



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



PRODUÇÃO MAIS LIMPA INTEGRADA AO CICLO PDCA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA PEQUENA CONFECÇÃO

ÁREA: 9. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE
SUBÁREA: 9.5 – PRODUÇÃO MAIS LIMPA E ECOEFICIÊNCIA

RESUMO: A adoção da Produção Mais Limpa (PML) aliada a metodologia do ciclo PDCA destaca-se como uma abordagem que pode tornar mais eficiente a utilização de recursos, reduzir desperdícios, proporcionar ganhos econômicos, e minimizar os impactos ambientais. O objetivo desta pesquisa foi elaborar uma proposta de aplicação das técnicas de PML aliada ao ciclo PDCA em uma pequena confecção com a finalidade de prevenir ou diminuir a geração de resíduos. Neste estudo de caso, inicialmente realizou-se uma revisão da literatura, explorando as técnicas da PML em indústrias têxteis e de confecções. Na sequência, a coleta de dados envolveu visitas técnicas à empresa de confecção, mapeamento dos processos e análise de documentos. A terceira etapa concentrou-se na análise e identificação de oportunidades na fabricação, aplicando as técnicas e estratégias preconizadas pela PML considerando o ciclo PDCA. Como resultado da pesquisa, elaborou-se uma proposta de implementação da PML integrada ao ciclo PDCA em uma pequena confecção na qual emergiu como uma estratégia de gestão potencialmente eficaz e viável, com a perspectiva de proporcionar benefícios substanciais nos domínios ambiental e operacional quando aplicada.

PALAVRAS-CHAVES: Indústria têxtil, minimização de resíduos, Sustentabilidade e Melhoria contínua.

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil e de confecções é responsável por 10% das emissões de carbono do mundo e é considerada o segundo maior poluidor industrial depois da indústria do petróleo (Muthukumarana *et al.*, 2018).

Iniciativas de sustentabilidade têm sido implementadas no setor, e há um consenso sobre a necessidade de reduzir os impactos negativos do uso e da forma de descarte rápido, conhecida como *fast fashion*, tanto no âmbito ambiental quanto social (Carvalho *et al.*, 2021). Ademais, há uma demanda crescente por uma melhor compreensão do potencial de economia de água, eficiência no uso da água e impactos ambientais de todos os setores da indústria têxtil e de vestuário para facilitar a gestão sustentável da água (Yang *et al.*, 2020).

As operações sustentáveis na indústria têxtil e de confecções estão longe de alcançar os objetivos de crescimento econômico que estão integradas com a sustentabilidade social e ambiental (Cai e Choi, 2020). Os autores alertam que a indústria têxtil e de confecções têm como maior prioridade a implementação da PML, para atenuar as consequências da poluição ambiental.

A indústria têxtil e de confecções foi pioneira na industrialização brasileira, e o Brasil é o quarto maior produtor de blue jeans e ocupa a mesma posição na produção de malhas, representando o quinto maior parque industrial têxtil do mundo; no entanto, o setor têxtil brasileiro está preocupado com a perda de competitividade (Neto *et al.*, 2020).

Neste contexto, a Produção Mais Limpa (PML) contribui com a máxima utilização dos recursos, diminuindo os desperdícios e propiciando ganhos econômicos além da minimização dos impactos ambientais. Além disso, as melhorias geradas nos processos de implementação de práticas sustentáveis trazem significativa relação custo-benefício no longo prazo (Silva *et al.*, 2017), visto que com a produção em massa de peças de vestuário, os resíduos gerados são prejudiciais ao meio ambiente.

De acordo com Nunes *et al.* (2019), as pequenas e médias empresas internamente não incluem as questões ambientais em seu planejamento estratégico, pois há pressão por lucros de curto prazo. Diante disso, Silva *et al.* (2017), em seus estudos mostrou que o ciclo PDCA (*plan-do-check-action*) é decisivo para a implementação efetiva da PML, garantindo a padronização dos processos e a sustentabilidade dos resultados. A implementação da PML pode ser facilitada pelo uso de ferramentas da qualidade, como o método PDCA, que pode ser aplicado à implementação de programas de gestão ambiental adequados a organizações específicas.

