

INDÚSTRIA 4.0 E PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UM ESTUDO DE CASO NO SETOR DE CONFECÇÃO

MATHEUS BRITO DE LIMA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA (UEFS)

LEISIANNY MAYARA COSTA SILVA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA (UEFS)

INDÚSTRIA 4.0 E PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UM ESTUDO DE CASO NO SETOR DE CONFECÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Por meio da digitalização, a Indústria 4.0 tem sido um marco importante no contexto industrial. Proposto em 2011 na Alemanha, o conceito da Indústria 4.0 objetivou aumentar a eficiência, produtividade e autonomia nas fábricas e fortalecer a competitividade no mercado global a partir do desenvolvimento de alta tecnologia, marcando o início da manufatura moderna (Roblek, Mesko & Krapez, 2016; Rajput & Singh, 2020; Xu *et al.*, 2021). A transformação digital mediante a implementação das tecnologias da indústria 4.0 remodelou as indústrias de manufatura, criando oportunidades para o desenvolvimento de sistemas inteligentes que facilitassem a auto-organização e tomada de decisão nas linhas de produção (Rajput & Singh, 2020).

Por outro lado, a demanda dinâmica e volátil do mercado e a crescente escassez de recursos naturais e intensificação contínua de questões ambientais têm confrontado e desafiado as indústrias a repensarem suas práticas (Rajput & Singh, 2020; Ma *et al.*, 2024). Há uma necessidade de que as empresas contemporâneas assumam uma responsabilidade ampliada que ultrapassem o lucro e adotem métodos de manufatura sustentáveis que satisfaçam as demandas de produção e aumentem a eficiência, mas também reduzam o uso dos recursos e emissões de poluentes (Hens *et al.*, 2018; Ma *et al.*, 2024).

Diante deste cenário, e acoplando noções de sustentabilidade e manufatura inteligente, estudos têm discutido a conexão entre Indústria 4.0 e Produção Mais Limpa (Rajput & Singh, 2020; Luthra, *et al.*, 2021; Satyro *et al.*, 2021; Ma *et al.*, 2024; Oliveira Neto *et al.*, 2025). A Produção Mais Limpa (P+L) compreende a melhoria e eficiência na extração e uso de recursos na produção, visando a conservação de recursos e melhoria do desempenho industrial junto à proteção e gestão ambiental (United Nations Environment Programme- UNEP, 2001; Luthra, *et al.*, 2021). A P+L surgiu como parte das mudanças necessárias e uma estratégia ambiental preventiva integrada aos sistemas de produção (Sousa *et al.*, 2024).

Para Satyro *et al.* (2023), a aplicação das estratégias de P+L pode facilitar uma implementação mais estável da indústria 4.0, oferecendo diretrizes para promover a adoção dessas práticas sustentáveis e incentivando a criação de tecnologias alinhadas às metas ambientais. A integração da Indústria 4.0 centrada na P+L busca, por meio de sistemas inteligentes e automatizados, otimizar os processos de produção, aumentar a eficiência no uso de recursos e reduzir a poluição ambiental, impulsionando toda a indústria em direção a um modo de produção eficiente e sustentável (Ma *et al.*, 2024). Em síntese, trocar o "extrair-produzir-descartar" (Luthra, *et al.*, 2021) por "reduzir-reutilizar- reciclar" (Rajput & Singh, 2020).

No entanto, embora a P+L seja fundamental para preservar recursos naturais, reduzir emissões e mitigar impactos ambientais (Satyro *et al.*, 2021), e a necessidade de sinergia entre as tecnologias da indústria 4.0 e as práticas de P+L seja vigente, sua aplicação em alguns setores ainda enfrenta barreiras consideráveis, especialmente em indústrias com elevado consumo energético e impacto ambiental (Ma *et al.*, 2024). Como exemplo, a indústria de confecção enfrenta desafios no que diz respeito ao consumo de energia, gestão de resíduos, emissões e materiais perigosos e conformidade e melhoria nos padrões ambientais das indústrias do setor, especialmente do Brasil (Oliveira Neto *et al.*, 2025).

Baseando-se no exposto quanto aos desafios deste setor, e considerando a problemática desde estudo, observa-se que, apesar da relevância do acoplamento entre essas duas abordagens, a literatura tem apontado algumas lacunas teórico-empíricas. Devido às inovações disruptivas,

as tecnologias da Indústria 4.0 tem uma arquitetura muito complexa, com componentes heterogêneos incorporados e enfrentam constantemente problemas na adoção de estratégias de P+L (Rajput & Singh, 2020). Pesquisas que abordam Indústria 4.0 em práticas de P+L ainda são insuficientes, pouco claras (Sousa *et al.*, 2024) e carecem de abordagens sobre sua implementação (Satyro *et al.*, 2021). A introdução recente das contribuições da Indústria 4.0 na P+L gera um número limitado de estudos, resultando em poucos casos práticos que demonstrem os efeitos dessa abordagem (Silva & Bruno, 2023).

A questão ambiental das indústrias vai além da simples gestão de resíduos, o que exige uma abordagem integrada e abrangente (Hens *et al.*, 2018), sendo pertinente compreender como o acoplamento entre indústria 4.0 e práticas de P+L são implementadas e podem contribuir para a sustentabilidade ambiental das empresas do setor de confecção. Para tanto, o objetivo geral dessa pesquisa foi analisar a relação entre a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 e a promoção de práticas de Produção Mais Limpa (P+L) em uma indústria do setor de confecção.

Este estudo se justifica pelos benefícios tanto ambientais, quanto econômicas e sociais. De um lado, Silva e Bruno (2023) e Ma *et al.* (2024) apontam a P+L como estratégia eficiente para reduzir impactos ambientais e otimizar e monitorar com mais precisão os processos produtivos, promovendo sustentabilidade e competitividade ao diminuir o consumo de recursos, reduzir emissões de resíduos e melhorar a qualidade dos produtos. De outro, a 4ª Revolução Industrial está sendo estudada em tempo real, o que cria oportunidades para abordar questões sociais e ambientais, como o consumo sustentável, redução de desigualdades e mitigação de impactos negativos (Satyro *et al.*, 2021) ou ainda oferece uma saída produtiva em termos de economia circular (Rajput & Singh, 2020; Luthra, *et al.*, 2021; Oliveira Neto *et al.*, 2025).

Além disso, Satyro *et al.* (2023) reitera que integrar P+L na Indústria 4.0 pode orientar formuladores de políticas e incentivar o desenvolvimento de tecnologias que favoreçam o meio ambiente e a eficiência dos sistemas de manufatura. Sobretudo, ao dialogar com os objetivos de desenvolvimento sustentável, essa integração pode fornecer um novo ímpeto e direção para a gestão sustentável da indústria (Ma *et al.*, 2024), cujas empresas do setor de confecção têm cada vez mais integrado para melhorar o desempenho sustentável (Oliveira Neto *et al.*, 2025).

O presente trabalho se estrutura da seguinte forma: a seguir, apresentam-se as bases teóricas que estruturam o estudo, os procedimentos metodológicos utilizados. Em seguida, têm-se os resultados e discussões conforme o objetivo pretendido e, ao final, as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As revoluções industriais representam marcos históricos de transformações tecnológicas que moldaram a forma como os processos produtivos foram estruturados ao longo do tempo. A 1ª Revolução Industrial começou no final do século XVIII, com a introdução de sistemas de fabricação mecânica utilizando água e energia a vapor; a 2ª destacou-se pela produção em massa por meio da eletricidade; já a 3ª introduziu a automação e a microeletrônica na manufatura, promovendo sistemas flexíveis e a fabricação integrada por computador; e, mais recentemente, a 4ª, também conhecida como Indústria 4.0, surge mediante a introdução de tecnologias avançadas como Internet das Coisas (IoT), sistemas ciberfísicos (CPS) e big data (BD) e a digitalização de ecossistemas industriais como um todo, melhorando significativamente a eficiência e a produtividade (Xu, Xu & Li, 2018; Rajput & Singh, 2020; Ma *et al.*, 2024).

