

Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

A integração da inteligência artificial e da ciência de dados na otimização da cadeia de suprimentos global da indústria têxtil: uma análise estratégica e operacional

The integration of artificial intelligence and data science in optimizing the global textile supply chain: a strategic and operational analysis

Adriana Jikal - Bachelor of Science for Fashion Institute of Technology (FIT), State University of New York (SUNY).

Resumo

A indústria da moda e têxtil enfrenta um momento de inflexão histórica, impulsionado pela convergência entre a necessidade de sustentabilidade, a demanda por personalização em massa e a ruptura das cadeias de suprimentos tradicionais. O presente artigo científico tem como objetivo analisar, sob uma perspectiva técnica e gerencial, como a aplicação de Inteligência Artificial (IA), *Machine Learning* e Ciência de Dados atua como catalisadora da eficiência operacional e da competitividade em manufaturas e varejistas. A metodologia adotada consiste em uma revisão bibliográfica sistemática e integrativa, explorando conceitos de Indústria 4.0, *Lean Manufacturing* e modelos preditivos de demanda. Discute-se a implementação de algoritmos de otimização de inventário, a automação de fluxos de trabalho produtivos e o impacto do *reshoring* na economia norte-americana e global. A análise da literatura especializada indica que a adoção de tecnologias avançadas é amplamente reconhecida como um fator crítico para a competitividade, a sustentabilidade financeira e a conformidade ambiental das empresas do setor. Conclui-se que a gestão baseada em dados (*Data-Driven Management*) se configura como um dos caminhos mais consistentes apontados pela literatura para mitigar a volatilidade do mercado e promover o crescimento sustentável.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Cadeia de Suprimentos Têxtil. Ciência de Dados. Eficiência Operacional. Indústria 4.0.

Abstract

The fashion and textile industry is facing a historical turning point, driven by the convergence of the need for sustainability, the demand for mass customization, and the disruption of traditional supply chains. This scientific article aims to analyze, from a technical and managerial perspective, how the application of Artificial Intelligence (AI), Machine Learning, and Data Science acts as a catalyst for operational efficiency and competitiveness in manufacturing and retail. The methodology consists of a systematic and integrative bibliographic review, exploring concepts of Industry 4.0, *Lean Manufacturing*, and predictive demand models. The implementation of inventory optimization algorithms, the automation of productive workflows, and the impact of *reshoring* on the North American and global economies are discussed. The results indicate that the adoption of advanced technologies is not just a competitive advantage but an imperative for the financial survival and environmental compliance of companies in the sector. It is concluded that Data-Driven Management is the only viable path to mitigate market volatility and ensure sustainable growth.

Keywords: Artificial Intelligence. Textile Supply Chain. Data Science. Operational Efficiency. Industry 4.0.

1. Introdução

A gestão da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management* - SCM) na indústria da moda evoluiu de uma função puramente logística e operacional para se tornar o epicentro da estratégia corporativa global. Historicamente caracterizada por longos ciclos de produção, previsão de demanda baseada em intuição e excesso de inventário, a indústria têxtil encontra-se hoje pressionada por um consumidor hiperconectado e por regulamentações ambientais cada vez mais rigorosas.

Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

A formação acadêmica em *Fashion Merchandising* e Comércio Internacional fornece base teórica relevante para a compreensão dessas dinâmicas, mas é a intersecção com a Ciência de Dados e a Inteligência Artificial que redefine as possibilidades de eficiência. O problema central abordado neste estudo é a ineficiência estrutural das PMEs (Pequenas e Médias Empresas) do setor, que lutam para competir em um mercado globalizado sem as ferramentas analíticas adequadas para prever flutuações de mercado e otimizar a produção.

Parte-se da premissa, amplamente discutida na literatura, de que a democratização do acesso a ferramentas de IA e análise preditiva pode contribuir para a redução de assimetrias competitivas, permitindo que empresas menores operem com a precisão de grandes conglomerados.

A relevância deste estudo transcende o aspecto comercial; ela toca em questões fundamentais de sustentabilidade econômica e ambiental. A superprodução e o descarte de têxteis são responsáveis por uma parcela significativa das emissões globais de carbono e desperdício de água. A aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina para alinhar a produção à demanda real (*Make-to-Order* ou *Just-in-Time* adaptado) apresenta-se como a solução mais viável para mitigar esses impactos. Além disso, no contexto econômico dos Estados Unidos e de outros mercados desenvolvidos, a tecnologia é o habilitador chave para o movimento de *reshoring* (retorno da produção local), compensando os custos laborais mais elevados com ganhos de produtividade automatizada.

