MODA SUSTENTÁVEL COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Giulia Mel Astrini Medalha (IC) e Juliana Bertolini (Orientador)

Apoio:PIBIC Mackenzie

RESUMO

Este artigo analisa a aplicação da inteligência artificial na indústria da moda como ferramenta de enfrentamento aos desafios da sustentabilidade, considerando seus aspectos ambientais, sociais, econômicos e éticos. A pesquisa busca compreender de que forma tecnologias baseadas em IA podem contribuir para a redução dos impactos associados aos atuais modelos de produção e consumo do setor. Para isso, adota-se uma abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, fundamentada em revisão bibliográfica e documental sobre moda sustentável, economia circular, inovação tecnológica e ética da inteligência artificial. São analisadas aplicações como previsão de demanda, prototipagem digital, recomendação e ajuste virtual, controle produtivo e triagem de resíduos têxteis, que apresentam potencial para reduzir excedentes, amostras físicas, devoluções, desperdícios e perdas de materiais. Ao mesmo tempo, o estudo considera limitações relacionadas ao consumo de energia, tratamento de dados pessoais, vieses algorítmicos, transformações no trabalho, desigualdade de acesso e questões de autoria. Os resultados indicam que a inteligência artificial pode contribuir para uma moda mais sustentável, porém seus benefícios dependem da forma como essas tecnologias são implementadas e integradas às decisões empresariais. Conclui-se que a IA deve atuar como ferramenta de apoio a estratégias efetivas de sustentabilidade, associada a metas verificáveis, supervisão humana e governança transparente, especialmente na redução da produção excessiva, no prolongamento da vida útil das peças e na recuperação de materiais.

Palavras-chave: Moda sustentável. Inteligência artificial. Economia circular.

ABSTRACT

This article analyzes the application of artificial intelligence in the fashion industry as a tool for addressing sustainability challenges, considering environmental, social, economic, and ethical aspects. The research aims to understand how AI-based technologies can contribute to reducing the impacts associated with current production and consumption models in the sector. To achieve this, the study adopts a qualitative, exploratory, and descriptive approach, based on a bibliographic and documentary review of sustainable fashion, circular economy, technological innovation, and artificial intelligence ethics. Applications such as demand forecasting, digital prototyping, recommendation and virtual fitting systems, production control, and textile waste sorting are analyzed, as they have the potential to reduce surplus production, physical samples, returns, waste, and material losses. At the same time, the study considers limitations related to energy consumption, personal data processing, algorithmic bias, changes in labor, unequal access to technology, and authorship issues. The results indicate that artificial intelligence can contribute to a more sustainable fashion industry; however, its benefits depend on how these technologies are implemented and integrated into business decision-making. It is concluded that AI should serve as a supporting tool for effective sustainability strategies, combined with measurable goals, human oversight, and transparent governance, particularly in reducing overproduction, extending the lifespan of garments, and promoting material recovery.

Keywords: Sustainable fashion. Artificial intelligence. Circular economy.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da moda reúne criação, produção industrial, circulação de mercadorias e construção de identidades. Essa amplitude ajuda a explicar por que seus impactos ambientais e sociais não se concentram em um único ponto. Eles aparecem na extração e no cultivo das matérias-primas, no consumo de água e energia, no tingimento e acabamento dos tecidos, no transporte entre diferentes países, nas condições de trabalho e, por fim, no descarte das peças. Segundo Thomas (2019), a consolidação do fast fashion agravou esse quadro ao encurtar o intervalo entre coleções e estimular a substituição frequente de roupas ainda utilizáveis. Portanto, o problema não decorre apenas de um material ou de uma fábrica, mas do modo acelerado como o sistema produz, vende e descarta.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente relaciona a cadeia têxtil a emissões de gases de efeito estufa, consumo expressivo de água e geração crescente de resíduos (UNEP, 2019). Esses efeitos se acumulam porque as etapas não são independentes: a escolha da fibra interfere no beneficiamento, a construção da peça influencia sua durabilidade e a composição determina se o material poderá ser recuperado. A Ellen MacArthur Foundation (2017) sustenta, por isso, que a transformação da moda depende de outra lógica para projetar, produzir, utilizar e recuperar roupas e materiais. Lançar uma pequena coleção com tecido reciclado, por exemplo, produz alcance limitado se a empresa mantém volumes crescentes, peças pouco duráveis e nenhuma estrutura de retorno. A sustentabilidade aparece quando critérios ambientais orientam o conjunto das decisões, e não apenas um produto divulgado como responsável.

Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) tem se consolidado como tecnologia capaz de intervir em diferentes etapas da cadeia de valor. De acordo com Luce (2018), sistemas inteligentes podem apoiar a previsão de tendências e demanda, a gestão de estoques, a personalização e a tomada de decisões. Genova e Moriwaki (2016) acrescentam que a integração entre computação, materiais e design favorece processos digitais de criação e simulação, reduzindo a dependência de amostras físicas. Em etapas posteriores, visão computacional, classificação automatizada e robótica pode apoiar a identificação de fibras e a triagem de resíduos, como demonstram Zhong et al. (2023) e Spyridis et al. (2024).

O potencial técnico, contudo, não torna a IA automaticamente sustentável. A infraestrutura computacional consome recursos; os sistemas dependem de dados cuja qualidade pode reproduzir vieses; a automação altera atividades profissionais; e a capacidade de investimento permanece concentrada em organizações de maior porte. Segundo a UNESCO (2022), a governança da IA deve observar transparência,

responsabilidade, equidade e direitos humanos. Vinuesa et al. (2020) igualmente assinalam que a tecnologia pode favorecer diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, mas também dificultá-los quando reforça concentração econômica, exclusão ou práticas ambientalmente inadequadas.