Em suma, o objetivo do trabalho é elaborar uma proposta de aplicação das técnicas de PML aliada ao ciclo PDCA em uma pequena confecção com a finalidade de prevenir ou diminuir a geração de resíduos. Diante do exposto, o artigo procurou responder a seguinte questão de pesquisa: quais as oportunidades podem ser identificadas em uma confecção de pequeno porte utilizando a PML aliada a metodologia do Ciclo PDCA? Para responder a essa questão de pesquisa esse estudo considerou uma confecção de pequeno porte, onde foi mapeado o processo produtivo e identificadas oportunidades para aplicação de técnicas de PML integrada ao Ciclo PDCA com a finalidade de eliminar ou reduzir os resíduos e tornar a empresa mais competitiva diante da concorrência.

2. PRODUÇÃO MAIS LIMPA E O SETOR TÊXTIL

No que diz respeito aos processos de produção, a PML inclui a redução e reciclagem das matérias-primas e energia, a eliminação das matérias-primas tóxicas e perigosas e a diminuição das quantidades e toxicidades de todas as emissões e resíduos antes da sua exclusão de um processo (Dodić *et al.*, 2010). De maneira simplificada, são três categorias: não geração, minimização e reciclagem. Essas categorias serão abordadas nas seções a seguir, contextualizadas no setor têxtil .

2.1 Produção Mais Limpa: Não Geração

Akter *et al.* (2022), focou um estudo na economia circular e na gestão de resíduos de materiais da indústria têxtil e de confecções em Bangladesh. Como resultado, os autores constataram que a indústria têxtil e de vestuário precisa de apoio, para estabelecer uma linha de base de resíduos de materiais em todas as etapas de produção, para gerenciá-los de forma eficaz.

Cai e Choi (2020) analisaram a gestão sustentável da cadeia de suprimentos da indústria têxtil e de confecções por meio de uma perspectiva dos objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas. Através da revisão sistemática e classificação da literatura foi possível estabelecer um esquema de desenvolvimento sustentável e equilibrado para as empresas que compõem a indústria têxtil e de confecções.

Técnicas da PML de não geração de resíduos se tornam fundamentais para a indústria têxtil e de confecções a fim de atenuar os impactos ambientais. Matérias-primas prejudiciais ao meio ambiente não devem ser usadas no processo de produção de produtos, em vez disso, materiais ecologicamente corretos devem ser usados para o produto, o que promoveria a reciclagem, a

reutilização e ciclos de vida prolongados (Akter *et al.*, 2022).

Para isso diversos estudos trouxeram como técnica de PML de não geração de resíduos a economia circular, dado que fecharia o ciclo e todos os resíduos seriam reutilizados na produção de novas peças de vestuário. Como técnicas para aplicação de uma cadeia de suprimentos sustentável, Jia *et al.* (2020) elencou o design do produto, gestão do produto, prevenção da poluição, ciclo fechado de produção usando a economia circular, desempenho econômico e desempenho ambiental.

A pesquisa de Winter e Lasch (2016) refere-se a critérios ambientais e sociais na avaliação de fornecedores da indústria têxtil e de confecções. Os autores elencam como principais aspectos de prática ambiental: controle da poluição, prevenção da poluição, sistemas de gestão ambiental, design ecológico, competências ambientais, medidas de melhoria sustentáveis, transporte ecológico e compras sustentáveis.

Com esta afirmação pode-se dizer que os fornecedores das empresas que compõem a indústria têxtil e de confecções também devem ser gerenciadas de maneira correta sob a perspectiva ambiental. As decisões de fornecimento envolvem a escolha de fornecedores para produção de fibras e tecidos (algodão e elastano para a legging), fabricação de vestuário ou "corte e costura", acabamento, embalagem, distribuição e varejo (Clarke Sather e Cobb 2019).

Devido ao não aproveitamento do tecido dentro do corte convencional padrão, os processos de fabricação de roupas criaram um problema de desperdício nas etapas de corte e costura (Enes e Kipöz, 2020). Além disso, os autores enfatizam que aproximadamente metade de todo o custo do vestuário consiste em tecido, o que leva a um desenvolvimento insustentável e antieconômico da moda.

De maneira resumida as técnicas de PML que os autores sugerem são a utilização de materiais ecologicamente corretos (Akter *et al.*, 2022), gestão correta do estoque (Akter *et al.*, 2022) a fim de não gerar resíduos pela perda de material, economia circular (Akter *et al.*, 2022) para fechar o ciclo e não gerar resíduos, adoção do design desperdício zero (Enes e Kipöz, 2020), avaliação dos fornecedores (Winter e Lasch, 2016) considerando o critério de sustentabilidade e eficiência dos processos (Enes e Kipöz, 2020).