Assim, proposto na Alemanha em 2011 (Roblek, Mesko & Krapez, 2016), o conceito da Indústria 4.0 compreende a configuração avançada da indústria impulsionada pelo progresso tecnológico (Rajput & Singh, 2020; Ma *et al.*, 2024). Ela revoluciona a integração vertical e horizontal da indústria e propõe a interconexão e informatização, onde informações em tempo real fluem dentro de um ambiente de manufatura controlado, de modo a facilitar a comunicação

entre máquinas, peças e produtos e fornecer desenvolvimento de alta tecnologia e permitir a auto-organização inteligente das fábricas (Lu, 2017; Xu *et al.*, 2018; Rajput & Singh, 2020).

O Modelo de Referência para Arquitetura da Indústria 4.0 (RAMI4.0) desenvolvido na Alemanha envolveu três dimensões: níveis de hierarquia, camadas e fluxo de valor do ciclo de vida do produto (Xu *et al.*, 2021). Iniciativas globais foram implementadas por diversos países para garantir a liderança na próxima geração de manufatura. Países EUA, França, Reino Unido e China lançaram estratégias ambiciosas para o desenvolvimento da Indústria 4.0 (Liao, 2017).

Ao longo dos anos, a indústria 4.0 avançou e envolveu um amplo quadro de tecnologias que vão desde sensores inteligentes, Inteligência Artificial (IA), robôs autônomos, simulação, computação móvel e em nuvem manufatura aditiva (Lu, 2017; Xu, Xu & Li, 2018; Kamble, Gunasekaran & Gawankar, 2018; Xu *et al.*, 2021). No entanto, o cenário tecnológico expansivo passou a levantar reflexões não apenas em como lidar com as mudanças dentro da estrutura da indústria 4.0 mas também quanto alocação eficiente de recursos, como água, energia e matéria-prima, e alinhamento às questões ambientais (Kamble, Gunasekaran & Gawankar, 2018; Reis & Scoton, 2023; Ma *et al.*, 2024). Assim, as tecnologias associadas à Indústria 4.0 passaram a ser vistas como meio sustentável de otimizar a utilização de recursos e monitorar o ciclo de vida dos produtos, promove a eficiência na cadeia de valor (Chou, 2024).

Desse modo, uma vez que a indústria 4.0 não se limita apenas a inovações tecnológicas, mas redefine as práticas de gestão e as relações no ambiente industrial (Kamble, Gunasekaran & Gawankar, 2018), ao integrar essas tecnologias sustentáveis, a Indústria 4.0 se torna um modelo para garantir um ambiente de trabalho mais saudável e eficiente, equilibrando produtividade com responsabilidade ambiental (Reis & Scoton, 2023). Para Chou (2024), a sustentabilidade deve ser um componente fundamental nas iniciativas da Indústria 4.0, em vez de ser apenas um aspecto adicional.

Diante dessa perspectiva, e dentre as várias temáticas sobre práticas sustentáveis na indústria 4.0, estudos como Hens *et al.* (2018), Cunha, Pires e Paula (2023) e Ma *et al.* (2024), têm enfatizado a Produção Mais Limpa (P+L) como abordagem de destaque na literatura.

2.1 Produção Mais Limpa: Definição e características

Historicamente, o surgimento das indústrias após a Revolução Industrial trouxe avanços econômicos e sociais, mas também gerou um grande desequilíbrio ambiental, e é nesse cenário que a P+L surge como uma resposta eficaz aos desafios ambientais enfrentados pelas indústrias e a necessidade de repensar suas práticas (Hens *et al.*, 2018; Cunha, Pires & Paula, 2023).

Para incentivar governos e indústrias a adotarem estratégias para controlar a poluição ambiental, o conceito de P+L foi introduzido em 1989 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (United Nations Environment Programme - UNEP) (UNEP, 2001; Ma *et al.*, 2024). A P+L visa a conservação de recursos e a melhoria do desempenho industrial através da eliminação de materiais perigosos e redução do impacto ambiental de matérias-primas e resíduos gerados ao longo do processo de produção, juntamente com a proteção e a gestão ambiental (UNEP, 2001; Ma *et al.*, 2024) com melhoria da eficiência na extração e no uso de recursos na produção de produtos e prestação de serviços (Luthra *et al.*, 2021). Em suma, as estratégias de P+L são reconhecidas mundialmente como ferramentas para ajudar a alcançar o desenvolvimento sustentável (Ma *et al.*, 2024)

Conforme Oliveira Neto *et al.* (2019), a P+L é uma abordagem que visa a aplicação de estratégias ambientais integradas aos processos produtivos, produtos e serviços, aumentando a eficiência e reduzindo os riscos ambientais e à saúde humana. Silva e Silva (2017) informa que ela é uma metodologia que procura promover a economia de matérias-primas, a eliminação de materiais tóxicos e a diminuição da quantidade e da toxicidade dos resíduos e emissões.

Baêta (2023) acredita que a definição de P+L também abrange o uso de conhecimento, tecnologia, informações e políticas para prevenir e mitigar impactos ambientais ao longo de

toda a cadeia produtiva, desde a aquisição da matéria-prima até a entrega do produto, a P+L promove uma produção mais eficiente e sustentável. Cunha, Pires e Paula (2023) aponta que ao incentivar as empresas a adotarem mudanças nos processos produtivos, a P+L resulta em menor impacto ambiental e maior eficiência, não só beneficiando o meio ambiente, mas também proporcionando vantagens competitivas.

Diferente de outras filosofias de gestão ambiental que se concentram principalmente na gestão de resíduos de fim de ciclo, a P+L foca em soluções preventivas (Luthra *et al.*, 2021; Cunha, Pires & Paula, 2023). Isso resulta na redução do uso de recursos naturais e na minimização de fluxos de resíduos dos sistemas de produção e consumo, progredindo assim em direção a sociedades mais seguras e sustentáveis, evitando custos desnecessários (Luthra *et al.*, 2021). Para Silva e Silva (2017), ela é uma mudança paradigmática que promove uma cultura de responsabilidade ambiental, focando na origem dos problemas e propondo soluções desde o início dos processos produtivos

Isto só foi possível pois, segundo Hens *et al.* (2018), o aprofundamento do conceito de P+L ao longo dos últimos 25 anos ampliou a relação entre eficiência de recursos e competitividade empresarial. Essa evolução foi impulsionada pela integração de novos métodos de avaliação e monitoramento ambiental, que permitem às empresas alinhar suas operações com princípios de sustentabilidade, ao mesmo tempo em que aumentam a lucratividade e reduzem o desperdício.

Satyro *et al.* (2021) organiza a P+L em estratégias com fluxo lógico, destacando aspectos como modificação de equipamentos, mudanças tecnológicas, reaproveitamento de recursos e controle de processos, com o objetivo de demonstrar como essas ações convergem para um modelo produtivo mais eficiente e ambientalmente responsável. Baêta (2023) complementa a abordagem ao citar que a educação e a conscientização são pilares fundamentais para a efetivação da P+L. Ao promover uma maior conscientização sobre as vantagens da sustentabilidade, as empresas e profissionais estarão melhor preparados para enfrentar os desafios ambientais e adotar soluções inovadoras e eficientes para a preservação do meio ambiente. No entanto, ao envolver o contexto da Indústria 4.0, essa caracterização da P+L pode mudar enquanto desafios e oportunidades.

