

SUSTENTABILIDADE E PRINCÍPIOS DA TRIZ NO DESIGN DE PRODUTOS TÊXTEIS INTELIGENTES: UMA ABORDAGEM SISTEMÁTICA PARA O PROCESSO CRIATIVO

SUSTAINABILITY AND TRIZ PRINCIPLES IN SMART TEXTILE PRODUCT DESIGN: A SYSTEMATIC APPROACH TO THE CREATIVE PROCESS

SOSTENIBILIDAD Y PRINCIPIOS DE TRIZ EN EL DISEÑO INTELIGENTE DE PRODUCTOS TEXTILES: UN ENFOQUE SISTEMÁTICO DEL PROCESO CREATIVO

Sandra Helena da Silva de Santis¹
Carlos Eduardo Dezan Scopinho²
João Paulo Pereira Marcicano³

RESUMO: Este artigo investiga a articulação entre sustentabilidade e processo criativo no design de produtos têxteis, propondo o uso sistematizado dos princípios inventivos da Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ) como instrumento de apoio à tomada de decisão projetual. Parte-se da premissa de que abordagens estruturadas ampliam o potencial criativo, racionalizam o uso de recursos e reduzem os impactos ambientais associados à produção têxtil. Metodologicamente, adotou-se revisão de literatura associada a um estudo de caso conduzido em uma empresa do setor de malharia, combinando brainstorming multidisciplinar com profissionais de engenharia, engenharia de produção, design de produto e docência e a construção de uma matriz de correlação entre os 40 princípios inventivos da TRIZ e os requisitos de tecidos tecnológicos (e-têxteis). Os resultados indicam que 10% das correlações identificadas apresentam alta prioridade estratégica, associadas sobretudo a princípios de segmentação, combinação, universalidade, reaproveitamento e mudança de parâmetros, ao passo que 48% e 42% correspondem, respectivamente, a prioridades média e baixa. A elaboração complementar de um quadro morfológico evidenciou combinações inovadoras entre materiais, estruturas e acabamentos de fio, com potencial de aplicação nos setores esportivo, médico e de moda funcional. Conclui-se que a TRIZ constitui um recurso metodológico consistente para orientar decisões projetuais sustentáveis no setor têxtil, reduzindo a dependência de processos exclusivamente intuitivos e fortalecendo o elo entre a tradição da indústria têxtil e a inovação responsável.

Palavras-chave: Triz. Sustentabilidade. Design têxtil. Processo criativo.

¹Professora e pesquisadora no grupo de Design, Gestão e Tecnologias em Têxtil e Moda e de Modelagem Matemática dos Processos de Fiação Têxtil pela Universidade São Paulo cadastrada no CNPQ. Doutoranda em e Moda com pesquisa sobre metodologia de projeto em design. Coordenadora do Curso de Gestão Empresarial Fatec Zona Leste- Centro Paula Souza Univesp (2026). Mestra em Ciência na área de materiais e processos no programa de Têxtil e Moda na Universidade São Paulo - Escola de Artes, Ciências e Humanidades.

²Mestre em Têxtil e Moda pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP (EACH). Professor e pesquisador sobre o diálogo entre criação, pesquisa e inovação, Doutor(a) em Design pela Universidade de Lisboa (ULisboa), em regime de cotutela com a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU USP). e também Mestre em Comunicação pela Universidade Paulista (Unip), além de especialista em Administração de Marketing pela Fundação Armando Alvares Penteado (FAAP). Graduado em Comunicação Social com habilitação em Publicidade e Propaganda pela Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

³Professor, orientador associado no curso de Têxtil e Moda da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo onde ministra cursos na área de tecnologia têxtil e gestão, pesquisador e Engenheiro Mecânico pela Universidade de São Paulo (1989), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1995) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (2000). Trabalha com os temas de pesquisas: produção de filamentos e fios, metodologia de projeto de produtos sustentáveis e têxteis eletrônicos.

ABSTRACT: This paper examines the relationship between sustainability and the creative process in textile product design, proposing the systematic use of the inventive principles of the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) as a decision-support tool for design practice. The study assumes that structured approaches expand creative potential, rationalize the use of resources, and reduce the environmental impacts associated with textile production. Methodologically, a literature review was combined with a case study conducted in a knitting company, alongside multidisciplinary brainstorming involving engineering, production engineering, product design and teaching professionals and the construction of a correlation matrix between the 40 TRIZ inventive principles and the requirements of technological fabrics (e-textiles). The results show that 10% of the identified correlations present high strategic priority, mainly associated with the principles of segmentation, combination, universality, reuse and parameter change, while 48% and 42% correspond, respectively, to medium and low priority. The complementary construction of a morphological chart revealed innovative combinations among materials, structures and yarn finishes, with potential applications in the sports, medical and functional fashion segments. The study concludes that TRIZ is a consistent methodological resource for guiding sustainable design decisions in the textile sector, reducing reliance on purely intuitive processes and strengthening the link between the textile industry's tradition and responsible innovation..

Keywords: Triz. Sustainability. textile design. creative process.

RESUMEN: Este artículo investiga la articulación entre sostenibilidad y el proceso creativo en el diseño de productos textiles, proponiendo el uso sistematizado de los principios inventivos de la Teoría de la Resolución Inventiva de Problemas (TRIZ) como instrumento para apoyar la toma de decisiones de diseño. Se basa en la premisa de que los enfoques estructurados amplían el potencial creativo, racionalizan el uso de los recursos y reducen los impactos medioambientales asociados a la producción textil. Metodológicamente, se adoptó una revisión bibliográfica asociada a un estudio de caso realizado en una empresa del sector del tejido, que combinaba lluvias de ideas multidisciplinares con profesionales de la ingeniería, la ingeniería de producción, el diseño de productos y la enseñanza, y la construcción de una matriz de correlación entre los 40 principios inventivos de TRIZ y los requisitos de tejidos tecnológicos (e-textiles). Los resultados indican que el 10% de las correlaciones identificadas tienen alta prioridad estratégica, asociadas principalmente a principios de segmentación, combinación, universalidad, reutilización y cambio de parámetros, mientras que el 48% y el 42% corresponden, respectivamente, a prioridades medias y bajas. La elaboración complementaria de un marco morfológico evidenció combinaciones innovadoras entre materiales, estructuras y acabados de hilo, con potencial de aplicación en los sectores deportivo, médico y de la moda funcional. Se concluye que TRIZ constituye un recurso metodológico coherente para guiar decisiones de diseño sostenible en el sector textil, reduciendo la dependencia de procesos exclusivamente intuitivos y fortaleciendo el vínculo entre la tradición de la industria textil y la innovación responsable.