2.2 Produção Mais Limpa: Minimização

A energia utilizada nos processos para a fabricação de peças de vestuário é um dos tópicos mais discutidos sobre técnicas de PML aplicadas na indústria têxtil e de confecções. Muthukumarana

et al. (2018) apresentam que, por meio de modificações do nível da infraestrutura da empresa, do uso de equipamentos eficientemente energéticos e da otimização dos processos industriais, é possível diminuir o desperdício de energia e assim otimizar o consumo.

Aplicar fontes de energia renováveis com menor pegada ambiental, também pode ser uma maneira de melhorar a fabricação de vestuário, sendo assim, conclui-se que essas técnicas reduzem o impacto advindo do uso e da produção de energia. A intervenção mais eficaz para reduzir os impactos climáticos é a mudança para energias renováveis nos processos de fabricação têxtil (Roos *et al.*, 2016).

Além disso, melhorias de eficiência energética em máquinas de costura, sistemas de iluminação, atualização do sistema de refrigeração, atualização de caldeiras por biomassas e mudança de carga são alguns exemplos citados por Pathirana e Yarime (2018) de novas tecnologias de eficiência energética (TEE) na indústria de confecções.

A ação de eficiência energética é a medida geral adotada pelas empresas para reduzir a emissão de carbono (Cai e Choi, 2020). O desenvolvimento de tecnologia limpa é caro, mas resulta em melhoria da sustentabilidade do produto e redução dos custos de produção (Shen *et al.*, 2020).

Outro recurso imprescindível e que deve ser racionado é a água. Há necessidade de maior atenção para melhorar a gestão da água e regulação mais rigorosa do uso de água e do lançamento de águas residuais na produção de peças de vestuário (Yang *et al.*, 2020).

Jia *et al.* (2020) apresentam que o percentual de água reutilizada é um indicador significativo na medição do desempenho, pois avalia a influência de uma prática na água de reuso. Dessa maneira é possível compreender que o reuso é o principal método eficaz para reduzir o consumo de água nos processos da indústria têxtil e de confecções.

Promover o reuso da água e a introdução de equipamentos economizadores de água, especialmente na cadeia produtiva deve ser priorizado para o futuro desenvolvimento sustentável da indústria têxtil e de confecção (Yang *et al.* 2020). Ademais, diversos autores sinalizam que a conscientização dos funcionários é de suma importância para a minimização do uso da água e sua consequente redução do desperdício.

Outra maneira de reduzir o consumo da água na indústria têxtil é realizar o uso de fibras de celulose recicladas para substituir as fibras de algodão (Cai e Choi, 2020). Esta é uma técnica de PML mais utilizada no início da cadeia produtiva têxtil, em que traz benefícios a jusante.

Em suma, as técnicas de PML que os autores sugerem com a finalidade de minimização de

resíduos são o uso de energia renovável (Muthukumarana *et al.*, 2018), a substituição dos equipamentos obsoletos por equipamentos eficientemente energéticos (Muthukumarana *et al.*, 2018; Pathirana e Yarime, 2018), o reuso de água e a melhoria do tratamento de águas residuais (Yang *et al.*, 2020), uso de equipamentos economizadores de água (Yang *et al.*, 2020), a conscientização dos funcionários (Cai e Choi, 2020) e a redução no consumo de matéria prima (Enes e Kipöz, 2020).

2.3 Produção Mais Limpa: Reciclagem

De acordo com os estudos de Stål e Corvellec (2018), para revender ou reciclar peças de vestuário, o ideal seria uma cadeia produtiva de ciclo fechado, a fim de minimizar o uso de matéria-prima não processada. Atualmente os consumidores se encontram mais conscientes sobre a relevância da sustentabilidade e estão mais adeptos a produtos verdes.

De acordo com Jia *et al.* (2020), o design (por exemplo, adereços como zíperes e botões nas peças de vestuário) representa uma função fundamental na reciclagem de mercadorias, pois determina o nível de dificuldades que os recicladores experimentariam para organizar e dividir os recursos em tecidos e roupas.

Roos *et al.* (2016) afirmam que a logística reversa deve ser um trabalho em conjunto abrangendo o consumidor, o governo e as empresas, para que possa operar plenamente. Várias grandes empresas suecas cooperam com a Rede de Têxteis para Reciclagem com o objetivo de criar soluções conjuntas para a economia circular e chamar a atenção para a pegada ambiental das roupas desperdiçadas (Stål e Corvellec, 2018).

Outra maneira para diminuir os impactos ambientais de produzir peças de vestuário, seria o reuso das roupas. O reuso de roupas usadas pode evitar os maiores impactos ambientais, devido ao grande volume de revenda e à praticidade para revenda, quando comparado com outros produtos de segunda mão (Cai e Choi, 2020).