2.2 Implementação da Produção Mais Limpa na Indústria 4.0

O aumento da população e as abordagens lineares dominantes em relação ao desenvolvimento econômico criaram inúmeros problemas ambientais e sociais, o que tem estimulado um consenso global referente à necessidade urgente de mudar os padrões de produção e acelerar a transição para sociedades mais sustentáveis, equitativas e habitáveis (Luthra *et al.*, 2021).

A sinergia entre Indústria 4.0 e P+L é reforçada por Silva e Bruno (2023), que apontam os benefícios das inovações tecnológicas para o desenvolvimento sustentável. A Indústria 4.0 pode promover a preservação dos recursos naturais e a redução de emissões. A adoção dessas inovações impacta positivamente na imagem das empresas, que se mostram mais responsáveis social e ambientalmente. No entanto, os autores destacam que ainda há uma escassez de pesquisas que explorem essa relação entre Indústria 4.0 e sustentabilidade, o que representa um desafio para a adoção ampla dessas práticas, especialmente em áreas específicas da produção.

A aplicação das estratégias de P+L enquanto abordagem pode facilitar uma implementação mais estável da Indústria 4.0. Conforme Satyro *et al.* (2023) algumas estratégias podem oferecer diretrizes para promover a adoção dessas práticas sustentáveis, incentivando a produção com tecnologias alinhadas às metas ambientais. A tabela 1, elaborada a partir de Satyro *et al.* (2023), resume as dimensões e as respectivas estratégias de P+L associadas à Indústria 4.0. Essas estratégias são essenciais para a criação de um ambiente mais sustentável e eficiente na manufatura.

Tabela 1- Estratégias de Produção Mais Limpa associadas à Indústria 4.0

Dimensão	Estratégias de Produção Mais Limpa
Estratégia	Seleção de um processo adequado considerado ecologicamente correto; Seleção de tecnologias consideradas ecologicamente corretas Uso da Indústria 4.0 para minimizar emissões/poluentes
Desperdícios	Otimização do descarte de resíduos; Uso da Indústria 4.0 para gerenciar resíduos
Reciclagem	Identificação digital dos materiais nos produtos, facilitando seu descarte/reutilização; Reciclagem no local
Vida Útil	Design para prolongar o ciclo de vida dos produtos Uso da Indústria 4.0 para gerenciar o ciclo de vida.
Recursos	Uso da Indústria 4.0 para gerenciar recursos de forma eficiente.
Energia	Gerenciamento de um sistema de energia renovável; Reutilização do calor gerado pela empresa; Uso da Indústria 4.0 para otimizar o consumo de energia
Produção	Uso da Indústria 4.0 para gerenciar a produção de forma eficiente; Controle de estoque de produtos em processo e acabados
Trabalho	Uso da Indústria 4.0 para otimizar recursos humanos;Melhoria da segurança no trabalho.
Desempenho	Envolvimento das partes interessadas para otimizar desempenho organizacional.
Ambiente	Uso da Indústria 4.0 para aumentar a gestão ambiental

Fonte: Elaborada a partir de Satyro *et al.* (2023).

Conforme Satyro (2023), a Tabela 1 apresenta uma estrutura para entender as estratégias de P+L associadas à Indústria 4.0. Ela destaca as principais práticas e tecnologias que as empresas podem adotar para otimizar seus processos produtivos de forma sustentável, utilizando ferramentas da Indústria 4.0, como automação, monitoramento em tempo real e análise de dados. A tabela também enfatiza a importância de integrar essas tecnologias com uma visão estratégica de sustentabilidade, visando não apenas a eficiência operacional, mas também a redução de impactos ambientais e o aumento da competitividade no mercado.

No mesmo sentido, Ma *et al.* (2024) destacam como as mais recentes tecnologias da Indústria 4.0, como sensores inteligentes e ferramentas de análise de dados, podem ser combinadas com as práticas de P+L para monitorar, em tempo real, o consumo de energia e as emissões de poluentes. Essas inovações permitem que as empresas ajustem seus processos produtivos de forma mais eficiente e sustentável, aumentando a qualidade e reduzindo desperdícios.

Ao abordar o setor automotivo, Silva (2021) reforça que a integração das tecnologias da Indústria 4.0 com as práticas de P+L gera impactos positivos não apenas ambientais, mas também econômicos e sociais. A redução de emissões e a melhoria das condições de trabalho são exemplos claros dos benefícios proporcionados pela evolução tecnológica no contexto da sustentabilidade. No entanto, o autor alerta para os possíveis impactos negativos, como o aumento do desemprego devido à automação dos processos, o que exige que a implementação dessas tecnologias seja cuidadosamente planejada e acompanhada de estudos que aprofundem essas questões em diferentes setores.

Portanto, a convergência entre a Indústria 4.0 e a P+L, conforme discutido por Satyro *et al.* (2021, 2023), Ma *et al.* (2024) e Silva e Bruno (2023) demonstra o potencial de transformar a produção industrial de maneira eficiente e sustentável. A adoção de tecnologias emergentes oferece não apenas melhorias no desempenho ambiental, mas também na operação e gestão das empresas, resultando em processos produtivos mais eficientes e responsáveis.

Contudo, conforme destacado por Silva e Bruno (2023), é importante que mais estudos sejam realizados para validar os benefícios dessas inovações e garantir que as práticas sustentáveis sejam amplamente adotadas no futuro, evitando riscos econômicos e sociais. Em resumo, a P+L e a Indústria 4.0 apresentam-se como estratégias complementares que, quando aplicadas de maneira integrada, proporcionam uma nova perspectiva para o setor industrial. O

desafio, conforme apontam os autores citados, reside na personalização dessas práticas e na necessidade de mais pesquisas que explorem as nuances de sua implementação em diferentes contextos produtivos, a exemplo do setor de confecção.

No contexto de confecção, onde o consumo de recursos, como tecidos, é elevado, a P+L se torna ainda mais relevante, evidenciando a necessidade de mitigação ambiental. Oliveira Neto *et al.* (2019; 2025) reforçam isso quando traz o contexto da indústria têxtil no Brasil, uma das maiores empregadoras do país e relevante em segmentos como jeanswear e moda praia, com alto impacto ambiental devido ao uso intensivo de água e ao descarte de metais tóxicos. Para os autores, a implementação da P+L é fundamental não apenas para mitigar impactos negativos, mas também para promover um modelo de negócios mais sustentável e responsável, alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as práticas de economia circular.

3. METODOLOGIA

A conjuntura metodológica deste estudo se pauta em uma investigação exploratório-descritiva, qualitativa e com método de estudo de caso. O método escolhido se justifica pela necessidade de conhecimento abrangente e detalhado do fenômeno estudado que possibilite uma compreensão completa de suas particularidades e contextos (Gil, 2008).

Para reforçar a consistência e a abrangência dos dados coletados, foi determinado uma triangulação metodológica contendo 3 técnicas de coletas de dados. Conforme Ghunter (2006) e Denzin e Lincoln (2006), a triangulação permite a combinação de diferentes perspectivas, reduzindo possíveis vieses associados ao uso isolado de uma única técnica, oferecendo uma visão mais rica e multifacetada do fenômeno estudado.

Quanto ao cenário e sujeitos de pesquisa, foi selecionada a empresa do setor de confecção “GGS Indústria, Comércio e Serviços Ltda.”, localizada no município de Feira de Santana, Bahia. A GGS foi escolhida pela sua relevância de mercado, com atuação desde 1999 na confecção de peças do vestuário e um total de 230 funcionários. Sobretudo, ela se destaca pelas interações entre a Indústria 4.0 e P+L devido à implementação de tecnologias avançadas do setor de confecção.

