídios relevantes à tomada de decisão. Esse estudo demonstra como o avanço tecnológico se conecta diretamente à redução de desperdícios e à melhoria da competitividade empresarial, destacando a necessidade de incorporar soluções digitais no processo produtivo.

No campo dos indicadores de desempenho, Haddad et al. (2021) propuseram a aplicação da metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED) em uma linha de extrusão de alumínio de uma empresa palestina, técnica derivada do Lean Manufacturing que tem como objetivo reduzir o tempo de setup necessário para menos de dez minutos, permitindo maior flexibilidade produtiva, redução de perdas e aumento da eficiência operacional. O estudo mostrou que a reorganização de etapas internas para externas, associada a melhorias como guindaste adicional e máquina automatizada de polimento, reduziu o tempo médio de setup de 8,99 para 3,88 minutos. Essa intervenção aumentou a disponibilidade dos equipamentos de 90,5% para 95,36% e elevou o OEE em 3,26 pontos percentuais. Tais resultados demonstram, de forma prática, como a gestão de tempo improdutivo impacta diretamente os custos e a eficiência global.

Rodrigues e Silva (2019) realizaram uma investigação em uma indústria de alimentos de pequeno porte. Por meio da aplicação dos princípios do Lean Manufacturing, os autores identificaram gargalos no fluxo produtivo, eliminaram atividades que não agregavam valor e reduziram movimentações desnecessárias. A adoção de ferramentas como o Value Stream Mapping, a análise de tempos e movimentos e o programa 5S resultou na redução do lead time e no aumento da produtividade. O estudo evidenciou que práticas enxutas podem ser adaptadas com sucesso a empresas de menor porte, ampliando sua competitividade e sustentabilidade econômica.

Marques et al. (2022) destacam que a integração do OEE a sistemas ERP e plataformas de Business Intelligence amplia a capacidade analítica, permitindo

monitoramento em tempo real e fortalecendo a tomada de decisão orientada a dados. Percebe-se ainda, que essa percepção não vem apenas da atualidade da IA, pois há mais de uma década, Muchiri e Pintelon (2008) apontam que o OEE, quando aliado a sistemas integrados de informação, torna-se uma ferramenta poderosa para decisões mais rápidas e fundamentadas, reforçando seu papel como elo entre o chão de fábrica e a gestão estratégica. Todavia, a incorporação crescente da inteligência artificial em práticas de manutenção preditiva, demonstrando que a integração entre IA e OEE contribui para reduzir falhas, aumentar a previsibilidade e otimizar custos. Nesse sentido, fica evidente que a evolução digital amplia o alcance dos indicadores tradicionais, posicionando-os como instrumentos estratégicos para a competitividade (Santos et al., 2023).

Outro aspecto importante é a relação entre essas práticas e a filosofia TPM. Nakajima (1988) já havia apontado que a TPM vai além da simples manutenção de máquinas, constituindo um sistema abrangente de melhoria contínua que integra qualidade, segurança e redução de custos. Hansen (2001) reforça que o OEE, originado nesse contexto, sintetiza em um único valor a eficácia global dos equipamentos, funcionando como métrica clara e objetiva para direcionar esforços de melhoria.

Em síntese, embora desenvolvidos em setores distintos, como distribuição, têxtil, alimentos e metalurgia, os estudos analisados convergem para uma mesma constatação: a eficiência operacional e a gestão de custos estão intrinsecamente ligadas à eliminação de desperdícios, à integração tecnológica e ao uso de indicadores robustos como o OEE.

3 METODOLOGIA UTILIZADA

A presente pesquisa foi conduzida por meio de um estudo de caso aplicado em uma indústria de embalagens de papel localizada no estado do Paraná, com mais de 20 anos de atuação no mercado, especializada na produção de potes, copos e caixas de pizza em papel e papelão. A empresa opera sob o regime tributário do lucro real, mas enfrenta dificuldades na apuração de custos, o que tem comprometido o atendimento ao Bloco K, uma obrigação acessória do Sistema Público de Escrituração Digital (SPED). Tais fatores reforçam a relevância da investigação, visto que a gestão de custos e processos produtivos impacta diretamente tanto a lucratividade quanto a conformidade tributária da organização.