Palabras clave: Triz. Sostenibilidad. Diseño textil. Proceso creativo.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de produtos na indústria têxtil integra-se, de forma crescente, aos processos criativos que caracterizam as chamadas indústrias criativas — um conjunto de

atividades voltadas à cultura, ao conhecimento, às artes e ao design, cuja expansão tem impulsionado tanto a geração de tecnologias quanto os incentivos institucionais à criatividade (MACHADO RM, 2009; DALLA COSTA A e SOUZA-SANTOS ED, 2011; PIRES VS e ALBAGLI S, 2009; HOWKINS J e GRIESI A, 2013) Nesse cenário, o mercado de produtos têxteis industriais em particular o segmento de moda caracteriza-se por forte competitividade e por exigências crescentes de qualidade, o que impõe às empresas a adoção de métodos e instrumentos de projeto compatíveis com tais demandas.

Do ponto de vista da gestão, um projeto de desenvolvimento de produto orientado à sustentabilidade deve viabilizar um esquema eficiente de produção de bens e serviços, capaz de reduzir impactos ambientais, ampliar controles internos e permitir rápido realinhamento diante de falhas de processo. As ferramentas de projeto adotadas neste estudo articulam-se, portanto, a três frentes complementares: o aprimoramento do design do produto, o aumento da qualidade dos processos produtivos e a promoção da sustentabilidade. A validação dessas premissas é conduzida por meio de um estudo de caso realizado em uma empresa do setor de malharia.

A preocupação com a sustentabilidade manifesta-se, ainda, na fase de planejamento do descarte do produto: a logística reversa busca antecipar, já na etapa de projeto, a destinação final do tecido, de modo a obter um processo mais alinhado às exigências de respeito ao meio ambiente (SANTIS SHS, 2016). Trata-se de uma perspectiva de ciclo de vida que reforça a necessidade de instrumentos capazes de orientar decisões projetuais desde as etapas iniciais de concepção do produto.

Nesse contexto, a Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ), do russo Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch oferece um repertório sistematizado de princípios inventivos que amplia as possibilidades de análise de problemas de engenharia e de design, favorecendo a avaliação de soluções alternativas e a apresentação de resultados mais consistentes. Desenvolvida na antiga União Soviética por Genrich Altshuller e colaboradores a partir do exame de milhares de patentes, a TRIZ identifica padrões recorrentes de solução que podem ser reaplicados a novos problemas inventivos, reduzindo a dependência de processos exclusivamente intuitivos.

A questão que orienta esta investigação pode ser formulada nos seguintes termos: em que medida a aplicação dos princípios da TRIZ pode auxiliar no desenvolvimento de produtos têxteis mais sustentáveis? A partir dessa questão, define-se como objetivo geral avaliar de que

forma os princípios inventivos da TRIZ, associados a ferramentas de metodologia de projeto, contribuem para o desenvolvimento sustentável de tecidos tecnológicos. De modo específico, o estudo busca: (i) sistematizar, por meio de uma matriz de correlação, a relação entre os 40 princípios inventivos da TRIZ e os requisitos funcionais de tecidos tecnológicos; (ii) identificar quais princípios apresentam maior contribuição potencial para a sustentabilidade do produto têxtil; e (iii) explorar, por meio do quadro morfológico, combinações inovadoras entre materiais, estruturas e acabamentos de fio.

A incorporação da sustentabilidade ao âmbito empresarial requer a integração de dimensões voltadas à gestão ambiental e ao desenvolvimento sustentável, consolidando-se como elemento essencial de práticas organizacionais responsáveis (Cavalcante, NSBDS (2025)). Essa perspectiva reforça a relação entre eficiência produtiva e compromisso socioambiental, e é nesse ponto que a TRIZ se apresenta como alternativa metodológica capaz de reduzir a dependência de processos exclusivamente intuitivos, oferecendo às organizações um recurso consistente para o desenvolvimento inventivo e sustentável. A relevância desta investigação reside na construção de um elo entre a tradição da indústria têxtil brasileira e as demandas contemporâneas por soluções sustentáveis, reforçando a pertinência de instrumentos que impulsionem avanços tecnológicos em consonância com o compromisso ambiental. Além desta introdução, o artigo está estruturado em mais quatro seções: o referencial teórico, que discute a TRIZ, a sustentabilidade aplicada à manufatura e o processo criativo no design têxtil; a metodologia, que descreve os procedimentos adotados; os resultados, que apresentam a matriz de correlação e o quadro morfológico construídos; e as considerações finais, que sintetizam as contribuições do estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme apontam Carvalho MA e Back N (2001), o trabalho de Altshuller, desenvolvido entre 1969 e 1989, teve como foco a análise sistemática de patentes desse período, com o propósito de identificar soluções criativas capazes de superar as limitações inerentes ao método intuitivo. Mean-Shen L (2011) destaca que a TRIZ foi concebida para aplicação sistemática na resolução inventiva, ainda que diferentes áreas do conhecimento como administração, publicidade e artes que recorram, também, a métodos próprios. A origem da teoria está, todavia, vinculada à engenharia, cujo propósito inicial consistia em estabelecer um método estruturado para a invenção.