No estado da Bahia, o setor de confecção apresenta características específicas que ampliam a discussão sobre a temática deste estudo. A disposição geográfica proporciona vantagens logísticas significativas e fomenta a integração da cadeia produtiva, posicionando o setor como um importante ator na economia regional. No entanto, o desafio não está apenas na logística, mas também na capacidade dessas indústrias de adotar práticas sustentáveis e tecnologias emergentes que favoreçam a inovação e a eficiência (Alban., 2017).

No que diz respeito aos procedimentos de coleta, tratamento e análise de dados, foram utilizados a combinação de três técnicas: entrevista, observação sistemática e pesquisa documental. As entrevistas foram semiestruturadas, com um roteiro previamente estabelecido de perguntas abertas, o que assegura consistência na coleta de dados, como explicado por Lakatos e Marconi (2017) e Gil (2008), que destacam a padronização das perguntas para facilitar o tratamento das respostas.

As perguntas do roteiro de entrevista foram elaboradas de acordo com a tabela 1, com as categorias de análise com base em Satyro *et al.* (2023). As entrevistas foram conduzidas exclusivamente no nível operacional, com a participação de sete funcionários de diferentes áreas de produção, buscando melhor abrangência do processo produtivo. Assim, os participantes da entrevista abrangem indivíduos que ocupam as funções de Operador de máquina de corte, Operador de máquina de costura, Operador de máquina de bordado, Técnico do maquinário, Modelista e Auxiliar Planejamento e Controle da Produção (PCP). No intuito de preservar a identidade dos entrevistados, foi estabelecido um código de identificação: “E” de Entrevistado mais a numeração sequencial das entrevistas, conforme exposto na tabela 2.

Tabela 2- Caracterização dos sujeitos de pesquisa.

Código	Função
E1	Operador de máquina de corte
E2	Operador de máquina de corte
E3	Operador de máquina de bordado
E4	Técnico do maquinário
E5	Modelista
E6	Operador de máquina de costura
E7	Auxiliar PCP

Fonte: dados da pesquisa.

Nesse contexto, as entrevistas estarão focadas no nível operacional da empresa, o que permitirá capturar as percepções daqueles diretamente envolvidos nas atividades produtivas do dia a dia. Esse formato de coleta de dados é essencial para compreender as práticas e os desafios da implementação da Indústria 4.0 e da P+L de uma perspectiva prática, levando em consideração os aspectos mais específicos da operação das máquinas, processos de produção e a interação com as tecnologias adotadas, como automação e monitoramento em tempo real.

Além disso, a observação sistemática foi utilizada para coletar dados por meio da análise das práticas adotadas na empresa, oferecendo uma visão direta sobre a dinâmica dos processos. Para realizar a observação sistemática, a empresa foi visitada três vezes, com o objetivo de entender melhor as práticas e os processos operacionais relacionados à Indústria 4.0 e P+L. Durante essas visitas, foi preenchido um checklist baseado na Tabela 1, também conforme as dimensões de Satyro et al. (2023), que orienta a identificação das tecnologias implementadas e das práticas sustentáveis adotadas pela empresa. O checklist permitiu registrar de maneira estruturada as observações sobre o uso de máquinas automatizadas, integração de sistemas e a adoção de práticas ambientais no ambiente de produção.

Por fim, a pesquisa documental foi aplicada para complementar as abordagens anteriores, utilizando documentos que ainda não passaram por tratamento analítico ou que podem ser reformulados conforme os objetivos do estudo. Foram utilizados diversos documentos e materiais da GGS, incluindo relatórios de maquinários em operação, diários de venda, os softwares utilizados pela empresa, além de um eBook de treinamento fornecido pelo software, que detalha as funcionalidades e o uso dessas ferramentas digitais no processo produtivo. Esses documentos forneceram informações importantes sobre a integração de tecnologias da Indústria 4.0 e as práticas de P+L na operação da empresa.

Nesse sentido, conforme a aplicação dessas três técnicas, esta pesquisa buscou explorar dados referentes aos três níveis organizacionais. o nível estratégico, representado pela pesquisa documental fornecida por gestores e diretores; o nível tático, composto pela observação sistemática mediante a gestão intermediária dos processos em que atuam supervisores e coordenadores; e no nível operacional, com aplicação das entrevistas envolvendo os funcionários diretamente ligados à execução das atividades produtivas. Essa abordagem permitiu capturar informações abrangentes, considerando diferentes perspectivas dentro da estrutura organizacional, o que enriquecerá a análise e aumentará a compreensão das práticas e desafios no contexto da Indústria 4.0 e P+L.

Por fim, para análise dos dados, este estudo utilizou a análise de conteúdo conforme Bardin (2011). A análise de conteúdo foi conduzida em três etapas principais: na pré-análise, o material coletado foi organizado com base em critérios de exaustividade, representatividade e homogeneidade, assegurando que nenhum dado relevante fosse excluído; na exploração do material, as respostas foram codificadas e categorizadas de maneira sistemática, utilizando tanto métodos manuais quanto ferramentas computacionais para garantir precisão; e a inferência, um processo de análise controlada que considera os elementos constitutivos da comunicação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

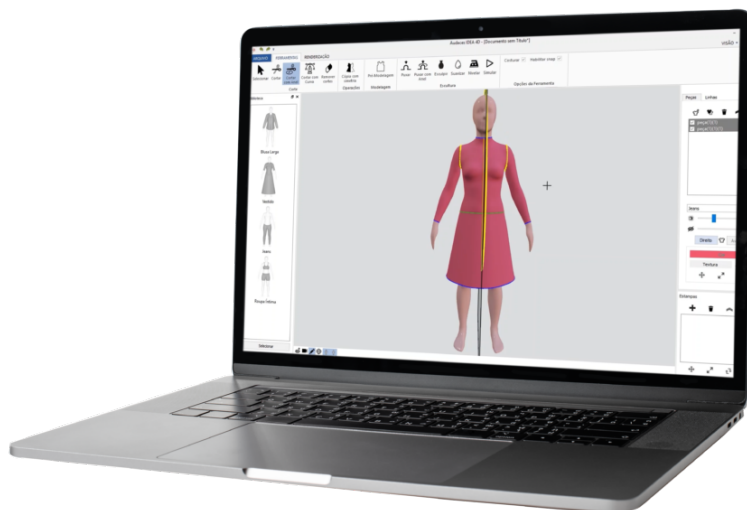
O cenário de inserção das tecnologias da Indústria 4.0 na empresa GGS iniciou nos últimos cinco anos, marcado pela aquisição de equipamentos modernos e pela implementação de sistemas integrados. Um dos principais avanços foi a introdução de uma máquina de corte de última geração, que trouxe grandes melhorias para a automação dos processos na sala de corte. Essa tecnologia avançada utiliza recursos como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e robótica, com a integração do software Audaces, conectando as máquinas à rede fabril, otimizando o controle de produção e promovendo maior precisão e aumento da produtividade.

As semelhanças entre os conceitos aplicados pela Audaces e os fundamentos teóricos da Indústria 4.0 destacam a convergência entre prática e teoria na transformação do setor produtivo. A sala de corte automatizada com auxílio do software Audaces reflete o uso de IoT, IA e sensores inteligentes, tecnologias que Xu et al. (2018) e Lu (2017) apontam como essenciais para a adaptação dinâmica dos sistemas produtivos a mudanças no ambiente fabril.