O estudo caracteriza-se como um estudo de caso, método adequado para investigações que buscam compreender fenômenos dentro de seu contexto real, sobretudo quando os limites entre fenômeno e contexto não estão claramente definidos (Yin, 2015). Neste caso, a escolha dessa tipologia permitiu analisar de forma aprofundada as práticas de gestão de custos e minimização de desperdícios em uma empresa específica, revelando seus desafios e oportunidades de melhoria.

Adotou-se uma abordagem qualitativa, adequada para interpretar e compreender os processos internos da organização. Foram utilizadas técnicas de análise documental e entrevistas, complementadas por observações diretas no ambiente fabril. Ainda que dados quantitativos tenham sido mobilizados para mensurar o impacto de desperdícios e aferir indicadores financeiros e operacionais, o estudo não se caracteriza como uma pesquisa puramente quantitativa, mas sim como um estudo qualitativo com apoio de evidências numéricas (Creswell, 2013).

A coleta de dados foi realizada em três etapas: análise documental, observações diretas e entrevistas semiestruturadas. As fontes documentais incluíram

relatórios financeiros (Balanço Patrimonial, Demonstração do Resultado do Exercício e Fluxo de Caixa), demonstrativos de custos (planilhas internas por produto, relatórios por centro de trabalho e apuração de custos diretos e indiretos), registros de produção (ordens de produção, relatórios de eficiência de máquinas, registros de paradas, fichas de manutenção e controles de retrabalho) e indicadores operacionais (disponibilidade, desempenho e qualidade que compõem o OEE).

A observação direta foi realizada em oito visitas ao chão de fábrica, totalizando 48 horas de acompanhamento distribuídas entre os dois turnos de operação. Nesse período, foram monitorados tempos de ciclo, paradas de máquina, interações entre operadores e fluxo de materiais ao longo do processo. Essa etapa possibilitou identificar gargalos, padrões de desperdício e oportunidades de melhoria nos processos produtivos, conforme recomenda Yin (2015) em estudos de caso.

As entrevistas semiestruturadas foram conduzidas com o gerente de produção e manutenção, profissional com 15 anos de experiência no setor. As questões abordaram temas como percepção sobre gargalos operacionais, práticas de manutenção, gestão de custos e oportunidades de melhoria. O formato semiestruturado permitiu ao pesquisador combinar a padronização das perguntas com a flexibilidade para explorar percepções e interpretações do entrevistado, conforme defendido por Gil (2019). A Tabela 1 apresenta o roteiro de questões utilizado, elaborado a partir de estudos similares na área.

Tabela 1.

Entrevista realizada

Questão norteadora	Base teórica
Como o(a) senhor(a) avalia o nível de eficiência atual dos processos produtivos da empresa?	Silva et al. (2021): “Quais os principais fatores que impactam a eficiência das máquinas?”
Quais são, na sua visão, os principais fatores que contribuem para perdas ou desperdícios no processo?	Costa et al. (2019): “Onde estão os principais gargalos percebidos no processo?”
Existe alguma rotina ou prática formal de medição da eficiência das máquinas ou dos operadores?	Silva et al. (2021): “Como os dados de desempenho são utilizados na tomada de decisão?”
O que costuma causar as paradas não planejadas nas operações?	Rodrigues (2020): “Quais os principais motivos das falhas operacionais?”
Há um plano de manutenção preventiva estruturado?	Rodrigues (2020): “A empresa possui um plano formal de manutenção preventiva?”
Com base nas mudanças iniciadas recentemente, quais benefícios práticos já foram percebidos?	Costa et al. (2019): “O que foi feito para melhorar os tempos de ciclo?”

Fonte: Adaptado de Costa et al. (2019); Rodrigues (2020); Silva et al. (2021).

Além das entrevistas e observações, aplicou-se o método dos 5 Porquês (5 Whys) como ferramenta complementar de análise. Essa técnica consiste em questionar repetidamente “por quê?” diante de um problema observado, até que sua causa raiz seja identificada (Ohno, 1988). O método foi aplicado em situações específicas de paradas de máquina e retrabalho, permitindo compreender de forma estruturada os fatores que levam às falhas operacionais.