De acordo com Carvalho MA e Back N (2001) e Mean-Shen L (2011), a TRIZ favorece a geração de ideias por meio de instrumentos organizados, estimulando a criatividade de maneira direcionada. O conceito fundamenta-se na busca pela idealidade, na análise de funções desejáveis e indesejáveis, na identificação de contradições entre requisitos e necessidades do objeto, bem como na consideração das características do sistema necessárias ao desempenho do produto. A alternância e a reorganização desses elementos permitem a solução de problemas de forma sistemática, dispensando a dependência exclusiva de indivíduos altamente inventivos ou de processos intuitivos para a resolução de desafios organizacionais.

Mean-Shen L (2011), Chai KH, Zhang J e Tan KC (2005) e Rucht B e Livotov P (2001) explicam que esse conjunto conceitual promove a análise dos princípios inventivos, propondo o melhor uso de recursos disponíveis por meio da idealização, da identificação de contradições e da exploração de recursos latentes do sistema, consistindo em componentes de comutação de objetos que buscam incentivar o processo criativo. A teoria também estimula a reflexão sobre o uso e o descarte do produto já na fase de desenvolvimento, o que a aproxima diretamente das práticas de sustentabilidade do ponto de convergência explorado neste estudo.

2.1 SUSTENTABILIDADE, MANUFATURA ENXUTA E GESTÃO DA QUALIDADE

5

A TRIZ propõe um conjunto de medidas voltadas à modificação e ao aprimoramento de objetos, considerando aspectos como divisão de funções, coordenação de ações, alteração de características físicas (cor, peso, funcionalidade) e redução de custos. Essa abordagem contempla, ainda, a análise dos benefícios do produto, a separação de componentes e a avaliação do ciclo de uso, descarte e elementos diretamente relacionados a práticas sustentáveis, por favorecerem o aproveitamento racional de recursos e a minimização de impactos ambientais.

Segundo Smith RE (2011), a manufatura enxuta caracteriza-se pela flexibilidade e pela redução de restrições, como o tempo de configuração de processos, apoiando-se em ferramentas especializadas voltadas à melhoria contínua da produção. Botero PAG (2010) acrescenta que essa filosofia busca reduzir custos e ampliar resultados empresariais por meio de instrumentos de qualidade, o que, associado à TRIZ, compõe um modelo capaz de sustentar a fabricação e estimular a criatividade, evitando desperdícios e não conformidades.

O desenvolvimento de produtos deve ser entendido, nesse sentido, como uma atividade estratégica e sistematizada, que integra métodos específicos e considera restrições tecnológicas, constituindo uma prática organizacional voltada à eficiência e à sustentabilidade Dedini FG (2007). Porter ME (1996) reforça que mudanças no desempenho ou nas atividades de uma

organização alteram o valor percebido pelo cliente, incluindo a funcionalidade do produto, sendo necessária uma análise detalhada das características do sistema e dos processos para identificar funções relevantes e propor melhorias.

Diante das exigências de um mercado globalizado e competitivo, torna-se essencial adotar sistemas de gestão capazes de responder de forma ágil e eficaz, promovendo integração entre departamentos e unificação de estratégias orientadas a metas de sustentabilidade organizacional. Csillag JM (2012) observa que modelos operacionais sustentáveis são fundamentais para enfrentar desafios como a escassez de matérias-primas — uma preocupação que, historicamente, remonta ao período da Segunda Guerra Mundial, quando a limitação de insumos impulsionou o desenvolvimento de técnicas de racionalização produtiva. Juran (2004), Juran JM (2004), Campos Falconi V (1992) e Valle R e Oliveira SB (2012) destacam, complementarmente, que novas tecnologias de produtos e processos demandam investimentos em estratégias de aprimoramento dos controles de qualidade, alinhando inovação e responsabilidade socioambiental. Mesquita M (2001) reforça que empresas manufatureiras dependem de sistemas de gestão orientados à melhoria contínua da produção, do desempenho e à redução de perdas.

As ferramentas de metodologia de projeto examinadas neste artigo, o projeto axiomático, o quadro morfológico e a análise do valor têm em comum a centralidade da análise funcional do produto. A TRIZ, por sua vez, oferece alternativas para modificar o processo criativo e propõe solucionar problemas de maior complexidade por meio de princípios inventivos que sugerem mudanças na composição do objeto, na exploração de seu estado físico e na substituição de formas e componentes. Como a criatividade envolve variabilidade, incerteza, complexidade e ambiguidade no processo decisório, a flexibilidade constitui condição necessária ao processo criativo e é exatamente essa flexibilidade que a TRIZ organiza de forma sistemática, ao propor a recriação do objeto a partir de contradições identificadas.

2.2 PROCESSO CRIATIVO E DESIGN DE PRODUTOS TÊXTEIS

O ser humano expressa sua criatividade por meio de aspirações, pensamentos e idealizações individuais, sendo a necessidade um fator motivador que impulsiona a busca de conhecimento e a resolução de problemas. Löbach B (2001, p. 17) define o design como um projeto, plano ou método sistemático que inclui a solução de um problema, incorporando ideias, inovação e a criação de esboços, amostras e modelos até a concretização da solução. Diversos autores (LÖBACH B, 2001; OSTROWER F, 1978; DALLA COSTA A e SOUZA-SANTOS

ED, 2011) discutem, ainda, obstáculos recorrentes ao processo criativo, assim como a inércia criativa, a dificuldade de expor ideias e a resistência a problemas aparentemente intratáveis.

Ostrower F (1978) compreende o ato criativo como a capacidade de compreender, assimilar, configurar e significar: criar é estabelecer uma nova relação entre a mente humana e o objeto, atribuindo-lhe um novo significado ou uma nova função. O processo criativo, por sua vez, deriva da articulação entre cognição (conhecimento dos fatos), inteligência (pensamento lógico, comunicação, resolução de problemas), capacidade de ressignificação e inovação (produção do desconhecido).