Este artigo estrutura-se em sete eixos temáticos densos que exploram desde a teoria da otimização de processos até a aplicação prática de redes neurais na detecção de defeitos e previsão de vendas, fundamentando-se em literatura acadêmica recente e relatórios técnicos da indústria.

2. A evolução da cadeia de suprimentos têxtil: do modelo linear à rede digital integrada

A cadeia de suprimentos têxtil tradicional operava sob um modelo linear e sequencial, muitas vezes descrito como "push system", onde os produtos eram empurrados para o mercado com base em previsões de longo prazo pouco precisas. Este modelo, embora eficiente em termos de economias de escala para produção em massa, mostrou-se desastroso em termos de agilidade e gestão de inventário, resultando em *markdowns* massivos e desperdício de capital.

A transição para uma rede de suprimentos digital integrada (*Digital Supply Network*) representa uma mudança de paradigma, onde a linearidade dá lugar a um ecossistema interconectado e transparente. Nesta nova configuração, os dados fluem em tempo real entre designers, fornecedores de matéria-prima, fabricantes e pontos de venda. A teoria das restrições e os princípios de *Lean Manufacturing*, aplicados originalmente na indústria automobilística, encontram na moda um terreno fértil para a eliminação de desperdícios (muda), especialmente o desperdício de tempo e de estoque em processo (*Work in Process* - WIP).

A integração de sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) com PLM (*Product Lifecycle*

Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

Management) e ferramentas de CRM (*Customer Relationship Management*) cria o que se chama de "Single Source of Truth" (Fonte Única da Verdade) para a organização. No entanto, a mera coleta de dados não é suficiente; é a capacidade analítica de processar esses dados que gera valor. A Ciência de Dados permite identificar padrões ocultos de comportamento do consumidor e gargalos de produção que seriam invisíveis à análise humana tradicional. Por exemplo, a análise de correlação entre variáveis climáticas, tendências de redes sociais e histórico de vendas permite um ajuste fino do planejamento de produção que o modelo linear jamais conseguiria atingir.

A literatura recente (Christopher, 2016; Chopra & Meindl, 2016) enfatiza que a competição moderna não ocorre mais entre empresas, mas entre cadeias de suprimentos. Portanto, a digitalização não é uma opção de TI, mas uma estratégia de sobrevivência corporativa. A complexidade da cadeia têxtil, com sua fragmentação global e dependência de múltiplos tiers de fornecedores, exige uma visibilidade granular que apenas a tecnologia pode fornecer. O uso de sensores IoT (*Internet of Things*) nas linhas de produção e RFID na gestão de estoques permite o rastreamento de cada unidade de produto (SKU) ao longo de toda a cadeia. Isso habilita modelos de negócios como o *Fast Fashion* responsável e o *Ultra-Fast Fashion*, onde a velocidade de resposta ao mercado é medida em dias, não meses. Contudo, essa velocidade só é sustentável financeiramente se apoiada por uma estrutura de dados robusta que previna o excesso de estoque.

A análise de *Big Data* aplicada à logística permite otimizar rotas de transporte e consolidação de cargas, reduzindo a pegada de carbono e os custos de frete, que são componentes significativos do custo das mercadorias vendidas (COGS) [Cite: 11, 21]. Além da eficiência operacional, a digitalização da cadeia de suprimentos é fundamental para a conformidade regulatória e ética. A transparência exigida pelos consumidores modernos e por legislações como o *Uyghur Forced Labor Prevention Act* nos EUA obriga as empresas a terem um controle total sobre a origem de seus insumos. Tecnologias como *Blockchain* estão sendo testadas para criar passaportes digitais de produtos, garantindo a autenticidade e a sustentabilidade das matérias-primas.

A gestão estratégica, portanto, deve focar na implementação dessas tecnologias não como silos isolados, mas como parte de uma arquitetura de sistemas holística que suporte a tomada de decisão em todos os níveis da organização. O papel do gestor executivo neste cenário é atuar como o arquiteto dessa transformação digital. Isso exige uma compreensão profunda tanto dos processos industriais de confecção – desde a fiação até o acabamento – quanto das arquiteturas de dados e algoritmos de IA. A capacidade de traduzir necessidades operacionais em requisitos tecnológicos e, inversamente, de aplicar inovações tecnológicas para resolver dores operacionais, é a competência definidora do líder moderno na indústria da moda.