Além disso, as funcionalidades autônomas das máquinas, como o ajuste dinâmico dos pontos de partida do corte e a detecção de riscos, permitem a segurança operacional, com uma operação mais precisa e segura, reduzindo erros e acidentes. Máquinas capazes de identificar riscos e agir automaticamente para interromper atividades em situações de inconformidade, reflete os avanços mencionados por Kamble, Gunasekaran e Gawankar (2018). Essa integração de tecnologia com segurança operacional demonstra o papel dos robôs colaborativos e autônomos na criação de ambientes de trabalho mais seguros e eficientes.

A máquina apresenta ainda funcionalidades que permitem a visualização de peças no manequim digital, redução de peças-piloto e aprovação de modelos digitalmente, a qual está alinhada às ideias de Kamble, Gunasekaran e Gawankar (2018). Esses autores discutem o uso de simulações para otimizar configurações e melhorar processos produtivos, ressaltado que isso resulta em maior eficiência operacional e redução de erros.

Figura 1. Sistema 4D Audaces



Fonte: Dados da pesquisa.

A possibilidade de reutilização de modelos e a modificação em tempo real de estampas e tecidos no Audaces 4D (ver Figura 1) está de acordo com os benefícios descritos por Kamble, Gunasekaran e Gawankar (2018), que enfatizam a versatilidade das simulações para análise e

otimização de processos diversos. Entretanto, embora o software Audaces 4D ofereça possibilidades avançadas, como a visualização digital do caimento das peças, aprovação de modelos de forma virtual e redução significativa de peças-piloto, a empresa em questão não utiliza integralmente esses recursos. Apesar do potencial otimização de tempo e redução de custos que poderiam ser alcançadas com o uso dessas ferramentas, a prática adotada prioriza métodos tradicionais de prototipagem e modelagem. Essa escolha pode estar relacionada a questões como resistência à mudança, falta de treinamento especializado ou preferência por processos já estabelecidos.

Com base no exposto, as tecnologias aplicadas pela Audaces na sala de corte automatizada ilustram como os princípios da Indústria 4.0 podem resultar em processos mais conectados, inteligentes e até mais seguros. Por outro lado, também abre a reflexão sobre como a implantação dessas tecnologias necessita de um amadurecimento na cultura organizacional.

A integração plena das soluções digitais demanda uma mudança de mentalidade, principalmente da alta gestão, para reconhecer e abraçar os benefícios da transformação digital. Sensibilizar a liderança para a importância da adoção integral desses recursos é fundamental para superar as resistências internas. Além disso, a capacitação contínua dos colaboradores e o suporte técnico adequado podem acelerar a transição para um ambiente totalmente digitalizado, o que trará não apenas a otimização de processos, mas também um diferencial competitivo em um mercado cada vez mais voltado para a inovação tecnológica.

4.1 Implementação da indústria 4.0 na empresa e as práticas sustentáveis

Com base na pesquisa realizada, foi possível perceber que as máquinas avançadas e softwares inteligentes interagem para otimizar processos e reduzir custos, permitindo à empresa um diferencial competitivo. A máquina digital de bordado, um equipamento que incorpora tecnologias avançadas de automação para criar bordados complexos com rapidez e precisão atua sob um sistema totalmente integrado a sensores e conectado por meio da IoT, permitindo o monitoramento em tempo real do processo produtivo. O uso de sensores garante que os tecidos sejam tratados com o máximo de cuidado, evitando danos e desperdício de materiais.

A maximização, aproveitamento e redução de perdas de matéria-prima, promove eficiência e sustentabilidade. Essa prática está de acordo com o estudo de Baêta (2023) que aponta os benefícios econômicos e ambientais decorrentes da gestão eficiente de recursos, indicando que a redução de desperdícios também mitiga impactos ambientais negativos.

A máquina de corte automática de tecidos, por sua vez, é projetada para otimizar uma das etapas mais críticas da produção têxtil. Esse equipamento utiliza sensores de alta precisão para realizar cortes exatos de acordo com os moldes previamente configurados em um software integrado. A utilização dessa tecnologia minimiza o desperdício de tecido ao garantir que cada peça seja cortada com exatidão. Isso também reduz o tempo necessário para completar a etapa de corte, acelerando o ciclo produtivo e possibilitando maior agilidade no atendimento às demandas de mercado. A integração do equipamento com um software específico ainda permite que padrões de corte sejam otimizados antes mesmo de serem aplicados, potencializando ainda mais a eficiência e a sustentabilidade do processo.

A Figura 2 ilustra a interface do software Audaces em operação, utilizando IA para maximizar o aproveitamento do tecido. No layout apresentado na imagem, a IA conseguiu calcular com precisão um aproveitamento de 84,64% do material disponível, demonstrando o nível de otimização que a ferramenta oferece.

Figura 2. Encaixe de moldes feito pelo programa Audaces



Fonte: Dados da pesquisa.

A interface mostra claramente os moldes posicionados sobre a área de tecido, permitindo que o operador visualize e analise o planejamento antes do envio para o corte. Esse recurso é fundamental para evitar erros e ajustar parâmetros que possam melhorar ainda mais o desempenho do processo. O uso da IA para gerenciar o encaixe não apenas reduz o desperdício de materiais, mas também contribui para práticas mais sustentáveis ao minimizar resíduos. O monitoramento em tempo real e a conectividade entre sistemas ecoam os princípios da P+L mencionados por Cunha, Pires e Paula (2023). Esses autores destacam que a implementação de um programa de P+L facilita a adoção de sistemas ecoeficientes, o que gera indicadores ambientais e promove melhorias contínuas nos processos.

O uso de mais de 300 sensores na máquina reflete a integração tecnológica que suporta esse tipo de monitoramento, garantindo não apenas eficiência, mas também um ambiente produtivo mais seguro. A máquina proporcionou uma economia de energia e aumento da velocidade de corte. Esses fatores, combinados à redução de custos com matéria-prima e à maior precisão operacional, mostram como a integração de tecnologias avançadas e princípios de P+L podem tornar as operações industriais mais competitivas e sustentáveis.

Durante as entrevistas, os participantes enfatizaram que a implementação da Indústria 4.0, em particular a automação dos processos de corte de tecidos, trouxe uma mudança substancial no modo de operação da empresa. De acordo com os entrevistados E1 e E7, a automatização foi essencial para melhorar a produção, especialmente no que diz respeito à redução de desperdícios e ao aumento da eficiência no tempo de trabalho.

E1- “Olha, afeta muito. Principalmente na área de produção... no desperdício e no tempo, ajuda mesmo. Em questão do desperdício, né? Que diminuiu também bastante.”

E7- “A máquina de corte mais moderna gerou menos desperdício de tecido, o que teve um impacto positivo tanto na produção quanto no reaproveitamento do material residual.”

E5- “Primeiramente, qualificação, né? Onde a mão de obra... teve que qualificar para agilizar também”

E2- “Houve falha de energia, por exemplo, em alguns momentos, mas com o tempo a gente foi se adaptando.”

Outro ponto relevante que surgiu nas entrevistas foi o impacto da adaptação dos funcionários à nova tecnologia. O entrevistado E5 destacou que a qualificação da mão de obra

foi essencial para garantir a eficácia da automação, uma vez que a mudança exigiu novas habilidades para operar as máquinas automatizadas. Essa fala reforça a ideia de que a introdução da Indústria 4.0 não é apenas uma questão de instalar novas máquinas, mas também de promover um processo de qualificação contínua da equipe.