No âmbito têxtil, Barbará S (2011) descreve o processo produtivo como um conjunto de ações ordenadas e integradas, orientadas a uma sequência específica de produção que resulta em produtos, serviços ou informações. Historicamente, a produção com fibras sintéticas consolidou-se a partir da década de 1930, quando novas fibras passaram a integrar a fabricação têxtil e de vestuário. Sanches RA, et al. (2010) define a fibra como o menor elemento da composição do tecido de origem natural ou manufaturada dotado de características que permitem seu processamento; na fiação, o processo criativo combina uma dimensão racional, voltada à modificação estrutural da mistura de materiais, e uma dimensão subjetiva, que reúne aspectos emocionais, psicológicos e pessoais. Bezerra GM e Martins SB (2013) acrescentam que a modelagem e os materiais têxteis devem responder também às condições ergonômicas do corpo, o que amplia a complexidade do processo de design de vestuário funcional.

Os fabricantes de tecidos de malha objeto empírico desta pesquisa possuem tradição consolidada na economia brasileira, sendo considerados um dos principais setores manufatureiros da América Latina. Seus produtos mais comuns combinam poliamida, algodão e elastano (filamento sintético), processados em máquinas de tricô circulares e retilíneas; o presente estudo enfoca a malharia circular, dando continuidade a trabalhos anteriores da autora sobre metodologia de projeto aplicada a tecidos inteligentes Santis SHS, et al. (2016a; 2016b). O tricô é referência na área têxtil há mais de setenta anos, configurando-se como setor de alto crescimento, impulsionado pela intensificação de estudos voltados à sua competitividade Agostinho OL (2012).

No plano da inovação de produto, Menegucci et al. (2012) discutem experimentações têxteis voltadas ao design de moda, reforçando que a introdução de novos materiais e acabamentos amplia o potencial criativo do setor. De modo complementar, Howkins J e Griesi A (2013) situam essas experimentações no contexto mais amplo da economia criativa, na qual a

criatividade se converte em ativo estratégico das organizações. Já no campo dos têxteis inteligentes, revisões recentes evidenciam a crescente preocupação com a sustentabilidade ao longo de todo o ciclo de vida dos e-têxteis da concepção ao descarte, sinalizando a necessidade de estratégias de design que já antecipem a reciclabilidade dos componentes eletrônicos e das fibras têxteis (TADESSE et al., 2025), o que reforça a pertinência de instrumentos como a TRIZ para orientar decisões de projeto desde as etapas iniciais de desenvolvimento.

2.3 METODOLOGIAS DE PROJETO E O QUADRO MORFOLÓGICO

Cada função de um sistema produtivo possui um fluxo de operação sequencial, que se estende da entrada de recursos até a saída de bens ou serviços; o conjunto dessas operações, ao longo da cadeia de suprimentos, facilita a compreensão do sistema de produção como um todo. Entre as ferramentas de metodologia de projeto voltadas a estruturar esse fluxo, destaca-se o quadro morfológico, desenvolvido por Fritz Zwicky e descrito por Dedini (2007) como um método que decompõe o problema global em problemas parciais, ou parâmetros, permitindo a análise do objeto a partir de sua desconstrução em atributos independentes. Essa desconstrução favorece o pensamento criativo ao possibilitar a recombinação sistemática de alternativas, tal como explorado na seção de resultados deste artigo.

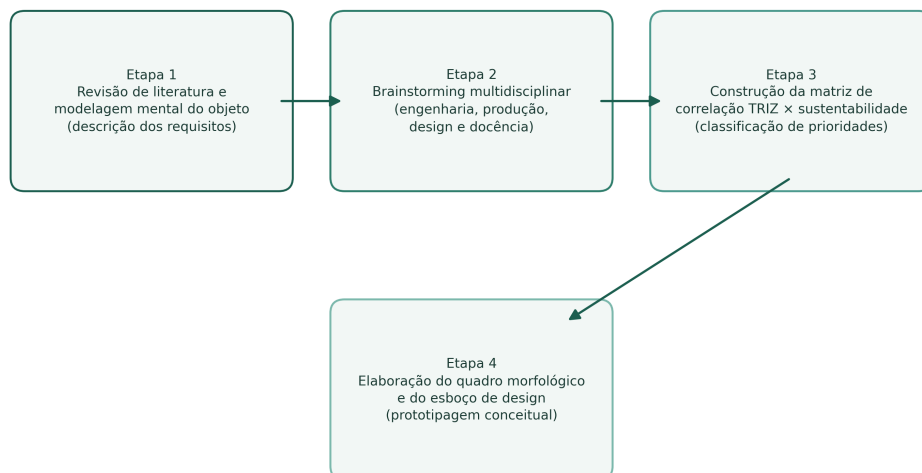
3 MÉTODOS

Trata-se de pesquisa exploratória, de natureza qualitativa e operacionalizada por meio de grupo focal (CARVALHO MA e BACK N, 2001) realizado com alunos de pós graduação em design e observação em empresa textil na área de design de produto. A escolha justifica-se por permitir a investigação aprofundada do processo de desenvolvimento de produto em seu contexto real de aplicação, articulando revisão de literatura por meio de livros, artigos científicos e estudos de caso correlatos e ainda á observação direta das etapas de projeto conduzidas pela equipe multidisciplinar.

3.1 PROCEDIMENTOS E ETAPAS DA PESQUISA

A metodologia proposta para o design do produto inicia-se com o uso de técnicas de criação de mapas mentais após a teoria TRIZ associada a ferramentas de design serem utilizadas para criar um modelo de estímulo ao processo criativo. A Figura 1 sintetiza o percurso metodológico adotado, estruturado em quatro etapas principais.

