



A CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM TRIDIMENSIONAL PARA A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E A SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA DA MODA¹

THE CONTRIBUTION OF 3D MODELING TO DIGITAL TRANSFORMATION AND SUSTAINABILITY IN THE FASHION INDUSTRY

Rosiane Serrano*  E-mail: rosiane.serrano@erechim.ifrs.edu.br

João Victor Scandolara*  E-mail: jjoaoscandolara@gmail.com

Ana Julia Dal Forno**  E-mail: ana.forno@ufsc.br

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Erechim (IFRS), Erechim, RS, Brasil.

**Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Blumenau, SC, Brasil.

Resumo: A digitalização tem impactado significativamente o desenvolvimento de produtos de moda, promovendo maior eficiência nos processos criativos e produtivos, além de contribuir para a redução de impactos ambientais. Nesse contexto, a modelagem tridimensional (3D) destaca-se como ferramenta estratégica ao possibilitar a prototipagem virtual, testes de caimento e ajustes sem a necessidade de múltiplas amostras físicas, reduzindo o consumo de materiais, energia e tempo produtivo e aproximando o setor dos princípios da Economia Circular. Apesar de seu potencial, a adoção da modelagem 3D ainda enfrenta desafios relacionados aos custos de aquisição, à necessidade de hardware avançado e às exigências de capacitação técnica, especialmente para pequenas empresas e designers independentes. Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo avaliar comparativamente como as tecnologias de modelagem 3D apoiam a transformação digital e a sustentabilidade na indústria da moda, por meio da análise dos softwares *CLO3D* e *Z-Weave*. A metodologia adotada foi a *Design Science Research (DSR)*, na qual foram definidos critérios de análise relacionados à usabilidade, curva de aprendizado, diferenças funcionais, fluidez operacional e etapas de desenvolvimento da modelagem. Os resultados indicaram que o *CLO3D* apresentou melhor desempenho em cinco critérios, enquanto o *Z-Weave* se destacou em três, evidenciando que a escolha da ferramenta depende das prioridades do usuário e do contexto produtivo. Os achados contribuem para a tomada de decisão de profissionais e empresas do setor, ao fornecer subsídios técnicos para a adoção de soluções digitais alinhadas à sustentabilidade.

Palavras-chave: Modelagem 3D. Transformação digital. Economia circular.

Abstract: Digitalization has significantly impacted the development of fashion products, promoting greater efficiency in creative and production processes while reducing environmental impacts. Among these technologies, three-dimensional (3D) modelling stands out as a strategic tool, as it enables virtual prototyping, fit testing, and adjustments without the need for multiple physical samples. This approach contributes to reducing the consumption of materials, energy, and production time, aligning the sector with the principles of the Circular Economy. Despite this potential, the adoption of 3D modelling still faces challenges related to acquisition costs, the need for advanced hardware, and technical training

¹ Trabalho aprovado no 45º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), que ocorreu de 14 a 17 de outubro de 2025 em Natal, RN.

requirements, which are particularly critical for small companies and independent designers. In this context, this study aimed to evaluate how 3D modelling technologies support digital transformation and sustainability in the fashion industry by comparing two widely used software packages: CLO3D and Z-Weave. The study followed a Design Science Research (DSR) approach, in which analysis criteria related to usability, learning curve, functional differences, operational fluidity, and modelling development stages were defined. The results indicate that CLO3D outperforms Z-Weave in five criteria, while Z-Weave shows superior performance in three. These findings demonstrate that the selection of 3D modelling software depends on user priorities and the specific production context, providing technical support for decision-making regarding the adoption of digital solutions aligned with sustainability goals in the fashion sector.

Keywords: Three-dimensional (3D). Digital transformation. Circular Economy.

1 INTRODUÇÃO

O uso da tecnologia tem se consolidado como elemento essencial para a integração dos princípios da Economia Circular na indústria, na medida em que otimiza o uso de recursos, possibilita rastreabilidade, fortalece processos colaborativos e favorece operações sustentáveis e eficientes (Ali *et al.*, 2024b; Yadav, Kar; Trivedi, 2024). Na indústria da moda, à medida que tecnologias digitais passaram a ser incorporadas ao processo criativo, a estética digital tornou-se fonte de inspiração para novas ideias e expressões visuais (Makryniotis, 2018). A introdução de softwares especializados transformou práticas antes analógicas no desenvolvimento de produtos, trazendo ganhos de eficiência, velocidade e criatividade (Riewe, 2022) e contribuindo, simultaneamente, para a redução de impactos ambientais.

A cadeia global da moda, têxtil e de confecção movimenta aproximadamente US\$ 1,5 trilhão ao ano (equivalente a R\$ 8 trilhões em 30/11/2025), ocupando a 14ª posição entre as maiores economias do mundo no setor (Ali *et al.*, 2024b). No Brasil, a moda representa cerca de R\$ 221 bilhões, abrangendo 25,7 mil unidades produtivas e 1,3 milhão de postos de trabalho diretos e indiretos, responsáveis por 4,5% da produção industrial nacional. O segmento de vestuário, por si só, responde por 88% dos empregos do setor (IEMI – Inteligência de Mercado, 2025), configurando-se como um importante impulsionador de emprego e renda no país (Serrano *et al.*, 2018, 2020). Apesar de sua expressiva relevância econômica e social, a indústria da moda ainda enfrenta limitações estruturais relacionadas à adoção de tecnologias nos processos produtivos (Dal Forno *et al.*, 2025). Essa lacuna tecnológica reduz a eficiência operacional e restringe o avanço rumo a produtos mais competitivos, sustentáveis e socialmente responsáveis.

As práticas sustentáveis na moda têm se concentrado na busca por novos corantes, redução de resíduos e adoção de modelos de fabricação alinhados à circularidade (Yadav, Kar e Trivedi, 2024). Nesse cenário, áreas como desenvolvimento, modelagem e prototipagem têm passado por transformações expressivas impulsionadas pela digitalização (Choi, 2022). Entretanto, o acesso às tecnologias ainda é limitado, sobretudo devido aos custos de aquisição, à necessidade de adequação de hardware e ao investimento em treinamento, obstáculos que afetam principalmente pequenas empresas e designers independentes. Soma-se a isso a baixa qualificação técnica e gerencial do setor, o que dificulta sua modernização (Campos, 2021; Dal Forno *et al.*, 2025).

A entrada das tecnologias digitais desafia o setor a repensar práticas tradicionais de desenvolvimento de produtos, promovendo inovação orientada pelo design e favorecendo a redução do impacto ambiental ao longo da cadeia produtiva (Terra *et al.*, 2023). Um dos avanços mais significativos é a possibilidade de criação de protótipos virtuais por meio de softwares de modelagem tridimensional (3D), que permitem testar e analisar peças em avatares digitais (Choi, 2025). Essa abordagem reduz a produção de múltiplas amostras físicas, minimiza desperdícios de materiais e energia e diminui a geração de resíduos — resultados diretamente alinhados aos princípios da Economia Circular (Ellen Macarthur Foundation, 2025).