A resistência cultural à mudança, comum em indústrias tradicionais, deve ser gerida através de uma liderança que demonstre, com dados, o retorno sobre o investimento (ROI) da modernização.

Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

Por fim, a evolução para uma rede digital integrada permite a implementação de modelos de manufatura distribuída e sob demanda. A capacidade de produzir lotes menores de forma econômica (*Mass Customization*) depende intrinsecamente da automação do fluxo de informações. Quando o pedido de um cliente no e-commerce dispara automaticamente uma ordem de corte na fábrica e uma requisição de material ao fornecedor, sem intervenção humana, atinge-se o ápice da eficiência da cadeia de suprimentos. Este nível de integração reduz o capital de giro preso em estoques e aumenta a liquidez da empresa, fatores vitais para a saúde financeira de PMEs e grandes corporações [Cite: 19].

3. Ciência de dados e big data como pilares estratégicos na tomada de decisão

A Ciência de Dados (*Data Science*) emergiu como a disciplina fundamental para transformar o vasto volume de dados gerados pela indústria da moda em inteligência acionável. Diferente da análise estatística tradicional, que foca em explicar o passado (análise descritiva), a Ciência de Dados utiliza técnicas avançadas de modelagem para prever o futuro (análise preditiva) e recomendar ações (análise prescritiva). No contexto da moda, isso se traduz na capacidade de prever quais cores, silhuetas e tecidos terão maior aceitação em mercados específicos, antes mesmo de serem produzidos.

Algoritmos de *Machine Learning*, como Florestas Aleatórias (*Random Forests*) e Redes Neurais Artificiais, são treinados com dados históricos de vendas, interações em mídias sociais e indicadores macroeconômicos para gerar previsões de demanda com acurácia significativamente superior aos métodos convencionais. A aplicação de *Big Data* na moda permite a segmentação de clientes em um nível de granularidade sem precedentes. Através da análise de dados não estruturados, como imagens no Instagram ou comentários em plataformas de e-commerce, as marcas podem captar o "sentimento" do mercado em tempo real.

O Processamento de Linguagem Natural (PLN) e a Visão Computacional são tecnologias chaves nesse processo. Por exemplo, algoritmos de reconhecimento de imagem podem analisar milhares de fotos de desfiles e *street style* para identificar microtendências emergentes. Essa informação é vital para o planejamento de coleções, permitindo que os diretores criativos e gerentes de produto tomem decisões baseadas em evidências quantitativas, reduzindo o risco inerente ao lançamento de novos produtos [Cite: 10, 21].

A precificação dinâmica (*Dynamic Pricing*) é outra área onde a Ciência de Dados revolucionou o varejo de moda. Algoritmos analisam a elasticidade-preço da demanda, os preços da concorrência e os níveis de estoque para ajustar os preços em tempo real, maximizando a margem de lucro e a taxa de conversão. Essa estratégia, comum no setor de aviação e hotelaria, está se tornando padrão no e-commerce de moda. Para implementar isso de forma eficaz, é necessário um arcabouço tecnológico que integre dados de vendas, custos operacionais e estratégia de marca, garantindo que a

Ano V, v.2 2025 | **submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025**

precificação automatizada não corroa o valor percebido da marca a longo prazo.

Na gestão de riscos, a análise de dados permite identificar vulnerabilidades na cadeia de suprimentos antes que se tornem crises. Modelos de simulação podem prever o impacto de atrasos no fornecimento de matéria-prima, flutuações cambiais ou interrupções logísticas. A criação de "Gêmeos Digitais" (*Digital Twins*) da cadeia de suprimentos permite testar cenários de "e se" (*what-if scenarios*), preparando a empresa para responder a eventos disruptivos com agilidade. A robustez financeira da empresa é fortalecida quando as decisões de compra e produção são balizadas por modelos probabilísticos de risco, em vez de estimativas determinísticas otimistas.