Figura 1 — Fluxo metodológico da pesquisa



Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Na primeira etapa, procedeu-se à revisão de literatura sobre TRIZ, sustentabilidade e processo criativo, seguida da modelagem mental do objeto de estudo o tecido tecnológico, com a descrição de seus requisitos funcionais e técnicos. E ainda observação realizada por alunos de pós-graduação em uma empresa têxtil, especificamente no setor de design de produto, constitui uma prática pedagógica que integra teoria e experiência prática. O foco principal esteve na análise das etapas de concepção de novos produtos, desde a seleção de matérias-primas até a definição de acabamentos e funcionalidades. A observação direta possibilitou identificar como os designers conciliam aspectos estéticos, ergonômicos e tecnológicos, considerando simultaneamente demandas de mercado e restrições produtivas. Essa atividade permite compreender como os conceitos estudados em sala de aula se materializam em processos criativos e produtivos dentro de um ambiente industrial. Na segunda etapa, foi conduzida uma dinâmica de brainstorming multidisciplinar, reunindo quinze especialistas de áreas distintas engenharia, engenharia de produção, design de produto e docência, com o objetivo de identificar e priorizar as características do tecido relevantes ao processo criativo. Essa configuração multidisciplinar foi possível dentro da sala de aula de pós graduação, os alunos participaram da discussão, que buscou assegurar um ambiente participativo e democrático, estimulando a liberdade de expressão, ampliando as possibilidades de construção de conhecimento multifuncional e de modo a evitar que os problemas fossem tratados de maneira restrita ou isolada.

Na terceira etapa, os dados gerados no brainstorming foram sistematizados em uma matriz de correlação entre os 40 princípios inventivos da TRIZ e os requisitos identificados para o tecido tecnológico, com posterior classificação de cada correlação em três níveis de prioridade (alta, média e baixa), conforme o grau de relevância atribuído pelo grupo. Por fim, na quarta etapa, as características priorizadas subsidiaram a elaboração de um quadro morfológico e de um esboço de design, explorando combinações entre materiais, estruturas e acabamentos de fio.

3.2 INSTRUMENTOS E CRITÉRIOS DE ANÁLISE

Os principais instrumentos utilizados foram: (i) a matriz de correlação TRIZ-sustentabilidade, apresentada na Seção 4 (Quadro 1), que associa cada um dos 40 princípios inventivos a uma aplicação têxtil ou de e-têxtil, a uma contribuição sustentável correspondente e a um exemplo prático; e (ii) o quadro morfológico (Quadro 2), que decompõe o tecido tecnológico em nove parâmetros material do fio, estrutura do fio, acabamento do fio, função primária, propriedade térmica, propriedade de umidade, conforto sensorial, durabilidade e aplicação típica, cada qual associado a quatro alternativas de solução. A classificação de prioridade das correlações identificadas na matriz foi tabulada e expressa em termos percentuais (Gráfico 1), permitindo identificar os princípios de maior relevância estratégica para o desenvolvimento sustentável do produto têxtil.

10

A análise dos dados seguiu abordagem qualitativa de natureza interpretativa, com triangulação entre a literatura consultada, os resultados do brainstorming e as correlações estabelecidas na matriz, de modo a assegurar consistência entre o referencial teórico e os achados do estudo de caso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das características do produto, realizada à luz dos princípios da TRIZ, permitiu identificar fatores prioritários para o desenvolvimento do design de tecidos inteligentes. Buscou-se avaliar o potencial necessário ao produto e correlacionar as necessidades identificadas pela equipe multidisciplinar com os 40 princípios inventivos da teoria, conforme sistematizado no Quadro 1.

A primeira versão da matriz reuniu um número elevado de prioridades, uma vez que cada integrante do grupo tendeu a valorizar prioritariamente sua própria área de experiência, sem necessariamente identificar o que era efetivamente relevante para o processo criativo como

um todo. Esse resultado reforçou a importância da discussão coletiva subsequente, que permitiu depurar os critérios e consolidar a versão final apresentada a seguir.

Quadro 1 - Matriz de correlação entre princípios da TRIZ, aplicações têxteis e contribuições à sustentabilidade

Nº	Princípio TRIZ	Aplicação em têxteis/e-têxteis	Contribuição sustentável	Exemplo prático
1	Segmentação	Painéis modulares; fios funcionais separados	Redução de resíduos (A)	Tecido com zonas respiráveis e zonas compressivas
2	Extração	Remoção de componentes químicos; simplificação de processos	Menos poluição (A)	Tingimento sem metais pesados
3	Qualidade local	Função localizada (zona térmica, zona sensor)	Menor uso de insumos (A)	Região dorsal com PCM; região peitoral com sensor cardíaco
4	Assimetria	Design ergonômico orientado ao corpo	Conforto (S)	Malha assimétrica para liberdade de movimento
5	Combinação	Fios condutores associados a fibras têxteis	Redução de camadas (A, E)	E-têxtil com sensor integrado ao próprio fio
6	Universalidade	Tecido com múltiplas funções	Menos produtos (A, E)	Camiseta com compressão, proteção UV e sensor de frequência cardíaca
7	Matrioska	Circuitos internos encapsulados	Proteção do componente (S)	Fio condutor inserido no interior de fibra oca
8	Contrapeso	Equilíbrio térmico e de pressão	Segurança e saúde (S)	Tecido que distribui pressão em usuários idosos
9	Ação prévia	Pré-tratamentos antiodor e antimicrobianos	Durabilidade (E, D)	Malha com tratamento antiodor que reduz a frequência de lavagem
10	Ação prévia parcial	Pré-união de módulos eletrônicos	Redução de falhas (E)	Conectores pré-montados diretamente no tear
11	Amortecimento	Amortecimento de impacto e pressão	Segurança (S)	Tecido acolchoado para prevenção de quedas
12	Equipotencialidade	Distribuição térmica uniforme	Conforto (S)	E-têxtil de aquecimento com fio serpenteado
13	Inversão	Reatividade ao calor, frio e suor	Economia energética (A)	Tecido que resfria ao ser aquecido
14	Esferoidização	Fibras microesféricas	Leveza (E)	Isolantes térmicos tipo aerogel têxtil
15	Dinamismo	Ajuste do tecido conforme o movimento	Ergonomia (S)	Malha elástica inteligente 4D
16	Ação parcial	Função parcial para redução de custo	Economia (E)	Painéis de compressão apenas nas regiões necessárias