Não apenas o reuso de peças de roupas usadas, mas também o reuso de retalhos e outros resíduos entre os processos de produção. Enes e Kipöz (2020) estudaram esta técnica e constataram que a reutilização também é um método fundamental para o gerenciamento de resíduos de corte e costura.

Concluindo os autores sugerem como técnicas de PML para a reciclagem dos resíduos, a aplicação da economia circular (Stål e Corvellec, 2018), a coleta pós consumo (Cai e Choi, 2020) para a destinação correta dos resíduos e facilitar a reciclagem, design para facilitar a reciclagem (Jia *et al.*, 2020), incorporar matérias primas recicláveis nos produtos (Roos *et al.*,

2016), reuso das peças de vestuário (Cai e Choi, 2020) e o reuso de resíduos (Enes e Kipöz, 2020).

3. METODOLOGIA

Para conduzir esta pesquisa, o primeiro passo envolveu a revisão da literatura, cujo objetivo foi compreender as técnicas da PML e suas práticas, amplamente empregadas nas indústrias têxteis e de confecções. A revisão de literatura realizada buscou avaliar as pesquisas existentes associadas a técnicas de PML aplicadas no setor de confecções. Primeiramente, foi utilizada a base de dados do *Web of Science*, por meio da palavra-chave “*Cleaner production apparel*”, considerada apropriada e pertinente com o estudo em questão.

Após a revisão da literatura, têm-se as etapas que abrangem o estudo de caso, portanto o objeto de estudo foi uma pequena confecção de uniformes escolares, localizada na região da grande São Paulo e possui em torno de 30 funcionários. A empresa foi escolhida devido a disponibilização do acesso aos dados, de visitas e disposição para a realização do estudo.

A coleta de dados foi realizada por meio de visitas técnicas com a finalidade de compreender o fluxo produtivo da empresa, e cada processo produtivo. Estas visitas foram fundamentais para coletar as informações específicas necessárias para a pesquisa e contribuíram significativamente para o entendimento dos setores dos processos produtivos com seus respectivos resíduos gerados, além de auxiliar na elaboração do mapeamento de processos. Além disso, foram coletadas documentações sobre o consumo de energia elétrica mensal, o uso de água mensal e informações a respeito da geração de resíduos.

A etapa de análise de dados foi realizada inicialmente com uma avaliação completa de todos os processos envolvidos, uma vez concluída, foi possível o reconhecimento de oportunidades concretas para a implementação das técnicas de PML. A metodologia de PML utilizando o PDCA, na qual Nunes *et al.* (2019) propôs em seu estudo, foi utilizada como base para esta pesquisa. Esta metodologia proposta proporcionou uma visão estruturada de como as duas abordagens podem ser integradas para promover a melhoria contínua e a sustentabilidade nos processos produtivos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

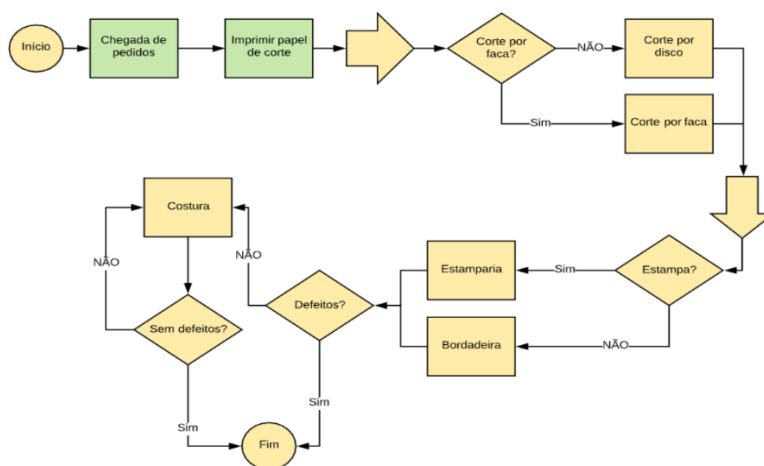
Conforme a metodologia delineada neste estudo de caso, a primeira fase para a implementação da PML, associada ao ciclo PDCA, é o planejamento (*Plan*). Consiste em definir fluxo de produção, objetivos, quando e como a análise será realizada (Nunes *et al.*, 2019). Inicialmente, procedeu-se à coleta de dados para realizar a análise e elaborar o mapeamento dos processos de

produção, revelando oportunidades para aprimoramentos, tais como a redução de resíduos, a utilização eficiente de recursos e a minimização das emissões.