Nesse contexto, torna-se fundamental estudar o processo de inserção das tecnologias digitais na indústria de vestuário, em especial o uso de softwares de modelagem 3D. Esses sistemas foram projetados para criar, manipular e simular objetos tridimensionais em ambiente virtual e têm sido amplamente utilizados em setores como moda, arquitetura, automotivo e entretenimento, devido à capacidade de gerar representações realistas e otimizar processos (Makryniotis, 2018; Pires, 2015). No setor do vestuário, possibilitam a criação de avatares customizados e facilitam o desenvolvimento de peças para diferentes perfis corporais, além de aprimorar a comunicação entre equipes e favorecer cadeias produtivas mais eficientes e circulares.

Os principais propósitos da modelagem 3D na indústria do vestuário incluem identificar correções que antes só seriam percebidas na amostra física, reduzir o número de protótipos desenvolvidos e melhorar a comunicação entre designers e

modelistas (Pires, 2015; Wetherell, Nicholson; James, 2024). Observa-se uma redução de 85% no tempo de desenvolvimento de modelagem e de 60% a 80% de amostras físicas (Mahnić Naglič, Petrak; Tomljenović, 2025). Dessa forma, a modelagem 3D contribui para a precisão técnica, redução de custos e adoção de práticas mais sustentáveis, ao otimizar o uso de materiais e minimizar desperdícios — aspectos essenciais da lógica da Economia Circular.

Diante deste cenário, esta pesquisa tem como objetivo analisar as tecnologias de modelagem tridimensional (3D) contribuem para a transformação digital da indústria do vestuário, avaliando comparativamente os softwares *CLO3D* e *Z-Weave*. O comparativo considera critérios como usabilidade, curva de aprendizado, fluidez operacional, diferenças nas ferramentas, interface e no processo de desenvolvimento da modelagem, discutindo suas interfaces com a Economia Circular e a digitalização do setor.

Esta pesquisa está estruturada em cinco seções, a primeira versa a introdução ao tema, a segunda seção traz a fundamentação teórica sobre o tema. A terceira etapa apresenta a metodologia seguido dos resultados. A quinta seção apresenta as considerações finais do documento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção aborda a transformação digital na moda, na perspectiva das indústrias 4.0, 5.0 e 6.0. A economia circular e a sustentabilidade na moda são discutidas na seção 2.3 e, por fim, aborda-se a modelagem digital para Indústria da Moda.

2.1 Transformação digital na moda: Indústria 4.0, 5.0 e 6.0

A Indústria 4.0 introduziu um conjunto de tecnologias, tais como internet das coisas (IoT), *big data*, inteligência artificial, simulação virtual, realidade aumentada, computação em nuvem e integração ciberfísica, que transformou os processos industriais e cadeias de suprimento (Dal Forno *et al.*, 2025). Essas tecnologias permitem maiores níveis de automação, rastreabilidade e eficiência, impulsionando

modelos produtivos mais enxutos e sustentáveis (Hmamed *et al.*, 2024; Kayikci *et al.*, 2022).

No setor têxtil e de moda, a digitalização tem se tornado essencial para enfrentar desafios relacionados a rapidez de mercado, personalização, custos e impactos ambientais. Estudos recentes destacam que as tecnologias como os gêmeos digitais, escaneamento 3D, modelagem tridimensional e realidade virtual são elementos-chave para inovação e redução de resíduos em *design*, prototipagem e na melhoria de processos (Orisadare *et al.*, 2025).

Seguindo para a Indústria 5.0, essa lógica é ampliada ao enfatizar abordagens focadas no ser humano, colaborativas e sustentáveis, buscando equilibrar automação e criatividade humana (Tyagi *et al.*, 2024). A Indústria 6.0 amplia e aprofunda a integração digital ao incorporar inteligência artificial avançada, ambientes imersivos e sistemas hiper conectados, orientados à eficiência, à segurança e à sustentabilidade (Almusaed *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a modelagem 3D desempenha um papel fundamental nas três revoluções industriais: na Indústria 4.0, automatiza e simula processos; na Indústria 5.0, integra a colaboração humano-máquina; e na Indústria 6.0, conecta ecossistemas de dados para reduzir desperdícios e melhorar o desempenho ambiental. Em síntese, o Quadro 1 diferencia a indústria 4.0, 5.0 e 6.0 quanto aos critérios das tecnologias, aplicações na moda e benefícios diretos.

Quadro 1 - Tecnologias da Indústria 4.0, 5.0 e 6.0 aplicadas no setor de moda

Fase Industrial	Tecnologias principais	Aplicações na Moda	Referência
Indústria 4.0	IoT, Big Data, Simulação virtual, Gêmeos digitais	Prototipagem virtual, controle de PCP, coleta automática de dados	(Hmamed <i>et al.</i> , 2024)
Indústria 5.0	Cobots, IA colaborativa, Sistemas centrados no ser humano	Integração humano-máquina nas etapas de desenvolvimento de produto e modelagem digital – 2D e 3D	(Tyagi <i>et al.</i> , 2024)
Indústria 6.0	Ambientes imersivos, IA avançada, interoperabilidade total	Simulações realistas, gêmeos digitais hiper conectados	(Almusaed <i>et al.</i> , 2023)

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

2.2 Sustentabilidade e Economia Circular na moda

A indústria têxtil é reconhecida como altamente poluente, responsável por elevado consumo de energia, uso intensivo de água, geração de resíduos e impactos sociais significativos (Oliveira Neto *et al.*, 2022). Portanto, é essencial buscar novas alternativas para reduzir esses impactos e promover práticas sustentáveis.

A Economia Circular (EC) surge como uma abordagem promissora, priorizando a redução, reutilização, reciclagem, regeneração e extensão do ciclo de vida dos produtos. Estudos recentes indicam que a adoção de práticas circulares é impulsionada não apenas por pressões regulatórias, mas também pelas expectativas dos consumidores e pela demanda crescente por soluções mais sustentáveis nos mercados internacionais (Atif, 2023; Kayikci *et al.*, 2022).

No setor da moda, a EC é aplicada por meio da redução de amostras, otimização no uso de materiais, prolongamento da vida útil dos produtos e integração entre design, produção e pós-consumo. Um exemplo disso é a modelagem 3D, que contribui diretamente para a EC ao reduzir protótipos físicos, diminuir o consumo de tecido, aviamentos e energia, evitar erros de modelagem e encaixe, e otimizar o planejamento de coleções, testando virtualmente variações de produtos (Bilancia, Costa e Staudacher, 2025; Kayikci *et al.*, 2022). O Quadro 2 ilustra alguns dos desafios ambientais enfrentados pela cadeia têxtil e como a modelagem 3D contribui para reduzir esses problemas.