Nº	Princípio TRIZ	Aplicação em têxteis/e-têxteis	Contribuição sustentável	Exemplo prático
17	Nova dimensão	Estruturas tridimensionais	Menos material (A)	Tecido 3D espaçador termorregulador
18	Vibração	E-têxteis com vibração háptica	Saúde (S)	Tecido com vibração para alívio de dor lombar
19	Ação periódica	Sensoriamento intermitente	Economia de energia (A, En)	Sensor que realiza leitura de frequência cardíaca a cada 5 segundos
20	Continuidade	Processamento contínuo	Menos energia (A, E)	Tear circular otimizado
21	Aceleração	Ciclos de tingimento rápidos	Economia (A, E)	Tingimento com CO ₂ supercrítico
22	Transformação das propriedades	Fibras que respondem ao calor	Regulação térmica inteligente (A)	Tecido com PCM microencapsulado
23	Esfericidade	Fios de seção circular; menor atrito	Durabilidade (E)	Fio de poliamida de seção circular
24	Intermediário	Camada protetora superior	Segurança (S)	Membranas respiráveis em equipamentos de proteção individual
25	Autoatendimento	Manutenção facilitada	Menos descarte (A, E)	Circuitos destacáveis para lavagem
26	Cópia	Biomateriais que reproduzem fibras naturais	Impacto ambiental (A)	Seda vegana; couro microbiano
27	Objeto barato de vida curta	Uso restrito a materiais biodegradáveis	Ambiental (A)	Não tecido biodegradável de uso médico
28	Substituição de sistema mecânico	Eletrônica flexível em vez de peças rígidas	Conforto (S)	Malha com sensor de estiramento
29	Uso de pneumáticos e hidráulicos	Acolchoamento pneumático	Segurança (S)	Coletes têxteis com sistema tipo airbag
30	Uso de películas flexíveis	Revestimentos finos	Menos material (A)	Nanorrevestimento hidrofóbico
31	Uso de materiais porosos	Ventilação	Conforto (S, A)	Malhas microperfuradas para resfriamento
32	Mudança de cor	Tecido cromático	Segurança (S)	EPI que muda de cor conforme a temperatura
33	Homogeneidade	Material único; facilita a reciclagem	Ambiental (A)	Monomaterial: 100% poliéster reciclável
34	Regeneração de partes	Reciclagem e refibração	Circularidade (A)	Tear alimentado com retalhos reciclados
35	Mudança de parâmetros	Resistividade, elasticidade e condutividade térmica	Eficiência (En, A)	Fio condutor com regulação de corrente

Nº	Princípio TRIZ	Aplicação em têxteis/e-têxteis	Contribuição sustentável	Exemplo prático
36	Transição de fase	Mudança de estado sólido-líquido	Conforto térmico (A)	PCM integrado em microcápsulas
37	Expansão térmica	Resposta estrutural ao calor	Conforto (S, A)	Tecido que abre poros sob calor
38	Oxidação controlada	Tingimentos ecológicos	Ambiental (A)	Tingimento por plasma
39	Enriquecimento (reforço estrutural)	Reforço da estrutura têxtil	Maior vida útil (E, A)	Fibras reforçadas com grafeno
40	Uso de materiais compósitos	Mistura de fibras têxteis e eletrônica flexível	Eficiência (En, A, E)	Malha têxtil com compósito condutivo

Legenda: A = contribuição ambiental; S = contribuição social/ergonômica; E = contribuição econômica; En = contribuição energética; D = contribuição para a durabilidade. Fonte: elaborado pelos autores (2025), a partir dos resultados do brainstorming multidisciplinar.

A leitura do Quadro 1 evidencia que a aplicação dos princípios da TRIZ ao setor têxtil e aos e-têxteis abre caminhos relevantes tanto para a inovação quanto para a sustentabilidade. No âmbito dos têxteis tradicionais, destacam-se estratégias voltadas à redução do consumo de matéria-prima, à melhoria da ergonomia, à diminuição de processos químicos poluentes e ao aumento da durabilidade dos produtos. Entre os princípios de maior impacto sustentável, ressaltam-se aqueles relacionados à simplificação, ao reaproveitamento e à eficiência produtiva por meio da segmentação (1), qualidade local (3), combinação (5), universalidade (6), nova dimensão (17), porosidade (31), homogeneidade (33) e regeneração de partes (34).

No caso específico dos e-têxteis, a matriz aponta princípios que favorecem a integração tecnológica e a adaptação funcional: a combinação de sensores diretamente nos fios (princípio 5), a distribuição equilibrada de calor e energia (princípio 12), o dinamismo aplicado a roupas adaptativas (princípio 15), a ação periódica voltada à economia de bateria (princípio 19), além de soluções como módulos removíveis para lavagem (princípio 25), eletrônica flexível (princípio 28), resistividade variável (princípio 35) e compósitos otimizados para condução elétrica (princípio 40). Essas correlações dialogam diretamente com a literatura recente sobre sustentabilidade em têxteis inteligentes, que aponta a necessidade de estratégias de ecodesign capazes de antecipar, já na concepção do produto, a separabilidade entre componentes eletrônicos e fibras têxteis (TADESSE et al., 2025).

As conexões entre os princípios inventivos e a sustentabilidade são evidentes em quatro frentes principais: redução do consumo energético (princípios 19, 20 e 21); diminuição de

resíduos e desperdícios (princípios 1, 3, 6, 33 e 34); promoção do conforto e da saúde do usuário (princípios 4, 11, 15 e 18); e aumento da durabilidade dos produtos (princípios 23 e 39).