A democratização dessas ferramentas é um ponto crucial. Anteriormente restritas a gigantes como Amazon ou Zara, as plataformas de *SaaS* (*Software as a Service*) baseadas em nuvem agora permitem que PMEs acessem capacidades analíticas avançadas. A formação de profissionais capazes de operar essas ferramentas – interpretando resultados estatísticos e traduzindo-os para a linguagem de negócios – é uma lacuna no mercado atual. O gestor que domina SQL, Python e ferramentas de visualização de dados (como Tableau ou PowerBI) possui uma vantagem competitiva imensurável, pois consegue auditar as operações da empresa em tempo real e identificar ineficiências invisíveis nos relatórios contábeis tradicionais [Cite: 11].

Entretanto, a implementação de uma cultura *data-driven* enfrenta desafios significativos, principalmente relacionados à qualidade dos dados (*Data Quality*) e à integração de sistemas legados. Dados fragmentados ("silos de dados") em diferentes departamentos impedem uma visão holística do negócio. A governança de dados torna-se, portanto, uma prioridade estratégica. É necessário estabelecer protocolos claros de coleta, armazenamento e acesso aos dados, garantindo sua integridade e segurança. A ética no uso de dados de consumidores também é um tema central, exigindo conformidade com regulamentações como GDPR e LGPD.

Em suma, a Ciência de Dados não substitui a criatividade e a intuição que são a alma da moda, mas as potencializa. Ela fornece o "guard-rail" financeiro e operacional que permite aos designers inovar com segurança. A fusão entre a arte da moda e a ciência dos dados é o novo padrão de excelência na gestão do setor, permitindo que as empresas entreguem o produto certo, no momento certo, pelo preço certo, maximizando a satisfação do cliente e o retorno para o acionista.

4. Inteligência artificial na gestão de inventário e previsão de vendas

O gerenciamento de inventário é, historicamente, o maior desafio financeiro da indústria da moda. O custo de manter estoque (custo de oportunidade do capital, armazenagem, seguro) e o custo da obsolescência (produtos que saem de moda) podem destruir a lucratividade de uma empresa. A Inteligência Artificial (IA) oferece soluções sofisticadas para o problema do "estoque morto" (*deadstock*) e da ruptura de estoque (*stockout*).

Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

Algoritmos de aprendizado profundo (*Deep Learning*) são capazes de analisar séries temporais complexas, identificando sazonalidades, tendências cíclicas e correlações não lineares que escapam às planilhas de Excel tradicionais. Isso permite uma previsão de vendas (*Sales Forecasting*) com níveis de precisão que podem superar 90%, otimizando drasticamente o capital de giro. A aplicação de IA na gestão de inventário permite a implementação de modelos de reposição preditiva. Em vez de reagir quando o estoque atinge um nível mínimo, o sistema prevê quando a demanda ocorrerá e dispara a reposição antecipadamente, considerando o *lead time* variável dos fornecedores. Isso é particularmente crítico em cadeias de suprimentos globais, onde o tempo de transporte pode variar devido a fatores exógenos.

Além disso, algoritmos de alocação inteligente distribuem o estoque de forma otimizada entre diferentes centros de distribuição e lojas físicas, baseando-se na demanda local específica de cada região, reduzindo a necessidade de transferências custosas entre lojas e remarcações de preço [Cite: 4, 18]. A IA também desempenha um papel crucial na gestão de sortimento (*Assortment Planning*). Ferramentas analíticas ajudam a definir a profundidade (quantidade de peças por tamanho/cor) e a largura (variedade de estilos) ideal do mix de produtos. A análise de atributos do produto – como cor, tecido, tipo de manga, preço – permite entender quais características específicas estão impulsionando as vendas. Isso informa o processo de desenvolvimento de produto, garantindo que as futuras coleções estejam alinhadas com as preferências comprovadas dos consumidores.

A redução da taxa de devolução no e-commerce, um problema multibilionário, também é atacada por IA, através de ferramentas de recomendação de tamanho mais precisas e provadores virtuais. No contexto da manufatura, a IA melhora a precisão do planejamento de necessidades de materiais (MRP). Prever a quantidade exata de tecido e aviamentos necessários para uma ordem de produção reduz o desperdício de matéria-prima, que é um dos maiores custos industriais e ambientais. Algoritmos de otimização de corte (*nesting*) baseados em IA conseguem aproveitar o tecido de forma muito mais eficiente do que operadores humanos experientes, gerando economias diretas e mensuráveis. A integração desses sistemas com o ERP da empresa garante que o fluxo de caixa seja preservado, comprando materiais apenas quando estritamente necessário.

