

A VISÃO DE FUTURO 2030

do setor Têxtil
e de Confecção

Estratégias para o
desenvolvimento sustentável

A VISÃO DE FUTURO 2030 do setor Têxtil e de Confecção

Estratégias para o
desenvolvimento sustentável

A VISÃO DE FUTURO 2030
DO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO
Estratégias para o desenvolvimento sustentável

Rio de Janeiro,
2026

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
(CENTRO DE TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL, RJ, BRASIL)

V822

A visão de futuro 2030 do setor têxtil e de confecção : estratégias para o desenvolvimento sustentável / Ricardo Rodrigo Ramos Cecci ... [et al.]; Organizadores: Ricardo Rodrigo Ramos Cecci, Marcelo Silva Ramos. – Rio de Janeiro : Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil, 2026.

Outros autores: Camila Gisele Araujo da Costa, Adriano Passos, Gilson Leite, Aglaé Tumelero, Luís Eduardo Nogueira, Thiago Santiago Gomes.

220 p. : il. color. Bibliografia.

ISBN: 978-65-5038-010-6 (versão impressa)

e-ISBN: 978-65-5038-009-0 (versão digital)

1. Indústria têxtil – Brasil. 2. Indústria de confecção – Brasil. 3. Desenvolvimento sustentável – Indústria têxtil e de confecção. 4. Inovação tecnológica – Indústria têxtil. 5. Economia circular – Indústria têxtil e de confecção. 6. Transformação digital na indústria. I. Cecci, Ricardo Rodrigo Ramos. II. Ramos, Marcelo Silva. III. Costa, Camila Gisele Araujo da. IV. Passos, Adriano. V. Leite, Gilson. VI. Tumelero, Aglaé. VII. Nogueira, Luís Eduardo. VIII. Gomes, Thiago Santiago.

CDU: 677:502.131.1(81)

Robson Soares Cruz – Bibliotecário – CRB-7/6475

©SENAI CETIQT 2026

**A VISÃO DE FUTURO 2030 DO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO :
ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

SENAI CETIQT

Presidente do Conselho Técnico Consultivo:
Rafael Cervone Netto

Diretoria Executiva:
Sérgio Motta

Gerente de Desenvolvimento Estratégico e Sustentável - Observatório da Indústria Têxtil e de Confeção:
Marcelo Silva Ramos

Gerência de Educação:
Leandro Neves

Coordenação Educação a Distância e Desenvolvimento de Produtos:
Renata Rottweiler

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

Presidência:
Ricardo Steinbruch

Superintendência:
Fernando Pimentel (diretor superintendente)

EQUIPE TÉCNICA DO PROJETO VISÃO 2030

Organizadores
Ricardo Cecci e Marcelo Ramos.

Autores:
Ricardo Cecci, Camila Costa, Adriano Passos, Gilson Leite, Aglaé Tumerelo, Luís Eduardo Nogueira e Thiago Santiago Gomes.

Revisores:
Haroldo Silva (ABIT), Camila Zelezoglo (ABIT), Luiza Lorenzetti (ABIT) e António Braz Costa (CITEVE - PT).

Diagramação:
Gabriel Silva, Amanda Silva, Pedro Melo, Marianna Areal, Ana Beatriz Tavares e Carolina Garcia.

Capa:
Daniel Abreu e Gabriel Benedito.

Revisão Ortográfica:
Camila Bilheiro e Livia Duarte.

Design Instrucional:
Camila Bilheiro, Gabriella Rocha, Fernanda Avelino e Eric Viana.

SUMÁRIO

O SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO NO BRASIL EM NÚMEROS	9
A CADEIA DE VALOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO	11
TECER O FUTURO: INOVAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA NA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO	12
SUSTENTABILIDADE: DIFERENCIAIS BRASILEIROS E A OPORTUNIDADE ÚNICA PARA O SETOR	14
INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 1	21
RUMO A UM SETOR TÊXTIL DE BAIXO CARBONO: ECONOMIA CIRCULAR E DESCARBONIZAÇÃO COMO PILARES DA TRANSIÇÃO.....	22
1.1 Dinâmicas Produtivas Globais e Avanço Regulatório	22
1.2 Conversão de desafios em indicadores.....	30
1.3 Indicadores setoriais de sustentabilidade	31
1.4 Direcionadores Estratégicos De Futuro.....	37
1.5 Considerações Finais	38
CAPÍTULO 2	41
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIGITALIZAÇÃO: FORÇAS HABILITADORAS DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL.....	42
2.1 Forças habilitadoras: ia e digitalização como alicerces da transformação digital	43
2.2 Forças do Ambiente Externo: Pressões e Oportunidades	43
2.3 Casos Paradigmáticos e Tendências Globais.....	46
2.4 Motores de Transformação ao Longo da Cadeia de Valor Têxtil e de Confeção	46
2.5 Desafios e Oportunidades: Casos e Aplicações Práticas.....	50
2.6 A Nova Indústria Brasil (NIB) e as Metas para a Transformação Digital	51
2.8 Conclusão Estratégica e Chamada à Ação.....	53
2.9 Motores Digitais da Transformação: Inteligência, Conectividade e Transformação na Cadeia Têxtil	54
CAPÍTULO 3	57
BIOECONOMIA E MATERIAIS SUSTENTÁVEIS: INOVAÇÃO NA BASE DA CADEIA	58
3.1 Forças Regenerativas na Base da Cadeia de Valor	58
3.2 Motores Transversais e Tecnologias Habilitadoras: Como Ativam a Transformação desde a Origem	60
3.3 Ciclo de Vida de Materiais: Onde as Forças se Manifestam?	64
3.4 Início de Vida: Definindo a Pegada do Futuro	66
3.5 Materiais Biofabricados: A Biotecnologia no Setor Têxtil	69
3.6 Meio de vida: Uso, Desempenho e Extensão da Vida Útil.....	70
3.7 Materiais Funcionais e Nanomateriais: A Função Como Nova Fronteira de Valor	70
3.8 Têxteis Inteligentes e Tecnologia Vestível: Conectividade e Performance	72
3.9 Fibras Naturais e Têxteis Técnicos	73

3.10 Fim de Vida: Fechando o Ciclo com Circularidade e Regeneração.....	76
3.11 Visão de Futuro 2030: Materiais que Regeneram Cadeias Inteiras	76
3.12 Visão 2030 para os Materiais Têxteis.....	77
3.13 Motores Estratégicos da Nova Matéria: Como Reconfiguram a Base da Cadeia T&C	78
CAPÍTULO 4	81
PROCESSOS PRODUTIVOS TÊXTEIS E DE CONFECÇÃO 2030: ARQUITETURA INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E CONECTADA	82
4.1 A Produção na Cadeia Têxtil e de Confeção: Estrutura, Desafios e Potencialidades	83
4.2 Tecnologias-Chave das Fábricas Inteligentes ao Longo da Cadeia Produtiva.....	89
4.3 Motores de Transformação da Produção Têxtil até 2030	94
4.4 Novos Canais e Modelos Produtivos na Cadeia Têxtil e de Confeção	97
4.5 Casos de Uso, ROI e Evidências da Transformação Produtiva.....	100
4.6 Capacidades Emergentes da Cadeia Têxtil Inteligente	103
4.7 Gestão Estratégica da Inovação Tecnológica na Produção Têxtil até 2030.....	105
4.8 O Ciclo PDCA da Inovação: Estrutura para Governar a Transformação.....	107
4.9 O Gestor 2030 Como Arquiteto de Sistemas	107
4.10 A Produção Têxtil como Arquitetura Inteligente, Sustentável e Adaptativa	108
4.11 Motores da Transformação da Produção: Como as Fábricas Inteligentes Reconfiguram a Cadeia Têxtil.....	110
CAPÍTULO 5	113
ECONOMIA CIRCULAR E PÓS-CONSUMO: RETENDO VALOR, GERANDO OPORTUNIDADES	114
5.1 Uma nova perspectiva para o desenvolvimento industrial	114
5.2 Fundamentos da Economia Circular no Setor Têxtil	115
5.3 Design Circular e Estratégias de Produto.....	117
5.4 Tecnologias Habilitadoras.....	120
5.5 Logística Reversa.....	123
5.6 Reciclagem Avançada	123
5.7 Modelos de Negócio Circulares.....	128
5.8 Desafios, Escalabilidade e Políticas Públicas	129
5.9 Fatores Estruturantes da Circularidade.....	130
5.10 Conclusão e Visão de Futuro 2030	131
CAPÍTULO 6	135
A VISÃO DE FUTURO 2030: ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SETOR TÊXTEL E DE CONFECÇÃO	136
Visão de Futuro 2030	139
6.2 Estratégias em seis dimensões	140
6.3 Considerações finais.....	147

O SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO NO BRASIL

EM NÚMEROS

R\$ 221 BILHÕES
em faturamento

R\$ 25,7 MIL
+5 empregados

US\$ 908 MILHÕES
em exportações

2,8 MIL
TÊXTIL

22,8 MIL
VESTUÁRIO

5° LUGAR
ranking mundial

1,34 MILHÃO
empregos diretos

US\$ 6,6 BILHÕES
em importações

269 MIL
TÊXTIL

1,06 MILHÃO
VESTUÁRIO

R\$ 24,4 BILHÕES
em impostos e taxas

R\$39,1 BILHÕES
em salários e remunerações

DADOS DE 2024

Fontes: Plataforma abit iemi | acesso realizado em março de 2026. IEMI 2025- dados de 2024 / PIA 2023/ IBGE/ Ministério da Economia 2024/ Receita Federal e Sefaz/Sp. Notas: Total de gastos com pessoal em empresas com 1 ou mais funcionárias PIA, estimado para 1,31 milhão de trabalhadores IEMI. Dados de comércio exterior - 2024 e desconsideram a fibra de algodão.

O **setor têxtil e de confecção brasileiro** ocupa posição estratégica na economia nacional e no cenário internacional, tanto por sua dimensão produtiva quanto por sua capilaridade social, relevância industrial e potencial de transformação tecnológica. Com faturamento consolidado de R\$ 221 bilhões em 2024, sua cadeia produtiva configura-se como um dos maiores complexos industriais do país, reunindo cerca de 25,7 mil empresas, com mais de 5 empregados, ao longo do território nacional.

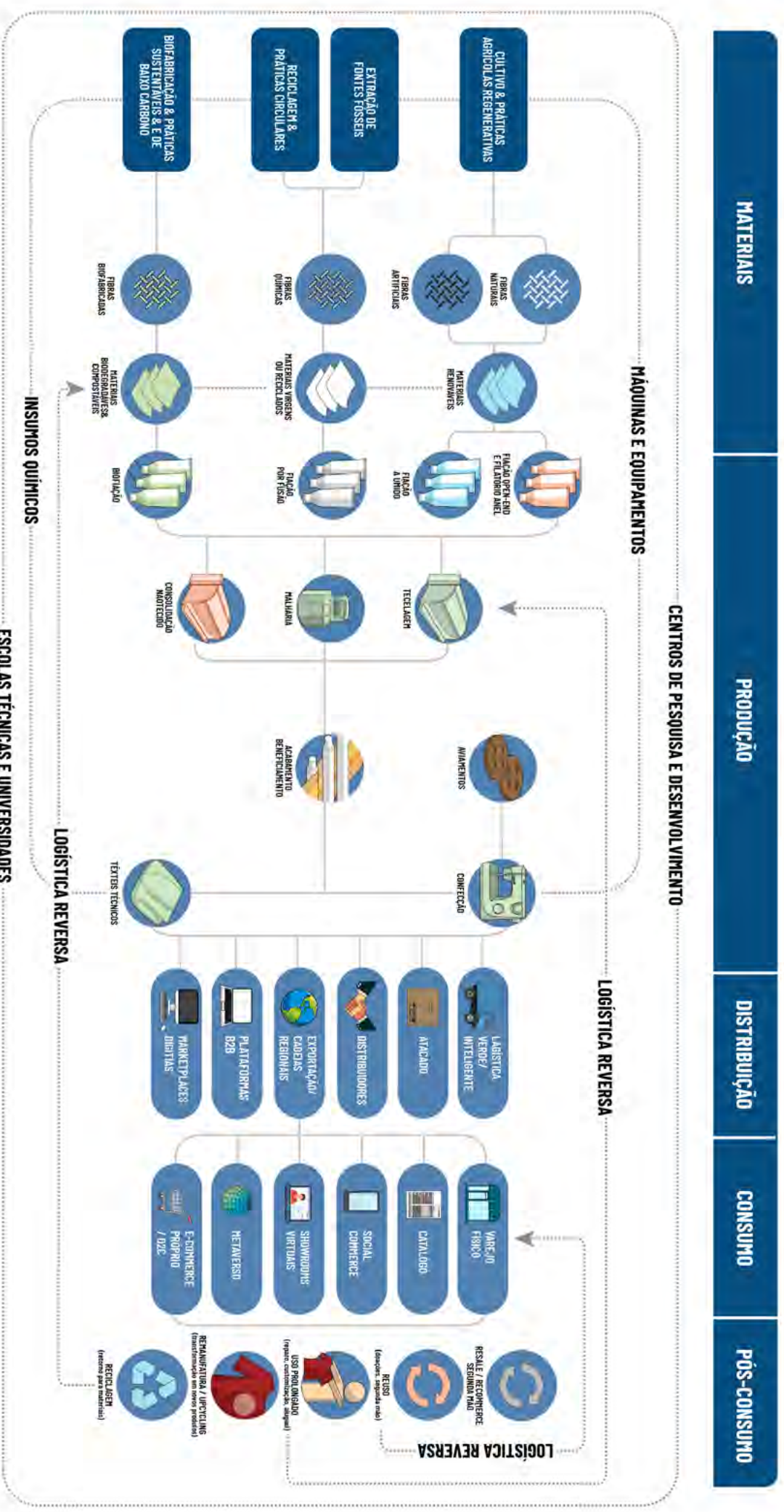
Segundo dados sistematizados pelo IEMI (2024) o setor mantém aproximadamente 1,34 milhão de empregos diretos, posicionando-se como o segundo maior empregador da indústria de transformação brasileira, atrás apenas da construção civil.

O sistema produtivo têxtil e de confecção gera cerca de R\$ 39 bilhões em salários e remunerações e contribui com R\$ 24,4 bilhões em impostos e taxas, constituindo-se em vetor fundamental de desenvolvimento social, dinamização regional e arrecadação pública. Em diversas regiões do país, o complexo têxtil-confeccionista representa base estruturante da economia local, promovendo inclusão produtiva, geração de renda formal e formação de ecossistemas industriais.

No cenário global, a indústria têxtil brasileira figura como a quinta maior do mundo. Esse posicionamento decorre da combinação entre escala produtiva, mercado interno robusto e uma cadeia de valor têxtil e de confecção completa e presente no território nacional, abrangendo desde a produção de fibras e manufaturas têxteis até a confecção, a comercialização e as atividades associadas ao pós-consumo, característica cada vez mais rara na indústria global. Essa configuração amplia a capacidade de coordenação entre os diferentes elos da cadeia e cria condições favoráveis para o desenvolvimento de estratégias de rastreabilidade, circularidade e gestão sustentável de materiais.

A possibilidade de integração constitui um ativo estratégico em um ambiente global marcado por fragmentação produtiva, vulnerabilidades logísticas e crescente exigência de rastreabilidade. Em um contexto de transição para modelos produtivos mais sustentáveis, a possibilidade de estruturar cadeias produtivas mais curtas, transparentes e de menor intensidade carbônica posiciona o Brasil de forma diferenciada no cenário internacional.

A CADEIA DE VALOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO



TECER O FUTURO: INOVAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA NA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

A indústria têxtil e de confecção está passando por uma transformação profunda, com potencial para redefinir não apenas a forma como produzimos roupas, fios, fibras e tecidos, mas também como os consumimos e interagimos com eles.

Com o horizonte de 2030 em foco, o setor se prepara para mudanças capazes de remodelar suas bases. Nesse cenário dinâmico, três pilares se destacam como fundamentais: tecnologia, sustentabilidade e inovação.

Até 2030, o mercado de tecnologia têxtil deverá crescer significativamente, impulsionado por inovações como a inteligência artificial (IA) e a Internet das Coisas (IoT), que transformarão fábricas em ambientes inteligentes e conectados. Nesse contexto, as empresas precisarão não apenas se adaptar às mudanças, mas também assumir um papel de liderança nesse processo de transformação.

A tecnologia é o fio condutor dessa evolução. A Indústria 4.0, que antes parecia um conceito distante, já remodela fábricas e processos ao redor do mundo. Sistemas avançados de automação e robótica colaborativa estão otimizando a produção, reduzindo erros e ampliando a eficiência.

No entanto, essa revolução tecnológica está apenas começando. A inteligência artificial e o aprendizado de máquinas já viabilizam a criação de tecidos inteligentes capazes de se adaptar ao ambiente, regular a temperatura do corpo e monitorar sinais vitais. Imagine roupas que mudam de cor conforme o humor do usuário ou que alertam sobre a necessidade de hidratação durante a prática de exercícios.

A impressão 3D, por sua vez, abre novas possibilidades para o design e a personalização em massa. Já é possível criar peças únicas, perfeitamente ajustadas ao corpo do cliente, com mínimo desperdício de material. Além de revolucionar a produção, essa tecnologia desafia a lógica tradicional de estoques e cadeias de suprimentos.

A sustentabilidade, considerada o novo padrão-ouro do setor, deixou de ser um diferencial para se tornar uma prioridade estratégica e urgente. A

indústria têxtil, historicamente associada a práticas pouco sustentáveis, passa por uma profunda transformação verde que redefine o setor.

A economia circular, agora no centro das operações, altera o ciclo de vida dos produtos têxteis. Empresas estão desenvolvendo fibras infinitamente recicláveis e criando tecidos a partir de resíduos agrícolas ou de plásticos recolhidos dos oceanos. A água, recurso cada vez mais escasso, tornou-se foco de inovação, com tecnologias de tingimento a seco ou com CO₂ supercrítico reduzindo drasticamente seu consumo no setor. Ao mesmo tempo, sistemas de tratamento e reuso tornam as fábricas mais autossuficientes, enquanto a adoção de fontes renováveis de energia, como solar e eólica, reduz a pegada de carbono e fortalece a resiliência energética das operações.

A inovação, motor que impulsiona o futuro da indústria têxtil, conecta tecnologia e sustentabilidade. Materiais avançados, como tecidos antimicrobianos, antiodor e autolimpantes, já são realidade. Pesquisadores também desenvolvem fibras capazes de gerar e armazenar energia, transformando roupas em verdadeiras estações móveis de energia.

O design multifuncional cria peças adaptáveis a diferentes ocasiões e climas, incentivando um consumo mais consciente e ampliando o ciclo de vida dos produtos.

Experiências baseadas em realidade aumentada e realidade virtual também estão revolucionando a relação entre marcas e consumidores. Provadores virtuais permitem experimentar roupas sem sair de casa, reduzindo devoluções e impactos logísticos, ao mesmo tempo em que ampliam a experiência digital de compra.

O Caminho Adiante

O futuro da indústria têxtil é desafiador, mas também repleto de oportunidades. Empresas que abraçarem a tríade formada por tecnologia, sustentabilidade e inovação terão vantagem competitiva em um mercado cada vez mais exigente e consciente.

Para isso, serão necessários investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento, capacitação da força de trabalho e, em muitos casos, uma reformulação profunda dos modelos de negócio.

A construção desse futuro também depende de

um ambiente de negócios favorável. O acesso a crédito competitivo e a redução do chamado “Custo Brasil”, enfrentando desafios como a complexidade tributária e as limitações de infraestrutura, são condições essenciais para ampliar a competitividade das empresas brasileiras, tanto no mercado interno quanto no cenário internacional.

Nesse contexto, compreender as tendências tecnológicas, ambientais e de mercado que moldarão o futuro do setor torna-se fundamental. Esta publicação contribui para esse esforço ao reunir análises e reflexões sobre as principais forças de mudança que impactam a cadeia têxtil e de confecção, oferecendo uma visão estruturada dos desafios e oportunidades que se apresentam no horizonte de 2030. Ao sistematizar tendências e discutir caminhos estratégicos para inovação, competitividade e sustentabilidade, busca-se apoiar empresas, instituições e formuladores de políticas na construção de uma indústria têxtil e de confecção cada vez mais moderna, responsável e preparada para os desafios do futuro.

Ricardo Steinbruch

Presidente da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT)

Fernando Valente Pimentel

Diretor-superintendente e presidente emérito - ABIT



SUSTENTABILIDADE: DIFERENCIAIS BRASILEIROS E A OPORTUNIDADE ÚNICA PARA O SETOR

O setor têxtil e de confecção brasileiro tem se destacado de forma crescente em sua jornada rumo à produção e consumo cada vez mais sustentáveis, apresentando um cenário promissor para o futuro da moda.

Historicamente, a adoção de práticas de sustentabilidade por empresas têxteis nacionais remonta aos anos 70, com grandes investimentos de tece-lagens em novas tecnologias de tratamento de efluentes. Desde então, ao longo das últimas décadas, o setor avançou significativamente na implementação de boas práticas socioambientais.

É do Brasil a maior safra de algodão certificado do mundo e é também no país que atualmente encontramos cerca de 4 mil empresas certificadas que fornecem o insumo para grandes varejistas, promovendo a manutenção das condições de trabalho e garantindo uma produção socialmente responsável.

Vale destacar que grandes diferenciais do nosso país são seu arcabouço legal e regulatório – relacionados à preservação do meio ambiente e às condições de trabalho – e sua matriz elétrica, predominantemente hídrica.

Da energia que o setor têxtil consome, 75% são de origem renovável, sendo 67% de fonte hídrica, o que posiciona o Brasil com um grande diferencial competitivo em relação às emissões de outros produtores têxteis mundiais relevantes.

Nesse contexto, o setor têxtil e de confecção nacional tem uma oportunidade única de se consolidar como líder global em sustentabilidade, ao combinar sua tradição com investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação e adotar uma abordagem estratégica para reduzir impactos socioambientais.

Às empresas, garantir governança e engajamento desde a alta liderança. Conhecer os riscos e atuar de maneira persistente é também essencial à permanência dos negócios, já que, por conta dos cenários climáticos, será necessário adaptar-se, seja na produção de matérias-primas naturais, no

acesso à água e energia ou na resiliência das plantas industriais.

Ainda, atrair e reter talentos coloca a agenda de diversidade, equidade e inclusão como central na mudança de cultura das companhias. E a pressão pela transparência e pelo combate ao greenwashing também é ponto de atenção em um setor com alta visibilidade.

Portanto, a atuação de cada empresa nessas agendas será crucial para a produção brasileira se destacar cada vez mais no mercado internacional, evidenciando os atributos de sustentabilidade que o Brasil oferece como diferencial competitivo. Vale reforçar que há mais de seis décadas a Abit é parceira da indústria nessa jornada, atuante na formulação de políticas públicas, e que está pronta para colaborar nesse processo acelerado e necessário de transformação.

Camila Zelezoglo

Gerente de Sustentabilidade e Inovação - ABIT

Luiza Lorenzetti

Analista de Sustentabilidade e Inovação - ABIT

INTRODUÇÃO¹

A indústria têxtil e de confecção atravessa transformações estruturais que vêm redefinindo as formas de produzir, consumir, inovar e competir em escala global. Ao longo da última década, crises econômicas e energéticas, guerras, disputas geopolíticas, tensões comerciais, rupturas logísticas e o agravamento dos impactos das mudanças climáticas reconfiguraram dinâmicas do comércio internacional, provocando instabilidade de custos, desorganização dos fluxos produtivos e reconfiguração das cadeias globais de valor.

Esses impactos sistêmicos aceleraram a crise do modelo industrial linear tradicional e inauguraram uma nova fase de transição estrutural. As bases da competitividade passaram a incorporar de forma crescente a integração de sistemas produtivos orientados por dados, ampliando o papel da digitalização, da inteligência artificial e da automação avançada na transformação da cadeia. Paralelamente, ganha relevância a bioeconomia e a inovação aplicada aos materiais, impulsionadas pelo avanço de fibras regenerativas e soluções de menor impacto ambiental. Nesse contexto, algoritmos preditivos e sistemas inteligentes emergem como eixos estratégicos para conectar o chão de fábrica ao comportamento do consumidor, ampliando capacidades de adaptação, previsibilidade e redução de riscos operacionais. Ao mesmo tempo, as pressões climáticas, regulatórias e mercadológicas posicionam a descarbonização e a circularidade não mais como diferenciais opcionais, mas como fatores estratégicos de competitividade, acesso e permanência nos mercados.

No Brasil, esses desafios globais se somam a problemas históricos relacionados à produtividade, à inovação, aos custos estruturais, à complexidade regulatória e à crescente pressão competitiva de plataformas digitais internacionais de comércio eletrônico. Contudo, a busca global por maior resiliência das cadeias produtivas, segurança de fornecimento e diversificação geográfica da produção tende a valorizar vantagens competitivas do país, como sua matriz energética predominantemente renovável, a riqueza da biodiversidade e a presença histórica de uma cadeia têxtil e de confecção

completa e integrada no território nacional. É nesse contexto que se torna fundamental atualizar a agenda estratégica e a Visão de Futuro do setor para o horizonte de 2030.

A realização de estudos de prospecção tecnológica e mercadológica voltados à construção de agendas estratégicas e visões de futuro para a indústria têxtil e de confecção brasileira resulta de uma trajetória de cooperação institucional desenvolvida há quase duas décadas entre a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o SENAI CETIQT. Esses estudos vêm sendo conduzidos por meio de processos estruturados de análise de tendências, construção de cenários prospectivos e diálogo permanente com especialistas, representantes empresariais, instituições de pesquisa e demais stakeholders da cadeia de valor, com o objetivo de identificar transformações emergentes, antecipar desafios e orientar estratégias de transformação e desenvolvimento para o setor.

Esse movimento contínuo de atualização e aprofundamento da inteligência prospectiva sobre as transformações da cadeia têxtil e de confecção brasileira ganhou um novo marco em meados da década passada, quando as entidades parceiras revisitaram as premissas e diretrizes dos estudos prospectivos lançados em 2008 e 2010. Como resultado desse processo, a Visão de Futuro e a agenda estratégica foram reformuladas em 2016 para o horizonte de 2030, antecipando os primeiros impactos da Quarta Revolução Industrial sobre a cadeia têxtil nacional (BRUNO, 2016). Aquele estudo já identificava o avanço da digitalização, da automação e dos sistemas inteligentes de produção, apontando para uma nova configuração industrial caracterizada pela crescente intensidade tecnológica, pelo uso intensivo de conhecimento e pela emergência de novos modelos de produção e consumo.

Para orientar uma agenda de futuro, foram definidas quatro ênfases estratégicas: novas fibras, design, confecção e novos canais de produção e consumo. Essas ênfases buscavam destacar capacidades, tecnologias e estratégias consideradas fundamentais para o posicionamento competitivo da indústria brasileira diante das reestruturações associadas à quarta revolução industrial.

Dessa forma, o estudo formulou a Visão de

1. Autor: Marcelo Ramos - Gerente de Desenvolvimento Estratégico e Sustentável - SENAI CETIQT

Futuro para a indústria têxtil e de confecção brasileira no horizonte de 2030, projetando uma estrutura produtiva mais integrada, conectada a outras cadeias industriais e posicionada de forma estratégica na economia nacional e nas cadeias globais de valor. Essa visão aponta para uma indústria caracterizada pela incorporação intensiva de ciência, tecnologia e inovação, pela adoção dos princípios da Indústria 4.0, pela valorização do design e do desenvolvimento de novos materiais e pela formação e atração de talentos capazes de sustentar a reestruturação produtiva prevista. Projeta-se, assim, um setor mais integrado, inovador e intensivo em conhecimento, com maior capacidade de adaptação, competitividade e geração de valor econômico e social.

As estratégias definidas a partir dessa visão passaram a orientar iniciativas conduzidas pela ABIT e pelo SENAI CETIQT, em articulação com outras instituições parceiras, voltadas ao fortalecimento da educação profissional, da inovação, do desenvolvimento tecnológico e das capacidades de monitoramento e produção de conhecimento para o setor. Ao longo da última década, o acompanhamento das novas dinâmicas associadas à indústria têxtil e de confecção passou a integrar atividades permanentes de prospecção tecnológica, benchmarking internacional, pesquisa aplicada e articulação institucional.

Foi nesse contexto de monitoramento, análise e produção de conhecimento setorial que sustentabilidade, descarbonização, inteligência artificial e digitalização se consolidaram como forças transversais com impactos sobre toda a cadeia têxtil e de confecção. No campo específico da sustentabilidade e da circularidade, esse processo também levou à institucionalização do Núcleo de Sustentabilidade e Economia Circular, atualmente integrado ao Observatório da Indústria Têxtil e de Confecção do SENAI CETIQT, voltado ao monitoramento e à disseminação de conhecimento estratégico para o setor. Nesse mesmo contexto, amadureceu entre a ABIT e o SENAI CETIQT a proposta de atualização da Visão de Futuro para 2030 e das estratégias associadas ao desenvolvimento da cadeia têxtil e de confecção brasileira.

Os trabalhos preparatórios para essa atualização buscaram identificar tanto os elementos de

continuidade quanto as mudanças que vêm reorganizando a cadeia têxtil e de confecção. Nesse processo, além das forças transversais relacionadas à sustentabilidade e descarbonização e à inteligência artificial e digitalização, com impactos sobre toda a cadeia de valor, também ganharam destaque outras forças com maior incidência em determinados elos produtivos, especialmente aqueles associados aos materiais sustentáveis, aos ecossistemas “produtivos inteligentes” e à crescente incorporação da circularidade nas etapas de pós-consumo.

Derivada dessas análises, a presente publicação foi estruturada de forma a evidenciar o caráter sistêmico das transformações que vêm redefinindo a cadeia têxtil e de confecção. Os capítulos iniciais discutem as forças transversais relacionadas à sustentabilidade e descarbonização e à inteligência artificial e digitalização, enquanto os capítulos subsequentes aprofundam seus impactos sobre materiais, processos produtivos e estratégias de circularidade e pós-consumo, destacando as interações entre inovação tecnológica, produção industrial, sustentabilidade e competitividade.

Nessa perspectiva, os dois capítulos iniciais discutem as forças estruturantes que atravessam toda a cadeia produtiva, enquanto os capítulos subsequentes aprofundam seus impactos em etapas específicas do setor. O Capítulo 2, por exemplo, analisa a inteligência artificial e a digitalização como forças habilitadoras da transformação digital, com impactos sobre rastreabilidade, integração sistêmica, eficiência operacional e novos modelos produtivos. Em diálogo com essa discussão, o Capítulo 4 examina como essas forças se materializam nos processos produtivos têxteis e de confecção, analisando a emergência de ecossistemas produtivos inteligentes, conectados, sustentáveis e orientados por dados.

Da mesma forma, as discussões sobre sustentabilidade e descarbonização articulam-se aos capítulos dedicados aos materiais sustentáveis, à produção de baixo impacto e aos avanços da circularidade nas etapas de pós-consumo, evidenciando as interdependências entre inovação tecnológica, produção industrial, sustentabilidade e competitividade.

O primeiro capítulo, *Rumo a um Setor Têxtil de Baixo Carbono: Economia Circular e Descarbonização*

como *Pilares da Transição*, apresenta uma análise sobre a centralidade assumida pelas agendas de sustentabilidade, descarbonização e circularidade na indústria têxtil e de confecção. O texto relaciona esse movimento às reconfigurações nas cadeias globais de valor e à consolidação dos marcos regulatórios internacionais, discutindo como novas exigências ambientais, produtivas e comerciais vêm alterando padrões de competitividade e conformidade para empresas e países. Ao tratar dos desafios e oportunidades para o setor no Brasil, o capítulo apresenta resultados inéditos de análises sobre emissões de gases de efeito estufa, consumo de energia e inovação, construídas a partir de bases oficiais de reporte empresarial. Com isso, ressalta a importância da construção de indicadores de sustentabilidade capazes de transformar dados dispersos em inteligência estratégica para monitoramento, planejamento e apoio à transição para uma economia de baixo carbono.

No segundo capítulo, *Inteligência Artificial e Digitalização: Forças Habilitadoras da Transformação Digital*, são analisadas as transformações que o uso estratégico de inteligência artificial e tecnologias digitais vêm promovendo na cadeia têxtil e de confecção por meio da ampliação da capacidade de coleta, integração, processamento e análise de dados. A partir de tendências emergentes, aplicações práticas e casos desenvolvidos no Brasil e no exterior, o texto discute como essas tecnologias estão redefinindo processos produtivos, modelos de negócio, logística, rastreabilidade e relações de consumo, ampliando a capacidade de previsão, automação, integração e resposta às dinâmicas do mercado. Ao percorrer diferentes etapas da cadeia, da produção de matérias-primas ao pós-consumo, o capítulo mostra como a IA e a digitalização vêm impulsionando ecossistemas produtivos mais inteligentes, conectados, adaptáveis e integrados, tornando inteligência operacional, capacidade de adaptação e integração digital fatores cada vez mais estratégicos para a competitividade do setor.

O terceiro capítulo, *Bioeconomia e Materiais Sustentáveis: Inovação na Base da Cadeia*, em diálogo com as forças transversais discutidas nos capítulos anteriores, direciona a análise para a inovação na base material da cadeia têxtil e de confecção. O texto explora as inovações em materiais

regenerativos, biomateriais e novas aplicações da biotecnologia, discutindo como as escolhas relacionadas às fibras, polímeros e demais insumos produtivos podem reduzir impactos ambientais, ampliar o potencial de circularidade dos produtos e fortalecer o posicionamento competitivo das empresas. O capítulo apresenta casos de inovações e aplicações desenvolvidos em diferentes países, demonstrando como a inovação material, a avaliação do ciclo de vida e a integração entre ciência, tecnologia e sustentabilidade tendem a assumir papel estratégico para o futuro do setor.