Quadro 2 - Desafios ambientais da cadeia têxtil e contribuições da modelagem 3D

Desafio ambiental	Evidências do setor	Auxílio da Modelagem 3D	Resultado esperado	Referência
Alto volume de resíduos têxteis	Setor entre os maiores geradores de resíduos	Redução de amostras físicas	Menos descarte e uso de matérias-primas	(Oliveira Neto, <i>et al.</i> , 2022)
Consumo elevado de energia e água	Muito forte na fabricação de protótipos	Prototipagem virtual substituindo a física	Economia de recursos	(Orisadare <i>et al.</i> , 2025)
Retrabalho e erros de modelagem	Causam desperdício e atrasos	Simulação de caimento e ajustes digitais	Redução de retrabalhos	(Hmamed <i>et al.</i> , 2024)
Falta de circularidade	Baixa reciclagem no Brasil	Modelos abertos e rastreáveis	Facilita design circular	(Kayikci <i>et al.</i> , 2022)

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

As tecnologias digitais, especialmente a modelagem 3D, desempenham um papel fundamental no avanço da Smart Circular Supply Chain, facilitando a rastreabilidade, o controle de consumo e a monitoramento de impactos, além de permitir uma tomada de decisão mais eficiente e baseada em dados (Ali *et al.*, 2024a). A integração dessas tecnologias é uma das chaves para a transição para modelos de negócios circulares, mais limpos e sustentáveis.

2.3 Modelagem Digital para Indústria da Moda

O desenvolvimento de um produto de moda exige atenção e precisão, uma vez que envolve diversas etapas que impactam diretamente no consumo de materiais e na geração de resíduos. Entre essas etapas, a modelagem desempenha papel central, pois permite ao criador corrigir e modificar o molde — elemento estrutural do produto — proporcionando benefícios ao setor produtivo, maior agilidade no processo e economia de matéria-prima (Serrano, Garcia e Theisen, 2024).

A modelagem pode ser realizada de forma manual ou digital, sendo esta última o foco desta pesquisa. A modelagem digital deriva dos softwares CAD (Computer Aided Design), desenvolvidos para auxiliar profissionais como engenheiros, arquitetos e designers na criação e modificação de representações técnicas. No vestuário, a modelagem digital pode ser elaborada em ambientes CAD 2D ou 3D, sendo que o uso do tridimensional ganhou força a partir da década de 1990 com as contribuições de Hinds e McCartney (Sayem, Kennon e Clarke, 2010).

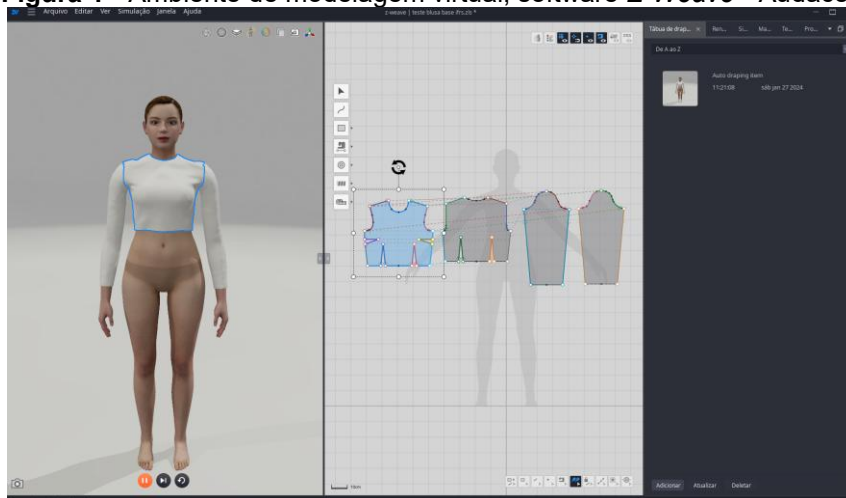
O principal objetivo dos softwares CAD é permitir a criação, modificação e análise de modelos bidimensionais e tridimensionais, além de possibilitar a simulação e a visualização prévia dos projetos antes de sua execução física (Amaral; Pina Filho, 2010). Existem sistemas CAD genéricos, aplicáveis a diferentes setores, e sistemas específicos, como aqueles voltados à indústria de confecção, que incluem programas de modelagem 2D e 3D (Guerrero, 2010).

Os softwares de modelagem 3D, em particular, oferecem ferramentas que permitem manipular elementos como pences, recortes e pregas, com visualização em tempo real das alterações aplicadas a avatares virtuais. Esses avatares podem ser

configurados a partir de medidas corporais como busto, cintura, quadril e altura, viabilizando o ajuste direto da peça sobre o manequim digital (Lervolino, 2015).

No processo digital de modelagem tridimensional, os sistemas geralmente utilizam interfaces compostas por janelas simultâneas nos ambientes 2D e 3D, ferramentas de edição rápida e painéis de parametrização das propriedades físicas dos tecidos (Boldt, 2018). Figura 1 ilustra um ambiente comum de software 3D, com a visualização paralela da peça em formato bidimensional (lado direito) e da simulação tridimensional, vestida no avatar (lado esquerdo).

Figura 1 - Ambiente de modelagem virtual, software Z-Weave - Audaces



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Como observado, a visualização tridimensional permite analisar a vestibilidade da peça sob diferentes ângulos (Lervolino, 2015), realizar variações de estilo, ajustar detalhes de modelagem e testar diferentes tecidos, cores e tamanhos. Com base em padrões virtuais, os ajustes físicos podem ser reduzidos a uma ou duas vezes, diminuindo o tempo, o retrabalho e o desperdício de materiais (Choi, 2025). A utilização de softwares 3D acelera significativamente os processos de criação, validação e produção, reforçando a tendência de substituição gradual dos métodos manuais na indústria têxtil e de vestuário (Cruz, 2022).

Atualmente, sistemas específicos para vestuário que integram funcionalidades 2D e simulação 3D destacam-se no mercado, entre eles *Lectra*, *Optitex*, *Assyst*, *CLO3D* e *Browzwear* (Mahnić Naglič, Petrak e Tomljenović, 2025), além do *Z-Weave* da empresa Audaces, atualmente em fase de implantação no Brasil (Audaces, 2023).

Apesar desses avanços, o acesso às tecnologias de modelagem digital ainda é limitado pelo alto custo de licenças, pela curva de aprendizado prolongada e pela predominância do idioma inglês nas interfaces e materiais de suporte. No cenário brasileiro, apenas o *Z-Weave* apresenta proposta nacional que busca atender a essas demandas. Para o presente estudo, os softwares selecionados foram *Z-Weave* (Audaces) e *CLO3D* (*CLO Virtual Fashion*), considerando critérios como nacionalidade, tempo de presença no mercado e facilidade de acesso.

Os critérios de análise adotados neste estudo foram definidos com base na viabilidade de implantação dos sistemas nas indústrias de vestuário. A usabilidade está associada ao desempenho real do software no ambiente produtivo; a curva de aprendizado considera o tempo e o nível de qualificação exigidos para a sua adoção; já os aspectos de fluidez operacional, ferramentas disponíveis e interface permitem avaliar a necessidade de equipamentos de maior desempenho e o grau de maturidade tecnológica requerido. A análise conjunta desses elementos possibilita compreender o potencial da modelagem digital 3D para reduzir o tempo de desenvolvimento, acelerar a inserção de novos produtos no mercado e fortalecer processos decisórios mais consistentes, ao mesmo tempo em que se busca preservar os princípios da Economia Circular. Dessa forma, espera-se que a adoção dessas tecnologias contribua para a criação de produtos mais assertivos, para a redução de desperdícios e para a mitigação dos impactos ambientais que ainda caracterizam a moda.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa e exploratória, tendo como finalidade ampliar a compreensão de um fenômeno ainda pouco estudado e oferecer uma visão inicial que permita a formulação de hipóteses e reflexões para estudos posteriores (Cardoso Ermel *et al.*, 2021). A abordagem exploratória é adequada quando se busca compreender em profundidade um tema emergente — como a modelagem tridimensional na indústria do vestuário —, permitindo o desenvolvimento de novos insights e interpretações sobre o problema investigado.