A coleta de dados em estudos relacionados à indústria de confecção comumente emprega unidades de medida em quilogramas (kg). Nesse contexto, obteve-se a média do peso das peças de vestuário produzidas pela confecção e coletou-se os dados de consumo de energia, matéria prima e resíduos. Os dados relativos ao consumo de água não apresentaram significância para a pesquisa, uma vez que a água não é um recurso utilizado diretamente no processo produtivo da empresa no que concerne à fabricação das peças de vestuário em questão.

De acordo com a organização criteriosa dos dados obtidos, foi elaborado o fluxograma do processo (Figura 1) onde eles foram ilustrados de maneira concisa. Inicialmente, de acordo com o pedido procede-se a impressão dos moldes, em seguida estes são encaminhados ao departamento de corte. São então direcionados ao setor de personalização, no caso de ocorrência de falhas durante a etapa, a grande maioria dos materiais afetados não pode ser reutilizada, sendo, portanto, descartada. Em contrapartida, se não houver imperfeições, as peças são encaminhadas para o estágio de costura, concluindo assim o processo de produção do vestuário.

FIGURA 1 - Fluxograma do processo produtivo da confecção



Fonte: elaboração própria

A próxima fase é a Execução (*Do*), na qual, de acordo com Nunes *et al.* (2019), é a etapa de análise, identificação de oportunidades e propostas de aplicação da PML.

A análise dos dados relativos à não geração de resíduos revela que o objeto de estudo apresenta diversas oportunidades para minimizar a produção de resíduos. A primeira consideração abordou o gerenciamento de estoque, evidenciando o desperdício relacionado a tecidos sujeitos a danos causados pela umidade e peças de vestuário armazenadas que também sofreram

deterioração no estoque. Esta observação alinhou-se com os resultados do estudo conduzido por Akter *et al.* (2022) onde constataram em sua pesquisa que há uma perda de 19,5% no total de excesso de estoque e desperdício na indústria de confecções, considerando toda a cadeia têxtil e de confecções. Uma técnica utilizada em PML para não gerar excesso de estoque trata-se de estabelecer parcerias sólidas com os fornecedores, visando o abastecimento em consonância com as previsões de demanda.

Além disso, outra oportunidade identificada por Akter *et al.* (2022), a eliminação de matérias-primas ecologicamente adversas é imperativa no processo produtivo; ao invés, a adoção de materiais sustentáveis fomenta a reciclagem, reutilização e prolongamento dos ciclos de vida dos produtos.

Ao analisar os processos da confecção, identificou-se uma oportunidade para a redução do consumo de tecidos, conforme discutido por diversos autores, especificamente na fase de corte e costura. Segundo os autores Enes e Kipöz (2020), os procedimentos de manufatura de vestuário contemporâneos enfrentam uma problemática significativa de resíduos nas fases de corte e costura, resultante da subutilização do tecido dentro dos padrões convencionais de corte. Conforme evidenciado pelo levantamento realizado na empresa objeto de estudo, os resíduos decorrentes das fases de corte e costura representam uma proporção de 28,6%.

Uma maneira de não gerar resíduos nessas etapas, conforme os estudos de Enes e Kipöz (2020), é o design de desperdício zero, que consiste em eliminar os resíduos gerados durante esses processos específicos. Isso é alcançado por meio da otimização do *layout* de corte para maximizar a utilização do tecido, incorporação de técnicas que permitam o reuso de retalhos e implementação de técnicas de corte mais eficientes.

De acordo com a pesquisa de Muthukumarana *et al.* (2018), por meio de modificações do nível da infraestrutura da empresa, do uso de TEE e da otimização dos processos industriais, é possível diminuir o desperdício de energia e assim reduzir o consumo. Aplicar fontes de energia renováveis com menor pegada ambiental, também pode ser uma maneira de otimizar a fabricação de vestuário.

O uso de energia solar fotovoltaica e biomassa para substituir fontes de energia convencionais em instalações de produção de vestuário pode reduzir os impactos sob as principais categorias de impacto em até 90-95% (Muthukumarana *et al.* 2018). Diante dos dados coletados, 40,8% da energia utilizada mensalmente na empresa é advinda das máquinas de costura.