O quarto capítulo, *Processos Produtivos Têxteis e de Confecção 2030: Arquitetura Inteligente, Sustentável e Conectada*, foca a discussão sobre os impactos das forças de digitalização, inteligência artificial e sustentabilidade na reorganização dos sistemas produtivos da cadeia têxtil e de confecção. Em diálogo direto com os capítulos anteriores, o texto analisa como a convergência entre automação avançada, integração de dados, rastreabilidade, produção orientada à demanda e estratégias de descarbonização vem transformando os processos industriais em ecossistemas produtivos mais inteligentes, conectados e adaptáveis. Ao percorrer diferentes elos da cadeia, da produção de fibras à confecção, o capítulo demonstra como tecnologias digitais e novos modelos produtivos passam a redefinir decisões operacionais, padrões de eficiência, gestão ambiental, flexibilidade produtiva e integração entre indústria, mercado e consumo, consolidando a fábrica inteligente como base operacional da competitividade no horizonte de 2030.

No quinto capítulo, *Economia Circular e Pós-consumo: Retendo Valor, Gerando Oportunidades*, são discutidos os avanços da circularidade na cadeia têxtil e de confecção, com destaque para novos modelos de negócio, estratégias de retenção de valor, rastreabilidade, reciclagem e reaproveitamento de materiais. Em diálogo com as discussões sobre sustentabilidade, digitalização e reconfiguração produtiva apresentadas nos capítulos anteriores, o texto analisa como inovação, colaboração e integração entre diferentes elos da cadeia podem impulsionar novos fluxos produtivos e posicionar a indústria brasileira de forma estratégica diante das crescentes exigências ambientais, regulatórias e de mercado.

O capítulo de encerramento apresenta a atualização Visão de Futuro para 2030 e as estratégias consideradas prioritárias para orientar o desenvolvimento sustentável da cadeia têxtil e de confecção brasileira até 2030 e além. Estruturadas em seis dimensões estratégicas, essas diretrizes articulam capacidades tecnológicas, produtivas, institucionais, regulatórias e de mercado relacionadas aos desafios e oportunidades identificados ao longo da publicação.

As análises detalhadas, os cenários projetados e as diretrizes estratégicas reunidos nesta obra oferecem a empresários, gestores e formuladores de políticas públicas um subsídio técnico relevante para a compreensão do ambiente competitivo, tecnológico e regulatório contemporâneo. Ao consolidar referências para o horizonte de 2030, este documento estratégico busca contribuir para a qualificação do debate setorial e para o fortalecimento do desenvolvimento sustentável da cadeia têxtil e de confecção brasileira.





CAPÍTULO 1

RUMO A UM SETOR TÊXTIL DE BAIXO CARBONO: ECONOMIA CIRCULAR E DESCARBONIZAÇÃO COMO PILARES DA TRANSIÇÃO

Aglaé Tumelero
Luís Eduardo Nogueira

RUMO A UM SETOR TÊXTIL DE BAIXO CARBONO: ECONOMIA CIRCULAR E DESCARBONIZAÇÃO COMO PILARES DA TRANSIÇÃO¹

A dimensão econômica e social do setor têxtil e de confecção revela sua posição central nas cadeias produtivas globais. Em 2023, essa cadeia global empregava 99 milhões de pessoas, 12% da força de trabalho do planeta (Global Market Insights, 2025), das quais 55 milhões eram mulheres (OIT, 2026), movimentando um mercado avaliado em US\$ 1,9 trilhão e com previsão de crescimento anual de 2,60% entre 2026 e 2030. No Brasil, essa força produtiva se materializa em 25,7 mil empresas distribuídas por todo o território nacional, responsáveis por 1,3 milhão de empregos diretos, R\$ 39,1 bilhões em salários e um faturamento de R\$ 221 bilhões em 2024.

Ao mesmo tempo, o setor vive um momento de inflexão. A intensificação das dinâmicas globais de produção, a pressão por maior transparência e a emergência de novos marcos regulatórios — tanto em mercados desenvolvidos quanto em países produtores — estão redefinindo padrões de competitividade. O Brasil, que abriga a maior indústria têxtil do Ocidente e a quarta maior indústria de confecção do mundo, encontra-se diante de uma oportunidade estratégica: alinhar sua estrutura produtiva às exigências crescentes de sustentabilidade, circularidade e responsabilidade socioambiental que moldam o comércio internacional.

Este capítulo discute o avanço regulatório relacionado à sustentabilidade que vem transformando o setor têxtil e de confecção em escala global e nacional; as iniciativas brasileiras voltadas ao fortalecimento da agenda de sustentabilidade; os

indicadores setoriais relacionados a mudanças climáticas, energia e inovação, construídos a partir de bases oficiais como o RAPP/IBAMA² e a PINTEC³; e os direcionadores estratégicos de futuro, destacando as tendências globais que devem orientar o planejamento das empresas brasileiras — desde metas climáticas alinhadas à ciência até a adoção de tecnologias limpas, rastreabilidade avançada e modelos circulares.

Ao articular essas dimensões, o capítulo oferece uma visão integrada de como políticas públicas, padrões internacionais e evidências empíricas convergem para orientar a transição do setor rumo a modelos mais resilientes, eficientes e alinhados às expectativas contemporâneas de mercado. Esse arcabouço regulatório, combinado às normativas internacionais já consolidadas, constitui um conjunto estratégico de instrumentos que permite às empresas anteciparem tendências, adequar-se às exigências emergentes e fortalecer seu protagonismo em diferentes escalas geográficas na economia de baixo carbono.

1.1 Dinâmicas Produtivas Globais e Avanço Regulatório

O setor têxtil e de confecção foi uma das primeiras indústrias a impulsionar a Revolução Industrial e, por décadas, estruturou-se sobre um modelo produtivo baseado na padronização, na produção em massa e na proximidade geográfica entre manufatura e consumo. Até a década de 1980, predominavam ciclos de produção previsíveis, coleções limitadas a duas estações e cadeias de suprimentos regionalizadas e relativamente estáveis (OIT, 2014).

A partir dos anos 1990, esse arranjo passou por transformações. A combinação entre designs mais modernos, fortalecimento de marcas globais e crescente terceirização para países com custos de produção mais baixos inaugurou uma nova lógica competitiva. A consolidação do varejo ampliou o poder

1. Autores: Aglaé Tumelero e Luís Eduardo Nogueira.

2. RAPP/IBAMA: Registro Público de Emissões e Transferência de Poluentes do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que reúne dados declaratórios oficiais sobre atividades potencialmente poluidoras, resíduos, emissões e controle ambiental no Brasil.

de barganha das grandes empresas, enquanto a busca por menores custos levou à transferência de etapas produtivas para países em desenvolvimento, reconfigurando as cadeias globais de valor (Gereffi, Memedovic, 2003).

Esse movimento foi consolidado pelo fim do Acordo Multifibras (AMF) em 2005, que eliminou o sistema de cotas vigente desde 1974 e expôs o setor à concorrência internacional. A liberalização comercial intensificou a rivalidade entre países produtores, estimulando a atração de investimentos estrangeiros e a expansão acelerada da capacidade produtiva (OIT, 2014). No Brasil, o AMF foi sucessivamente prorrogado por decretos, como o Decreto nº 160/1991 e o Decreto nº 1.154/1994 - até sua transição final para as regras da Organização Mundial do Comércio (OMC).

Os efeitos dessa reestruturação foram imediatos e assimétricos. Entre 2004 e 2008, o emprego no setor de vestuário cresceu significativamente em países asiáticos - 40% em Bangladesh, 20% no Camboja, 48% na Índia e 52% no Vietnã -, enquanto diversas economias registraram retração: México (-34,8%), Sri Lanka (-12%) e Marrocos (-7,7%). Nos Estados Unidos, cerca de 80% dos postos de trabalho ligados ao vestuário desapareceram desde 2005. Na Europa, entre 2004 e 2014, o setor perdeu aproximadamente metade dos empregos, com quedas superiores a 55% em países como Espanha, França, Alemanha, República Tcheca e Reino Unido - este último com redução de 67%. No segmento têxtil, a mudança foi menos abrupta, dada a maior intensidade de capital, energia e recursos naturais envolvida (OIT, 2014).

À medida que o setor se expandiu globalmente e acelerou seus ciclos produtivos, aumentaram também os impactos socioambientais associados à sua cadeia de valor - o uso intensivo de recursos naturais e condições de trabalho precárias em países produtores. Trata-se de um setor intensivo no uso de água, especialmente nas etapas de produção de fibras, fiação, tingimento e acabamento (Hui, 2025).

Os processos de tingimento e beneficiamento também geram poluição química, liberando efluentes com corantes, fixadores e outras substâncias

tóxicas que afetam ecossistemas locais e contribuem para a perda de biodiversidade tanto nas áreas de produção quanto nos ambientes que recebem os efluentes (Hui, 2025; Menezes, Vieira, 2010; Alves et al., 2024; Shilby, Hoque, 2025). Somam-se a isso as emissões de gases de efeito estufa e a elevada geração de resíduos sólidos ao longo de toda a cadeia produtiva.

Esses desafios foram ampliados pela crescente complexidade das cadeias globais de suprimentos e ocorreram em paralelo ao fortalecimento da agenda internacional de sustentabilidade, impulsionada por marcos como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e o Acordo de Paris. A convergência entre impactos socioambientais crescentes e expectativas regulatórias levou governos, organismos multilaterais e consumidores a exigir maior transparência, responsabilidade e compromissos com sustentabilidade das empresas do setor.

Esse contexto abriu espaço para um avanço regulatório significativo no setor têxtil e de confecção, tanto em mercados desenvolvidos quanto emergentes. As legislações apresentadas nos Quadros 1, 2 e 3 - referentes às Américas, União Europeia e Ásia - ilustram a amplitude e a velocidade dessa transformação. A relevância desse arcabouço regulatório torna-se ainda mais evidente quando se considera que os principais países importadores de produtos têxteis brasileiros incluem Vietnã, China, Estados Unidos, Bangladesh, Itália, Alemanha, Turquia e França; e que os principais destinos das exportações brasileiras de produtos confeccionados são Estados Unidos, Alemanha, França, Japão, Espanha, Reino Unido e Itália (IEMI, 2025). O ambiente regulatório internacional acaba moldando a competitividade e as exigências de conformidade do setor brasileiro.

3. PINTEC: Pesquisa de Inovação (PINTEC), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que produz indicadores oficiais sobre inovação tecnológica nas empresas brasileiras, incluindo investimentos, processos, produtos e atividades de pesquisa e desenvolvimento.

O avanço regulatório no Brasil voltado à economia circular — materializado na Estratégia Nacional de Economia Circular (ENEC), no Plano Nacional de Economia Circular, na Taxonomia Sustentável Brasileira e na Lei de Incentivo à Reciclagem — representa uma oportunidade estratégica para que empresas do setor têxtil e de confecção reposicionem seus modelos de negócio e ampliem sua competitividade. Ao estabelecer diretrizes claras, instrumentos econômicos e critérios de sustentabilidade reconhecidos internacionalmente, esse arcabouço cria condições favoráveis para investimentos em inovação, tecnologias limpas, novos materiais, sistemas de logística reversa, rastreabilidade e modelos circulares como reúso, reparo e reciclagem de fibras.

Além de reduzir riscos regulatórios e alinhar o setor às exigências de mercados internacionais (especialmente União Europeia e Estados Unidos), a nova regulação abre espaço para ganhos de eficiência, redução de custos operacionais, diferenciação de produtos e acesso a financiamentos verdes. Assim, longe de representar apenas obrigações adicionais, a agenda regulatória brasileira pode funcionar como catalisadora de transformação, estimulando empresas a liderar a transição para cadeias têxteis mais resilientes, inovadoras e sustentáveis.

QUADRO 1: PRINCIPAIS LEGISLAÇÕES DE PAÍSES DAS AMÉRICAS RELACIONADAS À SUSTENTABILIDADE COM IMPACTO NO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

País	Legislação	Objetivo	Status
Brasil	Estratégia Nacional de Economia Circular – ENEC – (Decreto nº 12.082/2024)	Estabelecer diretrizes nacionais para acelerar a transição para modelos produtivos circulares, promovendo eficiência de recursos, inovação tecnológica, redução de resíduos e integração de cadeias produtivas sustentáveis.	Em vigor desde 2024.
	Lei de Incentivo à Reciclagem – Lei nº 14.260/2021	Criar mecanismos de incentivo fiscal para projetos de reciclagem e logística reversa, estimulando investimentos privados em infraestrutura, tecnologias e modelos de negócios voltados à economia circular.	Em vigor desde 2026.
	National Framework Law on Human Rights and Business	Criar marco nacional de direitos humanos e empresas.	Em fase de adoção.
	Plano Nacional de Economia Circular	Definir metas, instrumentos e ações coordenadas para operacionalizar a economia circular no país, integrando setores produtivos, inovação, infraestrutura e políticas de resíduos.	Em vigor desde 2025.
	Taxonomia Sustentável Brasileira – TSB	Estabelecer critérios e definições para identificar atividades econômicas sustentáveis, orientando investimentos, financiamentos e políticas públicas alinhadas à transição verde e economia circular.	Em vigor desde 2025.
Canadá	Fighting Against Forced Labour and Child Labour in Supply Chains Act – Bill S211 (2023)	Exigir relatórios anuais sobre riscos de trabalho forçado e infantil.	Em vigor.
Colômbia	Mandatory Human Rights Framework – Bill 153 (2025)	Exigir prevenção e remediação de violações de direitos humanos.	Em fase de adoção.
	National Action Plans on Business and Human Rights – NAP	Proteger direitos humanos em atividades empresariais.	Paralisada.
EUA (Federal)	Americas Trade and Investment Act – H.R.7571 / S.3878 – Americas Act	Circularidade, reshoring e combate ao trabalho forçado.	Inativa (2025).
	U.S. Trade Strategy to Combat Forced Labour	Eliminar trabalho forçado em cadeias globais via comércio.	Publicada (2025).
	Uyghur Forced Labor Prevention Act – UFLPA (2021)	Combater trabalho forçado em Xinjiang e barrar importações associadas.	Em vigor.
EUA – Massachusetts	Massachusetts Fashion Act – HD4220	Exigir due diligence ambiental e social; mapear cadeia de suprimentos.	Em fase de adoção.
EUA – Nova York	New York Fashion Act – A4631B / S4558A	Transparência e due diligence ambiental/social no setor de moda.	Em fase de adoção.
	New York Fashion Workers Act	Proteger modelos e fashion workers; regular agências e clientes	Em vigor desde 2025.
EUA – Washington	Washington Fashion Act – HB1107	Exigir divulgação de políticas ambientais e químicos prioritários.	Em fase de adoção
	Washington Transparency in Supply Chains – SB 5541	Transparência sobre riscos de trabalho forçado e tráfico humano.	Inativa (não reintroduzida em 2025)
EUA–Brasil–África do Sul	Partnership for Workers' Rights – PWR	Promover trabalho decente e combater exploração.	Em vigor.
	General Law of Corporate Responsibility and Due Diligence (proposta)	Estabelecer responsabilidade corporativa por violações de direitos humanos.	Em fase de adoção (desde 2020).
México	Mexican Forced Labour Statute (2023)	Banir importações feitas com trabalho forçado e infantil.	Em vigor.
Peru	Supreme Decree – Chemical Substances Management Law – REACH	Criar sistema nacional de gestão de substâncias químicas.	Em vigor (2026; fases 2028–2031).

Fonte: Elaboração própria a partir de GFA Policy Matrix Americas (2025).

O avanço regulatório da União Europeia em temas relacionados à due diligence, transparência, combate ao desmatamento e padrões de trabalho decente torna-se ainda mais relevante no contexto recente do Acordo União Europeia–Mercosul, que entrou em vigor de forma provisória em maio de 2026, após mais de duas décadas de negociações, em particular das disposições do Capítulo 26, dedicado ao Comércio e Desenvolvimento Sustentável.

Embora o acordo reconheça o direito de cada parte de definir suas próprias políticas e níveis de proteção ambiental e trabalhista (Artigo 26.2), também estabelece que tais níveis devem ser compatíveis com os compromissos multilaterais assumidos, incluindo as normas da OIT e os Acordos Multilaterais Ambientais (Artigos 26.4 e 26.5). Ainda proíbe explicitamente a redução de padrões ambientais ou trabalhistas para fins de competitividade comercial (Artigo 26.2.4) e veda o uso discriminatório dessas normas como barreiras disfarçadas ao comércio (Artigo 26.2.5).

Nesse cenário, legislações europeias como a CSDDD, o EUDR, o ESPR e o CSRD tornam-se referências práticas de conformidade para países exportadores do Mercosul, uma vez que moldam expectativas de mercado e definem requisitos mínimos para acesso ao mercado europeu. Para o setor têxtil e de confecção brasileiro, cujos principais destinos incluem países da UE, isso significa que a adoção de práticas de rastreabilidade, gestão ambiental, condições de trabalho e governança, para além de uma exigência regulatória, transforma-se em um fator estratégico de competitividade e permanência nas cadeias globais de valor.

QUADRO 2 - PRINCIPAIS LEGISLAÇÕES DA UNIÃO EUROPEIA RELACIONADAS À SUSTENTABILIDADE COM IMPACTO NO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

Legislação	Objetivo	Status
Corporate Sustainability Reporting Directive - CSRD	Ampliar escopo de reporte de sustentabilidade, introduzir dupla materialidade e padrões harmonizados.	Em vigor; prazos adiados para 2028–2029.
European Sustainability Reporting Standards – First Set - ESRS	Estabelecer padrões detalhados de reporte ESG sob a CSRD.	Em vigor desde 2024; aplicação alinhada aos novos prazos da CSRD.
Corporate Sustainability Due Diligence Directive - CSDD	Exigir due diligence obrigatória em direitos humanos e meio ambiente em toda a cadeia de valor.	Em vigor; implementação adiada para 2028–2029.
Regulation Prohibiting Products Made with Forced Labour - FLR	Proibir produtos feitos com trabalho forçado no mercado da UE.	Aprovado; aplicável a partir de dezembro de 2027.
EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles	Transformar o setor têxtil rumo à circularidade (ecodesign, DPP, EPR, microplásticos etc.).	Em vigor desde 2022.
Equal Pay for Equal Work Directive	Garantir transparência salarial e combater desigualdade de gênero.	Em vigor; implementação nacional até 2026.
Carcinogens, Mutagens and Reprotoxic Substances Directive (revisão) - CMRD	Proteger trabalhadores de substâncias cancerígenas e tóxicas.	Em revisão; 6ª atualização aprovada em comitê.
Roadmap for Women's Rights	Promover igualdade de gênero, condições de trabalho e proteção à saúde.	Publicado em 2025.
LULUCF Regulation - LULUCF	Estabelecer metas de remoção líquida de GEE no setor de uso da terra e florestas.	Em vigor desde 2023.
EU Deforestation Regulation - EUDR	Proibir produtos associados ao desmatamento após 2020.	Em vigor; aplicação entre 2026–2027.
EU Emissions Trading System Revision - ETS	Ajustar o sistema de comércio de emissões ao objetivo de -55% até 2030.	Em vigor desde 2023.
Waste Shipment Regulation Revision - WSR	Restringir exportações de resíduos e reforçar controles.	Em vigor; aplicação entre 2026–2027.
Waste Framework Directive Revision - WFD	Tornar obrigatória a EPR para têxteis em todos os Estados membros.	Em vigor desde 2025; EPR obrigatória até 2028.
EU Taxonomy Regulation (atualizações)	Definir critérios para atividades econômicas sustentáveis.	Em vigor; atualizações em 2026.
Right to Repair Directive	Fortalecer o direito do consumidor à reparação e criar plataforma europeia de reparos.	Em vigor; aplicação a partir de 2026.
Ecodesign for Sustainable Products Regulation - ESPR	Criar requisitos obrigatórios de ecodesign e passaporte digital; proibir destruição de têxteis não vendidos.	Em vigor; atos delegados para têxteis até 2027.
Empowering Consumers for the Green Transition Directive	Combater greenwashing e exigir informações claras sobre durabilidade e impacto ambiental.	Em vigor; aplicação a partir de 2026.
Green Claims Directive (proposta)	Estabelecer regras para comprovação de alegações ambientais.	Em negociação; processo travado desde 2025.
Packaging and Packaging Waste Regulation Revision - PPWR	Aumentar metas de reciclagem e reduzir resíduos de embalagens.	Em vigor; aplicação a partir de 2026.
Omnibus Simplification Package	Ajustar CSRD e CSDDD, reduzir encargos e adiar prazos.	Em vigor desde 2025–2026.

Fonte: Elaboração própria a partir GFA Policy Matrix Americas (2025).

A centralidade da Ásia nas dinâmicas globais do setor têxtil e de confecção, consolidada ao longo de sucessivas migrações produtivas desde a década de 1950, confere especial relevância ao arcabouço regulatório vigente na região. Após deslocamentos sucessivos da produção do Ocidente para o Japão, dos “Três Grandes” asiáticos para a China continental e, posteriormente, para países do Sudeste Asiático e do Sul da Ásia, a região tornou-se o principal polo manufatureiro mundial, moldando padrões de custo, escala e organização das cadeias globais de valor (Gereffi, Memedovic, 2003).

Nesse contexto, legislações nacionais que tratam de condições de trabalho, segurança industrial, gestão de substâncias químicas e due diligence, como o Bangladesh Labour Act, o Vietnam Labour Code, o Environment Protection Act da Índia, o Labour Contract Law da China e as iniciativas emergentes de due diligence na Indonésia e no Camboja, desempenham papel estratégico não apenas para a proteção socioambiental local, mas também para a estabilidade e previsibilidade das cadeias globais.

Para o Brasil, cuja pauta exportadora de têxteis e insumos tem como destinos relevantes países como Vietnã, China, Bangladesh e Indonésia, compreender e acompanhar essas legislações é fundamental. Elas influenciam diretamente requisitos de conformidade, padrões de qualidade, expectativas de rastreabilidade e condições de acesso a mercados, além de moldarem o ambiente competitivo no qual a indústria brasileira está inserida.

QUADRO 3 - PRINCIPAIS LEGISLAÇÕES NA ÁSIA RELACIONADAS À SUSTENTABILIDADE COM IMPACTO NO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

País	Legislação	Objetivo	Status
Bangladesh	Bangladesh Labour Act (2006)	Modernizar leis trabalhistas, garantir saúde, segurança, salários e proibir trabalho forçado.	Em vigor (alterada em 2013, 2018, 2023, 2025).
	Bangladesh Accord on Fire and Building Safety (2013, renovado 2018)	Garantir inspeções independentes e segurança estrutural, elétrica e contra incêndio em fábricas têxteis.	Em vigor (expandido para International Accord 2021/2023).
	Bangladesh National Building Code (2020)	Estabelecer padrões de construção segura, sustentável e resistente.	Em vigor.
	National Strategy on Circular Economy for Textile and RMG Industries	Integrar setor informal, melhorar eficiência de recursos e reduzir resíduos pré-consumo.	Em formulação.
Camboja	The 1997 Labor Law	Regular relações de trabalho, garantir pagamento, jornada, segurança e direitos sindicais.	Em vigor (alterada em 2007, 2018, 2021).
	Occupational Safety and Health Law (proposta)	Criar lei nacional de saúde e segurança ocupacional alinhada a padrões internacionais.	Esperada para 2026/2027.
China	Labour Law of the People's Republic of China (1995)	Proteger direitos trabalhistas, regular relações de trabalho e garantir condições seguras.	Em vigor.
	Labor Contract Law (2008)	Exigir contratos formais, proteger salários, condições de trabalho e regular formas de emprego.	Em vigor.
Índia	Environment Protection Act (1986)	Criar arcabouço abrangente para proteção ambiental e controle de substâncias perigosas.	Em vigor.
	Occupational Safety, Health and Working Conditions Code (2020)	Simplificar leis trabalhistas e reforçar padrões de saúde e segurança ocupacional.	Em vigor (atualizado pelo New Labour Code 2025).
	New Labour Code for New India (2025)	Unificar 29 leis trabalhistas em 4 códigos, ampliar proteção social e padronizar normas.	Em vigor.
	Vision Strategy and Action Plan for Textile & Apparel Sector 2024–2025	Modernizar setor têxtil, promover sustentabilidade e eficiência de recursos.	Em vigor.
Indonésia	Manpower Act (2003)	Estabelecer princípios fundamentais de relações de trabalho, igualdade e proteção ao trabalhador.	Em vigor (atualizada pelo Job Creation Law 2020/2023)
EU Taxonomy Regulation (atualizações)	Mandatory Human Rights Due Diligence (proposta)	Tornar obrigatória a due diligence em direitos humanos para empresas.	Em fase de adoção (em revisão pelo gabinete presidencial)
Paquistão	Textiles and Apparel Policy 2025–2030	Aumentar competitividade, produtividade e sustentabilidade do setor têxtil.	Em vigor.
Turquia	Labour Act of Türkiye (2003)	Regular direitos e deveres de empregadores e empregados, incluindo segurança e igualdade.	Em vigor.
Vietnã	Vietnam Labour Code (2019)	Regular padrões trabalhistas, contratos, salários, segurança e direitos de representação.	Em vigor.

Fonte: Elaboração própria a partir GFA Policy Matrix Americas (2025).

1.2 Conversão de desafios em indicadores

Atento a esse contexto regulatório e às transformações internacionais, o setor têxtil e de confecção brasileiro — representado pela ABIT, com apoio técnico do SENAI CETIQT — lançou o Núcleo de Sustentabilidade e Economia Circular que, desde de 2025, integra o Observatório da Indústria Têxtil e de Confeecção. A iniciativa tem como missão qualificar a atuação institucional do setor com base em evidências, orientar decisões empresariais relacionadas à sustentabilidade e comunicar de forma transparente a realidade socioambiental da cadeia têxtil e de confecção brasileira.

A primeira frente de trabalho do Observatório, ainda em andamento, consiste na construção dos indicadores setoriais de sustentabilidade. A iniciativa reconhece a necessidade de converter desafios socioambientais em indicadores robustos, capazes de sustentar análises consistentes ao longo do tempo e de alinhar o setor tanto às regulações nacionais quanto aos padrões internacionais emergentes. Trata-se de um passo estratégico para superar a fragmentação de dados, consolidar evidências e promover maior transparência, competitividade e responsabilidade socioambiental, em sintonia com iniciativas semelhantes já consolidadas em outros países e setores (Kuhndt, Von Gleiber, 2002; Nordheim, Barrasso, 2005; Fadara, Wong, Zarei, 2024).

Uma etapa já concluída da construção dos indicadores foi a elaboração da matriz de materialidade do setor no Brasil. O processo incorporou deliberadamente a tensão entre materialidade financeira e materialidade de impacto, buscando identificar temas que representem simultaneamente riscos à continuidade dos negócios e impactos socioambientais relevantes gerados pela cadeia produtiva.

A construção da matriz baseou-se em três referências principais: o Materiality Finder do SASB, o registro de KPIs da International Capital Market Association (ICMA) e as Normas Setoriais para Têxteis e Vestuário do GRI (em revisão). A partir dessas referências, foram realizados exercícios de enquadramento e comparação para evitar sobreposições e lidar com interconexões temáticas. O processo também incorporou a análise dos temas materiais reportados, em 2024, nos relatórios de sustentabilidade de 27 empresas brasileiras do setor, além de diálogos contínuos com a ABIT e empresas parceiras, assegurando aderência à realidade da cadeia produtiva nacional.

Após análises semânticas, exercícios de enquadramento e validação com a ABIT, foram consolidados cinco temas materiais e dezesseis tópicos associados.

Temas	Tópicos				
	Meio Ambiente	Capital Social	Capital Humano	Inovação	Governança
Tópicos	Mudanças Climáticas e Energia	Otimizar o uso de recursos	Otimizar o uso de recursos	Otimizar o uso de recursos	Otimizar o uso de recursos
	Água e Efluentes	Relações comunitárias	Práticas e Relações de Trabalho	Inovações em Materiais, Produtos e Processos	Gestão de Riscos ESG
	Resíduos, materiais e economia circular	Rastreabilidade da Cadeia de Suprimentos	Remuneração e Jornada Laboral		Gestão do Ambiente Legal e Regulatório
	Biodiversidade		Não-discriminação, igualdade de oportunidade de gênero		

Figura 1: Matriz de temas e tópicos materiais do setor têxtil e de confecção no Brasil
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Com base nos temas validados, realizou-se o mapeamento dos conjuntos de dados secundários disponíveis para subsidiar o cálculo dos indicadores. Esse mapeamento envolveu três frentes: (1) identificação das obrigações legais das empresas de reporte de informações socioambientais a órgãos oficiais; (2) revisão das pesquisas macroeconômicas do IBGE para identificar variáveis de interesse relacionadas à sustentabilidade; e (3) análise de bases de dados governamentais abertas com potencial para mensuração de indicadores setoriais.

Para cada tema e tópico material, foram formulados indicadores específicos, assegurando comparabilidade, consistência metodológica e alinhamento às melhores práticas internacionais, especialmente à metodologia do Global Report Initiative (GRI). Priorizou-se a seleção de indicadores com dados já disponíveis em bases secundárias, reduzindo custos e complexidades de coleta primária e viabilizando a implementação imediata das métricas.

O resultado desse esforço foi a formulação de 103 indicadores associados aos dezesseis tópicos materiais do setor, organizados em uma matriz que relaciona cada tema às métricas correspondentes⁴. A matriz inclui metadados detalhados — definições, fontes de dados, métodos de cálculo, procedimentos de coleta e informações sobre disponibilidade —, garantindo transparência e rigor técnico para o monitoramento contínuo da sustentabilidade no setor.

A seção a seguir apresenta os resultados dos indicadores referentes aos tópicos mudanças climáticas e energia, que tratam dos impactos do setor nas emissões de gases de efeito estufa e de sua contribuição para o aquecimento global, e inovações em materiais, produtos e processos, que capturam melhorias tecnológicas e organizacionais capazes de elevar a competitividade, a eficiência e a sustentabilidade das empresas.

A construção desses indicadores baseou-se em duas fontes principais. A primeira é a base Fontes Energéticas do RAPP/IBAMA, que reúne informações declaradas pelas empresas do setor ao Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos

Naturais (CTF/APP), incluindo município/UF, atividade desenvolvida, situação cadastral, tipo e quantidade de fontes energéticas utilizadas, consumo energético e emissões de CO₂ associadas. A segunda é a Pesquisa de Inovação (PINTEC), conduzida pelo IBGE, que fornece um conjunto abrangente de informações sobre atividades de inovação em empresas brasileiras com 10 ou mais pessoas ocupadas, abrangendo os setores da indústria de transformação.

1.3 Indicadores setoriais de sustentabilidade

1.3.1 Cálculo das Emissões de Gases de Efeito Estufa

A quantificação das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) seguiu diretrizes alinhadas às recomendações do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), atualizadas em 2023 pelo Sexto Relatório de Avaliação (AR6). Os valores de GEE estão expressos em toneladas de dióxido de carbono/gás carbônico equivalente (CO₂e) e foram calculados para os Escopos 1 e 2, a partir dos dados da base Fontes Energéticas do RAPP/IBAMA.

Definição de termos

Gás carbônico equivalente: Métrica de padronização que expressa o impacto de diferentes GEE em uma unidade comum baseada no dióxido de carbono (CO₂). Permite agregar e comparar o volume de emissão de gases com distintos Potenciais de Aquecimento Global (GWP) ao longo de séries temporais ou outras variáveis de interesse.

O GWP representa a quantidade de energia — expressa como potencial de aumento da temperatura do planeta — que um gás pode absorver. Conceitualmente, por sua adoção como referência, o GWP do CO₂ é igual a um, enquanto os valores atribuídos aos demais GEE variam conforme avanços científicos e revisões metodológicas conduzidas pelo IPCC. O valor de GWP atribuído a um gás expressa a quantidade de CO₂ necessária para absorver a mesma quantidade de energia, ou seja,

4. Entre em contato com os autores para mais informações.

produzir efeito equivalente no aquecimento da atmosfera.

Escopo 1: Referem-se às emissões sob controle direto das empresas. Embora sejam predominantemente relacionadas à geração de energia a partir da combustão de combustíveis fósseis e biomassa não-renovável, também englobam fontes renováveis associadas à autogeração de energia elétrica - como pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e fotovoltaicas - ou combustão de biomassa de origem renovável - como lenha ou subprodutos de origem agrícola ou silvicultural.

Os dados reportados para caracterizar a evolução das emissões de GEE da indústria ao longo da série histórica não incluem o CO2e proveniente de fontes renováveis para geração de energia elétrica, uma vez que são consideradas neutras em carbono, enquanto a combustão de biomassa renovável, conforme recomendações do AR6, por emitir carbono de origem biogênica³, tem apenas as emissões de CH4 e N2O decorrentes consideradas no cálculo de CO2e.

Escopo 2: Correspondem às emissões indiretas atreladas à compra de energia consumida pelas empresas. Isto é, são emissões que não estão sob o controle do consumidor, mas que devem ser contabilizadas por ele, haja vista a demanda energética associada às suas atividades. O cálculo do CO2e reportado na série histórica está exclusivamente baseado na eletricidade oriunda da rede pública ou comprada no mercado livre.

A quantificação se deu através da aplicação de fatores de conversão anualmente publicados pelo Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), que refletem a intensidade média da emissão de carbono pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) e cuja variação se deve às características da matriz elétrica brasileira para um determinado ano, mas, principalmente, da necessidade de acionamento de usinas termelétricas abastecidas por combustíveis não-renováveis, em decorrência de eventos climáticos que afetam os níveis dos reservatórios hídricos.

Tratamento e padronização dos dados

A base Fontes Energéticas é composta por informações fornecidas pelas empresas ao sistema do IBAMA e permite uma descrição textual das fontes energéticas declaradas. Nesse sentido, as fontes energéticas de Escopo 1 foram padronizadas para que os cálculos (Figura 1) pudessem ser realizados com base na quantidade de energia (Terajoule - TJ) reportada, segundo os fatores de emissão (FE) padrão (default) recomendados pelo IPCC para fontes estacionárias relacionadas à indústria da transformação (Tabela 1) e respectivos GWP (Tabela 2). O volume de CO2e indiretamente emitido por empreendimentos que adquirem energia elétrica foi calculado multiplicando-se a quantidade MWh reportada pelos fatores de emissão publicados pelo MCTI (Tabela 3).