O método adotado foi a Design Science Research (DSR) (Dresch, Lacerda e Antunes Jr, 2015). A DSR é apropriada para pesquisas que envolvem a análise, o

desenvolvimento e a avaliação de artefatos tecnológicos, como softwares, processos ou modelos, o que a torna adequada ao estudo de sistemas de modelagem 3D aplicados à moda. A metodologia foi estruturada em seis etapas, apresentadas na Figura 2.

Figura 2 – Metodologia adotada



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Etapa 1 - Identificação do problema: A indústria da moda passa por mudanças impulsionadas pela transformação digital, com o surgimento de tecnologias capazes de reduzir desperdícios, otimizar a comunicação entre setores e diminuir o tempo de desenvolvimento de produtos. No entanto, persistem desafios relacionados ao uso limitado de tecnologia nos processos produtivos, especialmente na prototipagem e modelagem. Softwares 3D despontam como ferramentas capazes de reduzir erros, retrabalhos e a necessidade de múltiplas amostras físicas. Assim, torna-se relevante investigar o papel desses sistemas na melhoria dos processos de desenvolvimento do vestuário.

Etapa 2 - Conscientização e Revisão Sistemática de Literatura: Para fundamentar o estudo, realizou-se uma revisão bibliográfica abrangente em livros, periódicos revisados por pares, anais de eventos científicos, repositórios de dissertações e teses, além de literatura cinzenta. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: “software de modelagem digital 2D e 3D”, “sistema CAD”, “modelagem plana digital”, “modelagem bidimensional e tridimensional” e “modelagem 3D aplicada à moda”. Essa revisão permitiu identificar avanços recentes e lacunas relacionadas à aplicação de tecnologias digitais no setor do vestuário.

Etapa 3 - Identificação dos artefatos e problemas: A revisão indicou a existência de diversos sistemas de modelagem tridimensional disponíveis no

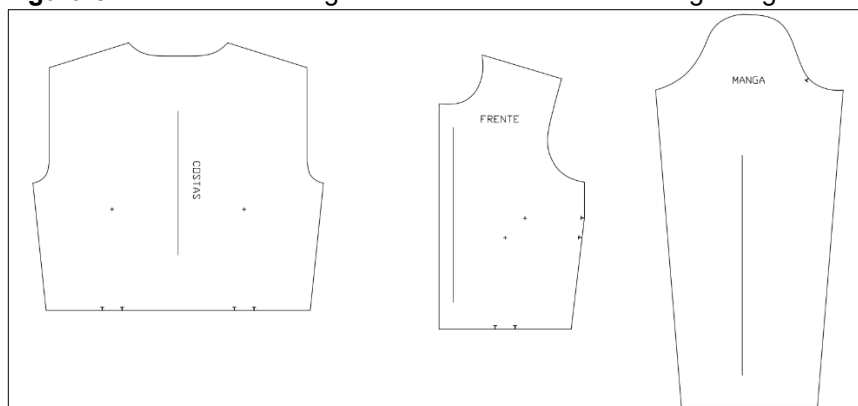
mercado. Entretanto, verificou-se que o acesso a essas tecnologias ainda é limitado devido ao alto custo das licenças, aos requisitos avançados de hardware, à curva de aprendizado prolongada e à predominância do idioma inglês em plataformas e manuais. Essas barreiras dificultam a adoção de práticas digitais por pequenas empresas e profissionais autônomos, reduzindo o potencial de disseminação de soluções sustentáveis. Diante desse cenário, definiu-se como objetivo analisar comparativamente dois softwares de modelagem 3D, considerando critérios como usabilidade, curva de aprendizado, fluidez operacional, diferenças nas ferramentas, interface e no processo de desenvolvimento da modelagem.

Etapa 4 - Projeto e desenvolvimento do artefato: Foram selecionados dois sistemas de modelagem tridimensional: **Z-Weave** (Audaces) e **CLO3D** (CLO Virtual Fashion), ambos pagos. Os critérios de seleção incluíram nacionalidade, maturidade no mercado e facilidade de acesso. Para padronização das análises, inseriram-se nos avatares de ambos os softwares as medidas corporais correspondentes ao tamanho 40 da tabela de medidas proposta por (Theisen, 2015). As medidas aplicadas foram: circunferência de busto, cintura e quadril; largura de ombro; altura de busto, cintura e quadril.

Em seguida, desenvolveu-se a base da modelagem bidimensional de uma blusa feminina com pences de busto e cintura, conforme a

Figura 3. Após a preparação dos moldes, estes foram exportados em formato DXF e importados nos dois sistemas para realização das simulações. A etapa de testes compreendeu aproximadamente um mês de uso contínuo para cada software, com dedicação semanal entre oito e dez horas.

Figura 3 - Base da modelagem da blusa feminina de manga longa



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Etapa 5 - Avaliação do artefato: A avaliação dos softwares buscou identificar sua contribuição para a eficiência produtiva, sua capacidade de reduzir erros e retrabalhos e sua potencialidade para minimizar desperdícios na fase de prototipagem. Também foram consideradas suas interfaces com a Economia Circular e com a digitalização da cadeia produtiva do vestuário. A comparação foi orientada pelos critérios definidos na Etapa 3.

Etapa 6 - Comunicação de resultados: Os resultados obtidos foram organizados, analisados e apresentados de forma a evidenciar o papel das tecnologias emergentes — especialmente a modelagem 3D — na modernização da indústria da moda. A etapa final buscou integrar as conclusões à discussão sobre sustentabilidade, transformação digital e Economia Circular, contribuindo para o avanço das pesquisas na área.

4 RESULTADOS

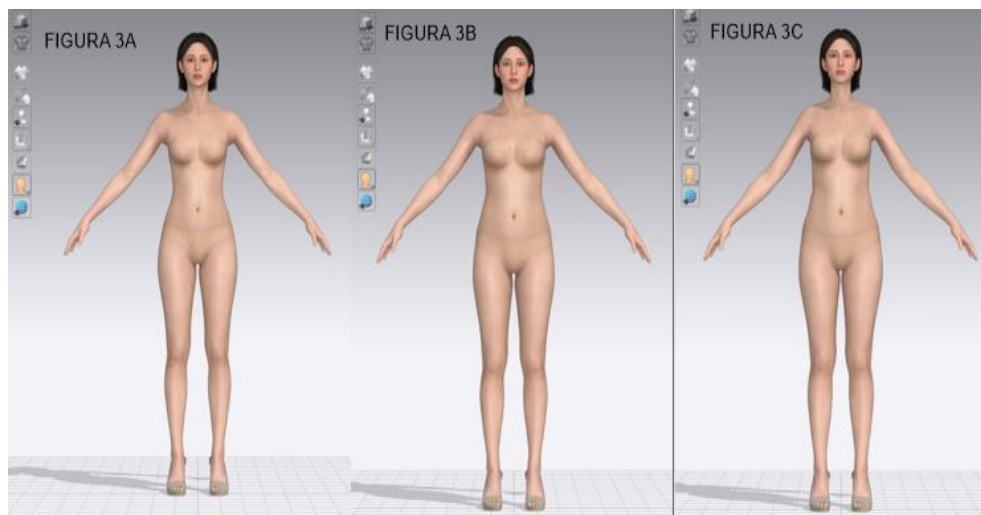
Esta seção apresenta a análise comparativa dos softwares, considerando critérios como usabilidade, curva de aprendizado, fluidez operacional, diferenças nas ferramentas, interface e no processo de desenvolvimento da modelagem. Na sequência, discute-se como esses resultados influenciam a escolha da ferramenta e suas implicações para a transformação digital, a eficiência produtiva e a adoção de práticas sustentáveis na indústria da moda.