Dessa forma, torna-se relevante investigar de maneira integrada as contribuições e os limites da IA para a moda sustentável. Embora a literatura apresente estudos sobre inovação tecnológica, circularidade, design, varejo e ética, essas dimensões são frequentemente analisadas de modo fragmentado. A aproximação entre elas permite evitar tanto o determinismo tecnológico, que apresenta a inovação como solução suficiente, quanto a rejeição abstrata da tecnologia, que ignora aplicações capazes de reduzir perdas e qualificar decisões.

A questão central, portanto, não é apenas saber se a indústria da moda utiliza inteligência artificial, mas verificar quando esse uso provoca redução concreta de impactos e quando apenas torna mais rápida a lógica de produção existente. A partir dessa distinção, o artigo investiga as contribuições efetivas da IA para a sustentabilidade e os limites éticos, sociais e econômicos de sua adoção. O objetivo é confrontar as aplicações anunciadas pelo setor com suas condições materiais de funcionamento. Para isso, a discussão reúne moda sustentável e economia circular; examina previsão de demanda, design, produção, varejo e reciclagem; e considera governança, trabalho, desigualdade tecnológica e greenwashing. Essa organização permite avaliar não somente o que cada ferramenta promete, mas quais decisões precisam mudar para que a promessa se converta em resultado.

O desenvolvimento está organizado em quatro movimentos complementares. O primeiro apresenta os impactos do modelo linear e os princípios da circularidade. O segundo discute a incorporação da IA ao sistema da moda e suas principais aplicações. O terceiro examina limites éticos, sociais e econômicos, com atenção aos países em desenvolvimento e ao contexto brasileiro. Por fim, uma síntese crítica articula convergências, tensões e lacunas da literatura, preparando a resposta ao problema de pesquisa nas considerações finais.

2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

A relação entre moda sustentável e inteligência artificial exige observar, ao mesmo tempo, a ferramenta e o ambiente no qual ela é usada: equipes, metas comerciais, dados, fornecedores, infraestrutura e regras de decisão. É esse conjunto que caracteriza um sistema sociotécnico. Um modelo pode prever queda na procura por uma calça, por exemplo, mas não haverá redução de excedente se a área de compras mantiver o pedido original para cumprir uma meta de volume. Do mesmo modo, reconhecer automaticamente a composição de um tecido não produz circularidade quando não há coleta ou destino para o material separado. Assim, o resultado ambiental não pertence ao algoritmo isoladamente; ele surge da maneira como pessoas e organizações transformam a informação em ação material.

2.1 Moda sustentável, fast fashion e economia circular

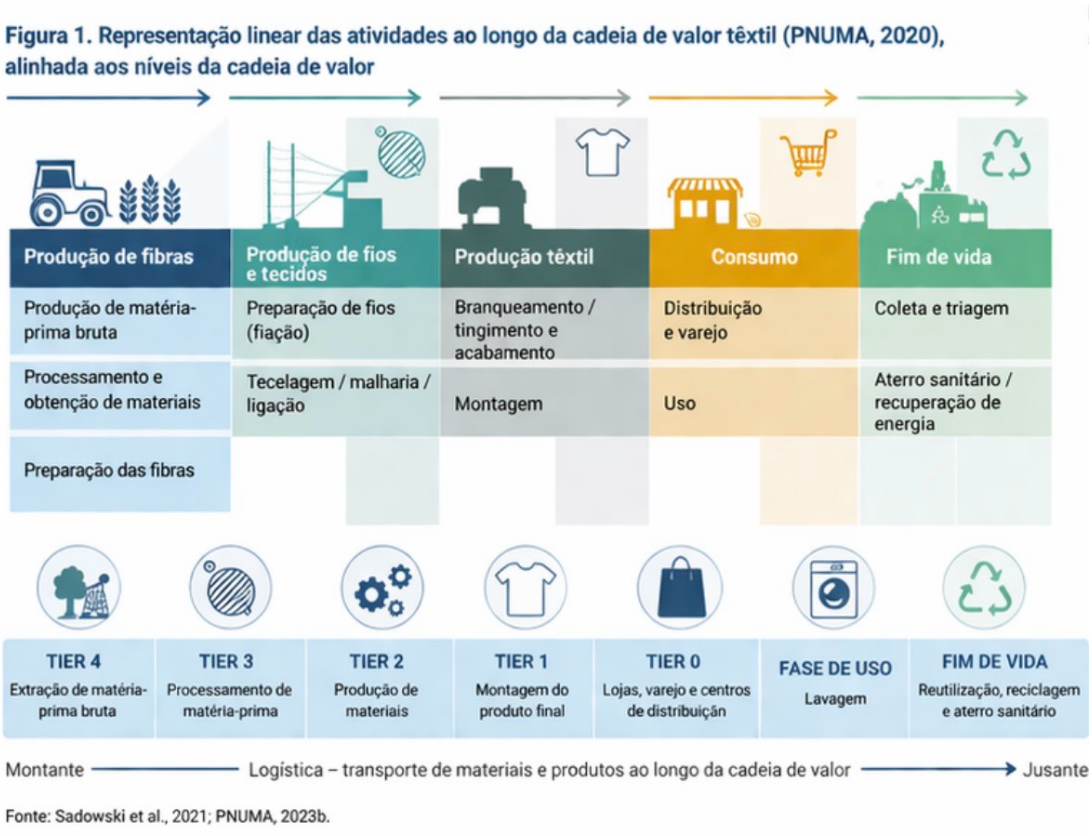
A moda sustentável compreende abordagens destinadas a reduzir danos ambientais e sociais e a ampliar a responsabilidade sobre o ciclo de vida de roupas, acessórios e materiais. Fletcher (2012) desloca a discussão da simples substituição de insumos para uma reflexão sobre design, uso, durabilidade e sistemas de produção. Essa perspectiva é importante porque uma fibra apresentada como ambientalmente preferível não resolve, isoladamente, problemas ligados ao volume produzido, à baixa utilização das peças ou às condições de trabalho. Sustentabilidade implica avaliar relações entre matéria-prima, fabricação, distribuição, consumo e fim de vida.