TABELA 1: FATORES DE EMISSÃO PADRÃO (DEFAULT) PARA COMBUSTÃO ESTACIONÁRIA ADOTADOS NO CÁLCULO DE EMISSÕES DE ESCOPO 1

Categoria	Proxy Utilizado	CO2 (kg/GJ)	CH4 (g/GJ)	N2O (g/GJ)
Gases fósseis	Natural gas	56,1	1,0	0,1
Líquidos derivados de petróleo	Gas/Diesel oil	74,1	3,0	0,6
Outros fósseis	Other petroleum products	73,3	3,0	0,6
Carvão mineral	Sub-bituminous Coal	96,1	10,0	1,5
Biomassa	Wood/Wood waste	112,0	30,0	4,0

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

5. Ainda que não componha o montante das emissões, para relatórios corporativos o CO2 de origem biogênica deve ser calculado e reportado separadamente.

TABELA 2: VALORES DE POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL ADOTADOS PARA OS CÁLCULOS DE EMISSÕES DE ESCOPO 1

Gás	GWP
CO2	1
CH4 (origem fóssil)	29,8
N2O	273

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

TABELA 3: FATORES PARA CONVERSÃO DA ENERGIA CONSUMIDA (MWH) EM CO2E

Gás	GWP
0,07	2012
0,10	2013
0,14	2014
0,12	2015
0,08	2016
0,09	2017
0,07	2018
0,08	2019
0,06	2020
0,13	2021
0,04	2022
0,04	2023
0,05	2024

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Após a realização dos cálculos, a matriz final que subsidiou a análise dos dados de emissão foi tratada para excluir outliers (valores inconsistentes) com base nos valores de CO₂e obtidos. Por tratar-se de uma base composta por dados autodeclaratórios, valores anômalos e incompatíveis com padrões de consumo plausíveis aparecem com frequência. Por isso, optou-se pela adoção de um procedimento conservador de remoção de outliers em escala logarítmica, utilizando limiar estatístico de 1,0 em relação ao primeiro e terceiro quartis.

A transformação logarítmica justifica-se pela forte assimetria da distribuição de consumo energético no setor têxtil brasileiro, que apresenta elevada heterogeneidade operacional, caracterizada por ampla predominância de pequenas e médias empresas e número reduzido de grandes emissores.

A base final, após a filtragem, manteve as distribuições setorial e geográfica do setor quando comparada, respectivamente, à base de CNPJ por CNAE do IBGE e aos dados do Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira – Brasil Têxtil 2024 (IEMI, 2024), preservando também a assimetria característica da indústria.

1.3.2 Emissões de GEE e consumo energético da indústria (2012 – 2014)

Os treze anos de dados analisados demonstram o compromisso com o processo de descarbonização assumido pela indústria têxtil brasileira (Gráficos 1, 2 e 3). Ainda que a trajetória de queda nas emissões não tenha caráter estritamente linear, é possível observar nos gráficos uma tendência contínua de redução das emissões de Escopo 1, Escopo 2 e volume total de CO₂e (~49%).

Os picos identificados não representam retrocesso estrutural, mas refletem condições da conjuntura macroeconômica e, principalmente, do perfil da matriz energética brasileira, fortemente influenciada por fatores climáticos relacionados à escassez hídrica (EPE, 2023), fato corroborado pela oscilação dos fatores de emissão divulgados pelo MCTI no período e pelo alto grau de eletrificação de plantas abastecidas pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) (70,2% em 2024).

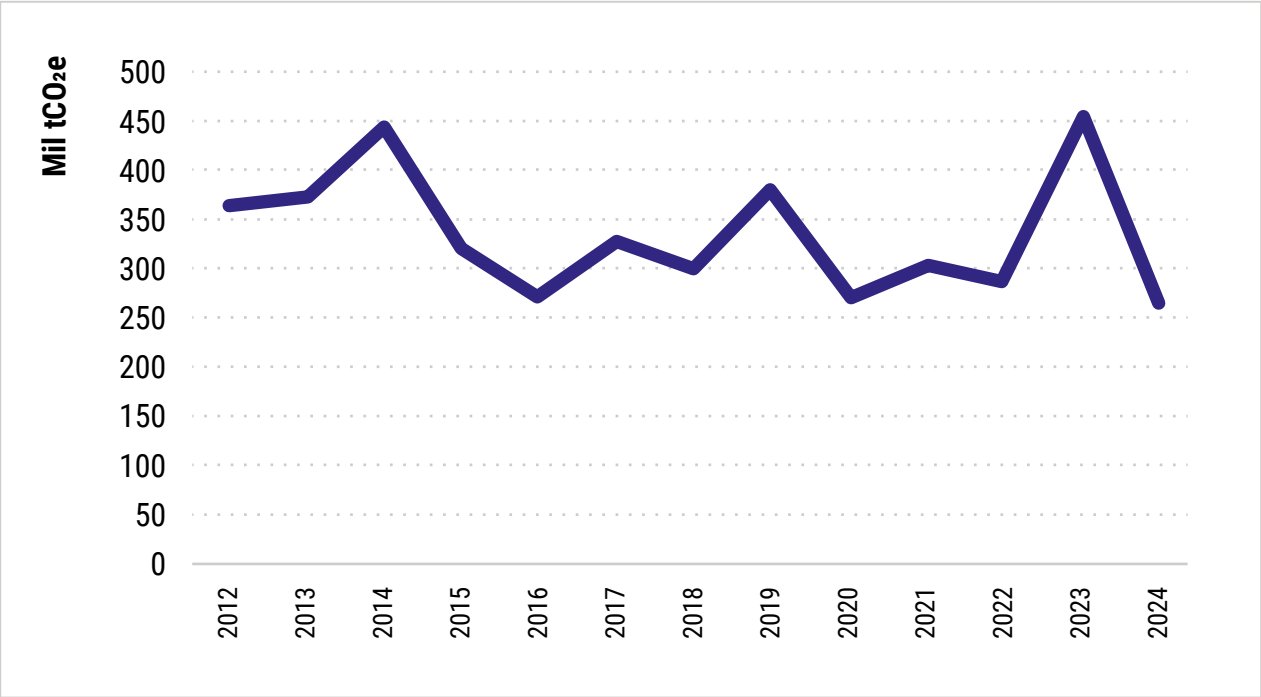


Figura 2 - Volume Anual de Emissões de GEE de Escopo 1 da Indústria Têxtil (tCO₂e)
Fonte: Elaboração própria a partir da base Fontes Energéticas RAPP/IBAMA (2026).

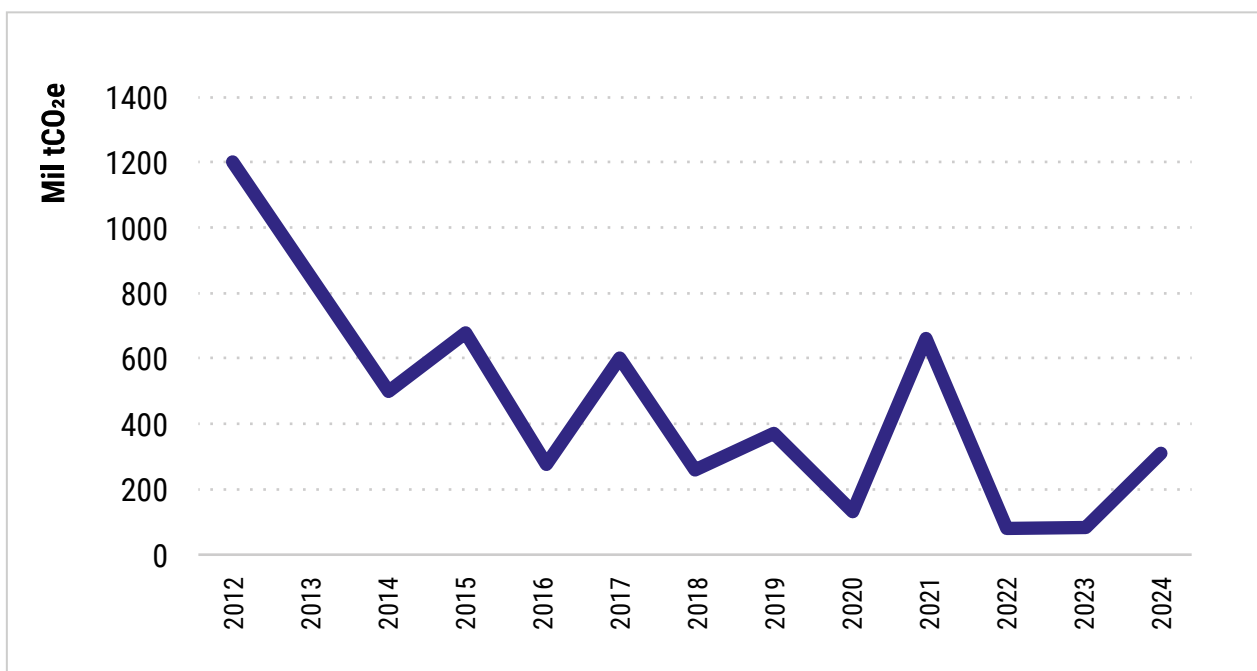


Figura 3 - Volume Anual de Emissões de GEE de Escopo 2 da Indústria Têxtil (tCO₂e)
Fonte: Elaboração própria a partir da base Fontes Energéticas RAPP/IBAMA (2026).

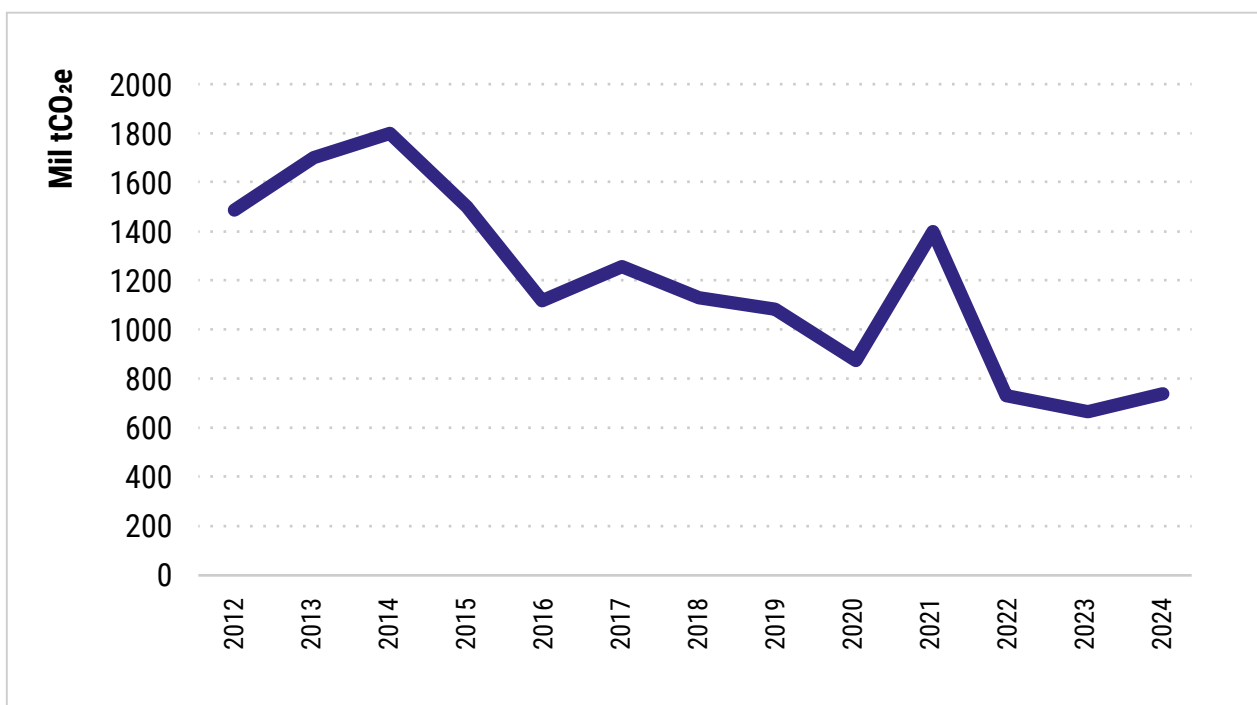


Figura 4 - Volume Total de Emissões de GEE da Indústria Têxtil – Soma dos Escopos 1 e 2 (tCO₂e)
Fonte: Elaboração própria a partir da base Fontes Energéticas RAPP/IBAMA (2026).

A granularidade dos dados permitiu comparar o número de empresas que reportam ao RAPP/IBAMA e, segundo a Pesquisa de Inovação conduzida pelo IBGE, possuíam, entre 2017 e 2023, alguma iniciativa relacionada à redução de emissões e eficiência energética. De mesmo modo, também possibilitou quantificar a proporção de empresas que passaram a eletrificar suas plantas de operação e/ou gerar sua própria energia a partir de fontes renováveis.

Em 2017, por exemplo, entre as 815 empresas reportantes, 19% declararam ter iniciativas relacionadas à “redução da pegada de CO₂” que causaram algum impacto positivo em suas operações, enquanto 21% afirmaram o mesmo para a “substituição de combustíveis fósseis”. De fato, o número de empresas que declararam autogeração de energia elétrica a partir de fontes renováveis saltou de 1,10% em 2017 para 4,23% em 2024. Já em 2023, 19% investiram em “eficiência energética” e 12% na “redução de emissões atmosféricas”.

A relação entre a evolução da produção têxtil⁴ e as emissões de GEE (Figura 5) revela um dos achados mais expressivos. Os dados consolidados mostram que, entre 2012 e 2014, embora também tenha flutuado, o aumento da produção – pontualmente ou ao longo da série histórica – não implicou em aumento equivalente nas emissões. Este comportamento é corroborado pela queda acentuada da intensidade das emissões por tonelada produzida, que passou de 7,8 tCO₂e/t em 2012 para 2,7 tCO₂e/t em 2024, apontando ganhos reais de eficiência energética e, por conseguinte, menor volume de emissões associadas ao processo produtivo.

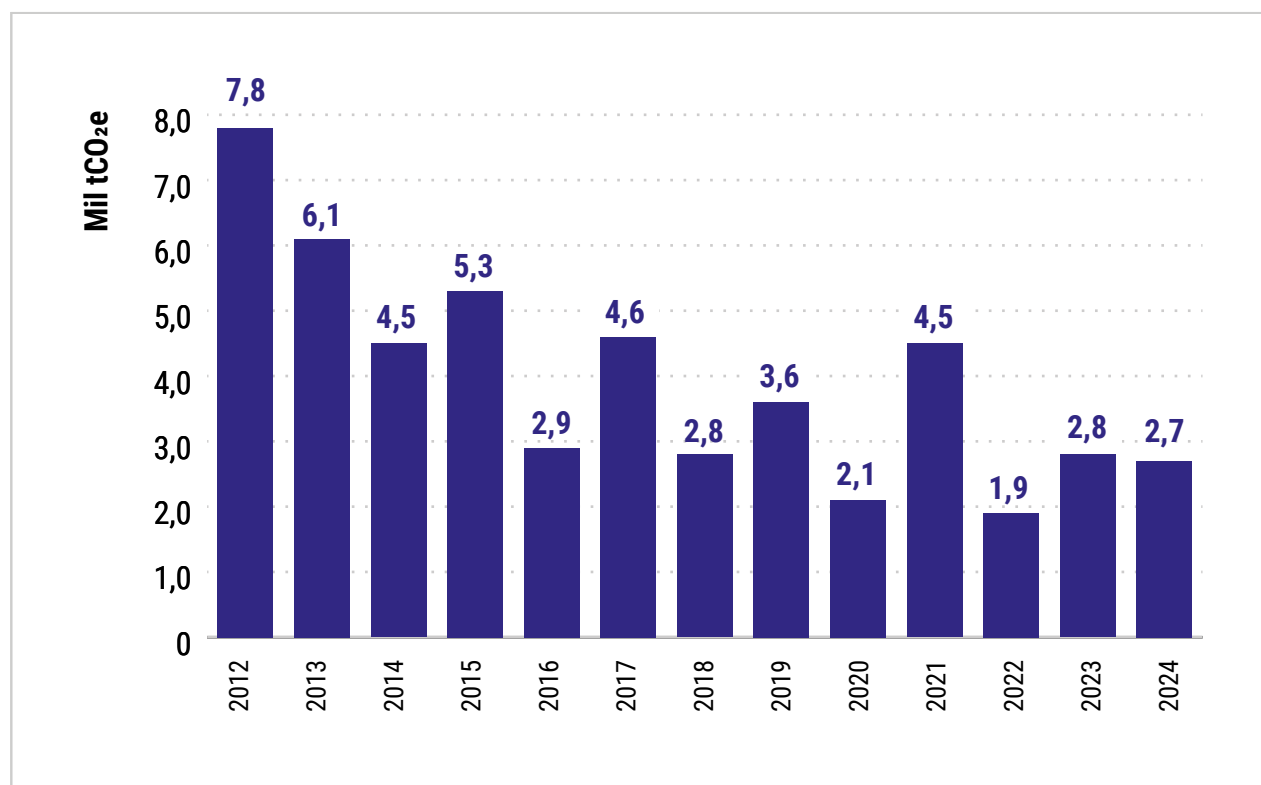


Figura 5 - Intensidade de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Indústria Têxtil por Tonelada de Produção Têxtil (tCO₂e/t)

Fonte: Elaboração própria a partir da base Fontes Energéticas RAPP/IBAMA e dos dados de Produção Têxtil do IEMI (2026).

A descarbonização emerge como um dos principais eixos estruturantes da transformação industrial brasileira, que envolve desafios complexos relacionados à matriz energética, eficiência operacional, substituição de combustíveis fósseis, modernização tecnológica e otimização do uso de recursos naturais. Mais que um objetivo climático, a redução das emissões de GEE tornou-se um vetor de reorganização produtiva, inovação tecnológica e reposicionamento competitivo.

A análise dos dados declarados compulsoriamente pelas empresas através do RAPP provê, pela primeira vez, um retorno estratégico e estruturado de dados compilados com valor latente e, até então, negligenciados, fornecendo uma leitura inédita e consistente da evolução das emissões de Escopo 1 e Escopo 2 da indústria.

Esses achados afirmam a capacidade adaptativa da indústria frente às oscilações do cenário energético nacional, congregada ao fortalecimento de uma agenda setorial voltada à eficiência operacional, sustentabilidade e redução de emissões. Trata-se de um movimento voltado a investimentos que visam consolidar seu compromisso com demandas regulatórias, exigências de mercado e mitigação de impactos ambientais.

1.4 Direcionadores Estratégicos De Futuro

Com base nas discussões mais recentes promovidas pela Global Fashion Agenda (GFA) e nas boas práticas internacionais consolidadas em organismos como UNFCCC, SBTi, SBTN, ZDHC e Ellen MacArthur Foundation, observa-se que a transição do setor têxtil e de confecção para um modelo de baixo carbono exige a adoção de metas climáticas robustas e alinhadas à ciência.

Nesse sentido, recomenda-se que as empresas estabeleçam, até 2025, metas de redução de emissões nos escopos 1, 2 e 3 aprovadas por iniciativas reconhecidas, de modo a garantir uma redução mínima de 50% até 2030 e emissões líquidas zero até 2050. Essa agenda implica a eletrificação progressiva da cadeia de suprimentos, a ampliação do uso de energia renovável e o apoio técnico e financeiro aos fornecedores. Guias internacionais, como o Roteiro para Emissões Líquidas Zero do Apparel Impact Institute e do WRI, oferecem referenciais metodológicos sólidos para orientar essa transformação.

À luz dessas referências globais, torna-se igualmente necessário traduzir tais diretrizes em ações concretas de curto prazo, capazes de orientar o planejamento estratégico das empresas brasileiras. Isso inclui a definição de metas climáticas, a revisão das matrizes energéticas, a adoção de tecnologias de eficiência, o fortalecimento de sistemas de rastreabilidade e o investimento em inovação de materiais. Os dados apresentados neste capítulo evidenciam o estágio atual do setor têxtil brasileiro e revelam tanto avanços quanto lacunas estruturais que precisam ser superadas para que a indústria se alinhe ao ritmo das exigências internacionais e às expectativas de mercados regulados.

Outro direcionador estratégico amplamente

discutido na literatura internacional refere-se à gestão sustentável da água doce, especialmente relevante em um setor intensivo em processos úmidos. As metodologias propostas pela Science Based Targets for Nature (SBTN) constituem referência central para a identificação de pressões materiais e priorização de bacias hidrográficas críticas.

A definição de metas de uso e qualidade da água deve ser acompanhada de investimentos em tratamento de efluentes, infraestrutura WASH (sigla em inglês para Água, Saneamento e Higiene - Water, Sanitation and Hygiene) para trabalhadores e ações coletivas de governança hídrica, em consonância com o ODS 6 (Água Potável e Saneamento). Ferramentas como o Padrão AWS e as Diretrizes de Efluentes da ZDHC oferecem parâmetros técnicos amplamente reconhecidos para garantir conformidade e reduzir impactos. A adoção dessas práticas fortalece a resiliência hídrica das empresas diante de eventos climáticos extremos e assegura a integridade ambiental das regiões produtoras.

Por fim, as discussões internacionais mais recentes – especialmente aquelas conduzidas pela GFA, pela Ellen MacArthur Foundation e pela Textile Exchange – convergem para a necessidade de acelerar a transição para sistemas circulares que dissociem crescimento econômico do uso de recursos finitos. Isso envolve reduzir significativamente o consumo de matérias-primas virgens, projetar produtos para circularidade e ampliar a participação de modelos de negócio circulares, como aluguel, revenda, reparo e refabricação. Estratégias para reduzir superprodução, relatar volumes de itens não vendidos e apoiar a reciclagem têxtil-para-têxtil são essenciais para fechar ciclos de materiais.

Ademais, a literatura enfatiza que essa transição deve ser socialmente justa, incorporando avaliações de impacto sobre empregos, qualificação profissional e mitigação de riscos sociais. Diretrizes como as da OIT para uma transição justa e os referenciais da BSR reforçam que a sustentabilidade ambiental deve caminhar em paralelo com a proteção dos meios de subsistência de trabalhadores e comunidades.

1.5 Considerações Finais

A trajetória apresentada ao longo deste capítulo demonstra que o setor têxtil e de confecção brasileiro vem consolidando avanços importantes rumo à descarbonização, especialmente no que diz respeito às emissões de Escopo 1 e Escopo 2. A redução contínua observada ao longo dos últimos 13 anos, mesmo diante de oscilações conjunturais e da variabilidade da matriz elétrica nacional, evidencia a capacidade adaptativa das empresas e o fortalecimento de uma agenda setorial orientada pela eficiência energética e pela inovação tecnológica. Os resultados autodeclarados pelas empresas ao IBAMA, por meio do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras (RAPP), mostram que essa evolução não é pontual, mas resultado de um movimento consistente de modernização produtiva.

A continuidade desse processo exige dar um passo adiante na mensuração e no controle das emissões de Escopo 3. Diferente dos escopos 1 e 2, cuja contabilização depende majoritariamente de dados internos das empresas, o Escopo 3 envolve emissões distribuídas ao longo de toda a cadeia de valor. Avançar nessa agenda requer rastreabilidade e engajamento ativo de fornecedores, transportadores e varejistas. A experiência internacional demonstra que setores que conseguem estruturar sistemas integrados de rastreamento, interoperabilidade de dados e monitoramento contínuo tornam-se mais competitivos, reduzem riscos regulatórios e ampliam sua capacidade de acessar mercados exigentes, como o da União Europeia e Estados Unidos.

A consolidação do alinhamento do setor têxtil brasileiro à economia de baixo carbono depende de uma visão integrada que articule descarbonização, circularidade, inovação e justiça socioambiental. Isso implica fortalecer sistemas de rastreabilidade, ampliar investimentos em tecnologias limpas, acelerar a adoção de modelos circulares e garantir que a transição seja socialmente justa, preservando empregos e qualificando trabalhadores. Trata-se de um processo que exige coordenação entre empresas, governo e instituições de ciência e tecnologia, além de investimentos contínuos em capacitação e infraestrutura.

Os resultados apresentados neste capítulo demonstram que o setor percorreu um caminho relevante, mas também revelam que os próximos anos serão decisivos para consolidar esses avanços em mudanças estruturais. A combinação entre arcabouço regulatório robusto, metas climáticas ambiciosas, inovação tecnológica e cooperação ao longo da cadeia produtiva permitirá que a indústria têxtil brasileira não apenas se adapte às exigências globais, mas lidere, em escala internacional, a construção de um futuro mais sustentável, competitivo e resiliente.

A woman with brown hair in a ponytail, wearing a dark blue jacket, is seen from the side, holding a tablet. She is in a factory setting with sewing machines and a robotic arm in the background. Overlaid on the scene are several futuristic digital interfaces. A large, semi-transparent screen in the upper center displays a wireframe of a long-sleeved shirt, several circular gauges, a bar chart, a network diagram, and a line graph. Another smaller screen to the right shows a bar chart. In the foreground, there are stacks of folded grey and dark blue fabric. The overall lighting is dim with blue and purple hues, emphasizing a high-tech, digital environment.

CAPÍTULO 2

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIGITALIZAÇÃO: FORÇAS HABILITADORAS DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

Ricardo Cecci

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIGITALIZAÇÃO: FORÇAS HABILITADORAS DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL¹

Você já imaginou uma cadeia têxtil e de confecção que aprende, se adapta e otimiza as atividades de cada elo e a integração entre eles com base em dados em tempo real? Essa é a nova fronteira operacional e estratégica que a inteligência artificial (IA)² e a digitalização estão expandindo: da agricultura conectada ao varejo imersivo, da produção autônoma à circularidade inteligente. Muito além de automatizar tarefas, essa dupla força digital tem potencial para reconfigurar a lógica da cadeia de valor, conectando produção e consumo com rastreabilidade contínua, decisões inteligentes e pegada ambiental reduzida.

IA e digitalização já estão transformando a forma como criamos, planejamos, produzimos e reaproveitamos. Permitem prever tendências, reduzir estoques, detectar falhas com precisão e personalizar produtos em escala, com impactos reais sobre eficiência, competitividade e reputação

Até 2030, e muito além desse marco, essas tecnologias tendem a se consolidar como base estratégica da indústria, do design ao pós-consumo. Enquanto o blockchain³ assegura transparência na origem, algoritmos preditivos⁴ otimizam decisões

operacionais, e a impressão 3D viabiliza personalização sob demanda com escala e agilidade.

Neste capítulo, discutiremos como IA e digitalização, para além de tecnologias emergentes, são impulsionadoras de mudanças estruturais, conectando inovação, rastreabilidade e inteligência em todos os elos da cadeia de valor têxtil e de confecção. Apresentaremos as principais forças dessa transformação: onde atuam, o que viabilizam e como convergem para impulsionar um novo paradigma produtivo, baseado em digitalização com propósito, inteligência conectada à sustentabilidade e competitividade baseada em dados.

Para tanto, procuramos explorar, de forma aplicada e estratégica, como essas tecnologias estão impactando cada fase ou elo da cadeia de valor: do planejamento à criação, da produção ao consumo, do uso ao reúso. Buscaremos mostrar, também, como essas ferramentas já vêm gerando ganhos concretos, em eficiência, personalização, controle de qualidade e impacto ambiental positivo. Em um mercado cada vez mais competitivo e orientado por dados, adotar IA e digitalização tende a se consolidar como um passo estratégico, não mais opcional.

O objetivo é, ainda, fazer com que empresários, gestores, técnicos e formuladores de política enxerguem essas tecnologias não como recursos distantes, mas como alicerces acessíveis, escaláveis e integráveis, capazes de conectar produtividade, sustentabilidade e inteligência de mercado. Trata-se de compreender onde aplicar, como integrar e como gerar valor real com essas transformações.

1. Autor: Ricardo Cecci

2. A Inteligência Artificial (IA) é um conjunto de tecnologias capazes de simular competências humanas, como aprender, interpretar dados, reconhecer padrões, tomar decisões e gerar conteúdos, permitindo que sistemas computacionais atuem de forma autônoma ou assistida. Entre seus principais tipos e abordagens estão o aprendizado de máquina (machine learning), o aprendizado profundo (deep learning), a visão computacional, o processamento de linguagem natural e a IA generativa, tecnologias que vêm impulsionando transformações significativas na indústria têxtil e de confecção, especialmente nos processos de digitalização, automação, inovação e integração inteligente da cadeia produtiva.

3. Blockchain é uma tecnologia de registro digital descentralizado que permite armazenar e compartilhar informações de forma segura, transparente e rastreável em uma rede distribuída de computadores. Organizados em blocos interligados e protegidos por criptografia, os dados registrados no blockchain tornam-se difíceis de alterar ou fraudar, o que favorece aplicações relacionadas à rastreabilidade, segurança, autenticação e

2.1 Forças Habilitadoras: Ia E Digitalização Como Alicerces Da Transformação Digital

Quando IA e digitalização atuam em conjunto, seus efeitos extrapolam melhorias pontuais e reverberam por toda a cadeia de valor. As mudanças deixam de ser incrementais e passam a ser sistêmicas, remodelando a forma como as empresas se organizam, colaboram e medem sucesso.

Os impactos principais podem ser compreendidos em quatro dimensões:

► Transformação organizacional

A estrutura das empresas torna-se mais fluida, colaborativa e orientada por dados. Decisões passam a ser descentralizadas, adaptativas e sustentadas por evidências. Pesquisas de gestão mostram que cadeias altamente digitalizadas apresentam maior competitividade em ambientes de incerteza, pois respondem mais rápido a mudanças de mercado (LU et al., 2023).

► Integração sistêmica da cadeia

Dados deixam de estar fragmentados e passam a conectar o plantio ao pós-consumo, viabilizando rastreabilidade, circularidade e inteligência de mercado. Um estudo da McKinsey indica que a Europa pode reciclar até 70 % dos resíduos têxteis até 2030, criando um mercado de € 1,5–2,2 bilhões, se houver investimento em tecnologias de triagem e logística avançadas. Atualmente, menos de 1 % dos resíduos são reciclados “fiber to fiber” (MCKINSEY & COMPANY, 2022a).

► Mudança de paradigma estratégico

O produto deixa de ser o centro isolado; o foco muda para ciclos de dados, impacto e personalização. Para cumprir as metas climáticas do Acordo de Paris, por exemplo, a indústria da moda precisará reduzir suas emissões de 2,1 Gt CO₂ para 1,1 Gt CO₂

até 2030, uma queda de 50 % (MCKINSEY & COMPANY, 2020). Isso exige que as decisões estratégicas sejam orientadas por dados ambientais e sociais.

► Eficiência operacional e energética

A digitalização aliada à IA permite ajustes dinâmicos e automação inteligente. Relatórios mostram que o uso de IA em cadeias de moda pode reduzir 45 % do excesso de produção e 30 % das emissões logísticas, além de cortar 12 % dos custos operacionais e aumentar a pontualidade das entregas em 25 % (SAHM CAPITAL, 2025). Esses ganhos traduzem-se em economias de recursos e em uma operação mais sustentável.

Em resumo, quando a transformação digital deixa de ser pontual, ela reconfigura a lógica de negócios, cria paradigmas de valor e expande a capacidade de inovação. É nessa escala sistêmica que IA e digitalização demonstram seu poder real: não apenas otimizando processos, mas reinventando a própria estrutura da indústria têxtil e de confecção.

Esses impactos mostram que a transformação digital se torna sistêmica, influenciando a forma como as empresas se organizam, colaboram, inovam e se relacionam com o meio ambiente e a sociedade.

Para transformar essa visão em realidade, é fundamental entender os fatores externos que impulsionam ou limitam a adoção de IA e digitalização. Elementos políticos, econômicos, sociais, tecnológicos, ecológicos e legais influenciam decisões empresariais e determinam oportunidades e riscos.

Na próxima subseção, exploraremos esses vetores externos por meio de uma análise PESTEL⁵, elucidando como pressões e oportunidades moldam o cenário de inovação no setor têxtil e de confecção.

2.2 Forças do Ambiente Externo: Pressões e Oportunidades

A aplicação da inteligência artificial (IA) e digitalização no setor têxtil está diretamente condicionada a um ambiente externo em transformação acelerada.

transparência em cadeias produtivas, transações e gestão de dados.

4. Os algoritmos preditivos são modelos computacionais capazes de analisar grandes volumes de dados históricos e identificar padrões para prever tendências, comportamentos, riscos ou resultados futuros. Baseados em técnicas de inteligência artificial, estatística e aprendizado de máquina (machine learning), esses algoritmos são amplamente utilizados para apoiar tomadas de decisão, otimizar processos e antecipar demandas em diferentes setores da economia.

5. Análise PESTEL: ferramenta de análise estratégica utilizada para identificar e avaliar fatores externos que podem impactar organizações, setores ou mercados. O acrônimo refere-se às dimensões Política, Econômica, Social, Tecnológica, Ambiental (Environmental) e Legal, permitindo compreender tendências, riscos, oportunidades e transformações do ambiente de negócios no curto, médio e longo prazo.

Identificar e compreender as forças estruturais do framework PESTEL [políticas, econômicas, sociais, tecnológicas, ecológicas e legais] permite que empresas alinhem sua jornada digital às tensões e tendências de longo prazo que moldam o mercado.

Ao mesmo tempo em que geram pressões regulatórias e estruturais, essas forças também ativam novas possibilidades estratégicas de transformação e posicionamento competitivo. A seguir, analisamos como cada uma delas influencia diretamente a jornada de transformação digital da cadeia têxtil.

Força Política: A transformação digital do setor têxtil e de confecção ganha tração com o avanço de políticas públicas e planos nacionais articulados. O Plano Nacional de Inteligência Artificial 2024–2028, lançado pelo governo brasileiro, destina R\$ 23 bilhões em investimentos estratégicos, sinalizando que inovação, automação e digitalização deixaram de ser apenas agendas corporativas para se tornarem prioridades de Estado (UNCTAD, 2024; REUTERS, 2024).

A Missão 4 da Nova Indústria Brasil (NIB)⁶ consolida esse movimento ao estabelecer que a transformação digital deve ser sistêmica e conectada a metas de sustentabilidade e desenvolvimento regional, e não apenas uma modernização tecnológica pontual. Programas voltados à digitalização industrial, rastreabilidade e incentivo à inovação ampliam o suporte institucional, ao mesmo tempo em que impõem novos marcos de competitividade. O resultado é um ambiente favorável, mas desafiador, que exige das empresas velocidade de adaptação e visão estratégica para manter relevância no mercado.