Por outro lado, o entrevistado E2 compartilhou um desafio inicial com as máquinas, como falhas de energia que dificultaram o início das operações. No entanto, essas dificuldades foram superadas à medida que a empresa se acostumou com as tecnologias. Esse depoimento reflete os desafios típicos da adoção de novas tecnologias. Problemas inesperados, como falhas técnicas, são comuns, mas a persistência e a adaptação da equipe permitiram que esses obstáculos fossem superados ao longo do tempo. Isso ilustra a importância de um processo de transição gradual e do acompanhamento constante das operações.

Em resumo, as respostas dos entrevistados destacam que a implementação da Indústria 4.0 trouxe benefícios tangíveis para a empresa, como a redução de desperdícios, aumento da produtividade e melhorias na qualidade do produto. Entretanto, também foi evidente que desafios como a qualificação da mão de obra e problemas técnicos iniciais precisaram ser enfrentados para garantir uma transição bem-sucedida. A análise dessas respostas permite refletir que, apesar das dificuldades iniciais, a automação no setor de confecção foi um passo importante para a empresa, proporcionando resultados positivos em termos de eficiência e sustentabilidade.

4.2 Estratégias de Produção mais Limpa associadas à Indústria 4.0 na GGS

Conforme as práticas observadas e as falas dos entrevistados mediante as estratégias de P+L e indústria 4.0, proposto por Satyro et al. (2023), elaborou-se a Tabela 3 no intuito de expor os principais resultados encontrados.

Mediante a análise dos resultados, a empresa adota práticas avançadas para o gerenciamento de recursos, energia e desperdícios, com o uso de sistemas automatizados de corte, controle de estoques e monitoramento em tempo real. Essas iniciativas são fundamentais para a redução do impacto ambiental e para a melhoria da performance operacional, alinhando-se com as diretrizes propostas por Satyro et al. (2023) sobre o uso de tecnologias para promover práticas mais responsáveis e eficientes.

Tabela 3. Estratégias de Produção Mais Limpa associadas à Indústria 4.0 na GGS

Dimensão	Entrevistados	Reflexões
Estratégia	E1 – “Se você não estudar bem antes de fazer um encaixe, será um desperdício muito grande.” E5 – “Hoje a gente joga aqui as peças do molde e o programa automaticamente procura fazer o encaixe da melhor forma possível.” E4 – “As máquinas mais modernas trazem sistemas que não consomem tanto quanto as antigas. Isso colabora, sim, para o meio ambiente e para a sociedade como um todo.”	As falas dos entrevistados confirmam que estratégias relacionadas à seleção de processos e tecnologias ecologicamente corretos, aliadas ao uso da Indústria 4.0, promovem eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental. No entanto, essas iniciativas precisam ser complementadas com ações que abordem impactos sociais, como a capacitação dos trabalhadores para atuar em um ambiente mais tecnológico.
Desperdícios	E3 – “Já chega tudo certinho. No caso, se eu vou bordar as mangas, eu vou estar com a ficha. Vai ser só as mangas, só o peito. Então, para mim, não tem muito o que separar aqui.” E6 – “A gente perdia a sobra do tecido, também diminuiu, porque o menino consegue fazer um encaixe com maior aproveitamento. Então tudo isso reduziu a sobra, o desperdício.”	As respostas dos entrevistados revelam que a gestão de resíduos no setor de confecção vai além da separação e reciclagem, envolvendo práticas integradas à produção automatizada. A separação bem-estruturada e a venda de resíduos para reaproveitamento demonstram uma conscientização crescente sobre os impactos ambientais. Por outro lado, os sistemas tecnológicos, com sua precisão e eficiência, desempenham um papel central na

	E7 – “Acho que pelo corte sair perfeitinho já dá uma redução, sai tudo minuciosamente cortado assim.”	redução do desperdício, otimizando a utilização de recursos.
Reciclagem	E7 – “A gente não tem um sistema 100%. É tudo no manual ainda, né? Porque é só eu. Então a gente não tem os sistemas, mas a gente usa o Excel para planilhar as coisas. Hoje em dia está parado, mas está sendo mais um manual.” E6 – “As meninas sempre, normalmente as auxiliares, vem me mostrar se isso aqui passa, se isso aqui não passa, se isso aqui vai para o retalho, se isso aqui vai para o corte.”	A análise evidencia que a falta de um sistema automatizado e mais alinhado aos preceitos da Indústria 4.0 impede um aproveitamento mais eficiente dos recicláveis. A separação ainda depende, em grande parte, de procedimentos manuais, o que limita o impacto positivo da estratégia. Assim, a implementação de tecnologias e a padronização de processos poderiam beneficiar a fábrica, otimizando as práticas de reciclagem e maximizando os benefícios ambientais e produtivos.
Vida Útil	E5 – “Sim, percebo sim, porque questão de tecido, questão de qualidade, né? Questão de tinta, a pintura... Então tudo isso, né? Requer uma vida útil a roupa né?” E6 – “A gente conversa com as costureiras, está incentivando elas, mostrando a elas que tem que fazer qualidade bem feito, tem que olhar ponto, tem que olhar.”	Percebe-se que, embora existam iniciativas voltadas para a durabilidade dos fardamentos, elas ainda são dependentes de práticas manuais e escolhas individuais. A introdução de sistemas tecnológicos específicos, alinhados com as premissas da Indústria 4.0, poderia não apenas fortalecer essas iniciativas, mas também criar uma abordagem mais sistemática e eficaz para garantir a longevidade dos produtos e minimizar desperdícios.
Recursos	E4 - “Corte manual, você tem um papel base em baixo e um papel com molde em cima. Já no corte automático a gente só tem um papel base em baixo. Em cima já é tudo eletrônico por parte da máquina. Então sim, reduz uma quantidade pela metade. Na verdade, na produção.” E3 - “Tem hora que a máquina não tá feita a manutenção. Tem cabeças que sai mais linha do que a outra, como ali agora ela tá limpando a menina, né? Porque tem umas cabeças que sai mais linha do que a outra. Aí a gente chama o mecânico, o mecânico quando não está trabalhando lá em cima, ele vem aqui e olha.”	Portanto, o uso da Indústria 4.0 para gerenciar recursos de forma eficiente vai além da simples automação; ele envolve a integração de sistemas inteligentes que trabalham juntos para otimizar a produção, reduzir desperdícios e maximizar a utilização de materiais. A manutenção preventiva e a constante atualização dos sistemas são fundamentais para garantir que esses recursos sejam aproveitados ao máximo, promovendo uma produção mais sustentável e eficiente.
Energia	E4 - “A economia de energia hoje faz as máquinas ficarem mais leves, isso é bom. Muitas empresas conseguem fazer isso com perfeição, mas muitas acabam tornando as máquinas frágeis além do limite, então, às vezes eu tenho problemas de quebras repentinas de determinadas partes da máquina, justamente por serem modificadas nas versões mais novas.” E2 - “Com certeza a gente reduz mais o tempo de corte com a máquina. Ela corta mais rápido, a cada tecido a gente coloca uma certa velocidade que a máquina seja capaz de cortar rápido.”	Em suma, a adoção de tecnologias mais eficientes, juntamente com práticas operacionais conscientes, tem contribuído para a otimização do consumo de energia nas operações. No entanto, ainda há desafios, como a falta de informações precisas sobre os impactos diretos da automação na economia de energia, evidenciando a necessidade de um monitoramento mais sistemático desses dados.
Produção	E1 - “Olha as etapas de produção, no caso, é assim, a gente tem uma data específica para cortar na linha de produção. Lá ela funciona da mesma maneira, porém o prazo dela já é um pouco mais longo do que o meu.” E6 - “Tudo que entra na fábrica a gente faz uma cronoanálise, certo? E com essa crono análise tem todo o processo que vai ser feito. A gente vai imprimir, mostra a auxiliar a sua construir a cada processo a ser feito, tempo e quantas peças vão me dar no final do dia.”	Essas respostas indicam que, embora a Indústria 4.0 traga ferramentas para organizar e otimizar a produção, a divisão de responsabilidades e o uso de tecnologias de controle variam conforme a estrutura de cada setor, com algumas áreas mais integradas aos sistemas ou com maior autonomia na gestão de suas tarefas. A implementação de sistemas de Gestão Empresarial ERP (Enterprise Resource Planning), como o TOTVS, também demonstra uma tentativa de centralizar a