Thomas (2019) demonstra que o fast fashion se apoia em velocidade, escala e preços baixos. A renovação constante das coleções estimula a percepção de obsolescência, ainda que a peça permaneça funcional. O valor econômico passa a depender de ciclos curtos de tendência e de grandes volumes vendidos, enquanto custos ambientais e sociais são distribuídos pela cadeia. Esse modelo dificulta a transição sustentável porque empresas podem ganhar eficiência por unidade produzida e, simultaneamente, ampliar o impacto total ao colocar mais produtos no mercado.

Segundo a UNEP (2019), a magnitude do setor faz com que o consumo de água, as emissões e a geração de resíduos constituam questões globais. A indústria da moda utiliza anualmente cerca de 93 bilhões de metros cúbicos de água e apresenta impactos significativos relacionados às emissões de carbono e à geração de resíduos têxteis. Mais importante do que isolar um único indicador é compreender o caráter cumulativo desses impactos, que surgem em diferentes etapas da cadeia produtiva, desde a produção de fibras, o beneficiamento, o tingimento e a confecção até o transporte, a lavagem durante o uso e o descarte.

A cadeia de valor representada na Figura 1 ajuda a perceber como uma escolha feita no início reaparece no fim da vida da peça. O fluxo parte da obtenção de matérias-primas e passa por fios, tecidos, acabamento, montagem, distribuição e uso, chegando ao descarte com baixa reinserção de materiais. Uma jaqueta confeccionada com mistura de fibras, revestimento, zíper e aviamentos colados pode ter bom desempenho comercial, mas exigirá separação complexa quando for descartada. Se a composição também não estiver registrada, nem mesmo um sistema automatizado de triagem terá informação suficiente para definir a rota adequada. Projetar com menos misturas, componentes removíveis e dados de composição preservados amplia, desde o início, as possibilidades de reparo e reciclagem.

Figura 1 — Cadeia de valor têxtil linear.



Fonte: Adaptado e traduzido de UNEP (2020).

A Ellen MacArthur Foundation (2017) caracteriza esse arranjo como predominantemente linear e aponta que menos de 1% do material utilizado na produção de roupas retorna para a fabricação de novas peças. A economia circular propõe superar a sequência extrair-produzir-descartar, mantendo produtos e materiais em uso pelo maior tempo possível e reduzindo a geração de resíduos desde o projeto. Isso envolve

durabilidade, reparabilidade, reutilização, remanufatura, revenda e reciclagem, organizadas de modo a preservar valor e evitar impactos desnecessários.

A circularidade não equivale apenas à reciclagem. A reciclagem atua quando o produto já se tornou resíduo e frequentemente resulta em perda de qualidade. Estratégias anteriores, como redução do volume produzido, extensão da vida útil, manutenção e novos modelos de uso, podem preservar mais valor. Fletcher (2012) enfatiza que o design influencia frequência de uso, vínculo com a peça e possibilidades de cuidado. Consequentemente, o designer passa a considerar não somente forma e tendência, mas também materiais, montagem, manutenção, desmontagem e trajetórias pós-consumo.

Fletcher (2012, 2014) reforça que a sustentabilidade deve ser incorporada às jornadas do design e não acrescentada ao final do processo. Essa mudança amplia o campo de decisão: uma modelagem pode reduzir sobras de corte; um acabamento pode aumentar durabilidade; uma construção modular pode facilitar reparo; e a escolha de composição monomaterial pode favorecer reciclagem. A inovação relevante é, portanto, aquela que conecta desempenho ambiental a uso real e a condições concretas de produção.

Braga e Brito (2018) relacionam a emergência de um novo consumidor à transformação da indústria. Informação sobre origem, materiais e impactos influencia escolhas, mas não transfere toda a responsabilidade ao indivíduo. Empresas e políticas públicas definem a oferta, a infraestrutura de coleta, a clareza das informações e as possibilidades de reparo. A responsabilização exclusiva do consumidor encobre decisões corporativas e desigualdades de renda que limitam escolhas. A transição depende de corresponsabilidade entre produtores, varejistas, governos, trabalhadores e usuários.

Os obstáculos à circularidade são técnicos, econômicos e culturais. Cadeias longas dificultam rastreabilidade; produtos mistos tornam a separação complexa; sistemas de coleta são insuficientes; e materiais reciclados competem com matérias-primas virgens. Modelos baseados em alta rotatividade podem resistir à redução de volumes. Além disso, consumidores nem sempre dispõem de informação ou serviços de manutenção. Esses limites explicam por que ferramentas de IA devem ser avaliadas segundo sua capacidade de modificar decisões sistêmicas, e não apenas de tornar mais eficiente um modelo linear.

Nesse quadro, dados confiáveis tornam-se essenciais. Para planejar produção, recuperar materiais e medir impactos, organizações precisam conhecer composição, origem, disponibilidade, demanda e destino. A IA pode reconhecer padrões nessas informações, mas não cria circularidade na ausência de metas, processos e infraestrutura. Seu valor surge quando previsões e classificações são incorporadas a decisões de

compra, projeto, produção e logística reversa. A qualidade do resultado depende tanto do algoritmo quanto da governança do sistema no qual ele opera.

2.2 Inteligência artificial e transformação da cadeia da moda

A inteligência artificial reúne técnicas que permitem a sistemas computacionais executar tarefas associadas a reconhecimento de padrões, previsão, recomendação e apoio à decisão. Pereira (2020) observa que suas aplicações contemporâneas se apoiam no aumento da capacidade computacional, na disponibilidade de dados e no desenvolvimento de métodos de aprendizagem de máquina. Na moda, essas condições encontram um ambiente rico em dados de vendas, imagens, preferências, materiais e operações logísticas, favorecendo usos em diversas etapas.