Força Econômica: Com contexto de cadeias globais instáveis, margens estreitas e competição internacional acirrada, a pressão por eficiência, previsibilidade e inovação em modelos de negócio se torna estrutural. IA e digitalização emergem como ferramentas centrais para responder a essas exigências: permitem previsão de demanda, automação inteligente, personalização em escala e integração com plataformas digitais emergentes, abrindo novas frentes de valor e receita.

Segundo relatório da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2025), empresas com maior maturidade digital apresentam maior resiliência econômica, melhor uso de ativos e capacidade superior de adaptação frente às oscilações do mercado, especialmente em setores industriais com cadeias longas e pressão por custos, como o têxtil.

Eficiência econômica hoje não se constrói apenas com redução de custos, mas com inteligência preditiva, conectividade e adaptabilidade digital.

Força Social: A transformação do consumo e das expectativas sociais é talvez a força mais direta e irreversível. Novas gerações como Z e Alpha não consomem apenas produtos, mas experiências, valores e coerência ética. Exigem transparência, personalização, inclusão e propósito em todas as interações com marcas. Essa mudança de comportamento amplia o papel estratégico da IA e da digitalização, que passam a ser condições para atender a esse novo contrato social de consumo.

No contexto brasileiro, o Plano Nacional de Inteligência Artificial (PBIA) 2024–2028⁷ reconhece essa mudança e estrutura ações concretas voltadas à inclusão e à equidade digital. O plano prevê, por exemplo, o desenvolvimento de assistentes de IA acessíveis para comunidades periféricas, soluções para combate à desinformação, sistemas de acolhimento digital para adoção infantil e iniciativas que

6. A Nova Indústria Brasil (NIB) é a política industrial do governo federal brasileiro lançada em 2024 para orientar o desenvolvimento produtivo, tecnológico e sustentável da indústria nacional até 2033.

7. O Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) é a estratégia do governo brasileiro para promover o desenvolvimento e o uso ético, sustentável e competitivo da inteligência artificial no país, prevendo investimentos de cerca de R\$ 23 bilhões até 2028 em infraestrutura, inovação e formação profissional, em alinhamento às diretrizes da UNESCO e da OCDE, com foco na ampliação do uso da IA em setores estratégicos, incluindo a indústria.

8. A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais, sancionada no Brasil em 2018, estabelece regras para a coleta, uso, armazenamento e compartilhamento de dados pessoais por empresas e instituições, visando garantir privacidade, segurança e transparência no tratamento das informações dos cidadãos.

utilizam IA para reduzir desigualdades no acesso à saúde, educação e justiça.

Essa força social, portanto, exige a adoção tecnológica como resposta às novas formas de engajamento, pertencimento e confiança. Marcas que não utilizam dados para ouvir, adaptar, incluir e personalizar tendem a perder relevância num mercado cada vez mais guiado por reputação, experiência e impacto social percebido.

Força Tecnológica: O avanço acelerado das tecnologias digitais tem redesenhado os limites operacionais e criativos do setor têxtil e de confecção. IA generativa, blockchain, sensores inteligentes, computação em nuvem, realidade aumentada e impressão 3D já fazem parte do presente competitivo.

O Plano Brasileiro de Inteligência Artificial 2024–2028 prevê mais de R\$ 5,7 bilhões em infraestrutura tecnológica, incluindo um supercomputador de classe mundial, desenvolvimento de chips aceleradores nacionais, datacenters sustentáveis e modelos de linguagem em português de alto desempenho.

Nesse cenário, acompanhar o ritmo da inovação deixou de ser um diferencial, tornou-se uma estratégia de sobrevivência. IA e digitalização permitem escalar soluções, responder com agilidade e transformar criatividade em vantagem operacional.

Força Ecológica: A sustentabilidade deixou de ser um diferencial, tornou-se requisito de acesso a mercados, investimentos e legitimidade social. Em um dos setores mais pressionados globalmente, a indústria têxtil precisa operar com rastreabilidade de ponta a ponta, dados auditáveis e métricas de impacto em tempo real. Para isso, IA e digitalização são aliadas estratégicas para garantir transparência operacional, controle ambiental e respostas ágeis às exigências regulatórias e do consumidor.

O PBIA destina R\$ 500 milhões ao programa Pró-Infra IA Sustentável, voltado à integração entre IA, energias renováveis e tecnologias de baixo impacto para datacenters verdes e processamento computacional eficiente (PBIA, Eixo 1.2). São cerca de 42 projetos que conectam digitalização à transição energética, à arquitetura computacional verde, à eficiência operacional e à energia limpa, o que reforça a convergência entre digitalização e transição energética no Brasil (MCTI, 2024; ICMC USP, 2024).

Iniciativas como monitoramento florestal com IA, detecção de queimadas e controle de desmatamento com visão computacional e sensores inteligentes já estão em operação no país, sinalizando que a ecologia digital é uma realidade em expansão.

Força Legal: O marco regulatório também exerce papel decisivo na transformação digital. A entrada em vigor da LGPD⁹ no Brasil, somada ao impacto do GDPR⁹ europeu, exige das empresas governança de dados, transparência algorítmica e segurança jurídica.

IA e digitalização tornam-se, assim, instrumentos de conformidade regulatória. O PBIA prevê iniciativas como o Centro Nacional de Transparência Algorítmica, os Guias de IA Ética e Responsável e redes especializadas em governança algorítmica.

Com a crescente exigência de rotulagem ambiental, passaportes digitais¹⁰ e logística reversa, o setor têxtil e de confecção precisará de sistemas auditáveis, interoperáveis e rastreáveis da origem ao pós-consumo.

Essas forças moldam o terreno em que operam as empresas da cadeia têxtil e de confecção. Elas impõem urgência, mas também revelam caminhos: novos modelos de negócio, personalização em escala e operações mais inteligentes e sustentáveis já estão sendo testadas e escaladas por empresas de ponta.

9. O General Data Protection Regulation (GDPR) General Data Protection Regulation é a legislação da União Europeia, em vigor desde 2018, que estabelece regras para a proteção e o uso de dados pessoais, garantindo mais privacidade, segurança e controle das informações pelos cidadãos.

10. A rotulagem ambiental e os Passaportes Digitais de Produtos (DPP) são mecanismos que ampliam a transparência e a rastreabilidade nas cadeias produtivas, disponibilizando informações sobre origem, composição, impactos ambientais, condições de produção, reciclabilidade e ciclo de vida dos produtos. Enquanto a rotulagem ambiental comunica atributos sustentáveis ao consumidor por meio de selos e informações nos produtos, os passaportes digitais utilizam plataformas tecnológicas para registrar e compartilhar dados detalhados ao longo de toda a cadeia de valor, fortalecendo práticas de sustentabilidade, economia circular e consumo consciente.

2.3 Casos Paradigmáticos e Tendências Globais

Algumas empresas já estão se reposicionando estrategicamente ao integrar IA e digitalização como núcleos operacionais:

- ▶ **Adidas:** impressão 3D e IA para desenvolver tênis personalizados sob demanda, reduzindo estoques e transporte.
- ▶ **Stitch Fix (EUA):** personalização baseada em estilo e dados comportamentais, com curadoria híbrida entre IA e stylist humanos.
- ▶ **H&M + HKRITA:** Smart Garment Sorting, sistema com espectroscopia e IA que classifica tecidos com 96% de precisão.
- ▶ **Ahya Technologies (Índia):** rastreabilidade de matérias-primas sustentáveis com IA e geração de insights para fornecedores em tempo real.
- ▶ **BASF:** uso de IA para prever reações químicas e acelerar o desenvolvimento de novos têxteis funcionais e biodegradáveis.

Nos exemplos apresentados, a digitalização estrutura e a inteligência artificial transforma. Mas é na convergência entre ambas que emerge o verdadeiro diferencial: cadeias adaptativas, marcas em sintonia com seus consumidores e operações sustentáveis desde a origem.

Empresas que permanecerem desconectadas, analógicas ou reativas perderão relevância. IA e digitalização não são mais apostas futuras são a infraestrutura para competir, inovar e evoluir.

Na próxima seção, exploramos como essas forças se manifestam em cada elo da cadeia de valor, do plantio ao pós-consumo, por meio de impactos concretos, aplicações híbridas e oportunidades que já estão redesenhando o presente.

2.4 Motores de Transformação ao Longo da Cadeia de Valor Têxtil e de Confeção

A revolução digital no setor têxtil e de confecção não é um evento isolado; ela avança elo por elo da cadeia, impulsionada por diferentes “motores” (operacional, estratégico, transformador, transversal, habilitador e estruturante) e alinhada a macrotendências (como agricultura 4.0, indústria 4.0, logística verde, personalização e circularidade) e às megatendências globais de sustentabilidade e digitalização. Compreender esse panorama permite às empresas priorizarem investimentos, identificar tendências emergentes ou convergentes, e construir um futuro resiliente.

Cada elo ou fase da cadeia manifesta essas tecnologias de forma única, com diferentes intensidades e formatos de atuação. Algumas tendências já são megatendências globais; outras estão em plena emergência ou convergência. O quadro a seguir apresenta as forças que atuam com maior intensidade em cada etapa.

QUADRO 4: FORÇAS E ETAPAS DA CADEIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

Etapa da Cadeia	Forças com Maior Intensidade	Tipo de Força Predominante
Plantio e Cultivo	Agricultura Digital e Agricultura 4.0; IoT agrícola e robótica	Macrotendência
Materiais e Fibras	Biodesign com IA; bioinformática; modelagem 3D	Emergente
Produção e Manufatura	Indústria 4.0; gêmeos digitais; manufatura aditiva e IA preditiva	Megatendência
Distribuição e Logística	Cadeias Autônomas; IA generativa; blockchain e gêmeos digitais	Macrotendência
Consumo e Experiência	Personalização em escala; IA de recomendação; realidade aumentada	Emergente
Pós-consumo e Circularidade	Economia Circular + Digitalização; IA para triagem; passaporte digital	Convergente

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A seguir, percorremos essa jornada de inovação do campo ao reaproveitamento, destacando impactos e números estratégicos.

2.4.1 Plantio e cultivo – Quando o campo se conecta à nuvem

A agricultura digital está ampliando a inteligência da cadeia têxtil desde sua origem. Combinando sensores, drones e algoritmos de IA, novas soluções emergentes permitem decisões agrônomicas mais rápidas, precisas e sustentáveis. Em vez de práticas generalistas, o campo passa a operar com base em dados: cada metro de solo, cada variação climática e cada estágio do cultivo torna-se mensurável e ajustável em tempo real.

Essas tecnologias viabilizam a redução de insumos, a antecipação de pragas e doenças, e a otimização da produtividade, inaugurando um novo paradigma de cultivo conectado, orientado por dados e integrado à lógica da rastreabilidade ambiental.

- ▶ **Motor habilitador:** algoritmos de IA, drones e sensores inteligentes que capturam e processam dados do campo.
- ▶ **Motor operacional:** robôs e sistemas de visão computacional que executam aplicações seletivas e monitoramento dinâmico.
- ▶ **Motor estruturante:** conectividade rural, plataformas de gestão agrônoma e cultura de dados integrada ao agroindustrial.
- ▶ **Macrotendência:** Agricultura 4.0, com foco em eficiência, digitalização e sustentabilidade.
- ▶ **Tendências emergentes:** irrigação automatizada, análise preditiva de safra, sensoriamento remoto.
- ▶ **Tendências convergentes:** integração dos dados de cultivo com ERPs industriais e plataformas blockchain (UNECE, 2023).

No cenário internacional, a eCotton adota IA combinada a drones e sensores para monitorar lavouras de algodão, ajustando insumos com base em dados em tempo real (ECOTTON, 2024). Já a TENCEL™, do grupo Lenzing, aplica modelos preditivos para maximizar rendimento, qualidade e rastreabilidade no cultivo de eucalipto (LENZING, 2024).

Segundo Christian Lott e Thomas Gries (2024), durante a 116ª Conferência da ITMF, tecnologias digitais no campo já devem ser consideradas infraestruturas estratégicas para garantir cadeias

mais transparentes, regenerativas e alinhadas às novas regulações ambientais.

2.4.2 Materiais e Fibras – A Biotecnologia Encontra os Algoritmos

O avanço na origem dos materiais têxteis está sendo acelerado pela convergência entre inteligência artificial, biotecnologia e design computacional. A etapa de fibras, antes limitada à escolha entre fontes naturais ou sintéticas, agora é palco de inovação orientada por dados: tecidos se tornam mais leves, biodegradáveis, rastreáveis e inteligentes.

A IA, nesse contexto, não apenas analisa propriedades moleculares como também simula, testa e recomenda composições com base em desempenho ambiental, técnico e funcional. A consequência é uma nova geração de fibras desenvolvidas sob medida para atender às demandas de circularidade, desempenho e identidade digital.

- ▶ **Motor habilitador:** redes neurais profundas e algoritmos preditivos aplicados ao design de fibras e funcionalidades têxteis.
- ▶ **Motor operacional:** produção em escala de biopolímeros, algodão in vitro e fibras sintéticas regenerativas.
- ▶ **Motor estruturante:** infraestrutura laboratorial, plataformas de simulação e cultura organizacional voltada à inovação material.
- ▶ **Macrotendência:** inovação em materiais sustentáveis, como resposta direta às exigências de descarbonização e economia circular.
- ▶ **Tendências emergentes:** bioinformática aplicada a tecidos, fibras funcionais com atributos sensoriais ou antimicrobianos.
- ▶ **Tendências convergentes:** identificação digital nas fibras (etiquetagem blockchain-ready), rastreabilidade molecular e interoperabilidade com sistemas de pós-consumo.

Um exemplo emblemático é o algodão in vitro, produzido em laboratório a partir de células vegetais e com redução de até 80% no uso de água e terra comparado ao cultivo convencional (CASA FIRJAN, 2023). Startups como a britânica Solena Materials utilizam IA para projetar proteínas têxteis, ajustando resistência e biodegradabilidade antes mesmo de produzir fisicamente os materiais.

Outro destaque estratégico foi apresentado na 116ª Conferência da ITMF por Christian Lott (2024): a tecnologia de etiquetagem digital embutida nas fibras, desenvolvida pela Avery Dennison em parceria com Textrace e EON, viabiliza a rastreabilidade contínua da peça desde sua origem até o pós-consumo, integrando cada material a um identificador digital único. Isso permite verificar não apenas a autenticidade, mas também o impacto ambiental e o histórico de uso da fibra, alinhando a produção à lógica da circularidade e da transparência orientada por dados (LOTT, 2024).

2.4.3 Produção e Manufatura – Fábricas Inteligentes e Eficiência Energética

A manufatura têxtil está passando de uma lógica sequencial para um ecossistema interconectado, em tempo real. O uso de inteligência artificial (IA), gêmeos digitais¹¹, sistemas de visão computacional e manufatura aditiva está redefinindo o que significa produzir com qualidade, velocidade e menor impacto ambiental.

No Brasil, empresas como a Systêxtil desenvolvem soluções de IA generativa¹² como o Syssa, que monitora dados industriais via ERP e propõe ajustes operacionais autônomos (CONGRESSO ABIT, 2024). Já a Delta Máquinas adotou o Smart Vision iConcept View, capaz de detectar falhas em tecidos em tempo real, reduzindo refugo e aumentando produtividade (GUIA JEANSWEAR, 2024).

No cenário internacional, benchmarks indicam que digitalizar linhas produtivas pode reduzir até 20% no consumo de energia e 15% nas emissões de CO₂ (YÜNSA, 2024). Além disso, a adoção de IA na logística fabril já demonstrou queda de 12% nos custos operacionais e ganhos de 25% na pontualidade de entregas (SAHM CAPITAL, 2025).

► **Motor habilitador:** sensores IoT, IA preditiva, sistemas de gêmeos digitais, impressão 3D e plataformas de simulação que permitem o controle dinâmico da produção.

► **Motor operacional:** robôs de costura, sistemas MES¹³, visão computacional e manufatura aditiva aplicados diretamente no fluxo produtivo.

► **Motor estruturante:** ERPs avançados, conectividade industrial, arquitetura de dados integrada e capacitação profissional contínua.

► **Macrotendência:** Indústria 4.0 e automação avançada, orientada por dados e sob demanda.

► **Tendências emergentes:** IA generativa no design e na operação fabril; produção autônoma; digitalização de amostras com realidade aumentada.

► **Tendências convergentes:** integração entre CAD/PLM e gêmeos digitais; sistemas interligados com algoritmos de sustentabilidade e rastreabilidade.

Globalmente, a Shein interliga mais de 6.000 fábricas por meio de uma plataforma baseada em IA que coordena pedidos, produção e distribuição em tempo real (SHEIN, 2024). Já a empresa alemã ColorDigital lançou o *DMIX Sampler*, que permite digitalizar tecidos via smartphone, criando gêmeos digitais em alta definição e conectando diretamente ao ecossistema CAD e PLM (COLORDIGITAL, 2024).

Essas soluções foram destacadas na 116ª Conferência Anual da ITMF (2024) como exemplos concretos de como IA e digitalização já estão substituindo amostras físicas, acelerando o desenvolvimento de produtos e tornando a produção têxtil mais sustentável e conectada desde a origem.

2.4.4 Distribuição e Logística – Cadeias Autônomas e Rastreáveis

A digitalização da logística têxtil está transformando centros de distribuição em verdadeiros hubs de inteligência operacional. O que antes era apenas armazenagem e transporte, hoje é gestão orientada por dados, IA preditiva e rastreabilidade em tempo real, conectando produção, estoque e consumidor final com fluidez e eficiência.

Um exemplo nacional emblemático é o centro logístico da Dafiti, com 54 mil m², onde centenas de robôs embalam até 5.000 produtos por hora, reduzindo o tempo de separação de 24 para apenas 2 horas (FORBES, 2024). O impacto vai além da velocidade: sistemas inteligentes otimizam fluxos, roteirizam automaticamente e integram a operação à lógica da circularidade e da transparência.

11. Os Gêmeos Digitais (Digital Twins) são representações virtuais de objetos, máquinas, processos ou sistemas físicos, atualizadas em tempo real por meio de dados coletados por sensores e tecnologias digitais. Esses modelos permitem simular, monitorar, testar e otimizar operações, desempenho e manutenção, ampliando a eficiência, a previsibilidade e a tomada de decisão em diferentes setores, especialmente na indústria.

12. A Inteligência Artificial Generativa (IA Generativa) é um tipo de inteligência artificial capaz de criar conteúdos inéditos, como textos, imagens, vídeos, músicas, códigos e simulações, a partir do aprendizado de grandes volumes de dados. Baseada em modelos avançados de aprendizado profundo (deep learning), essa tecnologia vem transformando diferentes setores, incluindo a indústria, ao ampliar capacidades de criação, automação, personalização e desenvolvimento de produtos e processos.

Dados internacionais confirmam essa tendência: empresas que adotam IA na gestão da cadeia de suprimentos reduzem 15% dos custos logísticos, diminuem estoques em 35% e aumentam a eficiência do serviço em 65% (PROCUREMENT TACTICS, 2024).

- ▶ **Motor habilitador:** algoritmos de roteirização inteligente, sensores IoT e blockchain que asseguram visibilidade e tomada de decisão automatizada.
- ▶ **Motor operacional:** robôs de movimentação e sistemas de gestão logística integrados com ERPs, que automatizam pedidos, separação e transporte.
- ▶ **Motor estruturante:** infraestrutura digital de armazenagem, interoperabilidade de sistemas e capacitação em análise de dados logísticos.
- ▶ **Macrotendência:** Logística Verde e Digitalização da Cadeia de Suprimentos.
- ▶ **Tendências emergentes:** gêmeos digitais logísticos, IA generativa para previsão de gargalos e desvios.
- ▶ **Tendências convergentes:** logística reversa automatizada, integração entre plataformas de e-commerce e rastreamento regulatório (UNECE, 2023).

Entre os destaques internacionais está a tecnologia da FibreTrace, que aplica pigmentos luminescentes às fibras e rastreia cada etapa da cadeia via blockchain com suporte de IA em tempo real, garantindo transparência total, compliance regulatório e maior valor percebido para marcas e consumidores (FIBRETRACE, 2024).

Essa combinação de tecnologia habilitadora, execução automatizada e infraestrutura interconectada posiciona a logística como elo estratégico da cadeia têxtil inteligente reduzindo impactos, acelerando entregas e conectando sustentabilidade à experiência do consumidor.

2.4.5 Consumo e Experiência – Personalização em Escala e Omnicanalidade

No varejo, a IA cria experiências hiperpersonalizadas recomenda produtos com base em comportamento, ajusta preços dinamicamente, interage por voz, imagem ou toque e adapta canais em tempo real. A jornada de compra deixa de ser linear para se tornar responsiva, sensorial e feita sob medida.

O consumidor deixa de ser apenas um destino: torna-se fonte de dados, cocriação e fidelização ativa.

Tecnologias como provedores virtuais e realidade aumentada tornam a experiência de compra mais envolvente e reduzem taxas de devolução. Ao mesmo tempo, chatbots e assistentes conversacionais garantem interações fluidas e automatizadas em múltiplos canais (PROCUREMENT TACTICS, 2024). Além disso, a integração de blockchain e sensores inteligentes amplia a rastreabilidade da jornada do produto, desde a origem até o consumidor final viabilizando passaportes digitais, logística reversa automatizada e conformidade com exigências regulatórias crescentes (UNECE, 2023).

- ▶ **Motor habilitador:** IA de recomendação, realidade aumentada, blockchain e plataformas omnichannel.
- ▶ **Motor operacional:** personalização dinâmica, provedores virtuais, assistentes digitais e algoritmos de precificação inteligente.
- ▶ **Motor estruturante:** arquitetura de dados comportamentais, governança de privacidade e integração de canais físicos e digitais.
- ▶ **Macrotendência:** personalização sob demanda e experiências digitais imersivas.
- ▶ **Tendências emergentes:** cocriação com IA generativa, avatares digitais e fidelização comportamental.
- ▶ **Tendências convergentes:** rastreabilidade ESG, marketing responsivo e integração com logística reversa.

Exemplos internacionais ilustram essa virada estratégica: a Zalando implementou um assistente de moda com IA conversacional que orienta escolhas baseadas em ocasião, clima e estilo pessoal (ZALANDO, 2024). Já o H&M Creator Studio lançou uma plataforma de design de roupas em que os próprios consumidores criam peças únicas com o auxílio de IA generativa conectando preferência pessoal à produção sob demanda (H&M CREATOR STUDIO, 2024).

Essas tecnologias convertem, fidelizam e reposicionam o varejo como um núcleo de inteligência e impacto estratégico. Em 2030, oferecer personalização em escala, rastreabilidade em tempo real e experiências emocionalmente relevantes deixará de ser diferencial, será condição básica para competir.

13. Um Sistema MES (Manufacturing Execution System) é uma plataforma digital utilizada para monitorar, controlar e gerenciar a execução da produção industrial em tempo real. Integrado a máquinas, sensores e sistemas de gestão, o MES permite acompanhar desempenho, produtividade, qualidade, rastreabilidade e uso de recursos, apoiando a otimização e a eficiência dos processos fabris.

2.4.6 Pós-Consumo e Circularidade – Fechar o Ciclo com Inteligência

No setor têxtil, o pós-consumo não é mais o destino, mas sim o ponto de partida para cadeias regenerativas, digitais e alinhadas às expectativas de um novo consumidor. Com o apoio da inteligência artificial e da digitalização, o pós-consumo passa a ser tratado como uma fase estratégica, capaz de gerar valor, fidelizar clientes e reduzir impactos ambientais.

Soluções como o Smart Garment Sorting System, desenvolvido pela H&M Foundation em parceria com a HKRITA, utilizam espectroscopia e IA para identificar e classificar resíduos têxteis com até 96% de precisão, superando métodos manuais e acelerando a triagem para reaproveitamento em escala (HM FOUNDATION, 2024). No Brasil, empresas como Huvispan e Incofios testam o uso de blockchain para rastrear o percurso do algodão do campo até o varejo viabilizando recompra, reúso e revalorização de peças (FATOR BRASIL, 2024).

- ▶ **Motor habilitador:** algoritmos de IA, blockchain, sensores ópticos e etiquetas digitais com passaportes circulares.
- ▶ **Motor operacional:** centros automatizados de triagem, logística reversa e plataformas de recommerce com integração em tempo real.
- ▶ **Motor estruturante:** cultura circular integrada à estratégia empresarial, sistemas de incentivo ao consumidor e cadeias colaborativas com recicladores e plataformas digitais.
- ▶ **Macro tendência:** economia circular e descarbonização.
- ▶ **Tendências emergentes:** triagem automatizada, incentivos por recompra, sistemas de devolução e logística reversa inteligente.
- ▶ **Tendências convergentes:** blockchain para comprovação de reúso, IA para design regenerativo e plataformas de fidelização com impacto ambiental.

Entre os destaques internacionais, a Sirius Impact apresentou na ITMF 2024 um sistema que combina IA com sensores ópticos para identificar e separar tênis recicláveis com alto grau de acurácia otimizando a triagem de materiais e reduzindo perdas no processo. A inovação representa um avanço significativo na automação da logística reversa e está alinhada às diretrizes internacionais

de circularidade inteligente para calçados (SIRIUS IMPACT, 2024).

Marcas globais como Nike e Adidas também vêm incorporando tecnologias digitais para fechar o ciclo de vida do produto: ambas utilizam etiquetas com QR Codes que fornecem ao consumidor informações sobre impacto ambiental, durabilidade e instruções de reaproveitamento conectando produto, propósito e pós-venda (NIKE, 2024; ADIDAS, 2024).

Ao transformar dados em decisões e resíduos em ativos circulares, IA e digitalização reposicionam o pós-consumo como vetor de inovação, engajamento e vantagem competitiva abrindo espaço para um consumo mais inteligente, regenerativo e transparente.

Por que isso importa?

Ao compreender como digitalização e inteligência artificial atuam em cada elo da cadeia, do plantio ao pós-consumo, as empresas podem priorizar investimentos com base em valor estratégico e grau de maturidade tecnológica. Materiais inovadores, fábricas inteligentes, logística autônoma, varejo personalizado e circularidade conectada são os cinco motores que tendem a moldar a competitividade têxtil até 2030.

Integrar esses motores às metas industriais definidas pela Missão 4 da Nova Indústria Brasil, em sintonia com as pressões ecológicas, sociais e regulatórias mapeadas na análise PESTEL, significa converter tecnologia em política industrial efetiva e inovação em vantagem competitiva sistêmica.

A seguir, exploramos as fronteiras emergentes da inteligência artificial e da digitalização no setor têxtil, seus caminhos futuros, potenciais criativos e oportunidades estratégicas para a próxima década.

Analisaremos casos e aplicações práticas, mostrando como essas tecnologias já se materializam em ganhos reais de eficiência, personalização e sustentabilidade.

2.5 Desafios e Oportunidades: Casos e Aplicações Práticas

A transformação digital no setor têxtil é tecnológica, mas também cultural, estratégica e, acima de

tudo, operacional. O controle de qualidade, por exemplo, sempre foi um gargalo e, agora, virou um diferencial competitivo. A Smartex.ai, com sua solução Smartex CORE, integrou IA e sensores em máquinas de tricô circular para detectar defeitos em tempo real. O resultado: menos desperdício, menos retrabalho e mais consistência (SMARTEX, 2023).

Na mesma direção, a GoldenEye Smart Vision aplicou visão computacional não supervisionada para inspecionar 100% dos tecidos em rolos. Com uma solução plug-and-play, a empresa eliminou falhas ocultas e reduziu drasticamente a perda de material, aumentando a produtividade sem aumentar o impacto ambiental (APOLLO PLUS, 2023).

Outro exemplo é o Open Lab (HKRITA + H&M Foundation), que integra mais de 80 soluções sustentáveis em um ambiente real de testes. Com IA aplicada à triagem de roupas usadas e separação automatizada de fibras mistas, o laboratório cria um ciclo técnico para o reaproveitamento de materiais, mostrando que a circularidade pode ser implementada com rigor e escala (HKRITA; H&M FOUNDATION, 2024).

No campo da personalização, a startup sul-coreana Twinit3D desenvolveu uma plataforma de escaneamento corporal baseada em IA que coleta medidas e dados de cor da pele por smartphone, revolucionando a experiência de compra e reduzindo devoluções (TWINIT3D, 2024). Já na logística verde do setor têxtil, marcas que implementaram plataformas de rastreamento baseadas em IA, capazes de prever gargalos, otimizar a alocação de pedidos e consolidar embarques, reduziram emissões no transporte em até 15%, conforme estudo do Textile Think Tank (2025) e pesquisa de Busari (2025) sobre o tema.

Ainda na base da cadeia, soluções como a da Global Textile (Uzbequistão) utilizam monitoramento agrícola via satélite e IA para prever safras de algodão, reduzindo o uso de água, pesticidas e otimizando o rendimento em até 80%, criando um elo entre agricultura regenerativa e transformação digital (ITMF, 2024).

Esses exemplos mostram que os desafios não desapareceram, mas mudaram de natureza. Hoje, além de produzir mais rápido ou mais barato, o diferencial está em produzir com inteligência, propósito e responsabilidade. A boa notícia? A tecnologia já está disponível. A decisão, agora, é estratégica.

2.6 A Nova Indústria Brasil (NIB) e as Metas para a Transformação Digital

A agenda de modernização da indústria brasileira ganhou novo fôlego com o lançamento da Nova Indústria Brasil (NIB), em janeiro de 2024. Mais do que um plano de governo, trata-se de uma política de Estado que articula missões estratégicas, metas concretas e instrumentos financeiros para impulsionar uma neoindustrialização orientada por inovação, sustentabilidade e inteligência de dados.

Entre as seis missões da NIB, a Missão 4 – Transformação Digital é especialmente relevante para o setor têxtil e de confecção. Ela estabelece que IA, digitalização e automação inteligente deixem de ser iniciativas isoladas e passem a operar como fundamentos estruturais da competitividade industrial.

Metas de Digitalização

O plano prevê digitalizar 25% da indústria brasileira até 2026 e 50% até 2033, metas ousadas diante do cenário atual, em que apenas 18,9% das empresas haviam adotado tecnologias digitais até 2023 (ABINEE, 2024). Mas a NIB vai além: exige que a transformação digital seja sistêmica, e não apenas automatizada. Para isso, propõe que as empresas adotem ao menos três tecnologias habilitadoras, como IA, computação em nuvem, Big Data, IoT e robótica de serviços (ABINEE, 2024).

Financiamento e Instrumentos de Apoio

Para viabilizar essa transformação, a NIB mobiliza R\$ 300 bilhões até 2026 (AGÊNCIA GOV, 2024), operados por BNDES, Finep e Embrapii. Os recursos estão estruturados no programa Mais Produção, com eixos como Mais Inovação e Digitalização, Mais Verde e Mais Exportação. Há linhas reembolsáveis para aquisição de máquinas e softwares, e não reembolsáveis para P&D, sustentabilidade e inovação aberta.

Só o programa Mais Inovação concentra R\$ 66 bilhões, sendo R\$ 20 bilhões em recursos não reembolsáveis (AGÊNCIA GOV, 2024), com foco em reduzir riscos e ampliar acesso para empresas de todos os portes.

Sinergia com IA e Digitalização no setor têxtil

Para a cadeia têxtil e de confecção, a NIB representa mais do que crédito: representa condições concretas para escalar a inovação. O programa reduz incertezas, democratiza o acesso à transformação digital e estimula a adoção de tecnologias como inteligência artificial, gêmeos digitais, plataformas blockchain e automação de processos com IA.

Na prática, isso significa:

- ▶ Financiar a aplicação de IA em controle de qualidade, triagem automatizada ou previsão de demanda;
- ▶ Subsidiar plataformas de personalização em massa, provedores virtuais e e-commerce imersivo;
- ▶ Apoiar iniciativas de circularidade digital com rastreabilidade blockchain e passaportes ambientais;
- ▶ Investir em capacitação tecnológica e sistemas de gestão integrados.

A NIB, portanto, financia o futuro e o estrutura. Ao conectar digitalização, inovação e sustentabilidade, a política industrial brasileira constrói pontes entre metas públicas e transformação empresarial real.

Empresas que se movimentarem agora estarão mais bem posicionadas para liderar a nova fase da indústria nacional: inteligente, regenerativa, conectada por dados e competitiva em escala global.

A próxima década tende a inaugurar uma nova era para o setor têxtil e de confecção, uma era em que a inteligência artificial e a digitalização deixam de ser diferenciais competitivos para se consolidarem como parte da infraestrutura essencial da indústria. Até 2030, essas tecnologias devem atuar como motores de cadeias produtivas mais inteligentes, circulares e responsivas, transformando modelos de negócio e posicionando o Brasil em patamares avançados de inovação.

2.7.1 Fábricas Autônomas e Produção Modular

A digitalização avançada, combinada com IA e gêmeos digitais, está redesenhando as fábricas como organismos inteligentes e adaptativos. Esses ambientes integram sensores, algoritmos e módulos produtivos flexíveis, criando ecossistemas industriais que se auto-organizam com base na demanda, na eficiência energética e nas metas climáticas.

- ▶ **Autonomia total:** ambientes produtivos geridos por gêmeos digitais e machine learning devem se autoajustar em tempo real conforme os dados de mercado.
- ▶ **Impacto:** a produção sob demanda tende a reduzir estoques, desperdícios e emissões, enquanto operadores humanos assumem funções mais estratégicas e criativas.

Cases reais: soluções como o Smartex CORE, que já detectam defeitos têxteis em tempo real, devem evoluir para controlar linhas inteiras, otimizando energia e manutenção de forma autônoma. Casos como o da YÜNSA demonstram reduções de até 20% no consumo energético e 15% nas emissões de CO₂ (YÜNSA, 2024).

2.7.2 Experiências Imersivas e Varejo Inteligente

A convergência entre IA, realidade aumentada e ambientes digitais deve redefinir o papel do varejo, que passa a ser mais do que um ponto de venda, tornando-se uma experiência sensorial, personalizada e interativa. Marcas passam a antecipar desejos e cocriar com o consumidor, conectando dados, emoção e tecnologia.