A Figura 1, demonstra a aplicação da identificação de um retrabalho recorrente em determinado equipamento, onde foram levantados sucessivos porquês:

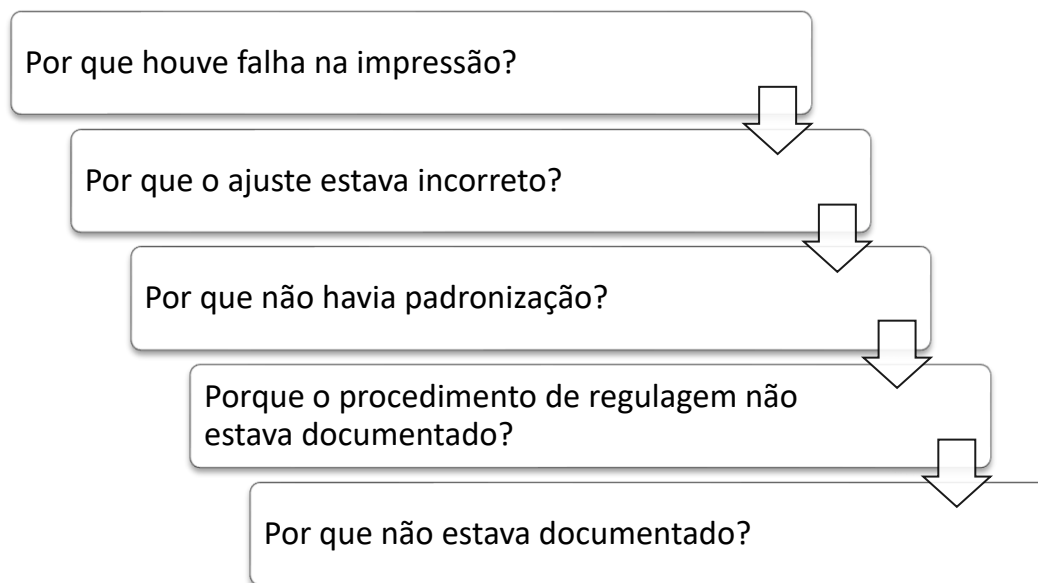


Figura 1. Aplicação dos 5 pôrques

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2025)

A aplicação desta ferramenta auxiliou a identificar que muitas perdas não decorriam apenas de falhas técnicas, mas de lacunas organizacionais e de gestão, fornecendo subsídios para as recomendações do estudo.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A presente seção tem como objetivo apresentar e analisar os resultados obtidos a partir da aplicação da OEE, TPM e VSM, considerando ainda a observação direta dos processos produtivos e administrativos, análise documental e questionário online direcionado a outras empresas. Por meio desses levantamentos, foram destacados os principais gargalos operacionais, com as devidas propostas de otimização da gestão de custos e redução de desperdícios.

4.1 Análise da OEE

A análise do OEE foi crucial para medir a eficiência global dos equipamentos da empresa, levando em consideração os fatores de disponibilidade, desempenho e qualidade. A partir dos cálculos realizados, foi possível observar uma melhoria significativa nos índices de disponibilidade e desempenho, com uma redução de paradas não planejadas e um aumento na capacidade produtiva. A Indústria do estudo de caso, opera em dois turnos e foi analisado a média da operação no período de uma semana. O primeiro turno se inicia às 5h30 da manhã, com pausa de 1h para almoço e saída às 15h18, enquanto o segundo turno inicia-se às 7h30, sai às 17h18 e possui a mesma duração de intervalo de almoço. A eq. 6, representa os dados obtidos do primeiro turno:

$$OEE = 52,35\% \times 70,41 \times 100 = 36,86\%$$

(6)

No Turno A, a disponibilidade das máquinas foi de apenas 52,35%, com um alto tempo de inatividade devido a quebras e paradas operacionais, conforme representado pela Figura 2:

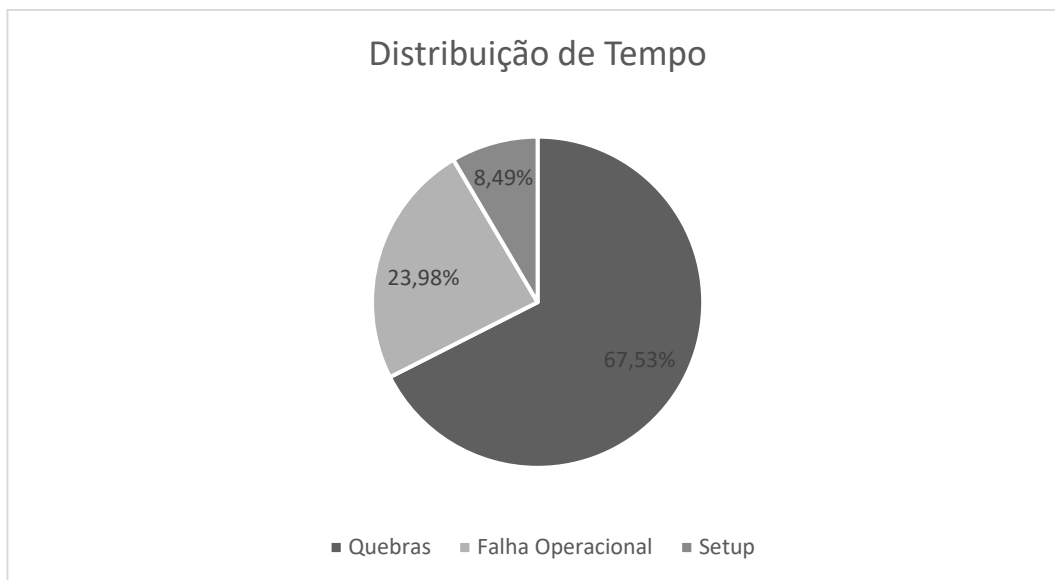


Figura 2. Disponibilidade do Turno A

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Em contrapartida, o desempenho foi relativamente alto, atingindo 70,41%, o que sugere que, quando as máquinas estavam em funcionamento, operavam em um ritmo mais próximo do ideal.

Já no Turno B, a disponibilidade foi significativamente maior, atingindo 92,50%, mas o desempenho caiu para 37,61%, conforme a eq. 7:

$$OEE = 92,5\% \times 37,61 \times 100 = 34,79\% \quad (7)$$

Isso indica que, embora as máquinas tenham ficado disponíveis por mais tempo, sua produtividade foi menor, possivelmente devido a tempos de ciclo elevados ou à subutilização da capacidade produtiva. Esse cenário é semelhante ao identificado por Silva et al. (2021), que observaram baixos índices de OEE em turnos operados por equipes menos experientes, ressaltando a importância da capacitação contínua como fator-chave para o desempenho. Da mesma forma, o estudo de Haddad et al. (2021) destacou que empresas com alta disponibilidade, mas baixa performance, geralmente enfrentam dificuldades na padronização dos processos e na alimentação das linhas de produção.

Ambos os trabalhos corroboram os achados deste estudo, reforçando que a eficiência dos equipamentos depende não apenas da disponibilidade das máquinas, mas também do fator humano e da gestão dos tempos de operação. Além disso, Rodrigues (2020) argumenta que a integração entre TPM e OEE permite diagnosticar essas falhas com mais precisão e propor ações de melhoria específicas por turno ou por linha de produção.

A Figura 3, representa a distribuição de tempo do Turno B:

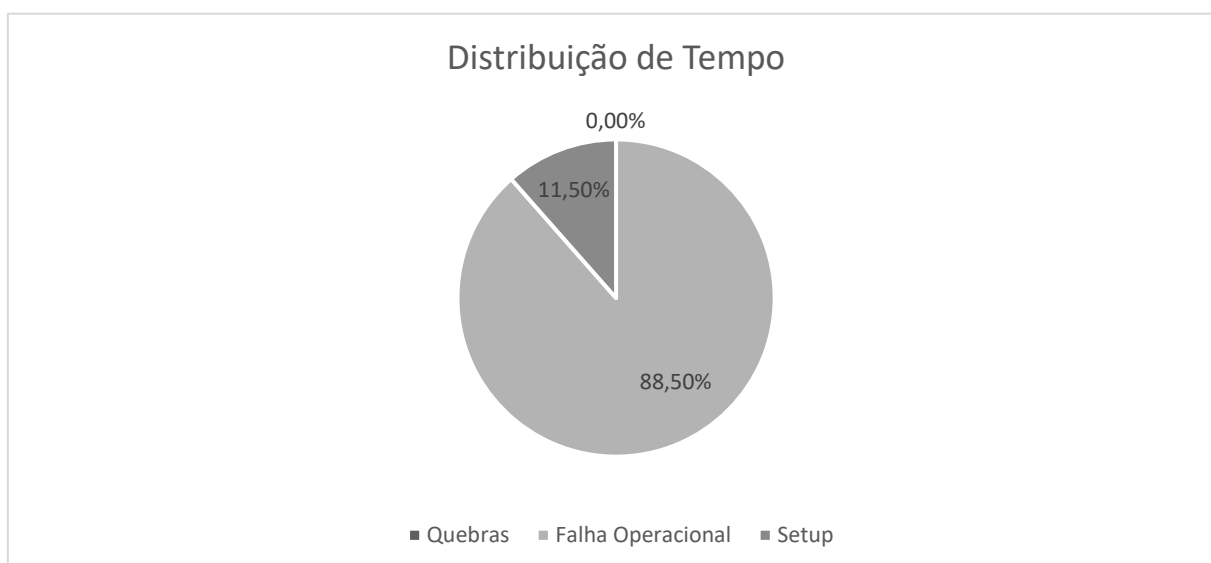


Figura 3. Disponibilidade do Turno B

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Ambos os turnos registraram uma qualidade de 100%, demonstrando que os produtos produzidos estavam dentro dos padrões de conformidade. Na análise da produção total, o Turno A produziu 10.052 unidades, enquanto o Turno B fabricou 8.612 unidades, ambos bem abaixo da expectativa (25.920 e 23.040 unidades, respectivamente).

Haddad et al. (2021), destacam a importância do OEE para a identificação de perdas operacionais e para o aumento da eficiência dos processos produtivos. Esses resultados indicam que a empresa deve focar em reduzir as falhas mecânicas no Turno A, melhorar a manutenção preditiva (TPM), e otimizar a velocidade operacional no Turno B, buscando reduzir os tempos de ciclo e aumentar a eficiência produtiva (Lean Manufacturing e VSM). Foi levantado com os gestores da área, que o Turno B, opera em velocidade reduzida dado a falta de colaboradores mais experientes e capacitados para operação da máquina.

Os gráficos do OEE apresentados a seguir ilustram essas melhorias, com a evolução da disponibilidade dos equipamentos ao longo do período de análise. Além disso, os dados encontrados indicam que a implementação de estratégias de manutenção preventiva e treinamento operacional contribuiu para a redução de falhas inesperadas, alinhando-se aos princípios do TPM.

Para a análise dos turnos, foi mensurado a OEE a cada 1 hora completa de trabalho, conforme a Tabela 2. A mensuração por hora, teve como intuito identificar as variações operacionais ao longo do expediente e compreender em que momentos ocorrem as maiores perdas de eficiências.

A segmentação da análise por hora permite observar padrões específicos de disponibilidade, desempenho e qualidade ao longo do tempo, sendo uma prática recomendada por estudos como os de Haddad et al. (2021) e Silva et al. (2021), que apontam essa metodologia como eficaz para direcionar ações de melhoria pontuais e promover o balanceamento operacional.