		gestão e facilitar o acompanhamento da produção, mas as práticas ainda são, em grande parte, distribuídas entre os diferentes departamentos da fábrica.
Trabalho	<p>E1- “Hoje, o risco de acidente na máquina de corte é praticamente... não digo zero, mas diminuiu bastante. O risco era 50% e 60% antes, agora é muito menor.”</p> <p>E2- “Hoje, com a máquina, a produção que antes levava uma semana, hoje a fazemos em um dia, com menos pessoas.”</p> <p>E2 – “O ponto positivo, mas pela empresa também assim, né? Porque ela tem um número maior de produção, né? Um lucro maior, mas, porém, reduz os funcionários, né? Ou seja, assim não é tão bom para os funcionários, porque reduz o que ele poderia estar fazendo.”</p> <p>E5 – “Eu acredito que novos maquinários, às vezes reduz a mão de obra, mas, porém, eu acho que já traz o quê? Mais qualidade, mais produção. E, enfim, eu acredito que seja um ponto positivo, né? O negativo eu acredito que seja essa parte que às vezes a gente compra uma máquina, mas enfim, 2 ou 3 funcionários, às vezes perde.”</p>	Apesar das melhorias na produção e na qualidade geradas pela automação, há um impacto social relevante relacionado à diminuição de oportunidades de emprego. Os entrevistados percebem que a substituição de trabalhadores por máquinas pode gerar insatisfação e desafios para a força de trabalho, destacando a necessidade de um equilíbrio entre avanço tecnológico e preservação dos empregos. Em suma, as respostas mostram que a Indústria 4.0 trouxe avanços importantes para a segurança, a organização do trabalho e a produtividade no setor de confecção. No entanto, também evidenciam desafios relacionados à manutenção, preservação de empregos e adaptação dos trabalhadores às novas tecnologias. Esses aspectos devem ser cuidadosamente gerenciados para garantir que os benefícios da automação sejam maximamente aproveitados.
Desempenho	<p>E2 – “Ah, os clientes hoje estão mais satisfeitos, né? Porque antigamente demorava as entregas, né? Hoje não. Hoje a gente coloca um prazo maior, mas entrega na metade do prazo que a gente oferece.”</p> <p>E1 – “Como eu falei, melhorou muito. A gente tinha muita reclamação, porque muita camisa aqui cortada, manual, dependendo do tipo de malha, é um pouco complicado para o humano cortar manual. Hoje a reclamação praticamente é zero.”</p> <p>E4 – “Hoje a gente tem máquinas bem mais modernas que ajudam na produção, no entanto, por parte do fabricante, às vezes a gente tem muito segredo industrial, então é algo imparcial. Às vezes é fácil, às vezes é algo mais complicado porque a gente não tem acesso a determinadas informações, então acaba atrapalhando também a questão de patentes e tudo.”</p>	Em suma, as interações com as partes interessadas, como clientes e fornecedores, têm um impacto direto no desempenho organizacional. Quando os fornecedores fornecem o suporte adequado, a produção se torna mais eficiente e a satisfação do cliente aumenta, como evidenciado pelas falas dos entrevistados. No entanto, a falta de transparência e o limitado suporte de alguns fornecedores podem ser um obstáculo para otimizar a eficiência e a autonomia da produção.
Ambiente	<p>E1 – “... alguns resíduos a gente separa e é reutilizado. Muitas pessoas compram esses resíduos, outros são descartados. Aí tem o local da empresa de descartar os que não prestam e aí dão o destino.”</p> <p>E2 – “É hoje, hoje a gente está assim. Hoje aqui na hora vira lixo, né? Então assim já é um bom. Pela natureza, né? A gente não joga lixo fora. Tudo é reciclável.”</p> <p>E3 – “É bom porque facilita, né? Facilita e como eu lhe falei a respeito desses aí que os meninos cortam, que hoje, que antigamente jogava fora e hoje não joga mais, então já está sendo bem para o meio ambiente, né?”</p>	A empresa já adota algumas práticas de gestão ambiental, mas há um grande potencial para melhorar com a implementação de novas tecnologias. Enquanto alguns reconhecem o impacto positivo da automação e da organização no ambiente de trabalho, outros demonstram que o uso de tecnologias para a gestão ambiental ainda está em fase de amadurecimento. No entanto, para a grande maioria, a tecnologia quando bem implementada e controlada, pode trazer benefícios tanto para a sustentabilidade ambiental quanto para a eficiência operacional da empresa.

Fonte: dados da pesquisa.

Um dos aspectos consideráveis da pesquisa foi o foco no uso de sistemas automatizados para otimização do consumo de energia e controle de materiais, o que reflete diretamente nas dimensões de "energia" e "recursos". Isso é coerente com o que é discutido por Ma et al. (2024),

que destacam o impacto positivo de tecnologias como a IoT e sensores inteligentes no monitoramento e redução do consumo de recursos. A empresa também demonstra uma forte gestão de resíduos, alinhada à estratégia de otimização do descarte e reciclagem, o que contribui para um ciclo produtivo mais sustentável.

No entanto, a pesquisa também apontou que, apesar da adoção de tecnologias avançadas, a empresa ainda enfrenta desafios em algumas áreas, como a necessidade de maior investimento em treinamentos contínuos para capacitar a equipe, o que é essencial para garantir a operação eficiente das tecnologias implementadas. Esse ponto é relevante, pois como apontado por Silva e Bruno (2023), a capacitação dos trabalhadores é relevante para aproveitar todo o potencial das tecnologias da Indústria 4.0, especialmente quando se busca integrar práticas sustentáveis de maneira eficaz.

Portanto, os resultados indicam que, embora a empresa esteja avançando significativamente na implementação de práticas de P+L, há áreas que ainda necessitam de aprimoramento para maximizar os benefícios das tecnologias adotadas, principalmente no que se refere ao treinamento de pessoal e à gestão de segurança no trabalho, aspectos essenciais para um futuro mais sustentável e eficiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar a relação entre a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 e a promoção de práticas de Produção Mais Limpa (P+L) no setor de confecção, com foco em uma empresa localizada na Bahia. A pesquisa buscou compreender como as tecnologias emergentes podem contribuir para a sustentabilidade das empresas desse setor, considerando os desafios e as oportunidades que surgem no contexto local.

Através de uma abordagem qualitativa realizada por meio de entrevistas, pesquisa documental e observação sistemática, foi possível analisar de forma abrangente a aplicação da Indústria 4.0 e das estratégias de P+L no setor de confecção do interior da Bahia.

Os resultados mostraram que, embora existam barreiras para a adoção plena das tecnologias da Indústria 4.0, a integração com práticas de P+L apresenta um grande potencial para melhorar a eficiência e sustentabilidade dos processos produtivos. Foi possível observar que a adoção de tecnologias avançadas, como máquinas que utilizam sensores, inteligência artificial e sistemas automatizados de controle de materiais, tem gerado impactos positivos na eficiência produtiva e na redução de desperdícios nas empresas estudadas.