Luce (2018) apresenta a IA como vetor de transformação do negócio da moda, abrangendo pesquisa de tendências, criação, merchandising, cadeia de suprimentos e relacionamento com consumidores. Essa amplitude exige distinguir aplicação tecnológica de benefício sustentável. Um sistema de recomendação pode reduzir devoluções quando melhora o ajuste entre produto e usuário, mas pode também incentivar compras adicionais. Uma previsão pode reduzir excedentes, porém seu efeito depende de a empresa ajustar efetivamente quantidades e abandonar metas baseadas apenas em crescimento volumétrico.

Na previsão de demanda, algoritmos processam históricos de vendas, sazonalidade, clima, comportamento digital e outras variáveis para estimar procura por categoria, cor, tamanho ou região. Sajja et al. (2021) analisam intervenções baseadas em IA explicável para apoiar decisões pré-temporada no varejo de moda. A explicabilidade é relevante porque compradores e planejadores precisam compreender os fatores que sustentam a previsão, avaliar exceções e assumir responsabilidade pela decisão. Modelos opacos podem produzir números precisos sem oferecer confiança suficiente para modificar práticas organizacionais.

A redução da superprodução constitui uma das contribuições ambientais mais diretas dessa aplicação. Quando o planejamento se aproxima da demanda, diminuem excedentes, remarcações, armazenamento e descarte de produtos não vendidos. Há também ganhos logísticos, pois a distribuição pode ser ajustada por localidade e período. Entretanto, previsões não eliminam incerteza e podem falhar diante de mudanças abruptas de comportamento. A sustentabilidade requer combinar modelos, conhecimento humano, margens de segurança responsáveis e mecanismos para aprender com erros.

O design e a prototipagem digital compõem outro campo importante. Genova e Moriwaki (2016) descrevem a convergência entre moda, materiais e tecnologias digitais,

enquanto Quinn (2012) antecipa aproximações entre ciência, estética e inovação têxtil. Ambientes tridimensionais permitem testar modelagem, caimento, cores e texturas antes da confecção. Quando integradas a dados de materiais e padrões, essas ferramentas reduzem rodadas de amostras, deslocamentos e consumo de insumos, além de facilitar colaboração entre equipes distribuídas.

A Figura 2 apresenta uma representação do uso de IA na criação e simulação digital de vestuário. A visualização permite comparar alternativas e comunicar decisões antes da etapa física. Seu valor ambiental, porém, depende da fidelidade da simulação e de sua integração ao desenvolvimento. Se a imagem servir apenas à comunicação ou à geração acelerada de novas variações, poderá ampliar o volume de propostas sem reduzir amostras. O benefício aparece quando o processo digital substitui etapas materiais e orienta escolhas mais eficientes.

Figura 2 — Uso de inteligência artificial na criação e simulação digital de peças de vestuário.



Fonte: Vogue360 (2024).

A IA generativa também amplia possibilidades de exploração formal, combinação de referências e visualização. Do ponto de vista criativo, deve funcionar como instrumento de apoio, e não como substituto simplista da autoria. O repertório de treinamento, a atribuição de fontes e a preservação da diversidade estética levantam questões de propriedade intelectual e homogeneização. O trabalho do designer inclui formular problemas, interpretar contexto cultural, selecionar alternativas e assumir responsabilidade pelos efeitos do produto; atividades que não se reduzem à geração automática de imagens.

Na produção, visão computacional pode apoiar inspeção de qualidade, identificação de defeitos e controle de corte. Sistemas de otimização podem organizar encaixes para reduzir sobras e ajustar parâmetros de máquinas. Sensores associados a modelos

preditivos contribuem para manutenção e evitam perdas decorrentes de falhas. Esses ganhos representam ecoeficiência, mas precisam ser medidos em termos absolutos. Se a economia obtida for convertida somente em expansão de volume, o efeito rebote pode neutralizar parte da redução ambiental por unidade.

Na gestão da cadeia de suprimentos, modelos podem antecipar atrasos, organizar estoques e aprimorar rastreabilidade. Informações sobre origem e composição ajudam empresas a avaliar riscos e preparar rotas de recuperação. Contudo, cadeias fragmentadas possuem diferentes níveis de digitalização. Pequenos fornecedores podem não registrar dados padronizados, enquanto assimetrias contratuais podem transferir custos de adaptação. A interoperabilidade e o compartilhamento responsável tornam-se condições para que a inteligência distribuída beneficie toda a rede.

A personalização inclui recomendação de estilo, estimativa de tamanho e provadores virtuais. Quando esses recursos aumentam a adequação do produto, podem reduzir devoluções e transporte adicional no comércio eletrônico. Também podem apoiar produção sob demanda. Entretanto, recomendações são orientadas por objetivos definidos pelas plataformas. Se o indicador central for maximizar conversão, o sistema poderá estimular consumo impulsivo. Para produzir benefício ambiental, metas de redução de devoluções, durabilidade e satisfação de longo prazo precisam integrar os critérios de otimização.

Um uso concreto da prototipagem digital ocorre quando a equipe de criação veste a modelagem em um avatar tridimensional, altera comprimento ou volume e compartilha o arquivo com a confecção antes de produzir a primeira amostra física. Se o processo evitar rodadas de protótipos e deslocamentos, há economia de tecido, tempo e transporte. Isso não significa, porém, que toda imagem digital seja sustentável. Quando a visualização é utilizada apenas para multiplicar lançamentos ou acelerar campanhas, o ganho pode desaparecer. A avaliação precisa comparar os recursos efetivamente evitados com os custos da solução e com o volume final colocado no mercado.