Tabela 2

OEE por hora

Horário	Eficiência Energética Total (%)	Disponibilidade (%)	Desempenho (%)	Qualidade (%)
6h30	29,17	52,35	55,73	100
7h30	34,17	52,35	65,29	100
8h30	41,67	52,35	79,63	100
9h30	34,17	52,35	65,29	100
10h30	42,5	52,35	81,23	100
11h30	54,17	52,35	103,5	100
12h30	39,17	52,35	74,87	100
13h30	61,67	92,5	66,67	100
14h30	45,83	92,5	49,58	100
15h30	31,67	92,5	34,25	100
16h30	19,17	92,5	20,73	100
17h30	34,17	92,5	36,95	100

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Durante a primeira parte do dia, a disponibilidade manteve-se constante em 52,35%, enquanto o desempenho variou significativamente. No início da manhã, entre 06h30 e 09h30, o OEE oscilou entre 29,17% e 34,17%, refletindo um desempenho abaixo do ideal. A partir das 10h30, houve um crescimento no OEE, atingindo 54,17% às 11h30, o que pode indicar um período de maior produtividade antes da pausa para o almoço. O desempenho nesse local atingiu 103,5%, indicando um ritmo acelerado de produção, possivelmente devido à compensação de períodos anteriores com menor eficiência.

Após a troca de turno, observa-se uma mudança significativa nos padrões operacionais. A disponibilidade aumentou para 92,5%, diminuindo menor tempo de máquina parada e maior tempo produtivo disponível. No entanto, o desempenho caiu progressivamente, de 66,67% às 13h30 para apenas 20,73% às 16h30, que é realmente quando ocorre a troca de colaboradores, resultando em uma queda drástica na OEE, que chegou a apenas 19,17%.

Essa redução sugere que, apesar da maior disponibilidade, as máquinas não estavam produzindo em sua capacidade total. Fatores como fadiga operacional, ajustes de máquina, baixa eficiência na alimentação da linha de produção e gargalos no fluxo produtivo podem ter contribuído para essa queda. Segundo Moura et al. (2020) períodos de alta disponibilidade acompanhados por baixo desempenho costuma estar associados à falta de padronização operacional entre turnos, à redução da cadência de trabalho em horários específicos e à menor qualificação técnica da equipe. Da mesma forma, Tatara e Ingaldia (2022) observaram que a ausência de indicadores visuais em tempo real e o distanciamento entre a supervisão e o chão de fábrica contribuem para a subutilização da capacidade produtiva, mesmo com as máquinas em funcionamento.

4.2 Análise da TPM

Com base nos dados obtidos junto à empresa estudada, observou-se que os custos relacionados à manutenção corretiva de equipamentos alcançam, em média, R\$60.000 mensais. Esse valor decorre da ausência de um plano estruturado de

manutenção preventiva, o que acarreta falhas recorrentes nos equipamentos e, por consequência, paradas não programadas na produção. Estudos da literatura indicam que a adoção de programas de manutenção preventiva e preditiva pode reduzir esses custos entre 25% e 45% (Nakajima, 1988; Tataru e Ingaldia, 2022).

Considerando o custo médio mensal de manutenção corretiva de R\$ 60.000, a adoção de um programa estruturado de manutenção preventiva, segundo Nakajima (1988) e Tataru & Ingaldia (2022), poderia reduzir esse valor entre 25% (R\$ 15.000/mês) e 45% (R\$ 27.000/mês), conforme apresentado pela Tabela 3:

Tabela 3.

Economia relacionada a manutenção preventiva

	Nível de Redução	Economia Mensal	Economia Anual
25%	R\$15.000,00	R\$180.000,00	
45%	R\$27.000,00	R\$324.000,00	

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2025)

Além dos custos diretos com manutenção, as paradas de máquina impactam significativamente os custos com mão de obra. Considerando um custo mensal de R\$460.000 com mão de obra direta e uma jornada operacional de 21 dias úteis, em dois turnos de 8 horas diárias, estima-se um custo aproximado de R\$1.369 por hora parada. Assim, uma única parada de 4 horas dentro do período representa um custo de R\$5.476 apenas em ociosidade da equipe, sem contabilizar perdas de produtividade. Em um cenário com dez paradas mensais, realidade da organização hoje, o prejuízo totaliza aproximadamente R\$54.760 por mês.

Outro aspecto crítico identificado na empresa é o elevado índice de não conformidades na produção, que gira em torno de 8% do volume mensal. Considerando o faturamento mensal de R\$4,5 milhões, essas perdas representam um impacto financeiro de R\$360.000 mensais, o que equivale a produtos que necessitam de retrabalho, descarte ou causam insatisfação nos clientes. A Tabela 4 apresenta de forma detalhada a estimativa do impacto financeiro mensal gerado pelas perdas operacionais identificadas na empresa, incluindo os custos com manutenção corretiva, paradas de máquina e não conformidades na produção:

Tabela 4.