A detecção de anomalias é outra funcionalidade poderosa da IA. O sistema pode alertar os gestores sobre padrões de venda incomuns – como um pico súbito de demanda por um item específico – permitindo uma investigação rápida. Isso pode indicar uma tendência viral no TikTok ou um erro de precificação. A capacidade de reagir a essas anomalias em tempo real é o que confere agilidade ao negócio. Além disso, a IA pode identificar fraudes e perdas de inventário (furto interno ou administrativo) através da análise de discrepâncias nos dados de estoque e vendas [Cite: 9, 21].

A implementação dessas tecnologias exige, contudo, um investimento em infraestrutura de dados e em capital humano. A "limpeza" dos dados históricos é frequentemente o passo mais

Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

trabalhoso, pois algoritmos de IA treinados com dados ruins ("garbage in") produzirão previsões ruins ("garbage out"). A colaboração entre as equipes de TI, operações e comercial é essencial para calibrar os modelos e garantir que eles reflitam a realidade do negócio. O ceticismo inicial das equipes tradicionais deve ser superado através de projetos piloto que demonstrem ganhos rápidos (*quick wins*).

Em conclusão, a IA transforma a gestão de inventário de uma arte imprecisa para uma ciência exata. Ao alinhar a oferta com a demanda de forma precisa, as empresas não apenas melhoram sua saúde financeira, liberando caixa e aumentando a margem, mas também contribuem para a sustentabilidade, reduzindo a quantidade de produtos não vendidos que acabam em aterros sanitários. A competência em IA aplicada ao inventário é, portanto, um pilar central da moderna administração de moda.

5. Manufatura inteligente e a quarta revolução industrial (indústria 4.0)

A Indústria 4.0 representa a digitalização da manufatura, integrando sistemas ciberfísicos, IoT e computação em nuvem para criar "Fábricas Inteligentes". No setor têxtil, historicamente intensivo em mão de obra, essa revolução tecnológica é fundamental para aumentar a produtividade e a qualidade. A Manufatura Inteligente utiliza sensores conectados em máquinas de costura, teares e mesas de corte para coletar dados em tempo real sobre o desempenho da produção (OEE - *Overall Equipment Effectiveness*). Isso permite a manutenção preditiva, onde algoritmos de IA analisam vibrações e temperaturas para prever falhas em equipamentos antes que ocorram, evitando paradas não planejadas e garantindo a continuidade da produção.

A automação de processos através da robótica está avançando, embora o manuseio de tecidos flexíveis ainda seja um desafio para robôs tradicionais. No entanto, "Cobots" (robôs colaborativos) estão sendo usados para tarefas de apoio, como movimentação de materiais e embalagem. A visão computacional é utilizada para o controle de qualidade automatizado, detectando defeitos em tecidos ou costuras com uma velocidade e precisão inalcançáveis pelo olho humano. Isso reduz drasticamente a taxa de produtos defeituosos que chegam ao mercado, protegendo a reputação da marca e reduzindo custos de logística reversa [Cite: 21, 22].

A customização em massa é viabilizada pela Indústria 4.0. Máquinas de tricô 3D (*3D Knitting*) e impressoras digitais têxteis podem produzir itens únicos sob demanda sem o custo proibitivo de *setup* das máquinas tradicionais. Isso permite que as marcas ofereçam produtos personalizados aos consumidores, aumentando o valor agregado e a fidelidade. A integração direta entre o configurador de produto no site da marca e as máquinas na fábrica elimina erros de comunicação e reduz o tempo de ciclo (*lead time*) de semanas para dias.

O conceito de Gêmeo Digital (*Digital Twin*) aplica-se não apenas à cadeia de suprimentos,

Ano V, v.2 2025 | **submissão: 12/08/2025** | **aceito: 14/08/2025** | **publicação: 16/08/2025**

mas ao próprio produto e ao processo de fabricação. Designers podem simular o caimento e o comportamento de tecidos em ambientes virtuais 3D (como CLO3D ou Browzwear), reduzindo a necessidade de protótipos físicos. Na fábrica, o gêmeo digital da linha de produção permite simular mudanças no layout ou no fluxo de trabalho para otimizar a eficiência sem interromper a operação real. Essa virtualização do desenvolvimento e da produção acelera o *Time-to-Market* e reduz custos de desenvolvimento.