Em uma coleção de jeans, por exemplo, a equipe pode simular três lavagens e dois caimentos sobre o mesmo modelo digital, selecionar as alternativas com compradores e produzir fisicamente apenas as versões aprovadas. O exemplo torna o benefício mensurável: é possível registrar quantas amostras deixaram de ser confeccionadas, quanto tecido e água foram poupados e quantos envios foram evitados. Se todas as variações digitais forem depois transformadas em peças físicas, contudo, a tecnologia apenas antecipa a visualização e não reduz o impacto. O critério relevante é a substituição comprovada de etapas materiais.

No pós-consumo, a composição dos tecidos é um obstáculo decisivo. Etiquetas podem estar ausentes, informações podem ser incompletas e misturas de fibras exigem rotas distintas. Zhong et al. (2023), com o TextileNet, apresentam um conjunto de dados organizado por taxonomia de materiais para apoiar a classificação de têxteis. Bases desse tipo são infraestrutura para modelos de visão computacional, pois oferecem exemplos rotulados que permitem treinar e comparar sistemas. A qualidade e a representatividade dos dados determinam quais materiais poderão ser reconhecidos com segurança.

Spyridis et al. (2024) descrevem uma linha industrial autônoma de triagem para reciclagem têxtil baseada em IA, robótica e visão computacional. A automação pode elevar velocidade, regularidade e segurança, separando materiais para rotas apropriadas. Essa aplicação atua em um gargalo concreto da circularidade. Ainda assim, a classificação não resolve sozinha limitações de coleta, contaminação, viabilidade econômica e qualidade do material recuperado. O sistema precisa estar conectado a mercados para fibras secundárias e ao redesign de produtos.

A combinação entre previsão a montante e triagem a jusante revela dois papéis complementares da IA. O primeiro é preventivo: reduzir excedentes, amostras e perdas antes que ocorram. O segundo é reparador: recuperar valor quando produtos chegam ao fim de uso. Estratégias preventivas tendem a preservar mais recursos, enquanto a reciclagem é indispensável para fluxos inevitáveis. Uma política tecnológica equilibrada deve priorizar prevenção sem abandonar infraestrutura de recuperação.

Os estudos analisados indicam que a IA oferece maior potencial quando ligada a indicadores verificáveis. Quantidade de amostras evitadas, redução de estoque excedente, taxa de devolução, precisão de classificação, volume efetivamente reciclado e extensão da vida útil são exemplos de medidas. Sem linha de base e acompanhamento, alegações sustentáveis permanecem difíceis de comprovar. A mensuração também deve incluir impactos da própria solução, como energia, equipamentos e necessidade de treinamento.

Portanto, a inteligência artificial não constitui uma aplicação única, mas um conjunto de capacidades distribuídas pela cadeia. Previsão, simulação, inspeção, recomendação e classificação respondem a problemas distintos. A contribuição sustentável surge da combinação coerente dessas capacidades com princípios de circularidade. Quanto mais a tecnologia estiver conectada a redução de volumes desnecessários, durabilidade, rastreabilidade e recuperação de materiais, maior a possibilidade de produzir mudança estrutural.

2.3 Ética, trabalho, desigualdade e governança da inovação

A análise da literatura mostra que a inteligência artificial pode contribuir para tornar alguns processos da indústria da moda mais sustentáveis, mas sua utilização, por si só, não resolve os impactos causados pelo atual modelo de produção e consumo. A tecnologia pode auxiliar na previsão de demanda, no desenvolvimento de produtos, na redução de amostras físicas e na separação de resíduos têxteis. No entanto, esses benefícios dependem da maneira como as informações geradas pelos sistemas são utilizadas pelas empresas. Uma previsão mais precisa, por exemplo, só contribui para a redução de desperdícios quando leva a uma decisão concreta de produzir quantidades mais adequadas à demanda.

Essa questão se relaciona diretamente à necessidade de repensar o modelo linear ainda predominante na indústria da moda. Thomas (2019) discute os impactos associados ao fast fashion, enquanto Fletcher (2012, 2014) destaca a importância das decisões tomadas durante o desenvolvimento dos produtos. A Ellen MacArthur Foundation (2017), por sua vez, propõe a transição para uma economia circular, na qual produtos e materiais permaneçam em uso pelo maior tempo possível. Essas perspectivas ajudam a compreender que a tecnologia pode fazer parte da transformação do setor, mas precisa estar associada a mudanças mais amplas na forma de produzir, utilizar e recuperar roupas e materiais.

Nesse contexto, a inteligência artificial apresenta possibilidades em diferentes momentos da cadeia produtiva. As aplicações discutidas ao longo deste estudo mostram que dados e sistemas inteligentes podem auxiliar tanto na prevenção de desperdícios quanto na recuperação de materiais. Isso significa que a IA pode atuar antes mesmo da produção de uma peça, ajudando a estimar a demanda ou testar digitalmente um produto, e também depois do seu descarte, auxiliando na identificação e separação de materiais para reciclagem. Apesar dessas possibilidades, cada aplicação resolve apenas uma parte do problema. Por isso, seus resultados precisam ser observados considerando todo o ciclo de vida do produto, e não somente a eficiência obtida em uma etapa específica.

Para que essa utilização seja responsável, as empresas precisam definir com clareza qual problema pretendem resolver antes de escolher uma tecnologia. Utilizar inteligência artificial não representa, por si só, uma ação sustentável. O objetivo deve ser, por exemplo, reduzir excedentes, diminuir o número de amostras físicas, evitar devoluções ou melhorar a recuperação de materiais. A partir de um objetivo definido, torna-se possível comparar os resultados e verificar se a tecnologia realmente trouxe benefícios ambientais.