4.1 Análises dos softwares

Em termos de **usabilidade** ambos os softwares (*Z-Weave* e *CLO3D*) permitem a alteração das medidas do avatar com base em tabelas de referência, por meio do menu de configuração do manequim. As medidas de circunferência seguem o mesmo princípio da modelagem tradicional, enquanto as medidas de altura são definidas a partir da base do avatar (chão), exigindo adaptações em relação às tabelas antropométricas.

Todavia, identificaram-se limitações importantes: ao inserir determinadas medidas, especialmente de membros superiores, ambos os sistemas apresentaram deformações nos avatares, impossibilitando ajustes completos. A Figura 4 apresenta três imagens, a primeira (Figura A) se refere ao avatar original do programa *CLO3D*, ao lado está o manequim (Figura B) com as medidas de altura e circunferência da tabela escolhida para o estudo, por fim, a última imagem (Figura C) apresenta a deformação do avatar descrita no parágrafo anterior logo após a inserção da medida de braço. Apesar disso, foi possível configurar as medidas necessárias para a realização do estudo. Essas limitações revelam desafios na personalização dos avatares, o que pode comprometer a precisão da simulação e restringir o uso das ferramentas em ambientes industriais que exigem alto nível de padronização antropométrica.

Figura 4 - Deformação do avatar no *Software CLO3D*



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No processo de **desenvolvimento da modelagem**, foram encontradas diferenças entre os sistemas. O *CLO3D* demonstrou vantagem por integrar, em um único ambiente, ferramentas de criação, interpretação e simulação do molde, garantindo precisão e continuidade no fluxo de trabalho. Já o *Z-Weave* depende de programas externos, como o Audaces Moldes, para a construção da modelagem 2D, que posteriormente é exportada para simulação.

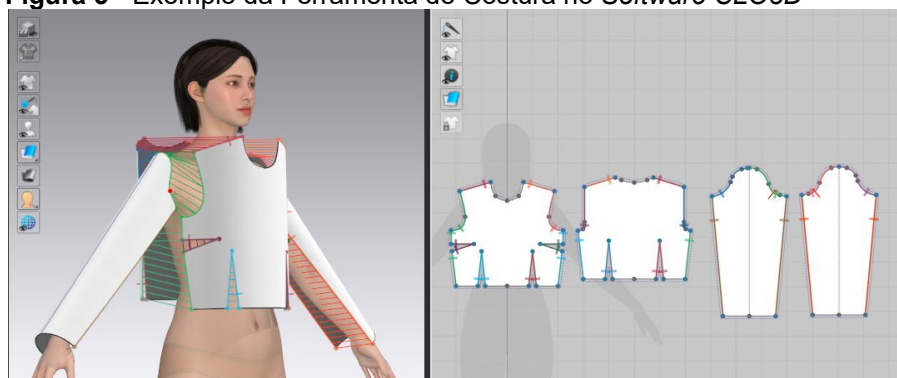
Ambos permitem a importação de arquivos DXF, garantindo compatibilidade com diferentes sistemas CAD. O *Z-Weave* possui atalho interno que interliga seu módulo 2D ao 3D, o que reduz etapas de exportação, embora ainda demande ações adicionais se comparado ao fluxo contínuo do *CLO3D*. A integração do *CLO3D* reduz tempo de desenvolvimento e retrabalhos, contribuindo para maior eficiência produtiva — benefício alinhado às práticas de transformação digital.

Nos dois sistemas às **ferramentas** utilizadas são semelhantes, diferenciando-se apenas pela operacionalização. O processo de vestir a modelagem no avatar se inicia com o posicionamento das peças sobre o avatar e o uso da ferramenta de costura para ligar as partes do produto, como mostra a

Figura 5. As simulações, entretanto, evidenciaram diferenças significativas, pois no *Z-Weave*: simulação estática, exigindo a interrupção para correção de moldes, enquanto no *CLO3D*: simulação dinâmica, permitindo ajustes enquanto o modelo está sendo simulado. Ambos permitem “puxar” ou “pinçar” a peça, corrigindo falhas de

caimento geradas por má posição inicial do molde. A possibilidade de ajustes em tempo real no *CLO3D* reduz ciclos de prototipagem virtual, diminuindo etapas internas e tornando o processo mais eficiente e menos suscetível a erros.

Figura 5 - Exemplo da Ferramenta de Costura no Software *CLO3D*



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os dois softwares disponibilizam **mapas de vestibilidade**, que auxiliam na identificação de pontos de tensão, folgas e comportamento do tecido. No *Z-Weave*, o mapa de tensão utiliza uma escala de cores do azul (folgas) ao amarelo (ajustes excessivos), como exposto na Figura 6.

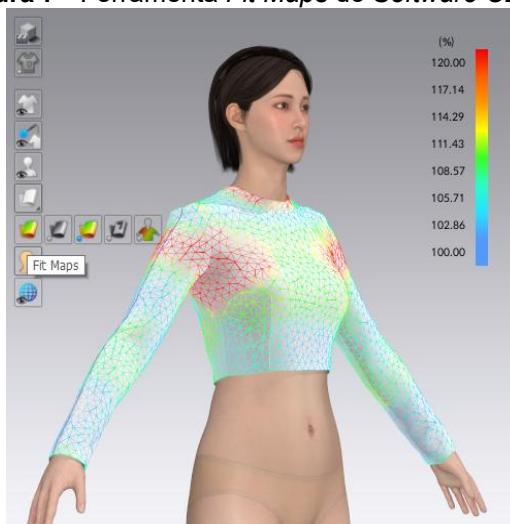
Figura 6 - Mapa de vestibilidade do programa *Z-Weave*



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O *CLO3D* apresenta um conjunto mais robusto de ferramentas, incluindo mapas de tensão, elasticidade, pressão e vestibilidade, com indicadores numéricos e escalas detalhadas. Funciona basicamente da mesma maneira que no *Z-Weave*, contudo o diferencial está em ser mais completo tendo mais que um mapa para análise, visto na Figura 7.