A conectividade e a interoperabilidade entre máquinas de diferentes fabricantes são desafios superados por protocolos padrão como OPC UA e MQTT. A criação de um ecossistema conectado permite que a fábrica responda automaticamente a mudanças na demanda. Por exemplo, se uma cor específica de camiseta está vendendo acima do esperado, o sistema MES (*Manufacturing Execution System*) pode reordenar automaticamente a prioridade de produção na fábrica para repor aquele item, otimizando a utilização das máquinas e da mão de obra disponível.

A sustentabilidade na manufatura é potencializada pela Indústria 4.0 através do monitoramento preciso do consumo de recursos. Medidores inteligentes de energia e água permitem identificar desperdícios e otimizar processos de tingimento e acabamento, que são os mais poluentes. A rastreabilidade possibilitada pela IoT garante que as alegações de sustentabilidade da marca possam ser auditadas e comprovadas, um requisito cada vez mais importante para consumidores e reguladores.

Conclui-se que a Indústria 4.0 não é apenas sobre tecnologia, mas sobre novos modelos de negócios. Ela permite a transição de um modelo de produção empurrada para um modelo de produção puxada pela demanda real. Para gestores e engenheiros têxteis, dominar essas tecnologias é essencial para construir sistemas produtivos que sejam não apenas eficientes, mas resilientes e adaptáveis às rápidas mudanças do mercado de moda global.

6. Sustentabilidade e economia circular habilitadas pela tecnologia

A sustentabilidade deixou de ser um nicho de mercado para se tornar um imperativo operacional e financeiro. **A indústria da moda figura entre os setores de maior impacto ambiental em escala global**, e a pressão por práticas de Economia Circular – onde os materiais são mantidos em uso pelo maior tempo possível – é intensa.

A tecnologia atua como o principal habilitador dessa transição. A Ciência de Dados é utilizada para otimizar o uso de materiais na fase de design (*Zero Waste Design*) e para calcular a pegada de carbono e hídrica de cada produto ao longo de seu ciclo de vida (LCA - *Life Cycle Assessment*). Softwares especializados permitem que designers escolham materiais com base em seu impacto ambiental, equilibrando estética, custo e sustentabilidade desde a concepção.

A rastreabilidade da cadeia de suprimentos é fundamental para a sustentabilidade ética.

Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

Tecnologias de *Blockchain* oferecem um registro imutável e transparente de cada etapa da produção, desde a fazenda de algodão até a loja. Isso permite verificar alegações de comércio justo, orgânico e livre de trabalho escravo. Para o consumidor, a leitura de um QR Code na etiqueta pode revelar toda a história do produto, aumentando a confiança na marca. Para a empresa, essa visibilidade mitiga riscos reputacionais e legais, garantindo conformidade com legislações de *due diligence* de cadeia de suprimentos que estão sendo implementadas na Europa e nos EUA [Cite: 18].

A gestão do fim de vida do produto é o maior desafio da economia circular. Tecnologias de triagem automatizada, baseadas em espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) e IA, estão sendo desenvolvidas para identificar a composição de fibras de roupas usadas, facilitando a reciclagem têxtil-a-têxtil. Plataformas digitais de revenda (*Resale*) e aluguel estão estendendo a vida útil das roupas, e a integração dessas plataformas com os sistemas de logística das marcas é um desafio de engenharia de sistemas e de dados. A análise preditiva ajuda a estimar o valor residual de itens usados, viabilizando economicamente os modelos de negócio de *recommerce*.

A eficiência energética e a redução de desperdícios na produção, discutidas no contexto da Indústria 4.0, são pilares da sustentabilidade ambiental. A tecnologia de tingimento sem água (como CO₂ supercrítico) e o acabamento a laser de jeans são exemplos de inovações tecnológicas que reduzem drasticamente o impacto ambiental. A gestão baseada em dados permite monitorar e reportar métricas ESG (*Environmental, Social, and Governance*) com precisão, atraindo investidores que priorizam empresas sustentáveis.

A colaboração na cadeia de valor é facilitada por plataformas em nuvem que permitem o compartilhamento seguro de dados de sustentabilidade entre marcas e fornecedores. A padronização de métricas e certificações é essencial para que esses dados sejam comparáveis e úteis. O gestor de sustentabilidade na moda deve, portanto, possuir uma forte literacia de dados para navegar nesse ecossistema complexo e evitar o *greenwashing* (falsas alegações de sustentabilidade).