Impacto financeiro mensal

Categoria	Valor R\$
Manutenção corretiva	R\$60.000,00
Paradas de máquinas	R\$54.760,00
Não conformidades na produção	R\$360.000,00
Total	R\$474.760,00

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Dessa forma, ao somar os custos com manutenção corretiva, perdas por paradas e não conformidades, o impacto financeiro estimado é de R\$474.760 por mês, o que corresponde a aproximadamente R\$ 5,7 milhões por ano. Esses valores evidenciam o potencial de ganhos financeiros associados à implementação estruturada da metodologia TPM. Além do prejuízo direto, tais perdas comprometem significativamente a competitividade da empresa no mercado, uma vez que consomem mais de 10% do seu faturamento mensal, reduzindo a margem operacional e drenando o caixa disponível. Esse cenário limita a capacidade da organização de

praticar preços mais atrativos, reinvestir em inovação ou expandir sua atuação, tornando-a mais vulnerável frente à concorrência, especialmente em um setor onde a eficiência produtiva é um diferencial estratégico.

4.3 Análise da VSM

A aplicação da metodologia proposta nesta subseção permitiu compreender de forma integrada os fluxos de valor que compõem o processo produtivo, desde a solicitação da matéria-prima até a entrega final ao cliente. A análise revelou que o processo se inicia com a aquisição de matéria-prima, cuja entrega ocorre, em média, dez dias após a solicitação de compra. Embora esse tempo não seja incomum no setor, ele representa um desperdício de natureza logística segundo os princípios do Lean Manufacturing, uma vez que não agrega valor direto ao produto.

A ausência de planejamento de estoques mínimos de segurança potencializa esse impacto, atrasando o início efetivo da produção e comprometendo o cumprimento de prazos de entrega ao cliente. A esse tempo soma-se o fluxo da pré-impressão, responsável por desenvolver, ajustar ou validar as artes gráficas que serão utilizadas nos produtos. Essa etapa apresentou um tempo médio de execução de dezenove horas, sendo a maior parcela atribuída à espera pela aprovação do cliente, que, em muitos casos, ultrapassa doze horas.

Além disso, foram identificadas falhas recorrentes na qualidade dos arquivos enviados por clientes, como formatos inadequados ou ausência de conversão de texto em curvas, o que resulta em retrabalhos e novos ciclos de validação. Esses fatores, associados à inexistência de um acordo formal de prazos para aprovação, configuram desperdícios de tempo e retrabalho, impactando negativamente o fluxo produtivo subsequente.

Após a etapa de pré-impressão e a confirmação da chegada dos insumos, o fluxo avança para o processo produtivo propriamente dito, que engloba as fases de corte da matéria-prima, impressão, montagem ou colagem, inspeção de qualidade, embalagem e expedição. Estas atividades somam aproximadamente oito horas, sendo que as três primeiras são consideradas agregadoras de valor. As demais, embora necessárias, são classificadas como atividades de suporte. A ausência de um sistema de integração entre os setores administrativos e produtivos, bem como de indicadores em tempo real sobre a disponibilidade de arte e material, contribui para paradas de máquina e reprogramações frequentes, aspectos que também impactaram negativamente os indicadores de desempenho identificados na análise da OEE.

Assim, o mapeamento do fluxo de valor possibilitou quantificar o Lead Time total em aproximadamente onze dias úteis, considerando o tempo de espera pela matéria-prima, o processamento da arte e a execução do processo fabril. Embora a etapa de produção apresente capacidade de agregar valor em curto prazo, ela é fortemente condicionada à eficiência dos fluxos anteriores, o que reforça a importância de uma abordagem sistêmica e integrada na gestão de operações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa permitiu compreender, por meio de um estudo de caso, como práticas integradas de gestão de custos e redução de desperdícios podem contribuir para o desempenho produtivo de uma indústria de embalagens de papel. Dessa forma, o estudo alcançou seu objetivo geral ao analisar estratégias de controle de custos e eliminação de desperdícios. Foi possível observar que a eficiência

operacional está diretamente relacionada à organização dos fluxos internos, à padronização dos processos e à capacidade da empresa de prevenir falhas ao longo da cadeia produtiva.