Figura 7 - Ferramenta *Fit Maps* do Software *CLO3D*



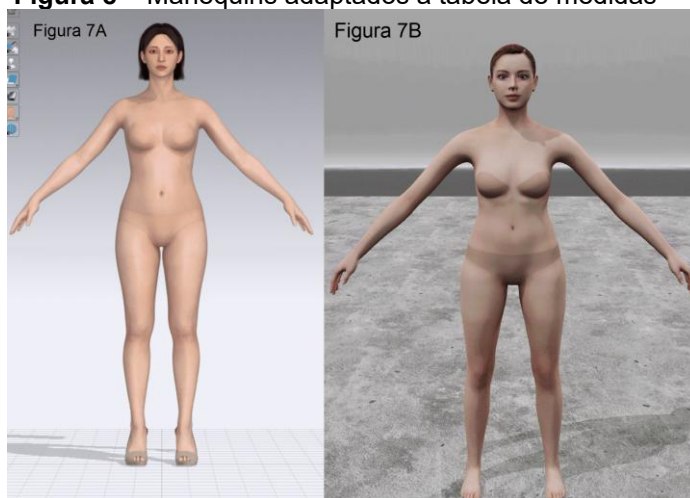
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A utilização dos mapas de vestibilidade é extremamente eficiente, pois reduz a necessidade de desenvolvimento de amostras físicas para avaliação do caimento, gerando economia de tempo e recursos, pois este é um fator na modelagem onde

normalmente tem-se muitas dúvidas de como a peça vai se comportar no corpo. Ambos os programas também permitem a configuração detalhada dos tecidos utilizados (gramatura, tipo de fio, entre outros atributos), aumentando o realismo das simulações. Portanto, as ferramentas avançadas de análise permitem prever comportamento de materiais com maior precisão, potencializando a redução de amostras físicas e, portanto, contribuindo diretamente para práticas da Economia Circular.

Quanto à **interface**, os softwares são semelhantes e intuitivos. O *Z-Weave* adota um visual minimalista, menos opções de personalização, avatar com estética mais lúdica. O *CLO3D* oferece uma interface mais completa e profissional, com maior variedade de recursos e a opção de customizar a localização dos menus conforme a necessidade do usuário. A Figura 8 apresenta as diferenças entre o programa *CLO3D* (Figura 8A) e o *Z-Weave* (Figura 8B). As diferenças impactam diretamente a percepção de qualidade e o nível de detalhamento possível na simulação.

Figura 8 – Manequins adaptados a tabela de medidas



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

No que se refere ao suporte integrado, o *Z-Weave* oferece orientações textuais no canto superior da tela, descrevendo sequências de ações para a ferramenta selecionada. Essa abordagem é útil para usuários em fase inicial de adaptação, mas apresenta limitações em situações mais complexas. O *CLO3D*, por sua vez, destaca-

se pela oferta de vídeos curtos, tutoriais interativos e acesso imediato ao manual ao passar o cursor sobre cada ferramenta, reduzindo o tempo de busca por informações e tornando o aprendizado mais fluido.

Além disso, observou-se que o *CLO3D* utiliza ícones mais intuitivos e padronizados, próximos ao design de interfaces consagradas em softwares 3D utilizados globalmente. O *Z-Weave* adota ícones de estilo mais simples, porém com menor padronização visual, o que pode aumentar a necessidade de leitura de rótulos e reduzir a fluidez cognitiva durante o trabalho.

A experiência do usuário também é influenciada pela maneira como cada software representa a área de trabalho. O *CLO3D* permite a visualização simultânea das janelas 2D e 3D em diferentes configurações, facilitando o acompanhamento do comportamento do molde a cada alteração realizada. O *Z-Weave* oferece visualização semelhante, mas com menor flexibilidade de ajustes e com tempo de resposta mais longo em manipulações mais complexas.

Apesar dos recursos de apoio, ambos os softwares apresentaram **curva de aprendizado** prolongada, exigindo tempo significativo para aquisição de habilidades, mesmo por usuários experientes em CAD 2D. Essa dificuldade é ampliada pela disponibilidade limitada de materiais em português. A curva de aprendizado é uma barreira de adoção para pequenas empresas, impactando diretamente a transformação digital e limitando o uso estratégico desses sistemas.

Durante o uso, observou-se que em termos de **fluidez operacional** o *CLO3D* apresentou maior fluidez e estabilidade em simulações prolongadas e *Z-Weave* exibiu atraso perceptível na execução de comandos, especialmente durante simulações mais longas. A fluidez operacional influencia diretamente a produtividade e o tempo de desenvolvimento. Processos lentos podem aumentar custo operacional e dificultar a adoção em larga escala.

De modo geral, os resultados indicam que ambos os softwares atendem às demandas básicas da modelagem 3D, porém o *CLO3D* apresenta maior integração, robustez e fluidez, enquanto o *Z-Weave* se destaca pela simplicidade de uso e integração com plataformas nacionais. As diferenças identificadas têm impacto direto na eficiência produtiva, na redução de protótipos físicos e no potencial adoção de práticas alinhadas à Economia Circular.

4.2 Avaliação dos softwares

A avaliação dos softwares permitiu identificar diferenças relevantes em termos de desempenho, usabilidade e potencial de aplicação na transformação digital da indústria da moda. Embora ambos executem adequadamente as simulações para as quais foram desenvolvidos, o nível de eficiência operacional varia conforme o hardware utilizado e a complexidade dos modelos.

O **CLO3D** apresenta interface mais profissional e detalhada, com avatares realistas, ampla variedade de configurações de tecido e recursos avançados de simulação. Essas características o tornam mais aderente às demandas de empresas que buscam maior precisão no desenvolvimento de produtos e integração com práticas de design digital. O **Z-Weave**, por sua vez, estrutura-se de maneira mais simplificada, com interface minimalista e conjunto reduzido de ferramentas, o que facilita a navegação inicial, mas limita análises mais complexas. Sua integração nativa com o Audaces Vestuário constitui um diferencial competitivo para empresas que já utilizam a plataforma, favorecendo a continuidade do ciclo de vida do produto dentro do mesmo ecossistema tecnológico.

No desenvolvimento da modelagem, o **CLO3D** se mostrou mais completo, permitindo criar, interpretar e simular o molde em um único ambiente. Essa característica reduz retrabalhos e contribui para a diminuição do lead time, impactando positivamente a eficiência produtiva — um aspecto central da transformação digital. O **Z-Weave**, por sua vez, depende de softwares externos para a construção da modelagem 2D, o que adiciona etapas no fluxo de trabalho, embora ofereça boa funcionalidade quando utilizado em conjunto com o Audaces Moldes.

Ambos os softwares contribuem para reduzir a necessidade de amostras físicas, o que resulta em menor desperdício de materiais e menor consumo energético durante a fase de prototipagem. Essa redução tangibiliza benefícios da Economia Circular, pois diminui resíduos têxteis e aumenta a precisão das decisões antes da produção física. O **CLO3D**, no entanto, se destaca pela amplitude dos mapas de vestibilidade, que incluem análises de tensão, elasticidade, pressão e comportamento

geral do caimento. O *Z-Weave* oferece apenas o mapa de tensão, cumprindo sua função, porém com menor detalhamento.

A curva de aprendizado foi identificada como uma limitação em ambos os sistemas. Mesmo usuários experientes em CAD 2D relataram dificuldades iniciais, reforçando a necessidade de treinamento. O *CLO3D* atenua parcialmente essa barreira ao oferecer vídeos interativos, tutoriais integrados e acesso imediato ao manual, enquanto o *Z-Weave* disponibiliza instruções textuais básicas, com menor profundidade.