Portanto, a sua troca por máquinas de costura mais energeticamente eficientes, contribui de maneira significativa para a diminuição do uso da energia elétrica. Alguns exemplos de novas

TEE na indústria de confecções são melhorias de eficiência energética em máquinas de costura, sistemas de iluminação, atualização do sistema de refrigeração, atualização de caldeiras por biomassas e mudança de carga (Pathirana e Yarime, 2018).

Na etapa de estampa, há a oportunidade de minimizar o uso dos produtos químicos utilizados. O não tratamento de grandes quantidades de poluentes químicos nocivos ao meio ambiente antes do descarte, incluindo efluentes, resíduos sólidos e gases, causa sérios danos ecológicos (Yang *et al.*, 2023). Adicionalmente, destaca-se a importância da adequada eliminação de embalagens que contenham vestígios de produtos químicos, a fim de evitar a contaminação ambiental.

Sob a ótica do reuso e da reciclagem, a empresa estudada já possui uma ação na qual doa as peças com pequenos defeitos e as peças com erro de estampa a uma Organização sem fins lucrativos (ONG). Porém, além dessa ação, é possível identificar outros resíduos que podem ser destinados à reciclagem.

Conforme Cai e Choi (2020), a técnica do reuso de vestuário demonstra eficácia notável na mitigação dos impactos ambientais, principalmente devido ao considerável volume de revenda e à conveniência associada, quando comparada a outros produtos de segunda mão. Dado que os produtos têxteis confeccionados são uniformes, uma estratégia para fomentar o reuso desses itens consiste em estabelecer uma comunidade colaborativa com as instituições educacionais, promovendo a motivação dos pais e responsáveis para a adoção de uniformes de segunda mão. Ademais, outras técnicas adotadas na PML é a promoção da consciência ambiental entre os colaboradores por meio de programas de treinamento, juntamente com a implementação de monitoramento contínuo, visando a aprimoramentos constantes nas técnicas de PML empregadas. Para realizar o monitoramento, dá-se início à fase de verificação (*Check*) no ciclo PDCA. Esta etapa engloba as seguintes atividades: Monitoramento de indicadores do processo de melhoria contínua; Aprovação técnica com envolvimento de nível operacional; Verificação de viabilidade ambiental e econômica (Nunes *et al.*, 2019).

Em face da análise realizada, as técnicas de PML propostas foram consolidadas e estão apresentadas na Tabela 1, a seguir, sendo acompanhadas pela construção de indicadores específicos, isto é são apresentados os indicadores correspondentes a cada técnica de PML, facilitando assim a mensuração dos resultados durante a aplicação das técnicas. Adicionalmente, cada técnica foi dividida nas três categorias de PML, utilizadas na revisão da literatura, citadas por Dodić *et al.* (2010), sendo elas: não geração, minimização e reciclagem. Esta abordagem visa simplificar o acompanhamento da implementação da PML.

TABELA 1 - Técnicas de PML

	Técnica de PML	Indicador	Categoria de PML
1	Reabastecimento conforme demanda	Perda de material no estoque por kg de roupa	Não Geração
2	Questões ambientais são consideradas na seleção de fornecedores	kg de matéria-prima por kg de roupa	Não Geração
3	Adoção de matérias-primas sustentáveis	kg de matéria-prima por Kg de roupa	Não Geração
4	<i>Design</i> de desperdício zero	kg de matéria-prima por kg de roupa	Não Geração
5	Adoção de TEE	kWh por kg de roupa	Minimização
6	Uso de fontes de energia renovável	kWh por kg de roupa	Minimização
7	Minimização no consumo de matérias-primas	kg de matéria-prima por kg de roupa	Minimização
8	Reuso de vestuário	kg de resíduo por kg de roupa	Reuso e reciclagem
9	Reciclagem de resíduos	kg de resíduo por kg de roupa	Reuso e reciclagem
10	Reciclagem de embalagens	kg de resíduo por kg de roupa	Reuso e reciclagem
11	Destinação correta dos resíduos sólidos	kg de resíduo por kg de roupa	Reuso e reciclagem
12	Conscientização ambiental dos funcionários	Porcentagem de técnicas de PML aplicadas por mês	Geral
13	Monitoramento contínuo da PML	Porcentagem de técnicas de PML aplicadas por mês	Geral

Fonte: elaboração própria

Um exemplo ilustrativo é a técnica 5, denominada "Adoção de TEE", na qual, durante a coleta de dados, realizou-se o cálculo do indicador, resultando em aproximadamente 0,96 kWh por quilograma de roupa produzida. Sugere-se que a adoção de TEE contribuirá para a redução desse indicador. A ação de eficiência energética é a medida geral adotada pelas empresas para reduzir a emissão de carbono (Cai e Choi, 2020).