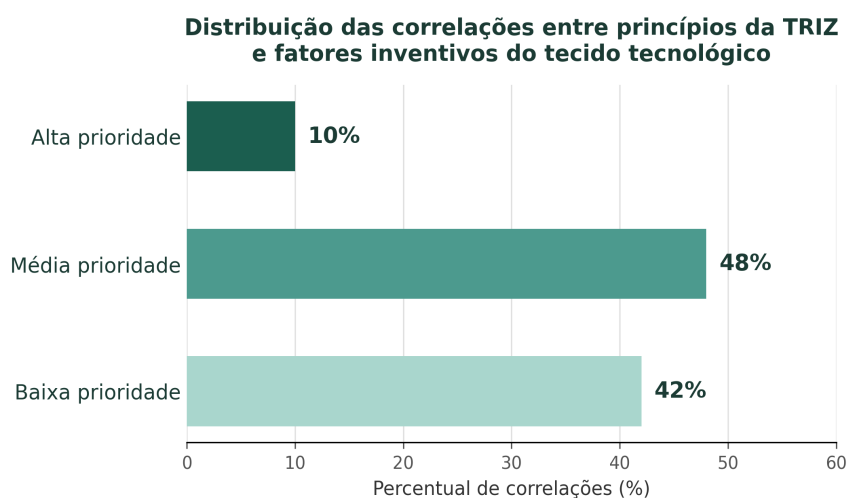
4.1 PRIORIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE CORRELAÇÃO

A matriz de priorização definiu as características que podem ser alteradas para gerar valor ao cliente, contemplando fatores técnicos, ergonômicos e propriedades físicas do tecido. O valor associado a cada critério da TRIZ tem por finalidade orientar a melhor utilização dos recursos, considerando as especificações exigidas pelo mercado consumidor. Compreender a relação entre as características da metodologia TRIZ e o tecido tecnológico favorece a identificação de soluções para problemas de projeto e amplia a possibilidade de redesenho do objeto — a funcionalidade do tecido pode ser alterada de modo a promover inovação na usabilidade, conferindo-lhe novas funções e benefícios.

As características do tecido correlacionam-se aos princípios que fornecem essas mudanças de material em diferentes dimensões: propriedades térmicas (absorção ou dissipação de calor, resfriamento ou aquecimento), propriedades físicas (conformação a formatos estipulados), propriedades mecânicas (circuitos condutores de informação, ativação de elementos eletricamente condutores), aspectos estéticos (mudança de cor, memória de forma, contorno corporal) e tendências de moda. O Gráfico 1 sintetiza a distribuição percentual das correlações identificadas segundo o grau de prioridade atribuído pelo grupo multidisciplinar.

14

Gráfico 1 - Distribuição das correlações por grau de prioridade



Fonte: elaborado pelos autores (2026).

A análise do Gráfico 1 mostra que apenas 10% das correlações identificadas foram classificadas como de alta prioridade, ao passo que 48% correspondem a prioridade média e 42% a prioridade baixa — uma diferença de apenas 6 pontos percentuais entre as duas últimas categorias. Esse padrão sugere que, embora um núcleo relativamente pequeno de princípios concentre a maior relevância estratégica, a ampla maioria dos princípios da TRIZ mantém algum grau de aplicabilidade ao desenvolvimento do tecido tecnológico, reforçando a abrangência da teoria como instrumento de apoio ao processo criativo. Observou-se, ainda, que características ergonômicas, propriedades físicas e propriedades mecânicas foram consideradas mais relevantes do que aspectos estéticos e tendências de moda, o que é coerente com a natureza funcional dos e-têxteis analisados.

4.2 QUADRO MORFOLÓGICO DO TECIDO TECNOLÓGICO

Complementarmente à matriz de correlação, o mesmo tecido tecnológico foi analisado por meio do quadro morfológico (figura 1), instrumento que decompõe o objeto em parâmetros independentes e apresenta, para cada um deles, alternativas de solução passíveis de recombinação.

Figura 1 – Quadro 1 -morfológico do tecido tecnológico

Quadro 2 — Quadro morfológico do tecido tecnológico

Parâmetro	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4
Material do fio	Poliéster	Poliamida (nylon)	Elastano (spandex/lycra)	Polipropileno
Estrutura do fio	Multifilamento	Monofilamento	Texturizado	Bicomponente (nuêlse-capa)
Acabamento do fio	Brilhante	Fosco	Opaco	Antiestático
Função primária	Gerenciamento de umidade	Compressão/suporte	Regulação térmica	Proteção (UV/corte/fogo)
Propriedade térmica	Isolamento térmico	Resfriamento ativo	Aquechnento passivo	Alta dissipação de calor
Propriedade de umidade	Secagem rápida	Absorção e capilaridade	Impermeável e respirável	Repelência a água/óleo
Conforto sensorial	Maciez extrema	Toque seco	Sensação de frescor	Toque aveludado
Durabilidade/resistência	Alta resistência à abrasão	Alta resistência ao rasgo	Resistência química	Malha funcional reforçada
Aplicação típica	Vestuário esportivo	Outdoor/aventura	Roupas de trabalho/EPI	Impressão 3D/tecido estruturado

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

O quadro morfológico evidenciou parâmetros fundamentais para o desenvolvimento de produtos têxteis funcionais, equilibrando estética, desempenho e aplicabilidade. Foram identificadas combinações inovadoras entre materiais, estruturas e acabamentos de fio que possibilitam propriedades como gerenciamento de umidade, termorregulação, conforto sensorial e resistência mecânica. As interações entre esses parâmetros demonstram potencial de aplicação em diferentes segmentos: esportivo, médico, industrial e de moda funcional, além de abrirem espaço para soluções avançadas, como e-têxteis e tecidos responsivos a estímulos externos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa utilizou os conceitos da Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ) como base para incentivar o processo criativo e avaliar a implementação de ferramentas de metodologia de projeto no design de tecido tecnológico. O estudo permitiu explorar diferentes alternativas de solução a partir das funções e requisitos do tecido, analisadas por meio do quadro morfológico, o qual demonstrou fornecer opções concretas de construção para o desenvolvimento de novos tecidos tecnológicos, modificando recursos, funcionalidades e agregando valor ao objeto.