Em relação à usabilidade, o *CLO3D* mostrou-se mais fluido e menos cansativo durante longas sessões de trabalho, especialmente em simulações contínuas. O *Z-Weave* apresentou atraso na execução de alguns comandos, o que pode comprometer a produtividade e impactar o ritmo de desenvolvimento de coleções em ambientes industriais.

Outro ponto crítico identificado em ambos os sistemas foi a inconsistência na alteração de medidas do avatar. A ocorrência de deformações ao inserir medidas corporais específicas compromete a confiabilidade das simulações e exige intervenção manual do usuário. A ausência de alertas de erro agrava o problema, pois impede a identificação imediata da origem da falha. De modo geral, o *CLO3D* apresenta maior maturidade tecnológica e robustez funcional, sendo recomendado para empresas com maior digitalização. O *Z-Weave*, por sua vez, adapta-se melhor a empresas nacionais em transição tecnológica ou que já utilizam o ecossistema Audaces.

Com base nesses critérios, elaborou-se o Quadro 3, para sintetizar os desempenhos dos softwares, classificando-os em três níveis — “ruim”, “razoável” e “bom”. que apresenta a avaliação comparativa dos softwares por meio da classificação “ruim”, “razoável” e “bom”. Para ampliar a robustez analítica e alinhar os resultados ao objetivo do estudo, foram incluídas duas colunas adicionais: impacto na produtividade e contribuição potencial para a Economia Circular. Em ambas, o nível “alto” indica que o software exerce influência direta na melhoria de processos ou na redução de desperdícios, enquanto o nível “médio” representa impacto indireto, dependente de condições complementares, como treinamento da equipe, infraestrutura tecnológica ou integração com outros sistemas. Essa sistematização

evidencia de forma clara os pontos fortes e as limitações de cada sistema, auxiliando a tomada de decisão quanto à escolha da ferramenta mais adequada ao contexto, seja ele educacional, profissional ou industrial.

Quadro 3 - Avaliação dos softwares *Z-Weave* e *Clo3D*

Critério	<i>CLO3D</i>	<i>Z-Weave</i>	Impacto na Produtividade	Contribuição para Economia Circular
Usabilidade	Bom	Bom	Alto	Alto
Curva de aprendizado	Razoável	Razoável	Médio	Médio
Fluidez operacional	Bom	Razoável	Alto	Médio
Ferramentas de simulação	Bom	Razoável	Alto	Alto
Interface e realismo	Bom	Razoável	Médio	Alto
Desenvolvimento da modelagem	Bom	Razoável	Alto	Alto

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Essa sistematização permite identificar, de forma clara e comparativa, as vantagens e limitações de cada solução, favorecendo a escolha da ferramenta mais adequada conforme o contexto: uso educacional, desenvolvimento criativo, pequenas confecções em fase de digitalização ou indústrias com processos avançados de modelagem digital. Ao reunir os critérios técnicos e os impactos estratégicos, o quadro reforça a relevância da modelagem 3D como instrumento para a transformação digital, para o aumento da eficiência produtiva e para o avanço de práticas alinhadas à Economia Circular no setor da moda.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo de analisar de que maneira as tecnologias de modelagem tridimensional (3D) contribuem para a transformação digital da indústria do vestuário, avaliando comparativamente os softwares *CLO3D* e *Z-Weave*, foi plenamente alcançado. Os resultados permitiram inserir a pesquisa no eixo temático das tecnologias emergentes para a moda, evidenciando como essas ferramentas podem modernizar e qualificar o processo de desenvolvimento de produtos. As simulações realizadas demonstraram o potencial dos sistemas 3D para transformar práticas criativas e produtivas, otimizando tempo, recursos e ampliando a precisão na

prototipagem virtual. Contudo, ambos os softwares apresentam vantagens e limitações que influenciam sua adoção em diferentes cenários industriais.

O estudo também dialoga diretamente com os princípios da Economia Circular, uma vez que a modelagem 3D reduz o consumo de matéria-prima e a geração de resíduos ao minimizar a necessidade de amostras físicas. Essa redução contribui para práticas produtivas mais sustentáveis, integrando inovação tecnológica e responsabilidade ambiental — aspectos essenciais para a transição da cadeia têxtil rumo a modelos mais circulares.

As análises apresentadas oferecem subsídios relevantes para profissionais e empresas interessados em adotar ferramentas digitais na modelagem de vestuário, destacando elementos críticos para a tomada de decisão, como desempenho, curva de aprendizado, requisitos tecnológicos e impacto produtivo. Ambos os sistemas representam avanços significativos na digitalização do setor, contribuindo para a eficiência, a criatividade e a sustentabilidade na indústria têxtil e de vestuário. Além disso, reforçam o papel estratégico da modelagem digital no contexto da Indústria 4.0 e da modernização dos processos, apoiando práticas de engenharia de produção voltadas à redução de retrabalho, otimização do lead time e melhoria da comunicação entre setores.

Em síntese, a escolha entre *CLO3D* e *Z-Weave* dependerá das prioridades, do porte e do nível de maturidade tecnológica de cada empresa. Como limitação, este estudo concentrou-se na análise de modelagens base, não explorando modelagens interpretadas ou aplicações avançadas, como renderização hiper-realista. Outra limitação é o fato de as simulações terem sido realizadas em ambiente acadêmico; futuras investigações devem incluir aplicações em contextos fabris, comparando processos semelhantes sob diferentes abordagens tecnológicas.

Recomenda-se aprofundar estudos que avaliem o impacto real da modelagem 3D na redução de resíduos, comparar diferentes categorias de produtos, analisar indicadores de produtividade, investigar estratégias de capacitação profissional e explorar o potencial de integração das ferramentas 3D com outros sistemas industriais, como a visualização virtual e em tempo real do protótipo simulado. Tais avanços podem contribuir significativamente para acelerar a transformação digital e fortalecer práticas sustentáveis no setor da moda.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFRS - Campus Erechim (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Erechim) pelo suporte financeiro para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ALI, S. S. *et al.* A novel hybrid decision-making framework for measuring Industry 4.0-driven circular economy performance for textile industry. *Business Strategy and the Environment*, v. 33, n. 8, p. 7825–7854, 1 dez. 2024a.
- ALI, S. S. *et al.* A novel hybrid decision-making framework for measuring Industry 4.0-driven circular economy performance for textile industry. *Business Strategy and the Environment*, v. 33, n. 8, p. 7825–7854, 30 dez. 2024b.
- ALMUSAED, A. *et al.* Reviewing and Integrating AEC Practices into Industry 6.0: Strategies for Smart and Sustainable Future-Built Environments. *SUSTAINABILITY*, v. 15, n. 18, 2023.
- AMARAL, R. D. C. DO; PINA FILHO, A. C. DE. A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia. *Nono Simpósio de Mecânica Computacional . Anais...São João Del-Rei: Universidade Federal de São João Del-Rei, 26 maio 2010*
- ATIF, S. Analysing the alignment between circular economy and industry 4.0 nexus with industry 5.0 era: An integrative systematic literature review. *SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, v. 31, n. 4, p. 2155–2175, 2023.
- AUDACES. Entenda o que é modelagem 3d e quais suas vantagens para a confecção. <https://audaces.com/pt-br/blog/o-que-e-modelagem-3d>, dez. 2023.
- BILANCIA, A.; COSTA, F.; STAUDACHER, A. P. Achieving sustainability and circular economy in the luxury fashion industry through lean practices: A systematic literature review. *Computers and Industrial Engineering*, v. 206, 1 ago. 2025.
- CAMPOS, A. Q. Innovation, conformity and other ambivalences in fashion design. *Modapalavra e-periódico*, v. 14, n. 33, 1 jul. 2021.
- CARDOSO ERMEL, A. P. *et al.* *Literature Reviews*. Cham: Springer International Publishing, 2021.
- CHOI, K. H. 3D digital technology in upcycling apparel design: the creation of a modular redesign system and designer perspectives. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, v. 18, n. 2, p. 269–282, 2025.