- ▶ **Hiperpersonalização:** a convergência entre IA, realidade aumentada e metaverso abre espaço para provedores virtuais, avatares inteligentes e cocriação de produtos com base em dados emocionais e morfológicos.
- ▶ **Novo relacionamento:** algoritmos de recomendação antecipam preferências ainda não verbalizadas, enquanto marcas usam ambientes digitais para ajustar coleções em tempo real e (MCKINSEY & COMPANY, 2023).
- ▶ **Oportunidade:** experiências imersivas fortalecem a fidelização e convertem cada jornada de compra em uma narrativa única, ampliando o valor percebido.

2.7.3 Sustentabilidade guiada por dados

A sustentabilidade têxtil tende a entrar em uma nova fase, guiada por rastreabilidade digital e inteligência computacional. Decisões ambientais passam a ser orientadas por dados em tempo real, permitindo alinhamento entre performance ESG e competitividade.

- ▶ **Rastreabilidade total:** com IA, blockchain e sensores, será possível monitorar a pegada ambiental de cada peça, do campo ao descarte.
- ▶ **Decisões inteligentes:** algoritmos devem calcular rotas logísticas mais limpas, avaliar circularidade e estimar créditos de carbono.
- ▶ **ESG automatizado:** relatórios socioambientais tendem a ser gerados automaticamente, integrando métricas em tempo real aos indicadores de negócio (MCTI, 2024).

2.7.4 Economia Circular 4.0

A circularidade ganha força com o apoio de tecnologias digitais que ampliam escala, eficiência e transparência. IA, IoT e blockchain tornam possíveis novos modelos de negócios, com logística reversa automatizada, plataformas inteligentes e produtos que carregam sua própria história e impacto.

- ▶ **Logística reversa automatizada:** sistemas inteligentes devem coordenar coletas, reaproveitamento e reciclagem, com recompensas ao consumidor.
- ▶ **Modelos de negócio inovadores:** plataformas de e-commerce e reciclagem, geridas por IA, conectarão marcas, clientes e cooperativas de forma descentralizada; passaportes digitais rastrearão valor, impacto e ciclo de uso de cada produto, viabilizando assinaturas e serviços de devolução.

2.7.5 Visão 2030 para o Setor Têxtil

Até 2030 veremos a adoção de IA afetiva, capaz de interpretar emoções e nuances comportamentais; computação neuromórfica, aproximando algoritmos do cérebro humano; cadeias auto-organizadas por IA; algoritmos generativos que criam coleções em segundos; tokenização de produtos e créditos de carbono; e programas de formação para preparar profissionais que vão gerir sistemas cognitivos (MCTI, 2024).

A cadeia têxtil e de confecção será:

- ▶ **Digital, inteligente e sustentável,** impulsionada por IA, blockchain e gêmeos digitais.
- ▶ **Interconectada do campo ao pós-consumo,** com transparência radical e decisões orientadas por dados.
- ▶ **Descarbonizada e circular,** reduzindo emissões e promovendo reaproveitamento de materiais.
- ▶ **Altamente personalizada,** com produção sob demanda, provedores virtuais e algoritmos de recomendação.
- ▶ **Alinhada a políticas industriais e marcos globais,** como a Nova Indústria Brasil e o Acordo de Paris.
- ▶ **Colaborativa e inclusiva,** com cadeias curtas, produção hiperlocal, plataformas abertas e maior equidade no acesso à inovação.

Essa visão converge com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, o *Green Deal Europeu* e, especialmente, com a Missão 4 da NIB, que posiciona a transformação digital como espinha dorsal de um novo ciclo de competitividade e inovação industrial no Brasil.

2.8 Conclusão Estratégica e Chamada à Ação

IA e digitalização são o eixo de um novo paradigma produtivo regenerativo e orientado por dados. Empresas que liderarem essa transição estarão à frente da moda e da inovação; aquelas que hesitarem correm o risco de perder relevância e competitividade. Trata-se, portanto, de um compromisso estratégico com o futuro da indústria têxtil brasileira, e com sua capacidade de competir em uma economia digital, circular e de baixo carbono.

1

Realize um diagnóstico de maturidade digital

Mapeie gargalos e identifique oportunidades. Estudos mostram que cadeias altamente digitalizadas têm maior resiliência em contextos de incerteza (LU et al., 2023).

2

Priorize áreas de maior impacto

Comece por previsão de demanda, controle de qualidade automatizado (GOLDENEYE, 2024), rastreabilidade com blockchain e RFID, ou logística reversa.

3

Teste, aprenda e escale

Inicie com projetos-piloto e amplie conforme os resultados. O caso da Yünsa evidencia que o uso de IA na produção pode reduzir o consumo energético e as emissões de CO₂ (YÜNSA, 2024).

4

Integre tecnologia à estratégia de negócio

A inovação deve orientar modelos operacionais e de produto. Soluções como o design generativo da Myth AI aceleram o desenvolvimento de itens sustentáveis e personalizados (MYTH AI, 2023).

5

Novos modelos de consumo e pós-consumo

Do descarte ao reúso contínuo: logística reversa, revenda e plataformas de segunda vida passam a integrar a proposta de valor. Implicação: aumento da fidelização do consumidor, prolongamento do ciclo de receita e redução de riscos reputacionais.

2.9 Motores Digitais da Transformação: Inteligência, Conectividade e Transformação na Cadeia Têxtil

Quais tecnologias tendem a transformar a cadeia têxtil até 2030 e como cada uma delas reorganiza processos, decisões e modelos de negócio ao longo da cadeia de valor?

A tabela a seguir sintetiza os principais motores digitais da transformação da cadeia têxtil e de confecção até 2030. Esses motores atuam sobre fluxos de informação, integração produtiva, automação, rastreabilidade e inteligência operacional, ampliando a capacidade de adaptação, eficiência e personalização ao longo da cadeia de valor. Ao reunir tecnologias e capacidades digitais que convergem para sistemas produtivos mais conectados e responsivos, a síntese evidencia o papel estratégico da inteligência artificial e da digitalização na reconfiguração da indústria têxtil e de confecção.

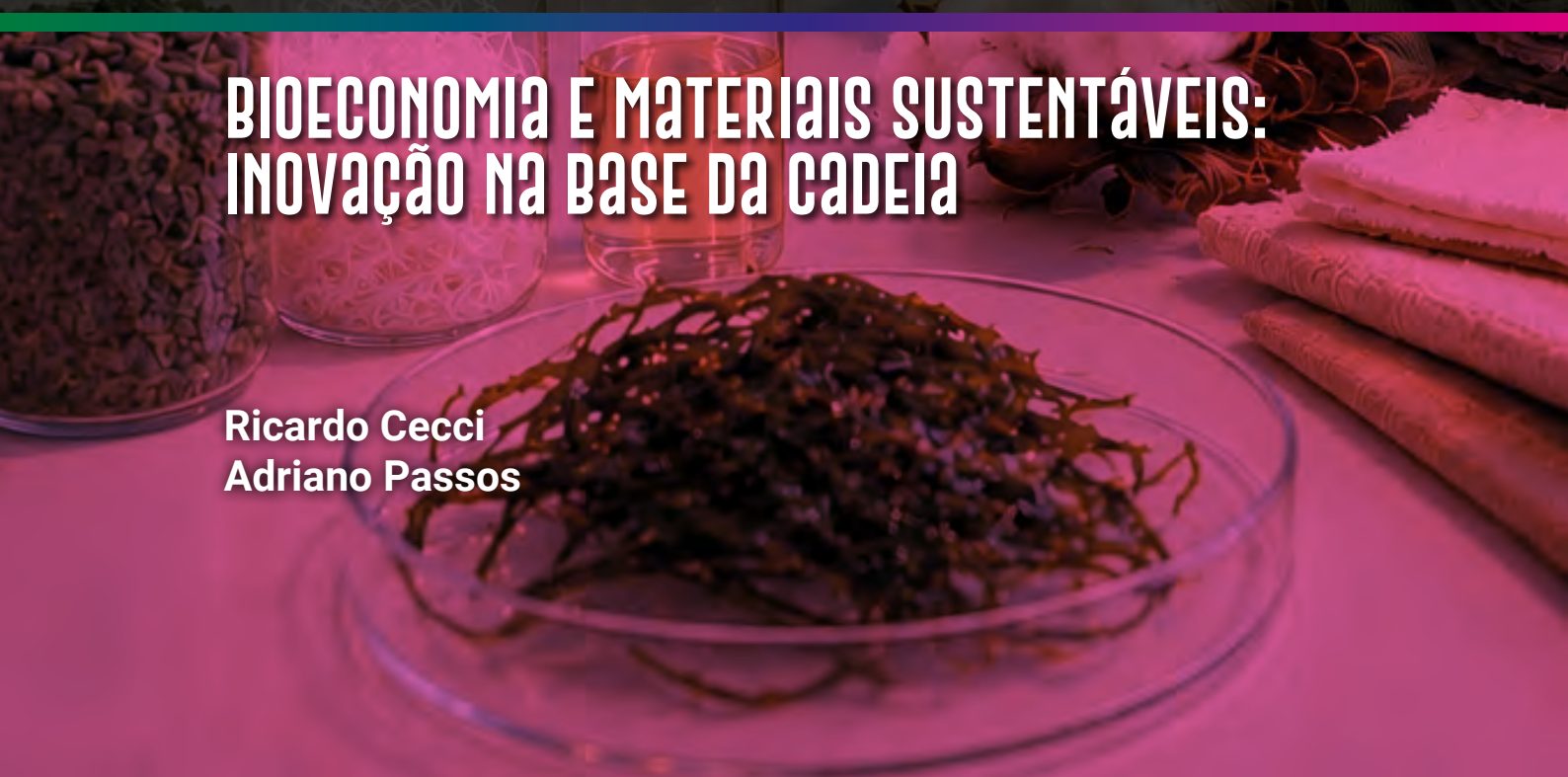
MOTORES DIGITAIS DA TRANSFORMAÇÃO

Motor da Transição	Posição na Cadeia	Onde Atua com Mais Intensidade	Papel Estratégico	Como Atua	Como Converge
Agricultura Digital	Início: plantio, cultivo e manejo de fibras naturais	Gestão de lavouras, uso de água, produtividade, rastreabilidade	Matéria-prima de baixo impacto e valor rastreável	Integra dados de solo, clima e manejo para decisões sustentáveis	Conecta a origem ao ESG, viabiliza certificações, alimenta a cadeia com dados confiáveis
Biodesign e Fibras Sustentáveis	Pesquisa e desenvolvimento de matérias primas	Design regenerativo, inovação em desempenho, seleção de materiais	Reduzir dependência de insumos fósseis, ampliar circularidade	Biotecnologia e design inteligente com menor uso de água, energia e resíduos	Viabiliza certificações, ativa circularidade 4.0, fortalece marcas futuras
Digitalização	Transversal: da origem ao consumo	Rastreabilidade, estoques, logística, vendas	Visibilidade e controle contínuo	Conecta sistemas e plataformas com dados estruturados	Habilita IA, blockchain, circularidade, personalização sob demanda
Inteligência Artificial (IA)	Transversal: planejamento, produção e consumo	Previsão de demanda, qualidade, personalização e logística	Eficiência operacional conectada à experiência do cliente	Análise de grandes volumes de dados para decisões em tempo real	Ativa produção sob demanda e sistemas ESG baseados em dados
Soluções Híbridas (IA + Digitalização)	Transversal: chão de fábrica, logística e varejo	Rastreabilidade, personalização dinâmica, controle de qualidade	Eficiência e personalização entre back e front-end	Cruzamento de dados com IA para decisões contextuais automáticas	Viabilizam ESG em tempo real, produção sob demanda, varejo inteligente
Indústria 4.0	Produção: processos industriais	Corte, costura, acabamento e controle automatizado	Eficiência produtiva com menor impacto	Integra tecnologias digitais para fluxos produtivos ágeis	Conecta dados, energia e processos com metas de circularidade
Fábricas Autônomas	Produção: manufatura modular e conectada	Células inteligentes, linhas sob demanda, gestão energética	Eficiência máxima e resposta acelerada	Decisões autônomas com dados e IA	Fábricas enxutas, limpas, digitais e sustentáveis
Gêmeos Digitais	Produção: engenharia e manutenção	Simulações, manutenção preditiva e layout	Precisão e melhoria contínua	Modelos digitais conectados a sensores reais	Integra IA, fábricas autônomas e decisões preditivas
Computação Neuromórfica	Pesquisa e inovação	Sensores inteligentes, wearables, IA embarcada	Eficiência energética com inteligência distribuída	Chips que imitam sinapses e aprendem em tempo real	Viabiliza sensores autônomos e rastreabilidade inteligente
Logística Autônoma	Entre produção, distribuição e pós-consumo	Roteirização, rastreamento, logística reversa	Redução de custos, agilidade e rastreabilidade	Dados operacionais que otimizam fluxos logísticos	Conecta-se à circularidade, ESG e digitalização
Personalização em Escala	Design, marketing e varejo	Cocriação, recomendação e customização digital	Fidelização e otimização de recursos	Tradução de preferências via algoritmos e interfaces digitais	Ativa produção sob demanda, conecta consumo a dados
Varejo Imersivo	Varejo físico e digital	Experiência de marca, provedores virtuais, cocriação online	Redução de devoluções, fidelização e coleta de dados	IA generativa, RA e metaverso em ambientes interativos	Ciclo contínuo de personalização e dados em tempo real
Economia Circular 4.0	Pós-consumo (com impacto desde o design)	Coleta, separação, reúso e reintegração	Captura de valor pós-uso, elimina descarte	Dados, incentivos e automação para fechar o ciclo	Conecta rastreabilidade, certificações e modelos circulares
IA Responsável	Transversal: do desenvolvimento ao consumo	Governança algorítmica, personalização, comunicação	Conformidade e confiança algorítmica	Princípios de explicabilidade, segurança e auditoria	Reforça ESG, governança digital e reputação

Fonte: Elaborado pelo autor.



CAPÍTULO 3



BIOECONOMIA E MATERIAIS SUSTENTÁVEIS: INOVAÇÃO NA BASE DA CADEIA

Ricardo Cecci
Adriano Passos

BIOECONOMIA E MATERIAIS SUSTENTÁVEIS: INOVAÇÃO NA BASE DA CADEIA¹

A próxima grande transformação do setor têxtil e de confecção já está em curso. Ela não nasce nas fábricas e nem nas vitrines, mas na matéria escolhida para entrar nesse processo. E são os “materiais sustentáveis” que permitirão que essa transformação se concretize, funcionando como ponto de partida para uma mudança sistêmica do setor e constituindo-se em plataformas de inovação, reputação e competitividade.

Este capítulo é um convite a enxergar a base da cadeia com os olhos do futuro, identificando oportunidades onde antes havia desperdício, valor onde se via descarte, inovação e diferenciação onde predominava o padrão. Se as escolhas dos materiais inseridos na cadeia produtiva forem regenerativas, todo o ciclo de vida melhora: menos emissões, menor uso de água, mais transparência e apelo de mercado. Se forem fósseis ou lineares, o ciclo tende a ser comprometido: riscos regulatórios, rejeição do consumidor e perda de competitividade.

A base da cadeia concentra boa parte da pegada ambiental de um produto. Enquanto fibras fósseis perpetuam as emissões e a escassez de recursos, fibras de materiais circulares e renováveis rompem esse ciclo e aproximam o setor das metas de descarbonização, dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ONU) e das novas exigências por responsabilidade e rastreabilidade.

Nesse contexto, a bioeconomia desponta como força estruturante na base: substitui insumos fósseis por recursos renováveis, captura carbono, valoriza resíduos e aplica biotecnologia para integrar a circularidade desde a origem. Essa lógica fecha e reabre ciclos produtivos, viabilizando possibilidades industriais mais limpas, conectadas e inteligentes..

Este capítulo revela como avançados e “mais” sustentáveis estão transformando o setor têxtil e

de confecção, impactando cada etapa da cadeia produtiva. A adoção de fibras regeneradas, tecidos compostáveis e materiais renováveis ou de base biológica sustenta a transição para um modelo circular.

3.1 Forças Regenerativas na Base da Cadeia de Valor

É a partir dos materiais que forças (re)estruturantes como bioeconomia, descarbonização, economia circular e inovação tecnológica se ativam com maior intensidade. Também é neles que essas mesmas forças convergem, interagem e reativam continuamente novos ciclos.

Na base da cadeia têxtil, os materiais sustentáveis atuam como catalisadores de transformação, redefinindo mercados e consolidando novas lideranças. Seu valor é sistêmico e narrativo: conectam origem, uso, propósito e retorno, impulsionando mudanças que reverberam por toda a cadeia.

Cada fibra, polímero ou composição carrega uma história: de onde veio, como foi produzido e para onde seguirá. É nessa história que as empresas constroem diferenciação, reputação e impacto positivo, fortalecendo vínculos com um mercado que valoriza, cada vez mais, sentido, rastreabilidade e transparência.

Materiais pensados sob a lógica da bioeconomia reduzem a dependência de fontes fósseis, ativam cadeias regenerativas, valorizam territórios e incorporam inteligência biológica ao sistema produtivo (FAO, 2022). Quando aliados à circularidade, podem ser reaproveitados, reciclados, desmontados ou compostados, preservando valor e evitando perdas.

A escolha de fibras regenerativas e rastreáveis desencadeia ganhos em toda a cadeia: viabiliza produção limpa, reduz consumo de água, otimiza logística, assegura rastreabilidade digital e amplia o valor da marca.

Até 2030, os materiais tendem a integrar múltiplas características: biodegradáveis, renováveis, inteligentes, certificados, socialmente responsáveis

e competitivos, preparados para circular, regenerar, comunicar e se adaptar (TEXTILE EXCHANGE, 2024). Essa convergência se intensifica quando integrada a tecnologias habilitadoras, capazes de transformar as intenções em prática escalável, mensurável e regenerativa (ISO 59004:2024).

3.1.1 Matérias-Primas Sustentáveis: Tendências Globais e Locais

Globalmente, o mercado de fibras está se reconfigurando em resposta a pressões ambientais, regulatórias e de consumo. A substituição de insumos fósseis por alternativas renováveis, recicladas e rastreáveis não é mais exceção, é tendência dominante, impulsionada por certificações, inovação tecnológica e exigências de mercados estratégicos.

Em 2023, a produção global de fibras alcançou cerca de 124 milhões de toneladas, com projeção de atingir 160 milhões até 2030 se os padrões atuais de consumo forem mantidos. Nesse cenário, as fibras sintéticas seguem líderes, representando cerca de 67% da produção total, com destaque para o poliéster, que sozinho respondeu por 57% do total, cerca de 71 milhões de toneladas. A preferência se explica por seu baixo custo, versatilidade e ampla aplicação na moda, no vestuário técnico e nos têxteis industriais.

Contudo, essa dominância vem sendo contestada por três vetores transformadores:

- **Pressão climática e regulatória** (CBAM, SBCE, Green Deal);
- **Demanda por circularidade** (reciclagem têxtil, rastreabilidade);
- **Busca por insumos regenerativos** (biomassa, celulose, resíduos).

3.1.1.1 Avanço das fibras alternativas

Entre as respostas a essa pressão, o poliéster reciclado (rPET) tem ganhado espaço. Em 2023, atingiu cerca de 8,9 milhões de toneladas, representando 12,5% da produção total de poliéster, apesar do crescimento acelerado do poliéster virgem ainda comprometer sua participação relativa. Tecnologias mais recentes como o poliéster a partir de CO₂ capturado e o poliéster biológico de base vegetal despontam como promissoras, especialmente

por seu potencial de redução de emissões e uso de resíduos industriais ou biomassa.

As fibras celulósicas manufaturadas, como viscose e lyocell, respondem por cerca de 6% do mercado global. Extraídas de fontes renováveis como polpa de madeira certificada, estão ganhando tração em virtude das certificações FSC e PEFC, que promovem práticas florestais responsáveis. Sua pegada ambiental, menor que a do algodão tradicional, aliada à biodegradabilidade, faz dessas fibras uma alternativa estratégica para marcas preocupadas com impacto e rastreabilidade.

O algodão, com 20% de participação global, permanece como a principal fibra natural. Entretanto, seu cultivo, em muitos casos, ainda demanda grandes volumes de água, energia e defensivos agrícolas. Daí a importância crescente de programas como Better Cotton e, no Brasil, o Algodão Brasileiro Responsável (ABR), que incentivam práticas regenerativas, sociais e climáticas no campo.

3.1.1.2 O retrato da base no Brasil

O mercado brasileiro de fibras reflete a lógica global, mas com particularidades importantes. Estima-se que as fibras sintéticas representem cerca de 65% do consumo nacional, com o poliéster como insumo dominante. Sua ampla aplicação na moda acessível, no esportivo e no vestuário técnico o torna quase insubstituível no curto prazo. No entanto, a dependência de fontes fósseis e o aumento das pressões regulatórias internacionais exigem estratégias de substituição gradual por versões recicladas ou biológicas.

Por outro lado, o algodão brasileiro responde por aproximadamente 33% do consumo nacional de fibras. O país se destaca como um dos maiores exportadores globais da fibra e como referência em certificações socioambientais. A combinação de produção em escala, rastreabilidade via QR Code e programas como o ABR coloca o algodão brasileiro em posição competitiva nos mercados mais exigentes do mundo.

Outras fibras, como linho, juta, bambu e cânhamo, ainda têm participação marginal, mas apresentam potencial de crescimento impulsionado por novos nichos de mercado e mudanças regulatórias que podem destravar seu cultivo em maior escala.

3.2 Motores Transversais e Tecnologias Habilitadoras: Como Ativam a Transformação desde a Origem

Na cadeia têxtil e de confecção, os materiais seguem uma jornada derivada de escolhas: no cultivo, na produção, no transporte, no uso e no retorno. Em cada etapa, há um ponto de decisão: preservar o valor, ampliá-lo ou deixá-lo se perder.

Bioeconomia, descarbonização, circularidade, funcionalidade e durabilidade são os motores transversais que atravessam toda a cadeia. Somados a tecnologias habilitadoras como IoT, blockchain, nanotecnologia e biotecnologia, eles moldam composição, uso e destino dos materiais. Quando convergem, seu potencial máximo se revela, criando fibras regenerativas, inteligentes e competitivas, prontas para os desafios de futuro.

A seguir, apresentamos uma jornada para os materiais sustentáveis, do ponto de partida ao final da cadeia, destacando os motores predominantes, as tecnologias habilitadoras e as convergências ativadas, com exemplos práticos e impactos estratégicos.

MATERIAIS

Antes de entrar na indústria para ser fiado ou tecido, todo material tem um ponto de partida que define sua essência: cultivo, extração ou síntese. Essa origem não é neutra: ela define composição, pegada ambiental, vínculo territorial e potencial de retorno ao sistema. É aqui que se decide: será renovável ou finito? Regenerativo ou emissivo? Local ou dependente de cadeias extrativas? É o momento decisivo que define se o material entrará no ciclo da circularidade ou seguirá pela rota do esgotamento.

Motores predominantes

- ▶ **Bioeconomia regenerativa**, que substitui insumos fósseis por fontes renováveis, que restaura solos, capturam carbono e ativam ecossistemas produtivos;
- ▶ **Descarbonização desde a origem**, reduzindo emissões já na etapa de cultivo ou extração;
- ▶ **Circularidade biológica**, que garante retorno seguro de fibras e polímeros ao solo.

Tecnologias habilitadoras

- ▶ Agricultura de precisão com sensores, drones e irrigação inteligente para reduzir insumos e emissões;
- ▶ Biotecnologia de cultivo controlado como biorreatores de algas ou fermentação de resíduos agrícolas para produção de biopolímeros (PLA, PHA);
- ▶ Química verde com processos e insumos menos tóxicos;
- ▶ Nanotecnologia para propriedades avançadas, criando tecidos autolimpantes, antibacterianos ou reguladores térmicos;
- ▶ Sistemas de certificação e rastreabilidade de origem por blockchain ou georreferenciamento (ex.: algodão regenerativo com QR code).

Convergência Ativada: Bioeconomia + Biotecnologia ou Agricultura Regenerativa.

Quando bioeconomia e circularidade se integram a tecnologias habilitadoras, os materiais já nascem regenerativos: sua produção preserva recursos, reduz impactos e habilita rotas de retorno futuro. A convergência de práticas agrícolas regenerativas, biotecnologia de microrganismos e química verde possibilita materiais mais puros, duráveis e compatíveis com ciclos biológicos, fortalecendo tanto a rastreabilidade quanto a competitividade (GONZÁLEZ-ROJO et al., 2024; MEEREBOER et al., 2020).

EXEMPLOS PRÁTICOS

- ▶ **Cânhamo regenerativo**, que cresce rapidamente com baixo uso de água e insumos químicos, contribuindo para sequestro de carbono e resistência do solo (SUSTAINABLE JUNGLE, 2024).
- ▶ **Micélio e fibras de resíduos agrícolas** (abacaxi, laranja, pseudocaule de bananeira), transformados em insumos de alto valor e reduzindo descartes (COLTELLI et al., 2024).
- ▶ **Biopolímeros PHA e PLA**, produzidos por fermentação microbiana, que oferecem alternativa biodegradável ao poliéster e ao nylon convencionais (GONZÁLEZ-ROJO et al., 2024).
- ▶ **Algodão regenerativo**, cultivado com práticas de manejo que restauram a biodiversidade e reduzem a pegada hídrica (TEXTILE EXCHANGE, 2024).
- ▶ **Algas marinhas**, que absorvem CO₂ em larga escala e podem originar fibras funcionais com benefícios ambientais e cosméticos (PERIYASAMY; MILITKY, 2020).

Impactos estratégicos

- ▶ **Redução estrutural de emissões** desde a origem, alinhando-se ao Acordo de Paris e aos ODS;
- ▶ **Segurança regulatória**, antecipando exigências como o CBAM europeu e o passaporte digital de produto;
- ▶ **Diferenciação competitiva**, com materiais de narrativa rastreável e atributos regenerativos;
- ▶ **Fortalecimento territorial**, ativando cadeias locais e agregando valor socioambiental à produção.

Projetar materiais sob essa lógica: regenerativos na fonte, descarbonizados na produção e preparados para circular, é uma decisão estratégica de longo prazo, que transforma o início de vida em motor de competitividade, reputação e liderança no setor têxtil.

PRODUÇÃO

Na indústria, o material ganha vida produtiva. É convertido em fio, tecido ou malha, recebendo tratamentos e acabamentos que definem sua estética, desempenho e potencial de circularidade futura. Cada processo realizado aqui deixa marcas, tanto no valor do produto quanto na sua pegada ambiental.

Motores predominantes

- ▶ Descarbonização produtiva com processos de baixa emissão de carbono e uso controlado de processos químicos;
- ▶ Rastreabilidade industrial, conectando lotes a dados auditáveis, que acompanham o material desde a origem.

Tecnologias habilitadoras

- ▶ Tingimento digital ou por espuma, eliminando ou reduzindo o uso de água;
- ▶ Aplicação de fibras de PLA, PHA ou poliéster regenerado de CO₂;
- ▶ Blockchain integrado a certificações de lote e rastreabilidade.

Convergência ativada: Bioeconomia + Descarbonização na produção + Tecnologias Verdes.

Quando essas forças convergem na fase produtiva, os fios, tecidos e malhas já nascem com atributos regenerativos e rastreáveis, combinando insumos renováveis, energia limpa e manufatura inteligente. Essa convergência reduz emissões, amplia a conformidade ESG e prepara os materiais para circular desde a fábrica.

EXEMPLOS PRÁTICOS

- ▶ **Poliéster regenerado a partir de CO₂**: Desenvolvido por empresas como a LanzaTech, que captura emissões industriais e as converte em insumos para fibras (WANG, 2024).
- ▶ **PLA de resíduos agrícolas**: NatureWorks utiliza fermentação de milho e cana para produzir ácido polilático, já aplicado em fibras biodegradáveis (NATUREWORKS, 2024).
- ▶ **Tingimento digital sem água**: Adidas e Levi's adotam sistemas de impressão e tingimento digital que reduzem até 90% do consumo hídrico, antecipando regulamentos de restrição ao uso de água (ADIDAS, 2024).
- ▶ **Blockchain para rastreabilidade**: A H&M implementa rastreamento digital da origem ao acabamento, reforçando a transparência da cadeia (H&M, 2024).

Impactos estratégicos

- ▶ **Redução estrutural da pegada climática e hídrica no ponto de fabricação**, alinhando a indústria a metas do Acordo de Paris.
- ▶ **Conformidade com padrões ESG e regulatórios**, incluindo CBAM e passaporte digital de produto.
- ▶ **Valorização pela transparência produtiva**, fortalecendo a confiança do consumidor e a diferenciação da marca.
- ▶ **Eficiência operacional e reputacional**, consolidando produção limpa como alicerce da competitividade até 2030.

Esses exemplos mostram que é possível unir inovação e baixo impacto, alinhando a produção às metas de descarbonização e antecipando a indústria do futuro.

LOGÍSTICA

O deslocamento e armazenamento de materiais impactam diretamente emissões, custos e eficiência do processo. Peso, volume e acondicionamento definem não apenas custos logísticos, mas também a pegada de carbono associada. É nessa etapa que a logística deixa de ser apenas transporte e se transforma em arquitetura estratégica da circularidade, orientando cada fluxo para o retorno dos materiais ao sistema. Rotas curtas, reversas e inteligentes aproximam o ciclo; percursos longos, custosos e lineares o afastam. Cada quilômetro conta: encurta o retorno, ou o alonga.

Motores predominantes

- ▶ Rastreabilidade logística, que assegura visibilidade de ponta a ponta do trajeto.
- ▶ Circularidade logística, baseada em embalagens retornáveis, rotas reversas e sistemas de recolhimento inteligente.

Tecnologias habilitadoras

- ▶ Plataformas logísticas integradas a recicladoras e sistemas de coleta reversa.
- ▶ Monitoramento em tempo real com IoT, conectando frotas, insumos e estoques a sistemas digitais.
- ▶ Embalagens compostáveis e inteligentes, capazes de interagir com inventários e simplificar reúso.

Convergência ativada: Rastreabilidade + Circularidade digital.

Quando rastreabilidade e circularidade digital convergem, a logística se converte em extensão da circularidade. Produtos rastreados passam a percorrer trajetórias inteligentes e transparentes, onde cada quilômetro é otimizado para reduzir impacto e encurtar retornos. Esse processo conecta blockchain, IoT e embalagens sustentáveis para reduzir emissões, facilitar logística reversa e garantir transparência ponta a ponta ao longo do trajeto.

EXEMPLOS PRÁTICOS

- ▶ **Algodão certificado:** Transportado em embalagens compostáveis e rastreado por blockchain, como iniciativas-piloto na Ásia para cadeias de algodão orgânico (TEXTILE EXCHANGE, 2024).
- ▶ **Fios reciclados acondicionados em rolos monomateriais:** Pela Lenzing, que facilitam a logística reversa e aumentam a eficiência de reciclagem (LENZING, 2023).
- ▶ **Rastreamento digital de cadeias globais:** Implementado por H&M e Inditex, que monitoram fluxos de transporte com IoT e plataformas blockchain para garantir transparência e reduzir emissões em rotas marítimas e rodoviárias (H&M, 2024; INDITEX, 2024).

Impactos estratégicos

- ▶ Redução da pegada logística por tipo de insumo, permitindo monitorar e reduzir emissões do transporte.
- ▶ Eficiência operacional com planejamento de reúso e rotas reversas, reduzindo custos de distribuição e devolução.
- ▶ Transparência e confiança no fluxo de distribuição, fortalecendo reputação de marca e conformidade com regulamentos como o CBAM.
- ▶ Integração entre circularidade e competitividade, ao transformar cada etapa logística em oportunidade de valor agregado.

CONSUMO

No uso, o material deixa de ser apenas produto e se torna experiência: sentido na pele, percebido no tempo, associado a valores e, por isso, constantemente avaliado. A forma como envelhece, preserva sua funcionalidade e comunica propósito influencia diretamente a percepção de valor e a decisão de recompra. Cada interação pode prolongar vínculos ou antecipar o fim do ciclo com descarte.

Motores predominantes

- ▶ **Funcionalidade aplicada** em têxteis técnicos e inteligentes, aditivados com propriedades de

conforto, proteção, conectividade ou bem-estar.

► **Sustentabilidade percebida** como fator de decisão de compra e fidelização de clientes, traduzida em durabilidade, baixa manutenção e impacto reduzido.

Tecnologias habilitadoras

► **Têxteis inteligentes com sensores integrados** para monitoramento fisiológico ou ambiental.

► **QR Codes, etiquetas NFC e passaportes digitais** que informam origem, impacto e instruções de reúso.

► **Plataformas de personalização** que prolongam a vida útil por ajustes, reparos digitais ou upgrades de design.

► **Têxteis técnicos e inteligentes** aditivados com materiais que agregam valor de uso;

► **Sustentabilidade percebida** como fator de decisão de compra e fidelização de clientes.

Convergência ativada: Alta performance + Circularidade no design.

Quando alta performance e circularidade no design convergem, o consumo deixa de ser um estágio passivo e se torna uma etapa estratégica da circularidade. Produtos modulares, desmontáveis e rastreáveis preservam desempenho durante o uso e já nascem preparados para retornar ao ciclo após sua vida útil.

EXEMPLOS PRÁTICOS

► **Poliéster reciclado de alta tenacidade com design modular:** Como os desenvolvidos pela Adidas em programas de take-back, que facilitam desmontagem e reaproveitamento (ADIDAS, 2024).

► **Tecidos técnicos híbridos com costura reversível:** Aplicados por startups de moda circular na Europa, permitindo que peças sejam ajustadas, desmontadas e recirculadas em novos ciclos de uso (Ellen MacArthur Foundation, 2021).

► **Etiquetas digitais NFC e blockchain:** Utilizadas por empresas como a Chloé e a Zalando, que fornecem dados de impacto, autenticidade e orientações de reparo ou revenda, estimulando a circularidade em uso (TEXTILE EXCHANGE, 2024).

Impactos estratégicos

► Extensão da durabilidade e redução da substituição, com impacto direto na redução da pegada de carbono por peça.

► Diferenciação competitiva ao oferecer produtos que unem inovação funcional e responsabilidade ambiental.

► Engajamento ativo do consumidor, que passa a ser coprodutor de circularidade ao decidir como usar, cuidar, lavar, reparar, revender ou devolver o produto.