16

A sustentabilidade identificada neste processo está associada ao melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, contemplando também o planejamento do descarte do produto desde a fase de projeto. As ferramentas utilizadas — a matriz de correlação TRIZ e o quadro morfológico — mostraram-se capazes de fornecer uma análise consistente das propriedades do tecido e de indicar possibilidades de recriação, alterando estrutura, funcionalidade e composição de forma orientada.

Do ponto de vista teórico, os resultados reforçam que os recursos, entendidos como elementos do sistema ou do ambiente que podem ser mobilizados para resolver um problema que constituem a base sobre a qual as metodologias de projeto operam. O estudo demonstrou que essas ferramentas ampliam e organizam o processo criativo, articulando criatividade e inovação com os requisitos de usabilidade e sustentabilidade que caracterizam o desenvolvimento contemporâneo de produtos têxteis.

Como limitações do estudo, destacam-se o caráter exploratório da pesquisa e a realização do brainstorming com um grupo reduzido de especialistas, o que restringe a generalização dos resultados a outros contextos produtivos. Para pesquisas futuras, sugere-se a aplicação da matriz

de correlação em diferentes segmentos têxteis: como o vestuário médico e os equipamentos de proteção individual, bem como a validação experimental das soluções apontadas pelo quadro morfológico por meio de protótipos físicos e testes de desempenho, ampliando a robustez metodológica e o potencial de transferência tecnológica dos achados aqui apresentados.

AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) financia este estudo de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, O. L. Sistemas de manufatura. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2012. v. 1-2. Apostila de curso.

BARBARÁ, S. (org.). Gestão por processos: fundamentos, técnicas e modelos de implementação. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2011.

BEZERRA, G. M.; MARTINS, S. B. Equação da ergonomia no design de vestuário: espaço do corpo, modelagem e materiais. Anais... 2013.

BOTERO, Paula Andrea Gómez. Lean manufacturing: flexibilidade, agilidade e produtividade. Gestión & Sociedad, v. 3, n. 2, p. 75-88, 2010.

CARVALHO, Marco Aurélio; BACK, Nelson. Uso dos conceitos fundamentais da TRIZ e do método dos princípios inventivos no desenvolvimento de produtos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2001, Anais [...]. 2001.

CAVALCANTE, Naura Stella Bezerra de Souza. Licitações sustentáveis no poder judiciário do Tocantins: um estudo sobre práticas e diretrizes. 2025.

CHAI, K. H.; ZHANG, J.; TAN, K. C. A TRIZ-based method for new service design. Journal of Service Research, v. 8, n. 1, p. 48-66, 2005.

CSILLAG, João Mario. Análise do valor: metodologia do valor, engenharia do valor, gerenciamento do valor, redução de custos, racionalização administrativa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DALLA COSTA, A.; SOUZA-SANTOS, E. D. Economia criativa: novas oportunidades baseadas no capital intelectual. Economia & Tecnologia, Curitiba, ano 7, p. 179-186, 2011.

DEDINI, F. G. Projeto de sistemas mecânicos. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2007. Apostila do curso EM 964. 179 p.

HOWKINS, J.; GRIESI, A. Economia criativa. São Paulo: M. Books, 2013.

JURAN, Joseph M. A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. Tradução Nivaldo Montinelli Jr. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

LÖBACH, Bernd. Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MACHADO, R. M. Da indústria cultural à economia criativa. Alceu, Rio de Janeiro, v. 9, p. 83-95, 2009.

MEAN-SHEN, L. O estudo do design e desenvolvimento de produtos verdes aplicando os princípios de inovação da TRIZ. African Journal of Business Management, v. 5, n. 18, p. 7740, 2011.

MENEGUCCI, Franciele; MARTINS, Edna; MENEZES, Marizilda; SANTOS FILHO, Abílio. Experimentações têxteis e inovação no design de moda. In: COLÓQUIO DE MODA, 8., 2012, Rio de Janeiro. Anais [...]. 2012.

MESQUITA, Melissa. Competências para melhoria contínua da produção: estudo de caso em empresas da indústria de autopeças. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

OSTROWER, Fayga. Criatividade e processos de criação. Petrópolis: Vozes, 1978.

PIRES, V. S.; ALBAGLI, S. Estratégias empresariais, dinâmicas informacionais e identidade de marca na economia criativa. 2009.

PORTER, M. E. Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

RUCHT, B.; LIVOTOV, P. TRIZ-based innovation principles and a process for problem solving in business and management. The TRIZ Journal, v. 1, p. 677-687, 2001.

SANCHES, Regina Ap. et al. Tecnologia aplicada nos artigos de vestuário destinados à prática de esportes. 2010.

SANTIS, Sandra Helena da Silva de. O uso de ferramentas de metodologia de projeto para processo criativo em produtos têxteis. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM MODA – ENPMODA, 2016, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2016.

SANTIS, Sandra H. S. et al. Metodologia de projeto aplicada a tecidos inteligentes. Jornal de Tecnologia Têxtil e de Moda (JTFT), v. 2, n. 1, p. 7-18, 2016a.

SANTIS, Sandra H. S. et al. Estratégia de design têxtil: uso de ferramentas de metodologia de design no processo criativo. Revista de Pesquisa em Design Estratégico, v. 10, 2016b.

SMITH, R. E. Aplicação de ferramentas de manufatura enxuta em centros de caixa para melhorar a eficiência operacional. 2011. Tese (Doutorado) – 2011.

TADESSE, Melkie Getnet; ABATE, Molla Tadesse; LÜBBEN, Jörn Felix; RAUCH, Michael. Recycling and sustainable design for smart textiles: a review. *Advanced Sustainable Systems*, v. 9, e2401072, 2025.

VALLE, Roger; OLIVEIRA, Saulo Barbará (org.). Um foco em notação de modelagem de processos de negócios: BPMN (Business Process Modeling Notation). São Paulo: Atlas, 2012.