CHOI, K.-H. 3D dynamic fashion design development using digital technology and its potential in online platforms. *Fashion and Textiles*, v. 9, n. 1, p. 9, 11 mar. 2022.

CRUZ, I. L. M. Barreiras na implementação da modelagem 3d na itv: caso de estudo na Davion. Covilhã (Portugal): Universidade da Beira interior (UBI), 2022.

DAL FORNO, A. J. *et al.* A mathematical model to identify companies' adaptation variables to cyber-physical production systems. *Revista de Administração da UFSM*, v. 18, n. 2, p. e7, 19 ago. 2025.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. *Design Science Research. A Method for Science and Technology Advancement*. 1. ed. London: Springer, 2015.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Redesenhando o futuro da moda. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/moda/visao-geral>>. Acesso em: 7 out. 2025.

GUERRERO, J. A. *New fashion and design technologies*. London: A & C Black, 2010.

HMAMED, H. *et al.* The adoption of I4.0 technologies for a sustainable and circular supply chain: an industry-based SEM analysis from the textile sector. *Business Strategy and the Environment*, v. 33, n. 4, p. 2949–2968, 1 maio 2024.

IEMI – INTELIGÊNCIA DE MERCADO. Sectorial Report of the Brazilian Textile Industry Versão Resenha do Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira São Paulo IEMI – Inteligência de Mercado, , out. 2025.

KAYIKCI, Y. *et al.* Assessing smart circular supply chain readiness and maturity level of small and medium-sized enterprises. *Journal of Business Research*, v. 149, p. 375–392, 1 out. 2022.

LERVOLINO, F. A tecnologia 3d como recurso didático para a aprendizagem da modelagem plana do vestuário5 ENPModa - Encontro Nacional de Pesquisa em Moda. Anais...2015

MAHNIĆ NAGLIĆ, M.; PETRAK, S.; TOMLJENOVIC, A. Analysis of Woven Fabric Mechanical Properties in the Context of Sustainable Clothing Development Process. *Polymers*, v. 17, n. 15, 1 ago. 2025.

MAKRYNIOTIS, T. Fashion and Costume Design in Electronic Entertainment — Bridging the Gap between Character and Fashion Design. *Fashion Practice*, v. 10, n. 1, p. 99–118, 2 jan. 2018.

OLIVEIRA NETO, G. C. DE *et al.* Sustainable Resilience Degree assessment of the textile industrial by size: Incremental change in cleaner production practices considering circular economy. *Journal of Cleaner Production*, v. 380, 20 dez. 2022.

ORISADARE, E. A. *et al.* Digitalisation and Green Strategies: A Systematic Review of the Textile, Apparel and Fashion Industries Circular Economy and Sustainability Springer Nature, , 1 ago. 2025.

PIRES, G. A. O CAD 3D aplicado na validação de protótipos na indústria do vestuário. São Paulo: Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2015.

RIEWE, K. Digital to Physical Garment Development: Evaluation of Custom Avatar & Bra Development Using CLO 3DBreaking Boundaries. Anais...Iowa State University Digital Press, 19 set. 2022

SAYEM, A. S. M.; KENNON, R.; CLARKE, N. 3D CAD systems for the clothing industry. International Journal of Fashion Design, Technology and Education, v. 3, n. 2, p. 45–53, jul. 2010.

SERRANO, R. *et al.* Systems Thinking and Scenario Planning: Application in the Clothing Sector. Systemic Practice and Action Research, v. 31, n. 5, p. 509–537, 11 out. 2018.

SERRANO, R. *et al.* Generation of value of a Brazil fashion industrial cluster: A systemic analysis. Journal of Technology Management and Innovation, v. 15, n. 1, p. 88–104, 2020.

SERRANO, R.; GARCIA, J. C.; THEISEN, F. C. Técnicas de modelagem modular e zero-waste aplicados a um produto de alfaiataria. *Projetica*, v. 15, n. 3, p. 1–30, 26 dez. 2024.

TERRA, T. S. *et al.* Inovação e Tecnologia na Indústria do Vestuário: uma Análise das Empresas Pertencentes ao Arranjo Produtivo Local Polovest Erechim. *Em: SCHNEIDER, R. DE C. DE S.; BAGGIOTTO, C.; IEPSSEN, S. E. L. (Eds.). . Tecnologias ambientais inovadoras [livro eletrônico]. 1. ed. Araraquara: Letraria, 2023. v. 1p. 60–71.*

THEISEN, F. C. Modelagem I Traçado de Moldes Básicos - CST Design de Moda. Erechim: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Erechim, 2015.

TYAGI, S. *et al.* Significant Leap In The Industrial Revolution From Industry 4.0 To Industry 5.0: Needs, Problems, And Driving Forces. *MANAGEMENT AND PRODUCTION ENGINEERING REVIEW*, v. 15, n. 3, 2024.

WETHERELL, S. V.; NICHOLSON, T. R.; JAMES, A. M. Utilising 3D fashion design software to enable remanufacturing in sportswear. International Journal of Fashion Design, Technology and Education, v. 17, n. 2, p. 249–259, 2024.

YADAV, S. S.; KAR, S. K.; TRIVEDI, S. K. Investigating Emerging Trends in Sustainable Fashion Research: Topics, Challenges, Strategies, and Future Directions. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 71, p. 5600–5615, 2024.

Biografia do(s) autor(es):

Rosiane Serrano

Doutora em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), com pós-doutorado na mesma instituição e área. É professora, pesquisadora e Coordenadora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação no Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Erechim. Atua nas áreas de tecnologia, dispositivos vestíveis (*wearables*) e economia circular, com foco em inovação e sustentabilidade.

João Victor Scandolara

Especialista em Modelagem Criativa com ênfase em Sustentabilidade e Tecnólogo em Design de Moda pelo Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Erechim, além de Técnico em Marketing pelo Senac/RS. Atua profissionalmente nas áreas de modelagem e encaixe computadorizados, com interesse em processos digitais aplicados ao setor do vestuário.

Ana Julia Dal Forno

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com período sanduíche na Universidade Técnica de Berlim. É Professora Associada do Departamento de Engenharia Têxtil da UFSC – Campus Blumenau desde 2014. Suas linhas de pesquisa incluem gestão da qualidade 4.0, manufatura enxuta e benchmarking em empresas têxteis.



Artigo recebido em: 15/12/2025 e aceito para publicação em: 09/02/2026

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v26i2.5789>