► Novos modelos de negócio, como assinaturas de uso, ecommerce e aluguel, que ampliam o ciclo econômico de cada material.

PÓS-CONSUMO

Depois do uso, o destino dos materiais define se o ciclo se fecha ou se perde. O fim pode ser um recomeço, pela reutilização social (doação, revenda, locação, reparo ou remanufatura), pela reciclagem técnica (reintrodução como matéria-prima), pela circularidade biológica (compostagem e biodegradação) ou o encerramento em aterros e incineração. A diferença está em como o produto foi pensado desde a origem: design para circularidade e rastreabilidade determinam o potencial de retorno e a extensão da vida útil (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021; ISO, 2020; PACE, 2021). Nesse contexto, logística reversa, reciclagem e reúso deixam de ser conceitos e viram ações concretas que decidem se o fim será, de fato, um recomeço.

Motores predominantes:

► **Circularidade plena**, com reintegração técnica ou biológica em ciclos de valor.

► **Revalorização**, transformando resíduos em insumos competitivos.

Tecnologias habilitadoras

► **Reciclagem química e enzimática**, capazes de regenerar fibras como poliéster e algodão em alto grau de pureza.

► **Plataformas digitais de coleta e logística reversa**, integrando consumidores, recicladoras e marcas.

► **Certificações digitais e rastreamento reverso**,

garantindo confiabilidade e escalabilidade do retorno.

Convergência ativada: Reciclagem química + Logística reversa digital

Quando essas forças convergem no pós-consumo, os resíduos deixam de ser fim e passam a ser insumos estratégicos, prontos para reintegrar ciclos produtivos de alto valor.

Plataformas digitais de coleta e triagem, baseadas em aplicativos, IoT e blockchain, asseguram eficiência, rastreabilidade em tempo real e transparência em todo o processo de retorno. Conectadas a tecnologias de reciclagem química e enzimática, viabilizam a recuperação de fibras complexas (como algodão, poliéster e blends) com alto grau de pureza, preservando propriedades originais e permitindo seu reúso em novos produtos de qualidade equivalente ou superior (upcycling).

Integradas, essas soluções reduzem perdas, encurtam ciclos e convertem resíduos em ativos de valor competitivo, consolidando a economia circular como prática escalável e estratégica para o setor têxtil.

EXEMPLO PRÁTICOS

► Poliéster

Já existem plantas que utilizam reciclagem química para despolimerizar PET pós-consumo coletado por aplicativos de logística reversa, retornando-o ao ciclo como novo polímero de alta qualidade (Loop Industries; Eastman, 2023).

► Algodão

Iniciativas como a Renewcell mostram como o algodão pós-consumo separado mecanicamente pode ser regenerado e reintroduzido em malhas de alta qualidade, hoje já abastecendo grandes marcas globais (RENEWCELL, 2023).

► Modelos digitais

Plataformas como Reverse Resources e Retraced utilizam rastreabilidade digital e blockchain para conectar coleta, triagem e reciclagem, garantindo autenticidade e eficiência no retorno de fibras ao sistema (REVERSE RESOURCES, 2023).

Impactos estratégicos

- **Competitividade:** transforma resíduos em insumos premium, gerando novos fluxos de receita.
- **Circularidade escalável:** reduz dependência de matérias-primas virgens, viabilizando ciclos fechados em larga escala.
- **Reputação e ESG:** fortalece a narrativa de sustentabilidade pela rastreabilidade digital transparente.
- **Eficiência operacional:** encurta cadeias de fornecimento, reduz custos logísticos e cria sinergia entre coleta, triagem e reintrodução industrial.

Em síntese, a convergência entre tecnologias de regeneração de fibras (química e enzimática) e logística reversa digital define se o pós-consumo será apenas descarte ou uma nova fronteira de valor competitivo. Mas nenhum elo atua isoladamente: os motores só expressam seu pleno potencial quando aplicados de forma sistêmica, conectando origem, uso e retorno.

É nessa perspectiva integrada que o ciclo de vida dos materiais se revela em sua dimensão estratégica. Do início ao fim, cada escolha ativa ou bloqueia forças como circularidade, descarbonização e regeneração. Esse encadeamento transforma o ciclo em eixo de competitividade sustentável: traduz intenções em impacto real, torna rastreabilidade prática e reposiciona os materiais como motores de inovação e valor.

Na próxima seção, mostramos como essas forças se manifestam e convergem em cada etapa do ciclo de vida, da pegada inicial até as soluções de circularidade no pós-consumo.

3.3 Ciclo de Vida de Materiais: Onde as Forças se Manifestam?

O ciclo de vida de uma peça têxtil começa muito antes da fiação e se estende para além do descarte. Ele constitui a espinha dorsal tanto da sua pegada ambiental quanto da sua competitividade estratégica.

Cada fase, início → meio → fim de vida, concentra decisões críticas que moldam emissões, consumo de água e energia, circularidade e até a reputação da marca. Integrar essa visão à cadeia têxtil é o que diferencia cadeias lineares de sistemas prontos para o futuro.

3.3.1 Integração com a Cadeia Têxtil

As três fases do ciclo de vida se conectam diretamente às etapas da cadeia têxtil e de confecção, criando uma rede de interdependências:

► **Início de Vida - Materiais:** cultivo, extração ou síntese definem se o insumo será renovável ou fóssil, regenerativo ou emissivo, local ou dependente de cadeias extrativas.

► **Forças predominantes:** bioeconomia, fibras regenerativas, biotecnologia de cultivo, captura e uso de CO₂.

► **Meio de Vida - Produção, Logística e Consumo:** o uso efetivo dos materiais depende de design para durabilidade, eficiência produtiva, acabamentos inteligentes e logísticas conectadas. Aqui surgem diferenciais como tecidos funcionais, fibras de alta performance e modelos de consumo prolongado.

► **Forças predominantes:** nanotecnologia, biomimética, gêmeos digitais, IoT e design modular que prolongam a vida útil.

► **Fim de Vida - Pós-Consumo:** o descarte deixa de ser fim e se transforma em reentrada, quando materiais são reciclados, reutilizados ou compostados. Plataformas digitais, passaportes de produto e cadeias reversas permitem que o fim seja, de fato, um recomeço.

► **Forças predominantes:** circularidade em escala, reciclagem química e enzimática, blockchain, plataformas de revenda e modelos circulares de negócio.

Essa integração mostra que não há circularidade real sem integração transversal, cada elo depende do anterior para fechar o ciclo e reabrir novos fluxos de valor.

3.3.2 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): A Bússola Estratégica

Para transformar essa visão em decisões concretas e orientadas por dados, a indústria conta com uma ferramenta consolidada: a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

A ACV permite mapear com precisão técnica os pontos críticos de impacto em cada fase. Diferentes recortes, *cradle to gate*, *gate to grave* ou *cradle to cradle*, permitem comparar materiais, otimizar operações e planejar modelos circulares escaláveis

(IBICT, 2023; UNEP, 2024).

No setor têxtil e de confecção, a metodologia da ACV ajuda a alinhar escolhas de materiais, tecnologias e modelos de negócio a metas concretas, como redução de emissões, critérios ESG ou inovação circular.

3.3.2.1 ACV por Material: Impactos e Oportunidades

Cada material apresenta pontos críticos específicos e oportunidades de mitigação quando observado sob a lente da ACV:

► **Algodão Convencional – fase crítica no cultivo:** alto consumo de água e agrotóxicos.

Oportunidade: substituição por algodão orgânico e irrigação eficiente (MUTHU; GARDETTI, 2016).

► **Algodão Orgânico – rendimento menor por hectare, mas forte apelo consciente e certificações** (PATAGONIA, 2024).

► **Poliéster Virgem – produção baseada em petróleo:** emissões elevadas de CO₂ e persistência ambiental.

Oportunidade: substituição por reciclado ou poliéster regenerado a partir de CO₂ (NOBELIUS, 2024).

► **Poliéster Reciclado (rPET) – desafio no consumo energético da reciclagem, mas oportunidade de redução de emissões e integração circular** (COLLIE et al., 2024).

► **PLA (ácido polilático) – compostável e de origem renovável, mas exige infraestrutura de compostagem industrial** (NOVAK et al., 2024).

► **Fibras de Madeira (Lyocell, Modal) – uso de solventes e energia na produção, mas sistemas de ciclo fechado asseguram baixo impacto** (LENZING, 2023).

► **Fibras Biotecnológicas (micélio, seda de levedura) – escala ainda limitada, mas biodegradáveis, premium e com forte apelo de inovação** (SPIBER, 2024; MANGO MATERIALS, 2024).

3.3.2.2 ACV no Brasil: Oportunidade em Construção

No Brasil, a ACV já está sendo consolidada como referência regulatória e estratégica. Em 2023, o banco SICV Brasil reuniu 218 inventários ligados à cadeia têxtil (IBICT, 2023). O Projeto Pedra Fundamental, com participação da Embrapa, BASF e

Braskem, adaptou 34 inventários do banco suíço Ecoinvent, elevando a confiabilidade dos dados nacionais (GAIA COMPANY, 2024).

Em síntese, integrar as três fases do ciclo de vida com ACV à cadeia têxtil é transformar análise ambiental em estratégia de negócios.

- ▶ Para **indústrias e marcas**, orienta seleção de insumos conforme metas ESG.
- ▶ Para **designers e P&D**, indica onde investir em inovação e design circular.
- ▶ Para **políticas públicas**, é base para incentivos, certificações e regulações eficazes.

Ao alinhar ciclo de vida e competitividade, a ACV mostra que **fechar o ciclo é abrir novos mercados**, e que o futuro da cadeia têxtil depende tanto da ciência de materiais quanto da ciência de dados aplicada à sustentabilidade. Para compreender isso em profundidade, avançamos agora para o início de vida, o momento em que as escolhas materiais moldam todo o desempenho da cadeia.

3.4 Início de Vida: Definindo a Pegada do Futuro

Como já dito aqui, o início do ciclo de vida dos materiais é o ponto mais decisivo da cadeia têxtil. As escolhas realizadas na extração, cultivo ou síntese de fibras determinam desde a pegada de carbono até o potencial de circularidade do produto (SEHNEM et al., 2019). É nesse momento que as forças regenerativas, a bioeconomia e a substituição de insumos fósseis entram em ação, estabelecendo os alicerces ambientais, sociais e econômicos de toda a cadeia.

Empresas que priorizam insumos de baixo impacto, renováveis e rastreáveis não apenas reduzem riscos, como escassez hídrica, volatilidade de petróleo e barreiras regulatórias, mas também conquistam diferenciação de mercado com narrativa ESG consistente (KRAVCHENKO et al., 2019; CBAM, 2024).

3.4.1 Materiais Sustentáveis: O Pilar do Futuro

A transição para uma indústria têxtil descarbonizada, circular e regenerativa começa nos materiais. Ao optar por fibras de baixo impacto,

biodegradáveis, recicláveis, de base biológica ou de alta performance, as empresas moldam todo o ciclo de vida do produto, influenciando emissões, uso de água, circularidade, rastreabilidade e reputação.

Antecipar essa transformação gera vantagens concretas: fortalece a marca e a narrativa ESG, reduz riscos operacionais (como escassez hídrica, dependência de petróleo e barreiras tarifárias) e amplia o acesso a mercados regulados e exigentes.

Com base nos critérios de ciclo de vida, circularidade e emissões, os materiais sustentáveis podem ser organizados em sete categorias: 1. Circulares; 2. Baixa Pegada de Carbono; 3. Biodegradáveis e Compostáveis; 4. De Base Biológica; 5. Renováveis; 6. Recicláveis, e 7. Alta Performance com Sustentabilidade.

A seguir, detalhamos cada uma dessas classes, com exemplos reais e implicações estratégicas.

1. Materiais Circulares ou Materiais de Ciclo Fechado, são projetados para reentrar continuamente na cadeia produtiva, evitando que se tornem resíduos e reduzindo a extração de recursos virgens. Essa abordagem está no núcleo da economia circular, permitindo que o setor têxtil minimize o desperdício e prolongue o valor dos insumos (SEHNEM et al., 2019).

Exemplos de inovações apresentadas na Conferência da International Textile Manufacturers Federation (ITMF) 2024 ilustram esse avanço: a Ioncell® (Finlândia) transforma resíduos têxteis e madeira em fibras celulósicas de alta qualidade, reciclando 99% dos solventes e usando apenas 1% da água do algodão convencional (IONCELL OY, 2024). A RE&UP Recycling separa tecidos mistos, reduzindo em 90% o uso de água e em 80% as emissões de CO₂ (DORNER, 2024). Já a Syre Impact (Suécia) recicla poliéster com até 85% menos emissões, planejando fábricas nos EUA e Vietnã (NOBELIUS, 2024).

Implicações estratégicas: viabilizam a “reciclagem infinita”, fecham o ciclo produtivo, reduzem

Empresas que investem em materiais circulares não apenas reduzem seu impacto ambiental, mas também constroem novos modelos de negócio baseados na reutilização contínua de recursos, transformando o resíduo em valor.

2. Materiais de Baixa Pegada de Carbono reduzem emissões desde a extração até o fim do ciclo de vida. O TENCEL™ Lyocell avançado, por exemplo, permite blends com fibras recicladas mantendo qualidade premium (LENZING, 2025). Já o Bio-based Dyneema®, feito de bionafta, reduz em até 90% a pegada de carbono de fibras de alta performance, com certificação ISCC (GLEISTEIN, 2024).

A **Carbon2x (Fortum)** converte CO₂ de incineradoras em plásticos biodegradáveis, capturando até 90% das emissões (FORTUM, 2024). Essas soluções demonstram que reduzir carbono e manter desempenho não são excludentes, mas convergentes.

Implicações estratégicas: alinham-se a metas de neutralidade climática, reduzem riscos de barreiras tarifárias (CBAM) e diferenciam marcas globalmente.

3. Materiais Biodegradáveis e Compostáveis se decompõem em ambiente natural ou industrial, sem deixar resíduos tóxicos. Fibras como o linho, cânhamo, seda, o Tencel™ e biopolímeros como PLA e PHA são exemplos consolidados. O PHA, derivado de óleos vegetais, pode ser compostado industrialmente e já é usado por empresas como ERT e NatureWorks (COLTELLI et al., 2024; NATU-REWORKS, 2024; ERT, 2024).

A HeiQ AeonIQ™ é uma fibra de celulose contínua biodegradável que evita microplásticos e é produzida com 100% de energia renovável (CENTONZE, 2024). Fibras como o PHBV apresentam taxa de degradação de até 86% em 180 dias, ideais para roupas médicas, uniformes ou produtos de uso intensivo (NANJING BIOSERICA, 2024).

Implicações estratégicas: adequados a produtos de ciclo curto (fast fashion sustentável, EPIs, embalagens têxteis).

4. Materiais de Base Biológica são derivados de biomassa ou CO₂, esses materiais reduzem a dependência de fontes fósseis. O Bylon®, da Sci-Lume Labs, é uma poliamida biodegradável e reciclável feita a partir de resíduos agrícolas (SHAFAT, 2024). A Algaeing™ transforma algas em fibras e corantes, com redução de 98% no uso de água e de 74% nas emissões de carbono (ALGAEING, 2024).

A Jiangsu Guowang converte CO₂ industrial em etileno glicol, usado na produção de PET, com redução de 936 kg de CO₂ por tonelada produzida (WANG, 2024). Esses exemplos mostram que os

resíduos do passado são os insumos do futuro.

Implicações estratégicas: reduzem a dependência de petróleo, diversificam portfólio e ampliam o apelo premium vinculado à bioeconomia.

5. Materiais Renováveis são obtidos de fontes que se regeneram rapidamente, como algodão orgânico, bambu e cânhamo. O algodão hidropônico da Materra usa 80% menos água e dispensa pesticidas, sendo ideal para marcas de luxo com metas ESG (CIRCLE ECONOMY, 2025). Além disso, práticas regenerativas no cultivo ampliam o potencial de sequestro de carbono, reduzindo o impacto climático da cadeia desde sua base.

Implicações estratégicas: reforçam storytelling regenerativo, favorecem produção local e reduzem vulnerabilidades climáticas.

6. Materiais Recicláveis permitem reaproveitamento e reintegração de resíduos têxteis. O poliéster reciclado (rPET) e o algodão reciclado são os mais adotados. Tecnologias como a DecoRpet, EcoModa100™ e a própria RE&UP permitem recuperar até elastano e fibras técnicas, com redução de até 83% no potencial de aquecimento global (INDORAMA CORPORATION, 2024).

Implicações estratégicas: ampliam circularidade, reduzem custos industriais e abrem novos mercados de revenda e reúso.

7. Materiais Sustentáveis de Alta Performance aliam alta resistência e baixo impacto ambiental já coexistem. O Bio-based Dyneema® e o Bylon® oferecem leveza, durabilidade e reciclabilidade com menor pegada de carbono, ideais para têxteis técnicos e esportivos (GLEISTEIN, 2024; SHAFAT, 2024). Iniciativas como o Iroony®, que usa polpa de cânhamo com líquidos iônicos recuperáveis, mostram que é possível aliar desempenho, estética e eficiência energética (MAO, 2024).

Implicações estratégicas: esses materiais reposicionam o segmento esportivo, outdoor e técnico, demonstrando que sustentabilidade pode ser vetor de inovação e competitividade.

3.4.2 Recomendações Estratégicas

► **Alto volume:** priorizar fibras já disponíveis em escala com reciclagem estabelecida (rPET, PLA,

algodão regenerativo).

- ▶ **Diferencial ESG:** apostar em biomateriais inovadores com certificações e rastreabilidade digital (ex.: fibras de resíduos, biofabricação).
- ▶ **Ciclos curtos ou uso único:** optar por materiais compostáveis/biodegradáveis de descarte seguro (ex.: PLA, PHA).
- ▶ **Aplicações técnicas/duráveis:** investir em fibras de alta performance sustentáveis (ex.: Bio-Dyneema®, elastano reciclado) que combinem leveza, resistência e redução de microplásticos.

Impacto nas Cadeias de Valor

A adoção de materiais sustentáveis implica repensar fornecedores, adaptar processos e integrar inovação entre design, logística reversa e rastreabilidade digital, criando um sistema que não apenas reduz o impacto ambiental, mas também melhora a eficiência operacional e posiciona a empresa frente aos novos padrões globais. Mais do que uma troca de insumos, trata-se de uma reconfiguração estrutural da cadeia (PADILLA-RIVERA et al., 2024; THEERAWORAWIT et al., 2022).

3.4.3 Implicações Estratégicas da Adoção de Materiais Sustentáveis

1

Redesenho da rede de fornecedores

Do linear ao regenerativo: empresas precisarão selecionar fornecedores capazes de oferecer fibras rastreáveis, certificadas e de baixo impacto.

Implicação: maior dependência de parcerias de longo prazo, contratos verdes e consórcios de inovação.

4

Inovação como eixo de vantagem competitiva

Do P&D experimental ao modelo de negócio: biomateriais, têxteis técnicos e compostáveis não são só insumos, mas habilitam novos produtos, serviços e narrativas de marca.

Implicação: diferenciação em segmentos premium, esportivo, técnico e de saúde, onde performance e sustentabilidade caminham juntas.

2

Rastreabilidade e transparência como padrão de mercado

Do compliance ao valor de marca: plataformas digitais, blockchain e passaportes de produto deixam de ser diferencial e passam a ser requisito.

Implicação: transparência passa a ser critério de competitividade, evitando barreiras tarifárias (CBAM) e fortalecendo a confiança com o consumidor.

5

Novos modelos de consumo e pós-consumo

Do descarte ao reúso contínuo: logística reversa, revenda e plataformas de segunda vida passam a integrar a proposta de valor.

Implicação: aumento da fidelização do consumidor, prolongamento do ciclo de receita e redução de riscos reputacionais.

3

Transformação dos processos produtivos

Da eficiência à circularidade: adaptar plantas industriais para reciclagem química, compostagem ou integração de resíduos agrícolas exige novos CAPEX, mas abre acesso a nichos de alto valor.

Implicação: aumento de eficiência operacional, redução de custos a longo prazo e compliance regulatório mais robusto.

6

Reputação e acesso a mercados internacionais

Do risco regulatório à vantagem competitiva: cadeias de valor sustentáveis são mais aceitas em mercados com exigências ambientais rigorosas (UE, EUA, Japão).

Implicação: acesso a mercados premium, atração de investidores ESG e reforço da narrativa climática da marca.

A adoção de materiais sustentáveis é uma estratégia de reposicionamento competitivo. Ao redesenhar fornecedores, processos, modelos de negócio e narrativas, cria-se cadeias mais resilientes, transparentes e alinhadas às metas climáticas globais.

Enquanto os materiais sustentáveis consolidam práticas de baixo impacto, os biofabricados representam a fronteira disruptiva, como veremos na próxima sessão.

3.5 Materiais Biofabricados: A Biotecnologia no Setor Têxtil

A próxima fronteira da inovação têxtil está na biofabricação. Diferente da bioeconomia, que substitui recursos fósseis por matérias-primas renováveis, a biofabricação vai além, cria materiais a partir da ação de microrganismos, bactérias, leveduras, fungos e algas, capazes de produzir fibras e polímeros de alto desempenho com baixíssimo impacto ambiental. Esses processos utilizam fermentação de açúcares, conversão de resíduos agrícolas e até a captura de metano e CO₂, alinhando-se às metas globais de circularidade e descarbonização desde a origem (UNEP, 2023). A seguir, veremos exemplos da biofabricação têxtil em escala.

► **Fibras Biofabricadas de Alta Performance:** A seda de aranha biofabricada via fermentação microbiana por empresas como Spiber, Bolt Threads (Microsilks) e AMSilk (Biosteel®) demonstra como é possível recriar estruturas proteicas com altíssima resistência e flexibilidade, obtendo fios mais fortes que o aço e mais elásticos que o Kevlar, com aplicações em esportes, EPIs e têxteis técnicos (SPIBER, 2024). A DuPont Sorona®, fibra parcialmente biobased derivada de milho, oferece durabilidade, elasticidade e resistência a manchas com pegada de carbono reduzida.

► **Biopolímeros Biodegradáveis e Compostáveis:** Os biopolímeros PHA e PLA, sintetizados via fermentação, são amplamente utilizados na produção de fibras biodegradáveis e compostáveis, reduzindo a dependência de petróleo. A Mango Materials, por exemplo, produz PHA a partir de metano para tecidos e embalagens compostáveis. O PHBV, com degradação de até 86% em 180 dias, é ideal para uniformes e produtos de uso intensivo (MEEREBOER et al., 2020; GONZÁLEZ-ROJO et al., 2024).

► **Materiais de Micélio e Couros Alternativos:** O micélio, estrutura vegetativa dos fungos, tem sido explorado por empresas como MycoWorks e NEFFA para criar tecidos moldados e couros vegetais. Biodegradáveis, duráveis e cultiváveis localmente, esses materiais são excelentes para calçados, bolsas e design de interiores.

► **Fibras Funcionais de Celulose Bacteriana e Quitosana:** A celulose bacteriana, cultivada por *Acetobacter xylinum*, gera tecidos leves,

resistentes e biodegradáveis, já explorados em moda e aplicações médicas. A quitosana, derivada de crustáceos, é antimicrobiana e biocompatível, sendo usada em têxtil médico, esportivo e hospitalar (LI et al., 2022).

► **Algas, Fibras de Biofermentação e Função Cosmética:** Empresas como Algaeing™ e Algalife transformam macroalgas cultivadas em sistemas fechados em fios biodegradáveis e funcionais, e corantes têxteis, com redução de até 98% no uso de água. Esses materiais agregam propriedades terapêuticas e estéticas aos tecidos, ideais para moda funcional e wellness.

► **Enzimas Biotecnológicas:** Sustentabilidade no Processo: A aplicação de enzimas no tratamento de fibras, tingimento, efluentes e reciclagem têxtil representa um dos avanços mais relevantes. Marcas como Stella McCartney, H&M e Puma já utilizam enzimas para substituir produtos químicos agressivos, reduzindo impactos e elevando a eficiência (PUMA, 2024; H&M, 2024).

3.5.1 Desafios e oportunidades da biofabricação

Apesar do potencial disruptivo, a biofabricação ainda enfrenta custos elevados, barreiras de escala e exigências regulatórias. Algumas rotas não são biodegradáveis (como certas rotas de PBT), exigindo análises de ciclo de vida. Algumas fibras biotecnológicas não são biodegradáveis e outras dependem de infraestrutura industrial avançada. Ainda assim, quem investir agora antecipa regulações, cria novos modelos de negócio e fortalece liderança em inovação responsável (UNEP, 2023; PWC, 2024).

Em suma, a biofabricação não é apenas uma promessa tecnológica, mas uma ponte concreta entre alto desempenho, circularidade e futuro regenerativo. Para os empresários e gestores do setor, a biotecnologia aplicada aos materiais representa mais do que uma inovação verde. Ela abre **novos nichos de mercado**, desde moda sustentável a têxteis técnicos, e oferece vantagens competitivas claras: redução de emissões e consumo de recursos, diversificação de portfólio e conexão com consumidores que exigem produtos éticos. O desafio da escalabilidade deve ser visto como etapa de maturação tecnológica, e não como uma barreira definitiva,

em um setor que busca urgentemente reconfigurar suas bases materiais rumo a 2030.

Mas é no ciclo real de uso, quando o produto é vestido, lavado, desgastado ou reparado, que essa promessa se transforma em desempenho concreto. É nesse cotidiano que os materiais revelam sua verdadeira resiliência, impacto ambiental e longevidade. Surge então um novo ponto de inflexão: o meio de vida.

3.6 Meio de vida: Uso, Desempenho e Extensão da Vida Útil

O impacto de uma peça não termina na prateleira. É no uso real, nas lavagens sucessivas no consumo de energia e água, no desgaste e na liberação de microplásticos, que se concentram os efeitos ambientais mais invisíveis e determinantes da moda. Nessa etapa define-se se o valor será preservado ou desperdiçado, se a durabilidade será ampliada ou encurtada e se a experiência de uso agregará valor ou antecipará o descarte.

Transformar o uso em parte da própria performance ambiental do produto é decisivo. Cada reparo realizado, cada ciclo de lavagem adiado e cada reúso consciente tornam-se indicadores práticos de circularidade, ampliando a conexão entre consumidor e marca em torno de uma mesma agenda sustentável.

Esse momento expõe um paradoxo estratégico: o uso é o ponto de maior influência do consumidor, mas também de maior responsabilidade das empresas. Cabe ao design antecipar impactos e projetar para durabilidade, funcionalidade e circularidade convertendo o uso em motor de inovação, fidelização e vantagem competitiva. Tecidos modulares, acabamentos inteligentes e programas de segunda vida, como recompra, aluguel ou revenda, ampliam o tempo de uso, reduzem impactos e reforçam a fidelização.

No meio de vida, portanto, o valor real dos materiais se confirma. Produtos que mantêm desempenho prolongado e que contam com engajamento ativo do usuário consolidam o uso como eixo central da sustentabilidade. Nesse cenário, consumidor e empresa dividem protagonismo: enquanto a indústria projeta para estender a longevidade, o consumidor, ao adotar práticas conscientes, passa a ser corresponsável pelo desempenho ambiental e estratégico da peça.

3.7 Materiais Funcionais e Nanomateriais: A Função Como Nova Fronteira de Valor

Na nova era dos materiais têxteis, a diferenciação não se limita mais ao design: ela nasce das funcionalidades incorporadas aos tecidos. Peças que se moldam ao corpo, regulam a temperatura, repelem microrganismos ou promovem bem-estar já transformam o vestir em uma experiência de desempenho e inovação.

A convergência entre nanotecnologia e biomimética, com nanomateriais, aditivos ativos e estruturas bioinspiradas, amplia o papel dos materiais: agora eles protegem, regeneram, adaptam-se e até interagem com o ambiente. A seguir, mapeamos as principais classes de materiais funcionais e suas aplicações estratégicas.

3.7.1 Materiais funcionais para uso ativo

No vestuário técnico, esportivo e profissional, os nanomateriais como o grafeno oferecem leveza, condutividade térmica e resistência à umidade. Já os materiais de mudança de fase (PCM), como os utilizados pela Columbia Sportswear e SYCORE-TEX, absorvem ou liberam calor conforme a necessidade, otimizando o conforto térmico. Materiais auxéticos, como os da Advanced Fabric Technologies (Xtrega™), expandem-se sob tensão e são ideais para EPI, roupas de segurança e atividades de alto impacto. Materiais regenerativos, como os desenvolvidos pela PolyNovo, se aplicam a curativos inteligentes e tecidos médicos com propriedades cicatrizantes.

3.7.2 Materiais inteligentes: quando a peça pensa com o corpo

A nova fronteira é a inteligência embarcada. Roupas capazes de gerar eletricidade com o movimento (Vollebak), mudar de cor com o sol (The North Face), adaptar sua forma ao corpo (Nike) ou monitorar batimentos e respiração (Hexoskin) já são realidade. Essas tecnologias ampliam a interação entre produto, usuário e ambiente. Em contextos extremos, como frio intenso, calor excessivo ou risco químico, materiais termocrômicos, fotovoltaicos e quimioresistores oferecem soluções antes restritas a campos como defesa e saúde. A DuPont, por exemplo, já aplica sensores químicos em EPI industriais de alta performance.

3.7.3 Impressão 3D e estrutura funcional

A impressão 3D também ganha protagonismo como tecnologia de produção funcional. Ela permite a criação de malhas com geometrias inteligentes, estruturas porosas respiráveis ou texturas específicas para absorção, flexibilidade ou rigidez. Além disso, possibilita a integração de resinas aditivadas com ativos naturais (antimicrobianos, condutivos ou biodegradáveis), criando peças híbridas e adaptáveis à demanda real de uso.

3.7.4 Valor, performance e longevidade conectados

Integrar funcionalidade avançada ao design têxtil amplia a vida útil, reduz descartes e cria uma experiência mais conectada com o consumidor. Materiais que facilitam o cuidado, regulam a temperatura, controlam odores e monitoram desgaste são catalisadores de circularidade em uso, prolongando o vínculo entre o produto e o usuário e gerando novos modelos de negócios baseados em uso inteligente.

No cenário de passaportes digitais de produtos, rastreabilidade em tempo real e regulamentações ESG cada vez mais exigentes, os materiais funcionais e inteligentes não são mais futurismo: são a nova base da competitividade.

QUADRO 5: MATERIAIS TÊXTEIS FUNCIONAIS POR TIPO DE FUNÇÃO

Função	Tecnologias e Materiais	Aplicações Típicas	Exemplos Reais / Empresas
Térmica	Materiais de Mudança de Fase (PCM) - Grafeno (controle térmico)	Roupas esportivas, outdoor, uniformes militares	Columbia Sportswear, SYCORE-TEX, Directa Plus
Mecânica / Estrutural	Materiais Auxéticos - Fibras com memória de forma - Impressão 3D com geometrias personalizadas	EPI, roupas de segurança, calçados técnicos	AFT (Xtegra™), Nike, Adidas
Sensorial / Responsiva	Materiais fotocromáticos e termocrômicos - Piezoresistivos e piezoelétricos	Moda interativa, vestuário esportivo e médico	The North Face, Under Armour, Hexoskin, Vollebak
Energética	Materiais piezoelétricos - Tecidos fotovoltaicos (painéis solares integrados)	Wearables energéticos, mochilas e jaquetas autocarregáveis	Voltaic Systems, Vollebak
Química / Protetiva	Materiais quimioresistores - Têxteis antimicrobianos Revestimentos hidrofóbicos e antifúngicos	EPI industrial, saúde, roupas hospitalares, outdoor	DuPont, 3M, Patagonia, Stella McCartney
Funcionalidade Cosmética / Bem-estar	Fibras com ativos naturais - Fibras de algas biofuncionais - Tecidos com liberação gradual	Moda wellness, roupas com benefícios terapêuticos	Algalife, Algaeing™, NEFFA
Interatividade Digital	Gêmeos digitais - Etiquetas RFID inteligentes - IA embarcada para rastrear desgaste e uso	Vestuário conectado, passaporte digital europeu	ECOSKILLS, Hexoskin, marcas integradas a DPP

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.8 Têxteis Inteligentes e Tecnologia Vestível: Conectividade e Performance

A tendência dos tecidos inteligentes e da tecnologia vestível está moldando o futuro do setor têxtil, oferecendo oportunidades estratégicas para empresas que desejam expandir seus mercados e se diferenciar. Esses materiais, conhecidos como “smart textiles” ou “e-textiles”, integram tecnologias embarcadas que detectam, respondem e se adaptam ao ambiente ou ao usuário. Com avanços em nanotecnologia, IoT e materiais responsivos, os tecidos inteligentes estão transformando os segmentos de saúde, esportes, moda e segurança.

PRINCIPAIS FUNÇÕES E APLICAÇÕES:

► Conectividade e IoT

Roupas conectadas podem integrar sensores fisiológicos que se comunicam com dispositivos móveis e ecossistemas digitais. Camisetas que transmitem dados via Bluetooth para apps de treino são um exemplo prático.

► Saúde e bem-estar

Dispositivos como os da Hexoskin ou OMSignal monitoram batimentos, respiração e temperatura em tempo real. Têxteis médicos inteligentes também já permitem liberação controlada de medicamentos ou cicatrização acelerada.

► Desempenho e segurança esportiva

Tecidos que controlam temperatura e umidade, braceletes de rastreamento e sensores de movimento, como os usados pela Adidas, estão redefinindo a experiência do atleta.

► Moda interativa

Marcas como The Unseen e The North Face desenvolvem tecidos que mudam de cor com luz ou calor, criando designs que reagem ao ambiente.

► Ambientes críticos

No setor militar, sensores integrados a uniformes monitoram sinais vitais, localização e ameaças químicas, conectando soldados à cadeia de comando via IoT.

► Tecnologias de suporte

Baterias flexíveis alimentam LEDs e sensores sem comprometer o conforto.

Integração via apps permite que o usuário personalize o desempenho de sua roupa.

Plataformas de IoT conectam o vestuário a dispositivos e sistemas maiores, criando ambientes responsivos e inteligentes.

► Tecnologias de suporte

Baterias flexíveis alimentam LEDs e sensores sem comprometer o conforto.

Integração via apps permite que o usuário personalize o desempenho de sua roupa.