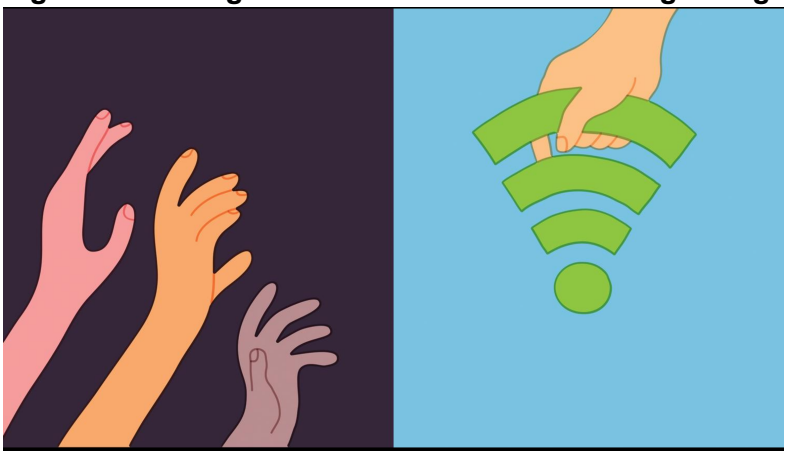
A qualidade das informações utilizadas pelos sistemas também é fundamental. Previsões e classificações dependem dos dados fornecidos aos modelos. Quando essas informações são incompletas, pouco representativas ou desatualizadas, os resultados podem não representar adequadamente a realidade e levar a decisões equivocadas. Por isso, é necessário conhecer a origem dos dados, estabelecer critérios para seu uso e proteção e revisar continuamente os resultados produzidos. Essa preocupação se torna ainda mais importante em uma cadeia global como a da moda, formada por empresas de diferentes portes e com diferentes níveis de acesso à tecnologia.

Além dos resultados ambientais, também devem ser considerados os efeitos sociais e econômicos da adoção da IA. Uma solução que reduz o consumo de determinado material, por exemplo, não pode ser considerada sustentável sem que sejam observadas possíveis consequências sobre emprego, privacidade, diversidade e distribuição dos benefícios. Vinuesa et al. (2020) demonstram que a inteligência artificial pode contribuir para diferentes objetivos de desenvolvimento sustentável, mas também pode gerar conflitos entre eles. Dessa forma, avaliar a sustentabilidade de uma tecnologia exige observar seus benefícios e seus possíveis impactos negativos de maneira conjunta.

Outro aspecto importante é a participação humana nas decisões. Os profissionais que utilizam sistemas de inteligência artificial precisam compreender, pelo menos em nível suficiente para sua atuação, como as recomendações são produzidas, quais são suas limitações e quando elas devem ser questionadas. Na criação, a tecnologia pode ampliar possibilidades sem substituir a autoria e a capacidade de interpretação do designer. No planejamento, previsões podem auxiliar uma decisão, mas não devem ser tratadas como respostas definitivas. Dessa maneira, a inteligência artificial funciona como apoio ao trabalho humano, e não como substituição automática do julgamento profissional.

Também é necessário considerar quem consegue ter acesso a essas tecnologias. Grandes empresas possuem mais recursos para investir em infraestrutura, profissionais especializados e sistemas avançados, enquanto pequenas empresas podem enfrentar dificuldades financeiras e técnicas. No contexto brasileiro, universidades, instituições de pesquisa, políticas públicas e iniciativas compartilhadas podem contribuir para ampliar esse acesso. A sustentabilidade relacionada à inovação tecnológica também envolve, portanto, evitar que seus benefícios fiquem concentrados em poucas organizações.

Figura 3 — Desigualdade no acesso às tecnologias digitais.



Fonte: Adaptado de University of Twente (2023).

A transparência é igualmente importante. Quando uma empresa afirma que determinada tecnologia tornou sua produção mais sustentável, é necessário explicar o que foi modificado e quais resultados foram obtidos. Informações sobre redução de resíduos, materiais, devoluções ou transporte tornam essa avaliação mais clara e ajudam a evitar o chamado greenwashing tecnológico. Também devem ser considerados os recursos utilizados pela própria infraestrutura digital, como energia, equipamentos e armazenamento de dados.

Assim, a principal questão identificada nesta revisão não é simplesmente decidir se a inteligência artificial é sustentável ou não. Seus efeitos dependem da finalidade para a qual é utilizada e das decisões que acompanham sua implementação. Uma mesma tecnologia pode contribuir para reduzir desperdícios ou ser utilizada para acelerar tendências e estimular ainda mais o consumo. Por isso, seu potencial para transformar a moda depende de sua integração com objetivos ambientais e sociais claros, acompanhamento dos resultados, transparência e participação humana nas decisões.

2.4 Síntese crítica da literatura e condições para uma adoção responsável

A revisão da literatura permite perceber que a contribuição da inteligência artificial para a sustentabilidade na moda não depende apenas da capacidade das ferramentas utilizadas, mas principalmente da maneira como elas são incorporadas aos processos produtivos. Ao longo deste estudo, foram identificadas aplicações capazes de auxiliar na previsão de demanda, no desenvolvimento de produtos, na redução de amostras físicas, na personalização e na separação de resíduos têxteis. Entretanto, os benefícios ambientais dessas aplicações somente se concretizam quando as informações geradas pela tecnologia resultam em mudanças efetivas nas decisões das empresas.

Essa constatação aproxima as possibilidades oferecidas pela inteligência artificial dos princípios da moda sustentável e da economia circular. Thomas (2019) evidencia os impactos relacionados ao modelo acelerado do fast fashion, enquanto Fletcher (2012, 2014) amplia a discussão ao mostrar a importância das escolhas realizadas durante o desenvolvimento e o ciclo de vida dos produtos. A Ellen MacArthur Foundation (2017), por sua vez, destaca a necessidade de manter produtos e materiais em circulação por mais tempo. A partir dessas perspectivas, percebe-se que tornar uma etapa mais eficiente não é suficiente quando permanecem elevados os volumes de produção, o descarte e a utilização de recursos.