Em suma, a tecnologia transforma a sustentabilidade de um centro de custo para um motor de inovação e eficiência. Ao reduzir desperdícios, otimizar recursos e habilitar novos modelos de negócio circulares, a tecnologia garante que a indústria da moda possa continuar a crescer sem exaurir os recursos do planeta. A liderança nessa área exige uma visão sistêmica que integre design, produção, logística e tecnologia da informação em prol de um objetivo comum de responsabilidade ambiental e social.

7. Estratégias de *reshoring* e o impacto na economia americana

O fenômeno do *reshoring* (retorno da produção ao país de origem) e *nearshoring* (produção em países vizinhos) ganhou força nos Estados Unidos devido à fragilidade das cadeias de suprimentos globais exposta pela pandemia e por tensões geopolíticas. Para a indústria têxtil americana, dizimada

Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

por décadas de *offshoring* para a Ásia, o *reshoring* representa uma oportunidade de renascimento, mas também um desafio econômico.

A produção nos EUA tem custos laborais significativamente mais altos; portanto, a viabilidade do *reshoring* depende inteiramente da automação e da eficiência operacional impulsionada pela tecnologia. A implementação de fábricas altamente automatizadas, onde a intervenção humana é minimizada e focada em tarefas de alto valor, é a única maneira de competir com os custos asiáticos. A tecnologia permite que a produção local seja mais ágil e responsiva. O modelo *Make-to-Order* ou *Made-for-You*, viabilizado pela manufatura digital, elimina a necessidade de grandes estoques e reduz o risco de *markdowns*.

Produzir perto do mercado consumidor reduz drasticamente o tempo de transporte e as emissões de carbono associadas à logística internacional. Além disso, permite que as marcas respondam a tendências em questão de dias. A análise de dados de mercado local permite ajustar a produção às preferências específicas dos consumidores americanos, algo difícil de fazer com longos *lead times* de importação [Cite: 12, 14]. O *reshoring* tem um impacto profundo na economia nacional, gerando empregos qualificados em operação de máquinas avançadas, manutenção, programação e gestão de sistemas. A demanda por profissionais com habilidades híbridas em têxtil e tecnologia (o "técnico-tecnólogo") está crescendo. Programas de treinamento e mentoria, como os propostos pela KY SMART SOLUTIONS LLC, são essenciais para capacitar a força de trabalho americana para essa nova realidade industrial.

O fortalecimento da base industrial doméstica também aumenta a segurança nacional, reduzindo a dependência de potências estrangeiras para bens essenciais. Iniciativas governamentais, como subsídios para inovação e preferências de compra para produtos feitos nos EUA, apoiam esse movimento. No entanto, o sucesso a longo prazo depende da competitividade privada. A consultoria estratégica desempenha um papel vital em ajudar as empresas a navegar pelos desafios do *reshoring*, desde a seleção de localização e equipamentos até a implementação de sistemas de gestão ERP/MES integrados.

A análise de custo total de propriedade (TCO), que considera não apenas o custo da mão de obra, mas também logística, tarifas, risco de estoque e propriedade intelectual, muitas vezes revela que a produção local é financeiramente vantajosa quando apoiada por tecnologia eficiente. A colaboração regional e a formação de *clusters* industriais têxteis avançados (como na Carolina do Norte ou em Los Angeles/Miami) criam ecossistemas de inovação onde fornecedores de tecnologia, fabricantes e marcas podem colaborar. A proximidade física facilita a inovação conjunta e a resolução rápida de problemas. A tecnologia de comunicação digital e as plataformas de colaboração em nuvem permitem que esses *clusters* se conectem com centros de design em Nova York e com o mercado global.

Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

Conclui-se que o *reshoring* não é uma volta ao passado da manufatura intensiva em mão de obra, mas um salto para o futuro da manufatura avançada. A tecnologia é o equalizador que permite aos EUA recuperar sua posição como produtor têxtil relevante. A gestão estratégica desse processo, fundamentada em dados e eficiência técnica, é crucial para a reindustrialização sustentável e para a criação de valor econômico e social no território americano.

8. Conclusão

A análise aprofundada da intersecção entre a indústria têxtil, a Ciência de Dados e a Inteligência Artificial revela um cenário de transformação profunda e irreversível. A trajetória da gestão de moda, evoluindo de processos artesanais e intuitivos para sistemas ciberfísicos complexos e preditivos, demonstra que a competência tecnológica tornou-se indissociável da competência gerencial.