Além disso, foi elaborada uma tabela (Tabela 2) com as fases do PDCA e suas respectivas etapas conforme o estudo de Nunes *et al.* (2019) e acrescentado em cada etapa as oportunidades identificadas com esta pesquisa. Através desse ciclo, pode-se observar que o objeto de estudo possui oportunidades para melhorar a estratégia interna da empresa.

TABELA 2 - PDCA e oportunidades identificadas

PDCA	Etapa	Oportunidade Identificada
Plan (Planejar)	Plano	Incluir no Planejamento Estratégico a perspectiva de sustentabilidade
		Usar Sustentabilidade como critério de seleção dos fornecedores
Do (Executar)	Analisar fluxos	Matérias-primas sustentáveis, <i>Design</i> zero desperdícios, fontes de energia renovável, reuso e reciclagem, TEE e destinação correta dos resíduos.
Check (Verificar)	Monitorar	Implementar um sistema de monitoramento
		Criar indicadores de PML
Act (Agir)	Aprovar tecnicamente, ambientalmente e economicamente	Estabelecer reuniões sobre melhorias e sustentabilidade
		Constituir uma equipe exclusiva
	Implementar mudança	Treinamentos de PML e Melhoria contínua
	Melhorar continuamente	Adotar filosofia de melhoria contínua e PML para todos os colaboradores da empresa

Fonte: adaptado Nunes *et al.* (2019)

Sendo o ciclo PDCA uma ferramenta de melhoria contínua, identificou-se práticas que

potencialmente podem melhorar a organização interna da empresa.

Ao término, é efetivada a última fase do ciclo PDCA, denominada "Agir" (Act), na qual, conforme Nunes *et al.* (2019), ocorre a efetivação da implementação da mudança e o fomento à melhoria contínua. Para proceder com esta etapa, torna-se imprescindível que a empresa abordada no estudo de caso incorpore a proposta de PML em conjunto com o Ciclo PDCA delineado ao longo de toda a pesquisa.

5. CONCLUSÕES

A pesquisa culminou em uma proposta de implementação da PML integrada com o ciclo PDCA em uma pequena confecção na qual revelou-se uma estratégia de gestão potencialmente eficaz e factível, que quando colocada em prática irá proporcionar benefícios significativos tanto no âmbito ambiental quanto no operacional. Foi apresentado as etapas específicas que a empresa pode seguir para adotar técnicas mais sustentáveis e, assim, contribuir para uma produção mais limpa e responsável. Ao longo desta pesquisa, observou-se como a PML oferece um *framework* valioso para a redução de resíduos, consumo de recursos e emissões, promovendo práticas mais sustentáveis dentro da empresa.

O ciclo PDCA, por sua vez, desempenhou um papel essencial na aplicação prática da PML. A abordagem sistemática proporcionou um mecanismo dinâmico para identificar oportunidades de melhoria contínua, contudo, a monitoração das implementações e dos resultados ao longo dos meses não foi possível nesta pesquisa para a avaliação da eficácia. Assim, há a expectativa de que a empresa objeto de estudo alcance resultados notáveis no aprimoramento da eficiência operacional e ambiental ao longo da aplicação contínua das técnicas nos próximos meses. Este prognóstico fundamenta-se na premissa de que tais práticas terão impactos positivos sustentáveis, potencialmente transformando as operações e a responsabilidade ambiental da organização.

Apesar dos benefícios gerados, a pesquisa apresenta algumas limitações. A coleta de dados se baseou no relatório anual de vendas para extrair a quantidade de peças manufaturadas durante o ano. Entretanto, a indústria de confecção frequentemente emprega unidades de medida em quilogramas (kg) ao invés de peças individuais. Nesse cenário, foi realizada uma média ponderada do peso das vestimentas, sendo essa estimativa passível de exercer impacto sobre o desfecho final da pesquisa, potencialmente impondo restrições aos resultados.

Ademais, uma área promissora para uma pesquisa adicional seria a análise de impactos sociais, ambientais e econômicos resultantes da implementação dessas técnicas de PML. Como a sustentabilidade muitas vezes está intrinsecamente ligada à responsabilidade social corporativa,

entender como as mudanças afetam a comunidade local, os colaboradores e a cadeia de suprimentos poderia proporcionar uma visão mais holística dos benefícios e desafios enfrentados pela empresa. Os benefícios ambientais, como a redução de resíduos e o consumo eficiente de recursos, podem repercutir positivamente não apenas na imagem da empresa, mas também em sua eficiência operacional. Por outro lado, é vital considerar os custos e desafios econômicos associados à implementação dessas técnicas, garantindo uma avaliação completa dos impactos tanto do ponto de vista sustentável quanto econômico.