As aplicações de inteligência artificial analisadas neste trabalho apresentam possibilidades para atuar em diferentes momentos desse processo. A previsão de demanda pode contribuir para aproximar a produção das necessidades reais do mercado, enquanto ferramentas digitais podem diminuir a quantidade de protótipos físicos. No pós-consumo, sistemas de classificação e triagem podem facilitar a identificação e a recuperação de materiais. Dessa maneira, a tecnologia pode atuar tanto na prevenção de desperdícios quanto na recuperação de recursos que já chegaram ao final de seu uso.

Entretanto, esses resultados não acontecem de forma automática. Para avaliar se determinada aplicação realmente contribui para a sustentabilidade, é necessário estabelecer objetivos claros e acompanhar seus resultados. Uma empresa que utiliza inteligência artificial para prever a demanda, por exemplo, precisa verificar se houve redução efetiva de excedentes. Da mesma forma, o uso de prototipagem digital deve ser relacionado à diminuição de amostras físicas, e sistemas de triagem precisam estar conectados a estruturas capazes de reaproveitar ou reciclar os materiais identificados. Assim, a presença da tecnologia deixa de ser o principal indicador e passa a importar o resultado concreto produzido por sua utilização.

A análise também demonstra que os resultados ambientais precisam ser considerados juntamente com os aspectos sociais e econômicos. Vinuesa et al. (2020) mostram que a inteligência artificial pode contribuir para diferentes objetivos relacionados ao desenvolvimento sustentável, mas também pode criar dificuldades quando seus efeitos não são avaliados de forma ampla. Por esse motivo, benefícios como redução de materiais, transporte ou resíduos devem ser observados em conjunto com questões relacionadas ao trabalho, à privacidade, à diversidade e ao acesso à tecnologia.

Outro ponto importante é a transparência. Para compreender se uma aplicação realmente trouxe benefícios, empresas precisam apresentar de forma clara quais processos foram modificados e quais resultados foram alcançados. Isso também permite

diferenciar mudanças efetivas de ações utilizadas apenas para associar uma marca à ideia de inovação ou sustentabilidade. Além disso, devem ser considerados os recursos necessários para o funcionamento dos próprios sistemas digitais, como energia, equipamentos e armazenamento de dados.

A participação humana permanece essencial nesse processo. As informações produzidas pela inteligência artificial podem auxiliar profissionais na tomada de decisões, mas precisam ser interpretadas considerando o contexto em que serão aplicadas. Isso significa que previsões, recomendações e classificações devem funcionar como instrumentos de apoio, e não como decisões incontestáveis. A supervisão humana também permite identificar resultados inadequados, corrigir problemas e avaliar consequências que não são percebidas apenas por indicadores quantitativos.

Dessa forma, a principal conclusão desta revisão é que a inteligência artificial apresenta maior potencial para contribuir com a sustentabilidade quando está associada a objetivos claros de redução de impactos e aos princípios da economia circular. A mesma tecnologia que pode ajudar uma empresa a reduzir excedentes também pode ser utilizada para acelerar lançamentos e estimular o aumento do consumo. Portanto, mais importante do que simplesmente adotar inteligência artificial é compreender para qual finalidade ela está sendo utilizada, quais mudanças produz e como seus resultados são avaliados.

Essa análise reforça que a transformação da indústria da moda depende da combinação entre inovação tecnológica e mudanças nos processos de produção, consumo e recuperação de materiais. A inteligência artificial pode oferecer informações e ferramentas importantes para essa transformação, mas seus benefícios dependem de decisões empresariais, acompanhamento dos resultados, transparência e responsabilidade na sua utilização.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo analisou de que maneira a inteligência artificial pode contribuir para práticas mais sustentáveis na indústria da moda, considerando também os limites ambientais, sociais, econômicos e éticos relacionados ao seu uso. A partir da revisão realizada, foi possível observar que a tecnologia oferece ferramentas importantes para diferentes etapas da cadeia produtiva, mas seus resultados dependem das decisões tomadas a partir das informações que ela fornece. Portanto, a utilização da IA não torna uma empresa ou um produto automaticamente sustentável.

Entre as aplicações analisadas, a previsão de demanda pode ajudar as empresas a aproximar a quantidade produzida da procura real, diminuindo excedentes. A

prototipagem e a simulação digital podem reduzir a necessidade de amostras físicas, enquanto sistemas de recomendação e provadores virtuais podem contribuir para escolhas mais adequadas e, consequentemente, para a redução de devoluções. No final do ciclo de vida das peças, tecnologias de visão computacional e automação também podem auxiliar na identificação e separação de resíduos têxteis.

Entretanto, o benefício dessas aplicações depende de mudanças concretas nos processos. Uma previsão de demanda só reduz desperdícios se a empresa realmente ajustar sua produção. Da mesma forma, uma simulação digital só economiza materiais quando substitui parte das amostras físicas, e a separação automatizada de resíduos depende da existência de sistemas de coleta, reciclagem e reaproveitamento desses materiais. Se a inteligência artificial for utilizada apenas para acelerar tendências, aumentar a produção e estimular novas compras, ela pode contribuir para intensificar problemas já existentes no fast fashion.

Além dos aspectos ambientais, a adoção dessas tecnologias envolve questões éticas e sociais. Para que as decisões baseadas em inteligência artificial sejam compreendidas e avaliadas, é necessário haver transparência sobre as informações utilizadas e sobre a forma como os sistemas chegam às suas recomendações. Dados incompletos ou pouco representativos podem levar a resultados que não consideram adequadamente diferentes grupos de consumidores e trabalhadores. O uso de informações pessoais também exige cuidado com privacidade e proteção de dados. Ao mesmo tempo, a automação pode modificar funções profissionais e exigir novas competências, tornando necessária a capacitação dos trabalhadores e sua participação nesse processo de transformação.