Plataformas de IoT conectam o vestuário a dispositivos e sistemas maiores, criando ambientes responsivos e inteligentes.

Investir em tecidos inteligentes é uma estratégia de liderança. Ao integrar funcionalidade, dados e conectividade, empresas têxteis passam a oferecer não apenas produtos, mas serviços e experiências. Essa convergência entre têxtil, tecnologia e bem-estar está definindo o novo padrão de competitividade no setor.

3.9 Fibras Naturais e Têxteis Técnicos

As fibras e têxteis técnicos estão redefinindo os limites da inovação no setor têxtil. No segmento de têxteis de alta performance, fibras como Kevlar e carbono são valorizadas pela combinação de leveza e extrema resistência. Elas possibilitam equipamentos esportivos e de proteção ultra resistentes, além de componentes para automóveis e aeronaves que reduzem peso e emissões. Paralelamente, há um movimento para integrar fibras naturais sustentáveis, cânhamo, bambu, algas marinhas ou Piñatex (fibra de folhas de abacaxi), que unem desempenho mecânico, propriedades antimicrobianas e regulação térmica com um ciclo de vida de baixa pegada de carbono. Essas alternativas refletem a tendência global de conciliar performance técnica e responsabilidade ambiental.

Os têxteis técnicos sustentáveis expandem as aplicações desses materiais. Tecidos com resistência térmica, impermeabilidade e durabilidade superior atendem a mercados de proteção industrial, esportes extremos, moda outdoor e EPIs. Ao incorporar membranas ecológicas, fibras recicladas ou compósitos de base biológica, esses produtos mantêm a funcionalidade e reduzem o impacto ambiental, atraindo consumidores e empresas preocupados com a sustentabilidade.

Empresas como Gore-Tex, Cordura, Polartec, Sympatex e Columbia Sportswear são referências no desenvolvimento de tecidos que resistem ao tempo e às condições adversas, e agregam valor percebido por meio da funcionalidade. Ao adotar essas soluções, as marcas se reposicionam como produtoras de moda e como fornecedoras de tecnologia aplicada ao corpo, o que tem conquistado tanto consumidores exigentes quanto setores industriais e públicos altamente regulados.

Nesse sentido, investir em têxteis técnicos é alinhar-se a um movimento estratégico de alta performance, funcionalidade e sustentabilidade.

3.9.1 Fibras Naturais de Alto Desempenho e Sustentabilidade

Enquanto os materiais sintéticos de engenharia continuam dominando segmentos técnicos, uma nova geração de fibras naturais vem ganhando espaço por aliar resistência mecânica, leveza e

responsabilidade ambiental. Fibras como cânhamo, bambu, laranja, bananeira, cana-de-açúcar, Piñatex® (abacaxi) e algas marinhas estão sendo incorporadas a tecidos de alto desempenho por empresas que buscam ampliar seu portfólio com inovação regenerativa.

O cânhamo, por exemplo, é uma das fibras mais promissoras da atualidade. Com cultivo de baixo impacto, crescimento rápido, resistência à tração e propriedades antimicrobianas, ele tem sido utilizado por marcas como a Hemp Fortex em produtos duráveis, técnicos e sustentáveis. Já o bambu, com suas fibras naturalmente respiráveis e reguladoras de temperatura, vem sendo aplicado por empresas como a Boody em roupas esportivas e íntimas de alto conforto, aliando bem-estar à ecoeficiência.

Outro exemplo é o Piñatex®, desenvolvido a partir das folhas do abacaxi pela Ananas Anam. Com textura semelhante ao couro e 100% vegetal, a fibra está sendo usada em calçados, bolsas e acessórios como alternativa vegana ao couro animal. O pseudocaulo da bananeira também tem demonstrado potencial: com tratamentos de deslignificação, suas fibras se aproximam do algodão, mantendo alta resistência e circularidade, como no caso da empresa Green Banana Paper, que cria acessórios ecológicos a partir desse insumo.

As fibras de laranja, criadas pela Orange Fiber, transformam resíduos da indústria de sucos em tecidos suaves, respiráveis e biodegradáveis, já utilizados por marcas de luxo como Salvatore Ferragamo. E o bagaço da cana-de-açúcar, tradicionalmente descartado pela agroindústria, agora dá origem a fios têxteis resistentes e com alto poder de absorção, impulsionando a circularidade em setores industriais e de proteção (ORANGE FIBER, 2025).

Um dos destaques em inovação ambiental são as fibras de algas marinhas, como as desenvolvidas pela Smartfiber (SeaCell®). Essas fibras são cultivadas sem necessidade de terra, água doce ou fertilizantes, e apresentam benefícios ambientais e funcionais: absorvem CO₂ em larga escala, têm propriedades antibacterianas e regeneradoras da pele, e são ideais para roupas de alta rotatividade com valor de bem-estar embutido.

3.9.2 Têxteis Técnicos Sustentáveis: Resistência com Responsabilidade

O universo dos têxteis técnicos avança com materiais cada vez mais especializados. Roupas e equipamentos destinados a ambientes extremos, como calor intenso, abrasão, umidade ou exposição química, precisam combinar alta performance com conforto e segurança.

A resistência térmica é fundamental em setores como indústria pesada, mineração e segurança pública. Empresas como Gore-Tex e Polartec oferecem soluções capazes de suportar temperaturas elevadas, mantendo respirabilidade e mobilidade do usuário. Da mesma forma, a impermeabilidade e resistência à abrasão são diferenciais competitivos em atividades como esportes extremos, logística e construção. As tecnologias desenvolvidas por Sympatex e Cordura possibilitam a criação de tecidos funcionais, leves e altamente duráveis, atributos indispensáveis em montanhismo, esportes náuticos e ambientes industriais agressivos.

Outro diferencial estratégico está na durabilidade estendida dos materiais: Têxteis técnicos são projetados para suportar estresse físico e desgaste repetitivo sem perda de desempenho. A Cordura, por exemplo, desenvolve tecidos que resistem ao atrito constante e mantêm sua integridade estrutural, sendo ideais para uniformes, mochilas e equipamentos táticos. Essa longevidade reduz o consumo de recursos ao longo do tempo e fortalece a proposta de valor sustentável da marca.

A sustentabilidade aplicada nos têxteis técnicos é uma realidade crescente. Empresas como Columbia Sportswear e Ecoalf incorporam fibras recicladas, processos com baixo consumo energético e acabamentos livres de PFC (polifluorcarbonos), ampliando o alcance dos têxteis técnicos para públicos que exigem alto desempenho e baixo impacto ambiental.

3.9.3 Visão Estratégica para o Setor no Brasil

De acordo com o relatório Gherzi (2023), elaborado para o SENAI CETIQT e SENAI-SP, com foco na aceleração do crescimento do setor de têxteis técnicos no Brasil, o país, o Brasil reúne condições industriais, logísticas e de recursos para expandir sua atuação em segmentos estratégicos como Packtech (embalagens técnicas), Meditech (saúde), Geotech (infraestrutura) e Protech (proteção). No entanto, para converter esse potencial em vantagem competitiva, é necessário fortalecer as capacidades de inovação, qualificação técnica e articulação setorial.

A proposta apresentada pelo estudo é clara: acelerar o crescimento dos têxteis técnicos no Brasil requer ações integradas que envolvem cinco clusters estratégicos:

► Cluster 1:

Inovação e desenvolvimento tecnológico – impressão 3D, nanotecnologia e materiais inteligentes de alto valor agregado; centros de teste e P&D em parceria global; incentivos fiscais à inovação.

► Cluster 2:

Sustentabilidade e economia circular – acesso a mecanismos como o Fundo Verde; alinhamento às megatendências circulares (Meditech, Geotech); criação de um observatório setorial de boas práticas.

► Cluster 3:

Expansão de mercado e nichos – estímulo a compras públicas de têxteis técnicos; apoio a incubadoras e startups; exploração de nichos ágeis e de baixo custo.

► Cluster 4:

Capacitação e infraestrutura industrial – mão de obra qualificada; modernização industrial; centros de teste; participação em eventos globais.

► Cluster 5:

Ambiente regulatório e inteligência setorial – simplificação normativa; adesão a padrões internacionais; portais de dados e inteligência em tempo real.

Uma matriz SWOT, elaborada no referido estudo, sintetiza as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças que moldam o setor no Brasil.

POSIÇÃO COMPETITIVA DO SETOR DE TÊXTEIS TÉCNICOS NO BRASIL

S

1. Disponibilidade de Matérias-Primas: Abundância de recursos naturais e potencial para fibras sustentáveis derivadas do agronegócio.
2. Capacidade Industrial: Infraestrutura e base de empresas prontas para expandir e adaptar para têxteis técnicos.
3. Mão de Obra Qualificada: Formação técnica robusta, com suporte de programas como os do SENAI CETIQT.

W

1. Falta de Inovação: Baixo investimento em P&D, dificultando a competitividade.
2. Infraestrutura Inadequada: Logística e suporte tecnológico insuficientes para otimizar a produção.
3. Dificuldade de Financiamento: Poucos incentivos fiscais e acesso restrito a investimentos para inovação.

O

1. Tecnologias Emergentes: Impressão 3D e nanotecnologia para aumentar eficiência e reduzir custos.
2. Sustentabilidade: Forte demanda por têxteis de baixa pegada de carbono, como os circulares e reciclados e o uso de fibras provenientes de resíduos.
3. Expansão do Mercado Interno: Crescimento na demanda de setores como construção e saúde.

T

1. Tecnologias Emergentes: Impressão 3D e nanotecnologia para aumentar eficiência e reduzir custos.
2. Sustentabilidade: Forte demanda por têxteis de baixa pegada de carbono, como os circulares e reciclados e o uso de fibras provenientes de resíduos.
3. Expansão do Mercado Interno: Crescimento na demanda de setores como construção e saúde.

Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e ameaças (Threats)

Figura 6: Matriz SWOT do Setor de Têxteis Técnicos

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.9.4 Oportunidades para Empresários

A transformação do setor de têxteis técnicos, além de tecnológica, é profundamente estratégica. Para empresários do setor, investir em tecnologias emergentes, como impressão 3D, nanotecnologia e materiais inteligentes, e adotar fibras sustentáveis derivadas de resíduos agroindustriais significa reduzir custos, aumentar a eficiência e fortalecer a competitividade global em um mercado orientado por performance, circularidade e inovação responsável.

Esses investimentos alinham o setor às demandas crescentes por produtos ecoeficientes e posicionam o Brasil para capturar novas oportunidades e responder rapidamente às tendências internacionais. Empresas que combinam inovação material, eficiência energética e responsabilidade ambiental estarão à frente da nova era de valor industrial. Ao integrar fibras naturais avançadas, tecidos técnicos inteligentes e uma agenda de sustentabilidade aplicada, o Brasil pode não apenas acompanhar, mas liderar o movimento global por uma economia têxtil regenerativa e de alta performance.

3.10 Fim de Vida: Fechando o Ciclo com Circularidade e Regeneração

O fim de vida de um artigo têxtil não precisa representar o fim de sua utilidade. No setor têxtil, essa fase vem se consolidando como janela estratégica para fechar o ciclo, recuperar valor e transformar resíduos em novos recursos. Um número crescente de marcas com visão circular tem ressignificado esse momento, transformando o fim do ciclo em novo começo, para o produto, a cadeia de valor e a própria relação com o consumidor.

Durante décadas, a lógica linear “produzir–usar–descartar” predominou no setor têxtil e de confecção. Hoje, esse paradigma começa a ceder lugar à lógica da revalorização: o fim do ciclo é uma oportunidade estratégica de manter materiais em circulação, recuperar recursos e gerar novas fontes de receita.

Nesse contexto, tecnologias habilitadoras ganham protagonismo. A reciclagem química e enzimática, por exemplo, permite a despolimerização das fibras em monômeros básicos, regenerando materiais como poliéster, viscose e algodão

com qualidade de fibra virgem. Empresas como Worn Again, Re:newcell, RE&UP Recycling e Sam-sara Eco já operam processos avançados que evitam o downcycling e mantêm o valor em circulação (TEXTILE EXCHANGE, 2024).

Paralelamente, soluções digitais viabilizam a circularidade em escala. Blockchain, passaportes digitais (DPP) e etiquetas inteligentes (RFID) permitem rastrear o ciclo de vida do produto, facilitar devoluções, otimizar a triagem e garantir transparência fatores decisivos frente a normas como o Green Deal Europeu e a CS3D.

Nesse novo ecossistema, plataformas como Repassa (Brasil), ThredUp (EUA) e Vinted (Europa) ampliam o alcance dessa lógica ao intermediar revenda, reúso e logística reversa, estendendo a vida útil dos produtos e gerando novas receitas para que integram o pós-consumo à estratégia.

Do ponto de vista regulatório, a Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) já é obrigatória em diversos países e avança no Brasil, exigindo que empresas se responsabilizem pelo destino de seus produtos, por meio de ações de coleta, reciclagem e reprocessamento, muitas vezes de forma coletiva e setorial.

Projetar o fim desde o início tornou-se uma competência estratégica. Com materiais apropriados, modelos regenerativos e tecnologias de rastreamento, o pós-consumo deixa de ser descarte para se tornar reentrada. O que era fim, agora é reinício, ambiental, econômico e reputacional.

3.11 Visão de Futuro 2030: Materiais que Regeneram Cadeias Inteiras

A próxima década será marcada por uma profunda reconfiguração na lógica de materiais no setor têxtil e de confecção. Até 2030, espera-se que a produção global de fibras ultrapasse 160 milhões de toneladas, o que intensificará significativamente a pressão sobre água, terra e clima (ECOSKILLS ACADEMY, 2024). Nesse contexto, os materiais deixarão de ser apenas insumos físicos para se tornarem plataformas regenerativas, carregando inovação, circularidade e valores éticos em sua composição.

3.11.1 Bioeconomia em escala industrial

A bioeconomia, nesse contexto, tende a se consolidar como o novo mainstream da indústria têxtil. Fibras derivadas de micélio, algas e leveduras, cultivadas por biotecnologia, devem integrar cadeias produtivas em larga escala, enquanto biopolímeros renováveis substituem insumos fósseis. A fronteira entre matéria-prima e resíduo torna-se cada vez mais tênue, e reversível.

- ▶ **Transição regenerativa:** a origem biológica e renovável dos materiais passa a determinar sua viabilidade competitiva e seu valor sistêmico.
- ▶ **Impacto direto:** redução de emissões, menor uso de recursos finitos e valorização de cadeias produtivas locais.

3.11.2 Materiais inteligentes e funcionais

Os materiais de 2030 não serão apenas sustentáveis, serão inteligentes, interativos e responsivos.

- ▶ **Funções avançadas:** tecidos com sensores, propriedades antimicrobianas, geração de energia (fotovoltaica ou cinética) e autorregeneração passam a conectar corpo, ambiente e sistemas digitais.
- ▶ **Interface viva:** o vestuário se transforma em plataforma ativa de coleta de dados, otimização logística e rastreabilidade.

3.11.3 Circularidade programada desde a origem

O design circular deixa de ser opcional. Empresas passam a projetar o fim desde o início.

- ▶ **Design para circularidade:** uso de monomateriais recicláveis, modularidade, desmontagem facilitada e reprocessamento inteligente.
- ▶ **Exigência global:** cadeias de suprimento mais exigentes demandarão rastreabilidade, baixa pegada de carbono e circularidade comprovada.

3.11.4 Convergência tecnológica para escala e transparência

O futuro dos materiais será viabilizado pela interoperabilidade entre tecnologias habilitadoras:

- ▶ **Blockchain, IA e passaportes digitais:** permitem

rastrear o ciclo de vida completo das peças, do cultivo à reciclagem, integrando transparência e responsabilidade.

- ▶ **Produção sob demanda:** impressão 3D, algoritmos de previsão e captura de carbono viabilizam fluxos adaptativos e menor desperdício.

3.11.5 Regulação como vetor de transformação

A pressão regulatória global já está redesenhando os critérios de viabilidade dos materiais:

- ▶ **União Europeia:** metas para dobrar a circularidade e elevar a eficiência energética.
- ▶ **Estados Unidos:** proibição de PFAS e fortalecimento da responsabilidade estendida do produtor (EPR).
- ▶ **Tendência sistêmica:** empresas que não atenderem a essas novas exigências ficarão fora dos mercados mais relevantes até o final da década.

3.12 Visão 2030 para os Materiais Têxteis

Até o final da década, veremos a consolidação de um novo paradigma de materiais, com os seguintes pilares estruturantes:

- ▶ **Biológicos, regenerativos e circulares,** substituindo insumos fósseis e reduzindo pegadas ambientais.
- ▶ **Inteligentes e interativos,** conectando digitalmente toda a cadeia, do campo ao pós-consumo.
- ▶ **Rastreáveis e auditáveis,** com dados em tempo real sobre origem, uso, impacto e descarte.
- ▶ **Programados para o reúso,** integrando design circular, modularidade e logística reversa inteligente.
- ▶ **Alinhados a políticas industriais e marcos regulatórios globais,** como a Missão 4 da Nova Indústria Brasil, o Acordo de Paris e o Green Deal Europeu.
- ▶ **Culturalmente engajados,** capazes de comunicar valores e gerar conexão emocional com consumidores.

Essa visão não é uma utopia distante, é uma rota estratégica já em construção. Relatórios como o da Gherzi (2023) apontam caminhos claros para que o Brasil fortaleça sua indústria têxtil com base em inovação, sustentabilidade, capacitação e regulação coordenada.

Nesse contexto, os materiais de 2030 carregarão valores imateriais, tornando-se veículos de

narrativas de justiça, regeneração e pertencimento. Ao evidenciar atributos como origem renovável, rastreabilidade, respeito aos direitos humanos e inclusão produtiva, serão emblemas éticos, avaliados não apenas pelo que fazem, mas pelo que representam.

Mais do que desempenho, comunicarão propósito. Uma camiseta feita com algodão regenerativo poderá simbolizar engajamento ambiental; um tênis produzido a partir de resíduos oceânicos contará uma história de cuidado com o planeta; um tecido que fortalece comunidades locais expressará inclusão e justiça econômica.

Neste novo ciclo, os materiais sustentáveis deixam de ser apenas insumos e passam a ser mensagens vivas, onde ética, inovação e identidade se entrelaçam. O futuro dos materiais será tecido em valores, não apenas em moléculas.

É possível dizer que a transformação da base da cadeia têxtil de confecção tende a ser uma das principais alavancas de sustentabilidade e inovação até 2030. Mas, para essa virada sistêmica ocorrer, faz-se necessárias ações coordenadas e imediatas.

Chamada à Ação

1

Inove na origem

Adote biomateriais renováveis, reciclados e tecnologias de captura de carbono como diferencial competitivo desde o início.

4

Prepare o fim desde o início

Incorpore tecnologias e sistemas inteligentes que facilitem a separação, rastreamento e reintegração dos materiais ao ciclo produtivo.

2

Projete para a circularidade

Integre funcionalidade, durabilidade e reúso diretamente nas decisões estratégicas de design e modelo de negócios.

5

Meça com precisão e reporte resultados

Utilize ferramentas como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para identificar hotspots, definir metas e comunicar resultados de forma transparente aos stakeholders.

3

Otimize processos

Implemente tecnologias digitais e eficiência energética para reduzir custos, eliminar desperdícios e satisfazer consumidores conscientes.

6

Colabore e influencie

Construa alianças estratégicas com startups, fornecedores de materiais sustentáveis e formuladores de políticas públicas para acelerar a transição para uma economia regenerativa.

O Capítulo 4 apresenta a próxima fronteira da transformação: a produção 4.0, onde sensores, algoritmos, robótica e sistemas autônomos reprogramam o chão de fábrica, tornando-o mais ágil, preciso, limpo e adaptável às exigências de um setor em transição acelerada.

3.13 Motores Estratégicos da Nova Matéria: Como Reconfiguram a Base da Cadeia T&C

Quais forças estão redesenhando a origem, o uso e a reintegração dos materiais têxteis, e como cada uma delas reposiciona a cadeia até 2030?

A tabela a seguir sintetiza os principais motores estratégicos associados à transformação dos materiais na cadeia têxtil e de confecção até 2030. Esses motores atuam sobre a origem, a composição, a funcionalidade e a reintegração dos materiais aos sistemas produtivos, impulsionando inovação, circularidade e descarbonização ao longo da cadeia de valor. A síntese evidencia o papel estratégico dos materiais na reconfiguração da indústria têxtil e de confecção.

MOTORES ESTRATÉGICOS DA NOVA MATÉRIA

Motor da Transição	Posição na Cadeia	Onde Atua com Mais Intensidade	Como Atua	Como Converge
Design Regenerativo e Ecodesign	Início: concepção e formulação de produtos	Escolha de insumos, durabilidade e desmontagem	Monomateriais, compatibilidade reciclável e métricas ambientais integradas	Sustentabilidade aplicada, inovação técnica e exigências regulatórias
Fibras Cultivadas in Vitro e Biotecnologia Aplicada	Início: desenvolvimento de fibras e polímeros	Substituição de insumos sintéticos e de origem animal	Micélio, seda bacteriana e tecidos fermentados em biorreatores	Bioeconomia, identidade de marca e inovação limpa
Uso de Biomassa e Valorização de Resíduos Agroindustriais	Início: conversão em fibras e compostos	Substituição de matérias-primas virgens	Insumos agrícolas, florestais e alimentares (PLA, Piñatex®)	Desfossilização, circularidade produtiva, regeneração de cadeias e inovação territorial
Química Verde	Início e meio de vida: formulação, processamento e acabamento	Síntese de fibras, tingimento e funcionalizações	Solventes verdes, catalisadores benignos, processos em circuito fechado e insumos renováveis	Bioeconomia, eco-design, segurança ocupacional, regulações (REACH, ESPR)
Reutilização, Upcycling e Revalorização	Meio e fim de vida	Reúso, recomposição e reintrodução ao sistema	Programas de compra, reprocessamento criativo e customização pós-venda	Consumo consciente, circularidade e modelos de retorno
Blends Compatíveis e Monomateriais para Circularidade	Início : design técnico e formulação	Desmontagem e reintegração	Materiais puros ou quimicamente compatibilizados	Design circular, ACV e tecnologias regenerativas
Compostabilidade e Fim de Vida Regenerativo	Fim de vida: descarte planejado e retorno ao solo	Produtos de curta duração e sem rota de reúso	Fibras certificadas, biodegradáveis e compostáveis	Ciclos biológicos, descarte regenerativo, certificações ambientais
Alta Durabilidade e Funcionalidade Avançada	Meio de vida: uso, desempenho e manutenção	Extensão do ciclo de uso e redução do descarte	Têxteis antimicrobianos, autolimpantes e de alta resistência	Circularidade, eficiência de recursos e consumo racional
Nanotecnologia para Funcionalização de Fibras	Meio de vida	Performance e eficiência no uso	Nanopartículas antimicrobianas, térmicas ou com proteção UV	Funcionalidades avançadas, baixo impacto e circularidade técnica
Têxteis com Carbono Negativo	Início: cultivo ou fabricação da fibra	Redução da pegada de carbono desde o insumo	Biomassa regenerativa, insumos via CCU, uso de biochar	Descarbonização, créditos climáticos e finanças verdes
Rastreamento Molecular e Digital de Materiais	Da origem ao descarte ou reintegração	Rastreabilidade, conformidade e logística reversa	Etiquetas inteligentes, passaportes digitais, DNA sintético	Blockchain, métricas ESG, certificações
Governança ESG dos Materiais	Transversal: da escolha ao relato de impacto	Fornecimento, compliance e reputação corporativa	Insumos certificados, métricas ESG e critérios de rastreabilidade	Cadeias confiáveis, mercados regulados e posicionamento premium
Comunicação Sustentável de Materiais	Consumo e pós-consumo	Rotulagem, marketing e canais digitais	Storytelling, indicadores visuais, plataformas de rastreamento	ESG, cultura de consumo responsável e certificações



CAPÍTULO 4

PRODUÇÃO DO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO 2030 ARQUITETURA INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E CONECTADA

Gilson Leite
Ricardo Cecci

PROCESSOS PRODUTIVOS TÊXTEIS E DE CONFECÇÃO 2030: ARQUITETURA INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E CONECTADA¹

O futuro do setor não será definido apenas por eficiência operacional, mas pela capacidade de integrar tecnologia, sustentabilidade, dados e resposta ao mercado em um sistema produtivo coerente e adaptativo.

Nesse contexto, a produção deixa de ser entendida como uma sequência linear de processos e passa a operar como uma arquitetura inteligente, na qual decisões estratégicas ambientais, econômicas e organizacionais são materializadas no chão de fábrica. A fábrica deixa de ser apenas um espaço de produção para assumir um papel estratégico na integração entre rastreabilidade, descarbonização, flexibilidade produtiva e competitividade.

A transição rumo a 2030 é impulsionada pela convergência entre digitalização, inteligência artificial, automação avançada e novos modelos produtivos orientados à demanda. Esses vetores não atuam de forma isolada: eles reorganizam a lógica industrial, conectando o campo à indústria, a indústria ao varejo e o produto ao seu ciclo de vida completo.

Neste capítulo, a produção têxtil é analisada como instrumento estratégico da transformação setorial. Ao longo da cadeia da produção de fibras naturais e químicas à fiação, tecelagem, beneficiamento e confecção, observa-se a incorporação progressiva de tecnologias que ampliam

previsibilidade, reduzem impactos ambientais, viabilizam a personalização em escala e fortalecem a governança da cadeia.

Mais do que descrever processos ou tecnologias, este capítulo demonstra como transformações estruturais previstas para a Indústria Têxtil e de confecção redefinem as decisões produtivas e os modelos de operação industrial. A fábrica inteligente emerge, assim, como a base operacional necessária para responder a um ambiente produtivo cada vez mais regulado, competitivo, digitalizado e orientado por dados.

O horizonte de 2030 exige que o setor seja capaz de produzir mais, com maior qualidade, eficiência e menor impacto ambiental. Essa transformação abrange toda a cadeia produtiva: do manejo digital do algodão e da classificação automatizada de fibras rastreáveis às fiações conectadas, aos teares autônomos, aos processos de beneficiamento de baixo impacto e às confecções integradas ao varejo e a plataformas digitais.

Empresas que incorporam essas tecnologias tendem a consolidar vantagens competitivas relacionadas à:

- ▶ redução significativa de desperdícios;
- ▶ revisibilidade operacional e manutenção preditiva²;
- ▶ integração contínua entre planejamento e execução;
- ▶ produção sob demanda e customização em escala;
- ▶ rastreabilidade robusta e mensuração precisa de indicadores ESG³.

Este capítulo busca traduzir a visão estratégica da Indústria Têxtil 2030 em decisões produtivas concretas, capazes de sustentar competitividade, conformidade regulatória e acesso a mercados globais.

1. Autores: Gilson Leite e Ricardo Cecci

2. Manutenção preditiva – Estratégia baseada em dados para prever falhas e minimizar paradas inesperadas.

3. ESG – Environmental, Social and Governance

4. Indústria 4.0 – Paradigma produtivo baseado na integração entre automação, IA, dados e sistemas ciberfísicos

5. HVI – High Volume Instrument

6. Descarbonização – Redução das emissões de gases de efeito estufa ao longo da cadeia produtiva.

4.1 A Produção na Cadeia Têxtil e de Confeção: Estrutura, Desafios e Potencialidades

A cadeia têxtil brasileira é uma das mais completas do mundo, integrando agricultura, química, engenharia de materiais, múltiplos processos industriais e logística de alto nível de complexidade. Esse ecossistema gera um fluxo (Figura 07) diversificado e torna especialmente relevante a transição para fábricas inteligentes, nas quais cada etapa, do campo ao produto final, desempenha um papel estratégico.



Figura 7: Fluxo da Cadeia Têxtil.
Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir, analisamos como cada elo da cadeia produtiva têxtil e de confecção se transforma no contexto da indústria 4.0⁴.

4.1.1 Produção de Fibras Naturais: o início da fábrica inteligente

A digitalização da cadeia começa no campo. O cultivo do algodão, por exemplo, utiliza sensores de solo, drones, imagens de satélite e modelos preditivos que orientam irrigação, manejo e estimativas de produtividade. Colhedoras equipadas com sistemas embarcados registram variabilidade de qualidade, rendimento por talhão e condições operacionais, criando uma base de dados que acompanha a fibra ao longo da cadeia.

No beneficiamento (descaroçamento), sensores monitoram eficiência de limpeza, umidade e integridade da pluma. Na sequência, instrumentos de classificação HVI⁵ (High Volume Instrument) medem propriedades essenciais: micronaire, comprimento, resistência, uniformidade e cor.

Esses dados passam a compor um perfil digital da fibra, permitindo ajustes automáticos na fiação e reduzindo variações na produção. Aliada à agricultura regenerativa, certificações digitais e rastreabilidade blockchain, a produção de fibras naturais ganha importância como vetor de descarbonização⁶ e agregação de valor, conforme pode ser observado no sistema e rastreabilidade ABRAPA – Figura 8.



Figura 8: Sistema de identificação de fardos.
Fonte: ABRAPA

4.1.2 Fibras Químicas e Sistemas Inteligentes de Produção

A produção de fibras sintéticas e artificiais, como poliéster, poliamidas, viscose, elastano e acrílico, depende da estabilidade de processos contínuos altamente sensíveis. A integração entre sensores, algoritmos e plataformas MES⁷ permite monitoramento em tempo real de:

- ▶ Viscosidade do polímero;
- ▶ Temperatura e pressão;
- ▶ Taxa de extrusão;
- ▶ Parâmetros de estiramento.

O ajuste automático dessas variáveis garante propriedades como tenacidade, elasticidade e estabilidade dimensional. Práticas alinhadas à economia circular, solventes verdes, recuperação térmica e circuitos fechados de água aproximam a produção às metas globais de baixo impacto.

Essa etapa estabelece a conexão natural com temas que serão aprofundados posteriormente: processos limpos, tecnologias verdes e infraestrutura para descarbonização. Como exemplo, o sistema Delta de Manufatura – Figura 9.



Figura 9: Sistema de Manufatura de fibras químicas.
Fonte: Delta

4.1.3 Fiação: o Núcleo Integrador da Arquitetura Produtiva 2030

Com o avanço da digitalização industrial, a fiação tende a ocupar uma posição central na integração produtiva da cadeia têxtil, conectando dados,

rastreabilidade, controle de qualidade e eficiência operacional em tempo real. É nesse elo que convergem variabilidade da matéria-prima, estabilidade operacional, eficiência energética, rastreabilidade e previsibilidade econômica.

Historicamente, a fiação sempre foi reconhecida como um dos processos mais sensíveis da indústria têxtil. Pequenas variações na qualidade da fibra, nas condições ambientais ou nos parâmetros operacionais impactam diretamente a regularidade do fio, o rendimento industrial e o desempenho das etapas subsequentes. Na visão 2030, essa sensibilidade deixa de ser uma fragilidade e passa a ser uma fonte de inteligência produtiva.

A incorporação de sensores, sistemas de monitoramento contínuo e algoritmos de análise transformam a fiação em um elo capaz de traduzir dados da matéria-prima em decisões industriais automáticas. Processos de abertura, cardagem, penteagem e fiação, seja em sistemas a anel, rotor (open-end) ou air-jet e, posteriormente, conicaleiras, passam a operar com leitura contínua de variáveis críticas, como:

- ▶ irregularidade do fio (Uster);
- ▶ frequência e padrão de quebras;
- ▶ vibração e comportamento dinâmico dos fusos;
- ▶ variações de título e torção;
- ▶ condições ambientais da sala de fiação;
- ▶ eficiência por lote e por artigo.

Esses dados não permanecem restritos ao controle operacional. Eles alimentam sistemas inteligentes capazes de ajustar automaticamente velocidades, tensões, torções e composições de blenda, reduzindo desperdícios, estabilizando a produção e elevando a previsibilidade do processo. A fiação passa, assim, de um sistema reativo para um sistema adaptativo, que aprende continuamente a partir da variabilidade da matéria-prima.

No contexto das fibras químicas e regeneradas, esse papel estratégico se intensifica. Processos de texturização e estiramento passam a ser integrados ao controle digital da fiação, garantindo propriedades funcionais específicas – como volume, elasticidade, toque e estabilidade dimensional – já na origem do fio. Isso reduz retrabalhos posteriores e amplia a consistência do produto.

7. MES – Manufacturing Execution System

8. Misturas (blendas) – Combinação de fibras com diferentes características para produzir fios com propriedades desejadas.

9. ERP – Enterprise Resource Planning

A fiação passa a funcionar como ponte de rastreabilidade da cadeia. Ao consolidar dados provenientes da agricultura, do beneficiamento do algodão ou da síntese polimérica, a fiação se torna o primeiro ponto em que informações ambientais, de qualidade e de origem passam a acompanhar o material de forma estruturada ao longo da cadeia produtiva. Essa rastreabilidade é fundamental para atender exigências regulatórias, sistemas de certificação e futuros passaportes digitais de produtos.

Do ponto de vista estratégico, a digitalização da fiação impacta diretamente a competitividade industrial. A redução de variabilidade melhora o aproveitamento energético, diminui perdas de material e estabiliza custos. A previsibilidade operacional reduz riscos, melhora o planejamento da produção e cria condições reais para modelos de manufatura sob demanda e cadeias mais curtas.

Na visão da Indústria Têxtil 2030, a fiação deixa de ser apenas um elo técnico e se consolida como o coração informacional da fábrica inteligente. É a partir dela que a cadeia ganha coerência, eficiência sistêmica e capacidade de resposta em um ambiente industrial cada vez mais regulado, volátil e orientado por dados.

Esses dados alimentam algoritmos que otimizam velocidades, torções, tensões e blendas⁸, elevando a regularidade do fio e reduzindo desperdícios. Em fibras sintéticas, sistemas de texturização garantem propriedades como força de tangleamento, volume e estabilidade térmica. Nesse contexto, operações executadas por robôs tornam-se cada vez mais intensivas ao longo da cadeia produtiva, como visto no Figura 10.



Figura 10: Robô de emenda.
Fonte: Rieter

A fiação inteligente funciona como ponte entre a qualidade da fibra e a estabilidade industrial das etapas seguintes, reforçando o papel da integração vertical da informação, tema que será explorado posteriormente em MES, ERP⁹ e sistemas de apoio à decisão.