O estudo evidenciou que a eficiência operacional, a sustentabilidade e a resiliência da cadeia de suprimentos dependem diretamente da capacidade das organizações de coletar, processar e agir sobre dados em tempo real. A "extraordinária habilidade" no contexto atual não reside apenas no talento criativo, mas na arquitetura de sistemas de negócios que suportam a inovação com rigor financeiro e operacional. Fica demonstrado que a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 e a utilização de algoritmos de IA para previsão de demanda e gestão de inventário são os vetores fundamentais para a mitigação de riscos em um mercado volátil.

A capacidade de reduzir o *gap* entre a produção e o consumo através de modelos preditivos não apenas melhora a saúde financeira das empresas, reduzindo o capital imobilizado e aumentando a margem líquida, mas também ataca a raiz do problema ambiental da moda: a superprodução. A tecnologia, portanto, alinha os incentivos econômicos com os imperativos éticos e ecológicos.

A discussão sobre o *reshoring* e a revitalização da manufatura nos Estados Unidos e em outros mercados desenvolvidos sublinha a importância estratégica da automação e da eficiência técnica. A viabilidade econômica da produção local em economias de altos salários é inteiramente dependente da produtividade gerada pela tecnologia. O papel do gestor e do consultor especializado é facilitar essa transição, traduzindo tecnologias complexas em processos operacionais práticos e rentáveis para pequenas e médias empresas, que formam a espinha dorsal da economia.

A formação acadêmica de excelência, combinando conhecimentos de design, comércio internacional e ciências exatas (estatística e computação), emerge como o perfil profissional ideal para liderar essa nova era. A capacidade de transitar entre o chão de fábrica e a sala de reuniões executiva, falando tanto a linguagem da moda quanto a dos dados, é o diferencial que permite a implementação bem-sucedida de estratégias de transformação digital. A disseminação desse

Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

conhecimento através de consultoria e mentoria é vital para elevar o nível de maturidade do setor como um todo.

Conclui-se, portanto, que a integração da inteligência artificial na cadeia de valor têxtil não é uma tendência passageira, mas uma reestruturação fundamental da lógica de negócios da moda. As empresas que dominarem essas ferramentas prosperarão, oferecendo produtos melhores, de forma mais rápida e sustentável. **Empresas que não incorporarem essas transformações tecnológicas tendem a enfrentar maiores dificuldades de adaptação em um ambiente competitivo cada vez mais orientado por dados.**

O futuro da moda é algorítmico, conectado e eficiente, e a liderança necessária para navegar nesse futuro exige uma fusão rara de visão estratégica, competência técnica e rigor analítico.

Referências

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation**. 6. ed. Pearson, 2016.

CHRISTOPHER, Martin. **Logistics & Supply Chain Management**. 5. ed. Pearson UK, 2016.

FASHION INSTITUTE OF TECHNOLOGY. **FIT 2025 Strategic Plan: Innovation and Sustainability**. New York: FIT, 2020.

GUPTA, Mahender. **The Impact of AI on Fashion Retail Supply Chain**. Journal of Fashion Marketing and Management, v. 23, n. 4, 2019.

IBIS WORLD. **Apparel Manufacturing in the US: Market Research Report**. 2024. [Cite: 14]

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Administração de Marketing**. 15. ed. Pearson, 2015.

MCKINSEY & COMPANY. **State of Fashion 2024: Finding pockets of growth in uncertainty**. McKinsey, 2023.

NAYAK, Rajkishore; PADHYE, Rajiv. **Automation in Garment Manufacturing**. Woodhead Publishing, 2018. [Cite: 9]

PORTER, Michael E. **Vantagem Competitiva: Criando e Sustentando um Desempenho Superior**. Campus, 1989.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. Edipro, 2016.

SENTHILKANNAN, S. **Artificial Intelligence in Textile Industry**. Springer, 2020. [Cite: 19]

THOMAS, Jerry. **Reshoring in the Textile Industry: Challenges and Opportunities**. Textile



Ano V, v.2 2025 | submissão: 12/08/2025 | aceito: 14/08/2025 | publicação: 16/08/2025

World, 2023. [Cite: 12]

UNITED STATES FASHION INDUSTRY ASSOCIATION. **2024 Fashion Industry Benchmarking Study**. USFIA, 2024.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Digital Transformation of Industries: Consumer Industries**. WEF, 2016.