A utilização de métricas consolidadas como OEE, TPM e VSM mostrou-se essencial para diagnosticar falhas, quantificar perdas e estruturar um plano de ação orientado por dados, contribuindo para que a empresa estudada iniciasse um processo de transformação com foco na reversão do prejuízo financeiro e na otimização de sua eficiência operacional. Também foram contemplados os objetivos específicos, com destaque para a identificação de gargalos, o levantamento do impacto financeiro das perdas e a proposição de um modelo prático aplicável em contextos similares.

Como limitação do estudo, destaca-se que as melhorias propostas ainda estão em fase de implementação pela empresa analisada, o que inviabilizou a avaliação completa dos resultados ao longo do período de elaboração deste trabalho. Nesse sentido, futuras análises poderão complementar os achados aqui apresentados com base em dados longitudinais pós-implantação.

REFERÊNCIAS

ABRE – Associação Brasileira de Embalagem. Panorama do setor de embalagens. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.abre.org.br>. Acesso em: 02 mar. 2025.

CANAUAH APAZA, W. Implementação da Metodologia TPM-Lean Manufacturing para Melhorar a Eficácia Geral do Equipamento (OEE) da Produção de Peças de Reposição em uma Empresa Metalúrgica. *Procedia Computer Science*, v. 204, p. 350-361, 2021.

CRESWELL, JW *Research Design: Abordagens de métodos qualitativos, quantitativos e mistos*. 4ª ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2013.

COSTA, R. L.; MOURA, P. H.; SANTOS, V. R. Análise do fluxo de valor como ferramenta de melhoria contínua em processos produtivos. *Revista Produção e Desenvolvimento*, v. 5, n. 3, p. 21–33, 2019.

GIL, AC *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

HADDAD, A. et al. Melhorando a Eficácia Geral do Equipamento (OEE) na Fabricação Usando Ferramentas Lean. *Procedia CIRP*, v. 96, p. 265-270, 2021.

JASIULEWICZ-KACZMAREK, M. O papel da Manutenção Produtiva Total (TPM) em garantir a gestão eficaz do conhecimento técnico. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 9, n. 3, p. 511-529, 2016.

MOURA, P. H. et al. Aplicação da metodologia OEE em uma empresa de manufatura. *Revista Produção e Desenvolvimento*, v. 6, n. 2, p. 33–44, 2020.

NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM: Manutenção Produtiva Total*. Cambridge: Productivity Press, 1988.

OHNO, T. *Sistema de Produção Toyota: Além da Produção em Grande Escala*. Portland: Productivity Press, 1988.

PROCK, M. Implementação de um software ERP para melhoria da gestão de custos em uma indústria têxtil. *Revista de Gestão e Produção*, v. 3, pág. 145-162, 2021.

RODRIGUES, M. A. Aplicação do TPM em uma indústria de alimentos: um estudo de caso. *Revista Gestão Industrial*, v. 16, n. 2, p. 89–104, 2020.

SILVA, R. Inteligência Artificial na Gestão de Custos: Avanços, desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de Administração*, v. 2, pág. 78-95, 2020.

SILVA, T. F.; ALMEIDA, R. C.; LIMA, M. A. Aplicação do OEE como ferramenta de diagnóstico na indústria gráfica. *Revista de Engenharia e Produção*, v. 28, n. 1, p. 45–57, 2021.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. *Gestão de operações*. 10. ed. Harlow: Pearson, 2021.

SOUZA, JR; CARVALHO, PC Sustentabilidade na gestão de custos: uma abordagem integrada. *Revista de Economia e Sustentabilidade*, v. 1, pág. 22-39, 2021.

TATARA, D.; INGALDIA, S. O impacto da digitalização na eficiência dos processos de produção em PMEs. *Procedia Computer Science*, v. 204, p. 450-461, 2022.

YIN, RK *Pesquisa de estudo de caso: Design e métodos*. 5ª ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2015.