REFERÊNCIAS

AKTER M. M. K.; HAQ U. N.; ISLAM M. M.; UDDIN M. A. Textile-apparel manufacturing and material waste management in the circular economy: A conceptual model to achieve sustainable development goal (SDG) 12 for Bangladesh. **Cleaner Environmental Systems**, V. 4, p. 100070, 2022.

BUBICZ, M. E.; BARBOSA-PÓVOA A. P. F. D.; CARVALHO A. Social sustainability management in the apparel supply chains. **Journal of Cleaner Production**, V. 280, Part 1, p. 124214, 2021.

CAI Y.; CHOI T. A United Nations' Sustainable Development Goals perspective for sustainable textile and apparel supply chain management. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, V. 141, p.102010, 2020.

CLARKE-SATHER, A.; COBB K. Onshoring fashion: Worker sustainability impacts of global and local apparel production. **Journal of Cleaner Production**, V. 208, p. 1206-1218, 2019.

DODIĆ S. N.; VUČUROVIĆ D. G.; POPOV S. D.; DODIĆ J. M.; ZAVARGO Z. Z. Concept of cleaner production in Vojvodina. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, V. 14, ed. 6, p. 1629-1634, 2010.

ENES E.; KIPÖZ Ş. The role of fabric usage for minimization of cut-and-sew waste within the apparel production line: Case of a summer dress. **Journal of Cleaner Production**, V. 248, p. 119221, 2020.

JIA F.; YIN S.; CHEN L.; CHEN X. The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, V. 259, p. 120728, 2020.

MUTHUKUMARANA T.T.; KARUNATHILAKE H.P.; PUNCHIHEWA H.K.G.; MANTHILAKE M.M.I.D.; HEWAGE K.N. Life cycle environmental impacts of the apparel industry in Sri Lanka: Analysis of the energy sources. **Journal of Cleaner Production**, V. 172, p. 1346-1357, 2018.

NETO O. C. G.; TUCCI H. N. P.; CORREIA J. M. F.; DA SILVA P. C.; DA SILVA V. H. C.; GANGA G. M. D. Avaliação da implantação de Produção Mais Limpa e tamanho das

empresas: Levantamento em empresas têxteis. **Revista de Fibras e Tecidos Engenheirados**, V. 15, 2020.

NUNES J. R. R.; SILVA J. E. A. R.; MORIS V. A. S.; GIANNETTI B. F. Cleaner Production in small companies: Proposal of a management methodology, **Journal of Cleaner Production**, V. 218, p. 357-366, 2019.

PATHIRANA S.; YARIME M. Introducing energy efficient technologies in small- and medium-sized enterprises in the apparel industry: A case study of Sri Lanka. **Journal of Cleaner Production**, V. 178, p. 247-257, 2018.

ROOS S.; ZAMANI B.; SANDIN G.; PETERS G. M.; SVANSTRÖM M. A life cycle assessment (LCA)-based approach to guiding an industry sector towards sustainability: the case of the Swedish apparel sector. **Journal of Cleaner Production**, V. 133, p. 691-700, 2016.

SHEN B.; ZHU C.; LI Q.; WANG X. Green technology adoption in textiles and apparel supply chains with environmental taxes. **International Journal of Production Research**, V. 59:14, p. 4157-4174, 2020.

SILVA A. S.; MEDEIROS C. F.; VIEIRA R. K. Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company, **Journal of Cleaner Production**, V. 150, p. 324-338, 2017.

STÅL H. I.; CORVELLEC H. A decoupling perspective on circular business model implementation: Illustrations from Swedish apparel. **Journal of Cleaner Production**, V. 171, p. 630-643, 2018.

WINTER S.; LASCH R. Environmental and social criteria in supplier evaluation – Lessons from the fashion and apparel industry. **Journal of Cleaner Production**, V. 139, p. 175-190, 2016.

YANG Y.; HE W.; CHEN F. WANG L. Water footprint assessment of silk apparel in China. **Journal of Cleaner Production**, V. 260, p. 121050, 2020.

YANG Y.; XIAOSHAN Y.; ZHENG X.; ZHI L. Digitalization and environmental performance: An empirical analysis of Chinese textile and apparel industry. **Journal of Cleaner Production**, V. 382, 2023.