Além disso, os resultados a partir da percepção dos entrevistados acerca da integração entre as práticas da Indústria 4.0 e as estratégias de P+L destacaram tanto os desafios quanto os avanços percebidos nas organizações. A aplicação de tecnologias de automação, junto ao uso de softwares especializados, demonstrou um potencial claro para otimizar processos produtivos e garantir a sustentabilidade, que é um dos pilares da P+L. No entanto, a implementação da Indústria 4.0 também trouxe desafios, como a diminuição no quadro de funcionários, refletindo uma transição difícil para alguns setores. Esse fenômeno, embora positivo em termos de produtividade, gerou impactos sociais e emocionais nas equipes, gerando uma necessidade de adaptação das práticas de gestão de pessoas e treinamento.

Ainda que o estudo tenha se focado em uma amostra do setor de confecção, as conclusões obtidas podem servir como um parâmetro para outras indústrias do setor, especialmente nas regiões que estão em processo de transformação digital. As evidências de que a adoção das tecnologias da Indústria 4.0, aliadas a práticas de P+L, contribuem para a redução de custos, aumento de produtividade e sustentabilidade organizacional são claras. No entanto, a resistência à mudança e a falta de treinamento especializado se mostram como obstáculos a serem superados.

Neste contexto, este estudo contribui com implicações teóricas e também práticas ao tratar da importância da Indústria 4.0 como um motor essencial para a modernização do setor

têxtil e da confecção, além de destacar que a integração de práticas de P+L não apenas fortalece a sustentabilidade, mas também contribui para a melhoria contínua e a competitividade das empresas no mercado globalizado. É fundamental que as empresas do setor se adaptem a esse novo contexto, investindo em tecnologia, inovação e capacitação para manterem-se relevantes no cenário atual e futuro da indústria.

Este estudo, embora tenha contribuído para a compreensão da relação entre a Indústria 4.0 e as práticas de Produção Mais Limpa no setor de confecção, apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Primeiramente, a pesquisa foi de natureza qualitativa, o que restringe a generalização dos resultados para outros contextos e realidades do setor. Além disso, o estudo foi realizado em apenas uma empresa de confecção localizada no interior da Bahia, o que limita a aplicabilidade dos achados a empresas com características diferentes, seja em termos de porte ou localização. Por fim, a análise foi centrada em um setor específico, o que pode não refletir as particularidades de outras indústrias que também buscam integrar as tecnologias da Indústria 4.0 com práticas sustentáveis.

Portanto, para futuras pesquisas, sugere-se a realização de estudos quantitativos que permitam medir os impactos da adoção das tecnologias da Indústria 4.0 nas práticas de P+L. Além disso, seria interessante expandir a pesquisa para empresas de outros portes, a fim de comparar as estratégias adotadas e os resultados obtidos, fornecendo resultados importantes sobre as diferentes dinâmicas da Indústria 4.0 e P+L em contextos variados.

REFERÊNCIAS

- Alban, A. R. A. (2017). Estudo De Mercado Indústria: Confecções. *SEBRAE - Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas Bahia*.
- Baêta, D. G. et al. (2023). Produção Mais limpa: contribuições, barreiras, tendências e oportunidades. *Revista Pretexto*, 24(4). pretexto/article/view/9501
- Bardin, Laurence. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Chou, J.-R. (2024). An integrative review exploring the development of sustainable product design in the technological context of Industry 4.0. *Advanced Engineering Informatics*, 62, p. 102689–102689. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102689>
- Cunha, S. F. T.; Pires, M. L.; Paula, L. D. R. (2023). Produção Mais limpa: uma ferramenta sustentável. *Paramétrica*, v. 15, n. 1, p. 1–17.
- Denzin, Normam K., Lincoln, Yvonna S. (2016). *O planejamento da pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Penso.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas De Pesquisa Social*. 6. ed. São Paulo: Atlas.
- Günther, Hartmut. (2006) Pesquisa Qualitativa versus Pesquisa Quantitativa. Esta é a questão? *Revista Psicologia: Teoria e Pesquisa*. 22(2), p.201-210, Universidade de Brasília.
- Hens, L. et al. (2018). On the evolution of “Cleaner Production” as a concept and a practice. *Journal of Cleaner Production*, v. 172, p. 3323–3333. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.082>
- Kamble, S. S.; Gunasekaran, A.; Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: a Systematic Literature Review Identifying the Current Trends and Future Perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 117, p. 408–425, 10.1016/j.psep.2018.05.009.
- Lakatos, E. M. Marconi, M. DE A. (2017). *Fundamentos de Metodologia Científica*. 8. ed. São Paulo: Atlas.
- Liao, Y. et al. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, v. 55, n. 12, p. 3609–3629. 10.1080/00207543.2017.1308576

- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, v. 6, n. 1, p. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Luthra, S. et al. (2021). Industry 4.0, Cleaner Production, and Circular Economy: An important agenda for improved Ethical Business Development, *Journal of Cleaner Production*, 326, 129370, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129370>.
- Ma, S. et al. (2024). Industry 4.0 and cleaner production: A comprehensive review of sustainable and intelligent manufacturing for energy-intensive manufacturing industries. *Journal of Cleaner Production*, v. 467, p. 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142879>
- Oliveira Neto, G. C. O. et al. (2019) Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, v. 228, p. 1514–1525. 10.1016/j.jclepro.2019.04.334
- Oliveira Neto, G.C., da Silva, D., Arns, V.D. et al. (2025). Industry 4.0 technologies moderately spurred micro-level circular economy considering cleaner production, not promoting sustainable performance. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 22, 5817–5840. <https://doi.org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13762-024-06010-y>
- Rajput, S. & Singh, S. P. (2020). Industry 4.0 Model for circular economy and cleaner production, *Journal of Cleaner Production*, 277,123853, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123853>
- Reis, M. G.; Scoton, E. J. (2023). Estudo Sobre os Impactos da Sustentabilidade na Indústria 4.0. *Environmental Science & Technology Innovation*, Bauru, v. 1, n.2, p. 151-170.
- Roblek, V.; Mesko, M.; Krapez, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, v. 6, n. 2, 20. <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Satyro, W. C. et al. (2021). Implementing Industry 4.0 through Cleaner Production and Social Stakeholders: Holistic and Sustainable Model. *Sustainability*, v. 13, n. 22, p. 1-16, 12. <https://doi.org/10.3390/su132212479>
- Satyro, W. C. et al. (2023). Industry 4.0 Implementation Projects: The Cleaner Production Strategy—A Literature Review. *Sustainability*, v. 15, n. 3, p. 1-18, 1 jan. 2023. <https://doi.org/10.3390/su15032161>
- Silva, A. D. O. F.; Bruno, D. F. (2023). Produção Mais limpa: Contribuições Da Indústria 4.0 Para A Sustentabilidade: uma análise crítica. *Interface Tecnológica*, v. 20, n. 2, p. 634–644. <https://doi.org/10.31510/infa.v20i2.1798>
- Silva, R. G. Da; Silva, V. P. DA. (2017). Produção Mais limpa: contributos teórico-práticos para a sustentabilidade da cerâmica vermelha. *Cerâmica*, v. 63, n. 368, p. 494–507, <https://doi.org/10.1590/0366-69132017633682173>
- Sousa, T. B. et al. (2024). Trends in the global research on the relationship between cleaner production and industry 4.0: a bibliometric literature review. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 42(2), 189–213. [10.1080/21681015.2024.2405100](https://doi.org/10.1080/21681015.2024.2405100)
- UNEP- United Nations Environment Programme. (2001). *International Declaration on Cleaner Production, 2001*.
- Xu, L. D.; Xu, E. L.; Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 8, p. 2941–2962. 10.1080/00207543.2018.1444806
- Xu, X. et al. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 61, n. 1, p. 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>