O acesso à tecnologia também representa um desafio. Grandes empresas possuem maior capacidade de investimento em infraestrutura e profissionais especializados, enquanto pequenos negócios podem encontrar dificuldades para acompanhar essas mudanças. No Brasil, parcerias entre universidades, empresas e instituições públicas podem contribuir para ampliar o acesso a conhecimentos, ferramentas e estruturas compartilhadas, permitindo que os benefícios da inovação não fiquem restritos às grandes organizações.

Outro cuidado necessário é evitar que o uso da inteligência artificial seja apresentado como sustentável sem evidências que comprovem seus resultados. As empresas precisam demonstrar de maneira clara quais mudanças foram realizadas e quais impactos foram efetivamente reduzidos. Também é importante considerar que a própria infraestrutura digital utiliza energia, equipamentos e outros recursos. Dessa forma, os

benefícios alcançados com a tecnologia precisam ser avaliados juntamente com os impactos necessários para seu funcionamento.

Este estudo apresenta como limitação o fato de ter sido desenvolvido a partir de revisão bibliográfica e documental, sem análise direta de empresas ou processos produtivos específicos. Pesquisas futuras podem investigar casos da indústria brasileira, comparar resultados antes e depois da adoção de determinadas tecnologias e analisar seus efeitos sobre o meio ambiente, o trabalho e a organização das empresas. Essas análises podem contribuir para compreender com maior precisão em quais situações a inteligência artificial realmente produz benefícios para a sustentabilidade.

Conclui-se que a inteligência artificial possui potencial para contribuir com uma indústria da moda mais sustentável, especialmente quando utilizada para reduzir excessos de produção, melhorar decisões, prolongar a utilização dos produtos e favorecer a recuperação de materiais. Entretanto, a tecnologia deve ser entendida como uma ferramenta de apoio e não como uma solução isolada. Seus resultados dependem de objetivos claros, acompanhamento dos impactos, transparência e participação humana. A transformação da indústria da moda exige, portanto, que a inovação tecnológica esteja acompanhada de mudanças na forma de produzir, consumir e lidar com os produtos ao longo de todo o seu ciclo de vida.

4 REFERÊNCIAS

BRAGA, Raquel; BRITO, Marcia. Moda sustentável: um novo consumidor e uma nova indústria. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. A new textiles economy: redesigning fashion's future. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2017. Disponível em: Ellen MacArthur Foundation — A New Textiles Economy. Acesso em: 27 abr. 2025.

FLETCHER, Kate. Sustainable fashion and textiles: design journeys. 2. ed. London: Routledge, 2014.

FLETCHER, Kate; GROSE, Lynda. Moda & sustentabilidade: design para mudança. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.

GENOVA, Aneta; MORIWAKI, Katherine. Fashion and technology: a guide to materials and applications. New York: Fairchild Books, 2016.

LUCE, Leanne. Artificial intelligence for fashion: how AI is revolutionizing the fashion industry. Berkeley: Apress, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. Paris:

UNESCO, 2022. Disponível em: UNESCO — Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Acesso em: 27 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (UNEP). Brazilian pioneer turns trash to treasure as Earth Overshoot Day shows planet in peril. Nairobi: UNEP, 2019. Disponível em: UNEP — Brazilian pioneer turns trash to treasure. Acesso em: 27 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (UNEP). Sustainability and circularity in the textile value chain: global stocktaking. Nairobi: UNEP, 2020.

PEREIRA, João Batista de Camargo. Inteligência artificial: fundamentos, aplicações e tendências. São Paulo: Cengage Learning, 2020.

QUINN, Bradley. Textile futures: fashion, design and technology. Oxford: Berg Publishers, 2012.

SAJJA, Surya Shravan Kumar; AGGARWAL, Nupur; MUKHERJEE, Sumanta; MANGLIK, Kushagra; DWIVEDI, Satyam; RAYKAR, Vikas. Explainable AI based interventions for pre-season decision making in fashion retail. In: ACM INDIA JOINT INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA SCIENCE & MANAGEMENT OF DATA (CODS-COMAD), 2021. *Proceedings [...]*. New York: ACM, 2021. p. 281–289. DOI: 10.1145/3430984.3430995.

SPYRIDIS, Yannis et al. Autonomous AI-enabled industrial sorting pipeline for advanced textile recycling. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISTRIBUTED COMPUTING IN SMART SYSTEMS AND THE INTERNET OF THINGS (DCOSS-IoT), 2024. *Proceedings [...]*. 2024. p. 455–461. DOI: 10.1109/DCOSS-IoT61029.2024.00073.

THOMAS, Dana. Fashionopolis: the price of fast fashion and the future of clothes. New York: Penguin Press, 2019.

UNIVERSITY OF TWENTE. How digitalisation is exacerbating social inequality. Enschede: University of Twente, 17 maio 2023. Disponível em: University of Twente — How digitalisation is exacerbating social inequality. Acesso em: 9 abr. 2026.

VINUESA, Ricardo et al. The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. Nature Communications, London, v. 11, art. 233, 2020. DOI: 10.1038/s41467-019-14108-y.

VOGUE360. 3D fashion reinvented: the AI revolution in garment rendering. 13 nov. 2024. Disponível em: Vogue360 — 3D Fashion Reinvented. Acesso em: 9 abr. 2026.

ZHONG, Shu; RIBUL, Miriam; CHO, Youngjun; OBRIST, Marianna. TextileNet: a material taxonomy-based fashion textile dataset. arXiv, [S. l.], 2023. Disponível em: arXiv — TextileNet. Acesso em: 27 abr. 2025.

Contatos: melastrini@gmail.com e juliana.bertolini@mackenzie.br