4.1.4 Tecelagem e Malharia: Confiabilidade Industrial e Agilidade como Vantagem Competitiva

Na arquitetura produtiva da Indústria Têxtil 2030, a tecelagem e a malharia assumem papel decisivo na garantia de confiabilidade operacional, agilidade produtiva e consistência de qualidade frente à crescente variabilidade das demandas de mercado e das matérias-primas.

Historicamente, esses processos sempre foram altamente sensíveis a variações de fio, ajustes mecânicos e condições operacionais. Defeitos como falhas de trama ou urdume, barramentos, variações de densidade e instabilidades estruturais impactam a qualidade do tecido e o rendimento industrial, os custos de retrabalho e a previsibilidade da produção. Na visão 2030, essa sensibilidade deixa de ser tratada de forma corretiva e passa a ser gerenciada de maneira preventiva e sistêmica.

A incorporação de sensores, visão computacional¹⁰ e sistemas de monitoramento contínuo transforma teares e máquinas de malharia em ativos inteligentes, capazes de identificar desvios em tempo real e ajustar automaticamente parâmetros críticos do processo. Tensões, rotações, alimentação de fios, consumo energético e desempenho por artigo passam a ser monitorados de forma integrada, reduzindo variabilidade e aumentando a estabilidade operacional.

Essa inteligência embarcada permite que a tecelagem e a malharia avancem de um modelo baseado em inspeção posterior para um modelo de qualidade construída no processo. A integração com sistemas de execução da manufatura (MES) amplia a visibilidade da produção, permitindo análises comparativas por máquina, turno, operador e artigo, além de criar bases sólidas para manutenção preditiva e planejamento mais preciso.

No caso da malharia, especialmente circular e retilínea, essa transformação habilita um salto adicional: a convergência entre estrutura têxtil, design e modelo de negócio. Tecnologias como malharia totalmente moldada (wholegarment) e estruturas 3D permitem a produção de peças completas ou semiacabadas com redução significativa de etapas de costura, menor geração de resíduos e maior flexibilidade para customização em escala.

Do ponto de vista estratégico, a digitalização desses processos é um dos principais vetores para redução do tempo de resposta ao mercado. A capacidade de trocar artigos com rapidez, operar com lotes menores e estabilizar a qualidade mesmo em condições variáveis é essencial para viabilizar produção sob demanda, coleções curtas e integração com cadeias mais ágeis e regionalizadas.

Na visão da Indústria Têxtil e de confecção 2030, tecelagem e malharia deixam de ser gargalos potenciais da cadeia e se consolidam como plataformas de confiabilidade e velocidade. Ao combinar automação, dados e integração sistêmica, esses processos passam a sustentar não apenas eficiência produtiva, mas também e novos modelos industriais baseados em flexibilidade, previsibilidade e alinhamento com as demandas de um mercado cada vez mais dinâmico e regulado.

A integração com sistemas MES permite a análise de eficiência por máquina, operador e artigo, enquanto ajustes automáticos em tensões, rotações, alimentação, consumos de energia e ar-comprimido estabilizam a produção. Como, por exemplo, softwares de gerenciamentos de tecelagem. (Figura 11).

Na malharia circular e retilínea, tecnologias wholegarment/3D knitting viabilizam peças completas com mínima necessidade de costura, ampliando a customização em escala e reduzindo desperdícios.

Essa etapa prepara o leitor para conceitos abordados mais adiante sobre personalização, manufatura sob demanda e cadeias produtivas ágeis.

4.1.5 Tingimento, Beneficiamentos e Acabamentos Funcionais: ESG, Conformidade Regulatória e Acesso a Mercado

No contexto das transformações previstas para a indústria têxtil e de confecção até 2030, o tingimento, a estamparia e os beneficiamentos têxteis em geral (primários, secundários e aprestos) deixam de ser vistos como etapas finais de transformação estética ou funcional e passam a ocupar uma posição estratégica central: a de principal interface entre a produção industrial, as exigências ambientais globais e o acesso efetivo aos mercados regulados.

Historicamente, essas etapas concentraram parcela significativa do consumo de água, energia e produtos químicos da cadeia têxtil, tornando-se foco recorrente de pressões ambientais, sociais e regulatórias. Na visão 2030, essa condição deixa de ser tratada como um passivo e passa a ser o maior campo de inovação ambiental, tecnológica e reputacional do setor.

A digitalização do beneficiamento, como, por exemplo, a estamparia digital, transforma processos tradicionalmente variáveis em sistemas controláveis, previsíveis e auditáveis. Sensores e sistemas de monitoramento contínuo passam a acompanhar, em tempo real, variáveis críticas como pH, temperatura, concentração de corantes, exaustão, consumo hídrico e energético, além da composição e qualidade dos efluentes. Esses dados alimentam algoritmos capazes de otimizar dosagens químicas, tempos de processo e gradientes térmicos, reduzindo variabilidade, rejeitos e consumo de recursos naturais.

Mais do que ganhos operacionais, essa transformação digital cria a base técnica necessária para comprovação objetiva de conformidade ambiental. Em um cenário internacional cada vez mais regulado, não basta declarar boas práticas: é necessário demonstrar, medir e rastrear impactos ao longo do processo produtivo.

Nesse contexto, certificações e protocolos internacionais passam a atuar como requisitos de entrada em cadeias globais de valor. Programas como OEKO-TEX®, ZDHC (Zero Discharge of Hazardous Chemicals) e sistemas de gestão química estruturada tornam-se elementos centrais da estratégia industrial.

A certificação OEKO-TEX®, em suas diferentes modalidades (STANDARD 100, STeP, MADE IN GREEN), estabelece critérios rigorosos para controle de substâncias nocivas, condições produtivas e rastreabilidade. Ela atua como um selo de confiança técnica e ambiental, amplamente reconhecido por marcas varejistas e consumidores finais, especialmente em mercados europeus e norte-americanos.

Já a iniciativa ZDHC responde diretamente às pressões regulatórias globais sobre o uso de produtos químicos. Ao exigir a adoção da Manufacturing Restricted Substances List (MRSL), auditorias de processos, gestão de efluentes e monitoramento contínuo, o ZDHC redefine o beneficiamento como um processo que deve ser intrinsecamente limpo, e não apenas compensado por tratamentos posteriores. A adesão a esse protocolo é, hoje, condição básica para fornecimento a grandes marcas globais.

Paralelamente, o avanço de legislações ambientais, especialmente na União Europeia, introduz novos instrumentos regulatórios que impactam diretamente o beneficiamento têxtil. Conceitos como Due Diligence ambiental e social, passaporte digital de produtos e Declaração Digital de Produto (DDP) exigem que informações sobre processos, insumos, emissões e conformidade estejam estruturadas, acessíveis e verificáveis ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

Nesse cenário, o beneficiamento assume um papel-chave na geração de dados confiáveis para essas plataformas. A capacidade de registrar, consolidar e transmitir informações sobre uso de água, energia, produtos químicos e emissões transforma-se em um diferencial estratégico. Sem essa base de dados, a indústria corre o risco de exclusão de mercados, penalizações regulatórias ou perda de competitividade frente a cadeias mais transparentes e estruturadas.

Tecnologias emergentes reforçam esse reposicionamento. Processos como tingimento por espuma, uso de CO₂¹⁰ supercrítico, aplicação de ultrassom em lavagens, secagem por infravermelho, plasma atmosférico e estamparia digital de baixo impacto reduzem drasticamente consumo de

recursos e ampliam a eficiência ambiental. Quando integradas a sistemas digitais de controle e rastreabilidade, essas tecnologias deixam de ser experimentais e passam a compor infraestruturas industriais compatíveis com a agenda ESG global.

Do ponto de vista estratégico, o beneficiamento 2030 não será apenas um centro de custos ou um elo crítico da cadeia: ele se tornará um ativo reputacional e regulatório. Empresas capazes de demonstrar conformidade ambiental, gestão química responsável e transparência de dados posicionam-se como fornecedoras preferenciais em mercados de alto valor agregado.

Historicamente associado aos maiores impactos ambientais da cadeia têxtil, o beneficiamento tende a assumir um papel estratégico na geração de valor, na credibilidade socioambiental e no acesso a mercados mais exigentes. É nesse elo que a indústria transforma compromissos ESG em evidências concretas.

Esses avanços colocam o beneficiamento como um dos pilares da produção de baixo impacto, que será aprofundada nas seções posteriores dedicadas a ESG, rastreabilidade e economia circular.

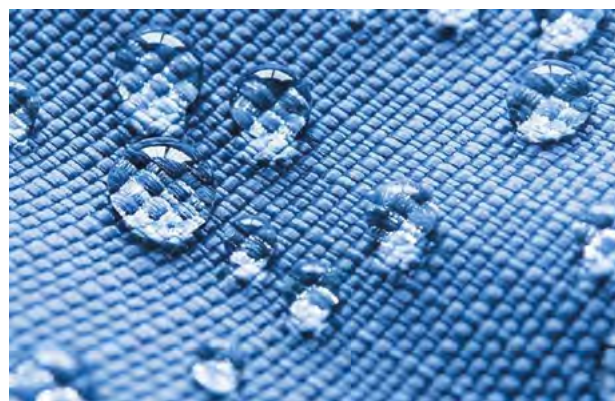


Figura 12: Tratamento hidrofóbico com plasma.

Fonte: Textilelearner.net

4.1.6 Confeção e Tratamentos de Peças: Interface Estratégica entre Indústria, Mercado e Consumidor

No contexto das transformações previstas para a indústria têxtil e de confecção até 2030, a confecção consolida-se como um elo estratégico de conexão entre a indústria, o mercado e o consumidor final. É nessa etapa que eficiência produtiva,

velocidade de resposta, diferenciação de marca e conformidade socioambiental se materializam em valor percebido pelo consumidor e em posicionamento competitivo para as empresas.

Historicamente, a confecção foi caracterizada por alta intensidade de mão de obra, baixa previsibilidade e forte pressão por custos. Modelos produtivos rígidos, dependentes de grandes volumes e longos ciclos de produção, tornaram-se progressivamente incompatíveis com um mercado marcado por volatilidade de demanda, ciclos curtos de coleção e exigências crescentes de transparência. Na visão 2030, essa caracterização tende a ser superada por uma confecção flexível, digitalizada e orientada por dados.

A incorporação de tecnologias como modelagem 3D (com RA / RV), sistemas CAD/CAM¹¹ integrados, escaneamento corporal, corte automático, visão computacional¹² e inteligência artificial transforma a confecção em um ambiente produtivo, adaptativo e conectado diretamente com o consumidor. Processos antes fragmentados passam a operar de forma integrada, conectando design, planejamento, execução e controle de qualidade em um fluxo contínuo. A confecção deixa de reagir ao mercado e passa a operar sincronizada com ele.

Máquinas de costura conectadas e sistemas de inspeção de peças automáticos elevam a estabilidade do processo, reduzindo retrabalhos, desperdícios e variabilidade de qualidade. Células modulares¹³ e reconfiguráveis substituem linhas rígidas, permitindo rápida adaptação a diferentes produtos, volumes e mix de artigos. Essa flexibilidade é essencial para viabilizar modelos de produção sob demanda, coleções-cápsula e respostas rápidas a tendências de consumo.

A modelagem digital e o uso de avatares virtuais ampliam esse papel estratégico. A captura de dados antropométricos e a simulação virtual de vestibilidade permitem avançar para a customização em massa, conciliando escala industrial com personalização. Para o consumidor, isso se traduz em melhor ajuste, maior conforto e percepção de valor; para a indústria,

em redução de devoluções, menor retrabalho e aumento de margem.

Do ponto de vista de mercado, a confecção 2030 torna-se o elo central da integração entre indústria e canais digitais. Sistemas ERP e MES conectados a plataformas de e-commerce permitem que pedidos reais acionem diretamente a produção, reduzindo estoques, encurtando ciclos e alinhando oferta e demanda. A produção deixa de ser empurrada para o mercado e passa a ser puxada pelo consumidor, com ganhos significativos de eficiência econômica e ambiental.

Os tratamentos de peças e lavanderias industriais, como no beneficiamento têxtil, acompanham essa transformação. A adoção de sensores, dosagem inteligente de produtos químicos, reúso de água e recuperação térmica reduz impactos ambientais e amplia a previsibilidade operacional. Esses processos passam a operar sob a mesma lógica de conformidade ambiental e rastreabilidade exigida ao longo de toda a cadeia, contribuindo para a geração de dados necessários a certificações, auditorias e passaportes digitais de produto.

Sob a ótica estratégica, a confecção assume um papel-chave na agenda ESG e regulatória. É nesse elo que informações sobre origem de materiais, processos produtivos, consumo de recursos e condições de produção precisam estar organizadas, acessíveis e verificáveis. A capacidade de consolidar e transmitir esses dados é essencial para atender exigências de due diligence, transparência e responsabilidade social impostas por mercados regulados e grandes marcas globais.

No contexto do comércio internacional, a confecção passa a desempenhar um papel central na consolidação do DDP – Digital Product Passport (Passaporte Digital de Produto), especialmente para exportações destinadas a mercados regulados, como a União Europeia. É nesse elo que informações sobre composição de materiais, origem das fibras, processos produtivos, uso de produtos químicos, consumo de recursos, condições de fabricação e conformidade com normas ambientais e sociais são consolidadas em um único registro digital.

A capacidade da confecção de estruturar, integrar e disponibilizar esses dados de forma confiável e

11. CAM – Computer-Aided Manufacturing

12. Visão computacional – Tecnologia que permite a máquinas captar e interpretar imagens automaticamente.

13. Células modulares – Unidades produtivas reconfiguráveis, capazes de adaptar rapidamente layouts e produtos.

verificável tende a se configurar como condição de acesso a mercado, influenciando diretamente a elegibilidade de produtos para exportação, a relação com grandes marcas globais e a aderência às exigências de due diligence e economia circular previstas na legislação europeia. Assim, a confecção 2030 viabiliza a transparência regulatória e a rastreabilidade exigidas para competir globalmente.

Na visão de futuro 2030, se consolida como o ponto de convergência entre tecnologia industrial, estratégia de mercado e experiência do consumidor. Ao combinar flexibilidade produtiva, integração digital e conformidade regulatória, esse elo passa a sustentar novos modelos de negócio, fortalecer marcas e garantir competitividade.

Máquinas de costura conectadas monitoram pontos, distorções e velocidades. Sistemas de inspeção automática reduzem retrabalho. Células modulares¹³ reconfiguráveis aceleram a resposta ao mercado e viabilizam produção sob demanda.

A Modelagem 3D permite capturar medidas antropométricas e convertê-las em customização em massa. Robôs costuradores surgem impulsionados pela necessidade de estabilidade e pela redução da disponibilidade de mão de obra – Figura 13.



Figura 13: Robôs em postos de montagem.

Fonte: Sewbo

Lavanderias industriais adotam sensores, dosagem inteligente e reúso de água, garantindo menor impacto ambiental e maior previsibilidade.

A confecção torna-se o maior ponto de integração

entre indústria, varejo, plataformas digitais e comportamento do consumidor – uma transição que prepara o terreno para temas posteriores como cadeias curtas, nearshoring, fast-efficient design e novos modelos de negócio.

A CADEIA TÊXTIL COMO SISTEMA INTERDEPENDENTE

Cada decisão tecnológica em fiação, tecelagem, beneficiamento ou confecção altera desempenho, custos e estabilidade dos demais elos.

Ponto-chave: Implementações 4.0 precisam considerar impacto sistêmico, não apenas local.

4.2 Tecnologias-Chave das Fábricas Inteligentes ao Longo da Cadeia Produtiva

A transformação da produção têxtil até 2030 depende de um conjunto de tecnologias convergentes que reconfiguram a lógica industrial e ampliam a capacidade de prever, controlar e otimizar processos em tempo real. Essas tecnologias percorrem toda a cadeia: começam no campo ou na síntese polimérica, avançam pelas etapas de fiação e tecelagem, e chegam até o beneficiamento final e à confecção.

A Figura 14 traz, de forma sintética, uma representação da trajetória que levou o setor têxtil à atual fase de transformação acelerada. O avanço vai da digitalização inicial (2000–2005) à fase de globalização e enxugamento (2006–2012), que pressionou por eficiência e integração tecnológica. A partir de 2019, a combinação de pandemia, custos energéticos e exigências ESG intensificou a necessidade de modernização.

Entre 2025–2027, essa pressão vem se tornando crítica: sensores, visão computacional, MES/ERP e modelos preditivos deixam de ser diferenciais e passam a ser pré-requisitos de competitividade. Por fim, o período 2028–2030 projeta a consolidação da Fábrica Inteligente Integrada, marcada por interoperabilidade, automação autônoma e circularidade.



Figura 14: Linha do tempo da Transformação Digital Têxtil.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Chega-se, assim, a um paradigma operacional baseado em conectividade, automação autônoma, redução de desperdícios, eficiência energética e integração sistêmica. A seguir, apresentamos as tecnologias estruturantes dessa transição.

A Figura 15 sintetiza a arquitetura tecnológica necessária para que a indústria têxtil alcance o patamar de Fábrica Inteligente em 2030. O modelo é representado como uma pirâmide invertida, destacando que o valor entregue ao negócio depende diretamente da solidez das camadas de infraestrutura digital.

Na base, encontram-se os elementos essenciais de conectividade industrial, IIoT, sensores e gateways, que formam o núcleo da infraestrutura digital. Sobre essa fundação, desenvolve-se a camada de execução autônoma, onde robótica, IA, gêmeos digitais e sistemas MES começam a operar de forma integrada e inteligente. No topo, a camada de interface humano-digital reúne dashboards, operadores digitais, controle remoto e simulações em tempo real, ampliando a tomada de decisão e a eficiência operacional.

Assim, a figura evidencia que uma Fábrica Inteligente não nasce da implantação isolada de tecnologias, mas da integração progressiva e estruturada dessas camadas, evoluindo de infraestrutura para autonomia, e de autonomia para novas capacidades humanas e organizacionais.

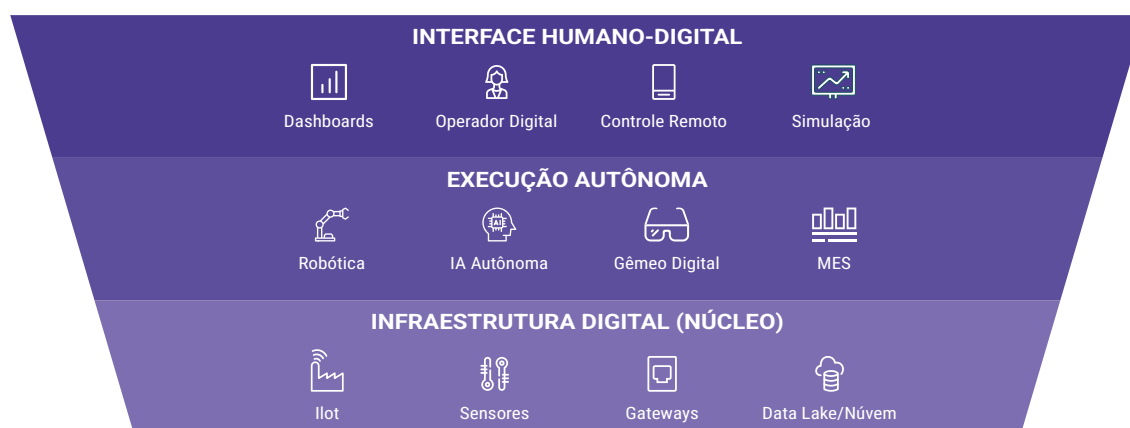


Figura 15: Linha do tempo da Transformação Digital Têxtil.
Fonte: Elaborado pelo autor.

14. IIoT (Industrial Internet of Things) – Sensores e dispositivos conectados que coletam e transmitem dados industriais em tempo real.

4.2.1 Internet Industrial das Coisas (IIoT): a base da produção conectada

A Internet Industrial das Coisas integra sensores, máquinas e sistemas em uma rede inteligente capaz de monitorar, interpretar e ajustar processos continuamente. Ela transforma dados antes pontuais em fluxos permanentes de informação, sustentando toda a arquitetura das fábricas inteligentes.

APLICAÇÕES AO LONGO DA CADEIA TÊXTIL

Produção de fibras naturais (ex.: algodão)

- ▶ Sensores de solo acompanham umidade, condutividade e nutrientes;
- ▶ Colhedoras registram produtividade e variabilidade da fibra por talhão;
- ▶ Beneficiadoras monitoram carga, vibração das serras, fluxo de ar e umidade da pluma.

Os dados alimentam sistemas classificatórios (como HVI) e sincronizam o campo à fiação.

Produção de fibras químicas

- ▶ Controle automático de temperatura e viscosidade na extrusão;
- ▶ Sensores acompanham estabilidade do polímero;
- ▶ Sistemas detectam variações de pressão e fluxo em tempo real.

Esses recursos garantem consistência e qualidade dimensional.

Fiação

- ▶ sensores identificam quebras, tensões e irregularidade do fio;
- ▶ medição contínua da temperatura e climatização da sala;
- ▶ integração automática entre blendas, título e qualidade da fibra.

A IIoT¹⁴ consolida a fiação como eixo integrador dos dados vindos do campo.

Tecelagem e malharia

- ▶ Monitoramento do comportamento de urdume e trama;

- ▶ Detecção imediata de falhas de inserção ou agulhas quebradas;
- ▶ Leitura de eficiência por máquina, turno e artigo.

A conectividade reduz defeitos e estabiliza a produção.

Tingimento e beneficiamento

- ▶ Sensores monitoram pH, temperatura, nível de banho e exaustão;
- ▶ Medição contínua de consumo de vapor, água e energia;
- ▶ Sistemas controlam dosagem e gradientes térmicos.

A IIoT torna processos tradicionalmente variáveis mais previsíveis e eficientes.

Confecção

- ▶ Máquinas de costura conectadas monitoram produtividade e padrão do ponto;
- ▶ Sistemas de corte automático acompanham vibração, pressão e precisão;
- ▶ Transportes e alimentadores são automatizados e sincronizados;
- ▶ Robôs costuradores se integram à malha de dados da fábrica.

A IIoT é o alicerce da fábrica inteligente: sem ela, não há dados, e sem dados não há automação avançada, IA ou integração sistêmica.

4.2.2 Visão Computacional e Inteligência Artificial: o olhar digital que aprende

A visão computacional, combinada à inteligência artificial, é uma das tecnologias mais transformadoras da cadeia têxtil. Ela permite identificar padrões, defeitos e desvios que muitas vezes passam despercebidos ao olho humano – com repetibilidade, velocidade e autonomia.

A IA evolui de modelos prescritivos para sistemas autônomos, capazes de não apenas detectar, mas recomendar ações e corrigir processos em tempo real.

APLICAÇÕES AO LONGO DA CADEIA

No algodão

- ▶ Identificação automática de impurezas e contaminantes;
- ▶ Leitura de cor, maturidade e uniformidade da fibra;
- ▶ Segregação inteligente de fardos por qualidade.

Na fiação

- ▶ Reconhecimento de neps, fibras curtas e irregularidades;
- ▶ Previsão de quebras e ajustes automáticos de estiragem e torção;
- ▶ Otimização de blendas e misturas em função da variabilidade da matéria-prima.

Na tecelagem

- ▶ Detecção precoce de defeitos (falhas de trama, urdume, barrê);
- ▶ Ajustes automáticos das condições de operação;
- ▶ Monitoramento contínuo da qualidade e eficiência em tempo real.

No tingimento e beneficiamento

- ▶ Análise da uniformidade e estabilidade de cor;
- ▶ Detecção de variações de tom e solidez;
- ▶ Leitura visual do processo (espuma, homogeneidade do banho);
- ▶ Apoio ao reúso de água e eficiência energética.

Na confecção

- ▶ Inspeção automática de costura;
- ▶ Verificação de alinhamento, tensão do ponto e acabamento;
- ▶ Detecção automática de peças fora do padrão;
- ▶ Integração com células automatizadas e robôs costuradores.

A visão computacional se torna o “olho digital” das fábricas inteligentes.

4.2.3 Gêmeos Digitais: a fábrica virtual que orienta a fábrica real

Gêmeos digitais são réplicas virtuais dinâmicas de máquinas, processos ou fluxos produtivos. Eles permitem simular cenários, prever falhas e otimizar parâmetros sem riscos ou custos físicos.

Com eles, a fábrica passa a operar com duas camadas simultâneas:

- ▶ Uma física (produção real);
- ▶ E uma virtual (simulação contínua e otimização).

APLICAÇÕES AO LONGO DA CADEIA

Fibras químicas

- ▶ Simulação da extrusão e estiramento para prever estabilidade dimensional.

Beneficiamento do algodão

- ▶ Modelagem da remoção de impurezas e ajuste fino da descaroçadora.

Fiação

- ▶ Simulação de misturas ideais de fibras;
- ▶ Otimização de torção, velocidade e tensão.

Tecelagem

- ▶ Modelagem de tensões do urdume;
- ▶ Previsão de falhas antes de sua ocorrência.

Tingimento e acabamento

- ▶ Simulação de absorção e difusão de corantes;
- ▶ Previsão de estabilidade térmica e comportamento do tecido.

Confecção

- ▶ Simulação de balanceamento de linha;
- ▶ Modelagem de produtividade por célula.

15. Gêmeo digital – Modelo virtual dinâmico que simula comportamentos de máquinas, processos ou fluxos.

16. Big Data – Volume massivo de dados coletados por sensores, sistemas e máquinas, analisados para tomada de decisão.

Os gêmeos digitais¹⁵ reduzem custos de setup, ensaios físicos e tempo de desenvolvimento industrial.

4.2.4 Sistemas MES e ERP: a integração entre planejamento e execução

A digitalização da produção exige sistemas que conectem processos estratégicos, táticos e operacionais. É aqui que entram:

- ▶ ERP – gerencia recursos, compras, estoques, custos e pedidos;
- ▶ MES – gerencia a execução em tempo real da produção.

Quando integrados, eles permitem:

- ▶ Planejamento baseado na capacidade real da fábrica;
- ▶ Entrada automática de pedidos na fila produtiva;
- ▶ Indicadores atualizados continuamente;
- ▶ Detecção precoce de desvios;
- ▶ Rastreabilidade completa;
- ▶ Cálculo preciso do custo real de produção.

Com MES + ERP, a manufatura sob demanda torna-se viável, assim como fluxos produtivos mais enxutos e responsivos.

4.2.5 Robótica e Automação Avançada: do trabalho repetitivo à inteligência operacional

A robótica moderna combina sensores, IA e visão computacional, permitindo que máquinas executem tarefas repetitivas, perigosas ou de alta precisão com autonomia crescente.

APLICAÇÕES AO LONGO DA CADEIA

No algodão

- ▶ Robôs na alimentação da descaroçadora;
- ▶ Sistemas automatizados de enfardamento.

Na fiação

- ▶ Bobinagem automática;
- ▶ Troca robotizada de cops e bobinas;
- ▶ Limpeza autônoma de impurezas.

Na tecelagem

- ▶ Troca automática de artigos;
- ▶ Reabastecimento inteligente de fios;
- ▶ Transporte automatizado de rolos e urdumes.

No beneficiamento

- ▶ Dosagem de produtos químicos com precisão;
- ▶ Controle automático de fluxos contínuos.

Na confecção

- ▶ Robôs colaborativos (cobots);
- ▶ Sistemas de dobra automatizada;
- ▶ Alimentadores inteligentes de máquinas de costura;
- ▶ Células de montagem com mínima intervenção humana.

A robótica não substitui o trabalho humano, apenas transforma o papel do operador, que passa de executor para supervisor, analista e controlador de sistemas.

4.2.6 Big Data¹⁶, Analytics, Block Chain e Computação em Nuvem: o cérebro da fábrica inteligente

A digitalização gera volumes massivos de dados. Para transformá-los em valor, são necessárias ferramentas avançadas de análise e ambientes computacionais escaláveis.

Com Big Data e Analytics, torna-se possível:

- ▶ Prever falhas;
- ▶ Otimizar sequenciamento de produção;
- ▶ Reduzir desperdícios;
- ▶ Melhorar a eficiência energética;
- ▶ Planejar manutenção baseada em condição;
- ▶ Entender causas-raiz de variabilidade.

A computação em nuvem democratiza essas capacidades, permitindo que empresas de todos os portes acessem soluções antes restritas a grandes indústrias.

A evolução da produção têxtil não é movida apenas por novas tecnologias. Ela é impulsionada por motores estruturantes, capazes de reorganizar a lógica produtiva, alterar padrões de competitividade

e moldar novos modelos de negócio. Esses motores atuam simultaneamente ao longo de toda a cadeia — do cultivo do algodão à peça acabada — e determinam como o setor se reposicionará no cenário global até 2030.

A seguir, são apresentados os principais motores que orientam essa transição.

A BASE TECNOLÓGICA DA FÁBRICA INTELIGENTE

A transformação depende de seis eixos estruturais

- ▶ IIoT
- ▶ Conectividade
- ▶ Visão computacional
- ▶ IA
- ▶ Gêmeos digitais
- ▶ MES/ERP integrados
- ▶ Nuvem e analytics

Ponto-chave: Sem dados contínuos, não existe autonomia.

4.3 Motores de Transformação da Produção Têxtil até 2030

A Figura 16 organiza os cinco grandes motores que estruturam a Transformação Têxtil rumo a 2030. O diagrama circular evidencia que essa evolução não depende de um único vetor tecnológico, mas da ação simultânea e interdependente de pilares estratégicos, que vão do digital à sustentabilidade.

O Núcleo Digital — composto por sensores, IA, gêmeos digitais e sistemas MES/ERP — forma a base técnica sobre a qual operam todos os demais motores. Em paralelo, o motor de Sustentabilidade e Descarbonização guia a indústria para modelos de menor impacto, circularidade e rastreabilidade ambiental, consolidando competitividade em mercados regulados.

A Produtividade e Remodernização Industrial reforça a necessidade de retrofits, automação e eficiência energética, enquanto o motor Orientado à Demanda introduz um novo paradigma de produção: customizada,

rápida e integrada ao varejo. Completando o conjunto, a Integração 4.0 Transversal garante que pessoas, processos, governança e cultura de dados sustentem essa transformação de forma contínua.

Assim, a figura demonstra que a competitividade têxtil até 2030 exige uma visão sistêmica, onde tecnologia, sustentabilidade e gestão convergem para habilitar um setor mais ágil, eficiente e alinhado às demandas globais.



Figura 16: Motores da Transformação Têxtil 2030.
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.3.1 O Núcleo Digital – Infraestrutura da Indústria Inteligente

A Indústria 4.0 deixou de ser uma visão de futuro para se tornar o ponto de partida do redesenho produtivo. O chamado núcleo digital é formado por um conjunto integrado de tecnologias:

- ▶ Sensores e IIoT;
- ▶ Visão computacional;
- ▶ Inteligência artificial;
- ▶ Gêmeos digitais;
- ▶ Sistemas MES¹⁷ e ERP integrados;
- ▶ Conectividade em alta velocidade (como 5G industrial).

Esse ecossistema permite que a produção

17. MES (Manufacturing Execution System) — Sistema que coordena e monitora a execução da produção. Big Data — Volume massivo de dados coletados por sensores, sistemas e máquinas, analisados para tomada de decisão.

18. Produção sob demanda — Modelo que produz com base em pedidos reais, não em previsões.

funcione como um organismo adaptativo, capaz de aprender continuamente, reagir a variações e ajustar suas operações de forma quase autônoma.

IMPACTOS AO LONGO DA CADEIA

Produção de fibras naturais: Dados de umidade, comprimento de fibra, maturidade do algodão, produtividade por área e contaminação passam a acompanhar o lote industrial, conectando agricultura e fiação e reduzindo variabilidades.

Produção de fibras químicas: Modelos digitais controlam pressão, temperatura e viscosidade da extrusão, reduzindo desperdícios e garantindo estabilidade das fibras produzidas.

Fiação: Sistemas de predição reduzem quebras de fio; algoritmos ajustam torção e velocidade em função da variabilidade do algodão ou das fibras químicas.

Tecelagem e malharia: Máquinas conectadas informam falhas em tempo real, tensões e minimizam defeitos estruturais.

Tingimento: Processos tornam-se autoajustáveis, com redução de consumo de água, produtos auxiliares e energia.

Confecção: A integração entre CAD, ERP e chão de fábrica viabiliza produção sob demanda¹⁸, maior produtividade por operador e sincronização com o varejo.

O resultado é uma produção mais inteligente, flexível, rastreável e precisa, preparada para operar em ambientes de alta complexidade e volatilidade.

4.3.2 Motor de Desempenho Verde e Descarbonização – Sustentabilidade como Vantagem Competitiva

A sustentabilidade deixou de ser um tema periférico para se tornar critério de mercado e exigência regulatória. União Europeia, grandes marcas globais e consumidores pressionam por cadeias com:

- ▶ baixa pegada de carbono;
- ▶ menor uso de água e energia;
- ▶ controle rigoroso de químicos;
- ▶ rastreabilidade completa.

Esse motor reorganiza processos para:

- ▶ reduzir consumo de água, energia e produtos químicos;
- ▶ recuperar e reutilizar recursos (energia, água, calor, insumos);
- ▶ mensurar emissões com precisão;
- ▶ incorporar circularidade desde a matéria-prima;
- ▶ adotar insumos de menor impacto ambiental.

EXEMPLOS AO LONGO DA CADEIA

Agricultura do algodão

- ▶ irrigação de precisão reduz consumo hídrico;
- ▶ drones auxiliam no controle de pragas e monitoramento de lavouras;
- ▶ práticas regenerativas aumentam o sequestro de carbono no solo;
- ▶ fibras “verdes” (com menor uso de agrotóxicos e irrigação) são projetadas para circularidade;
- ▶ rastreabilidade digital permite atender normas internacionais.

Fibras químicas

- ▶ recuperação e reutilização de solventes;
- ▶ processos contínuos mais eficientes e menos intensivos em energia;
- ▶ desenvolvimento de polímeros verdes (reciclados, bio-based ou biodegradáveis) desenhados para circularidade.
- ▶ Fiação
- ▶ uso de motores de alto rendimento;
- ▶ otimização energética de salas climatizadas;
- ▶ redução de refugo, melhorando o balanço energético e de materiais.

Tingimento e acabamento

- ▶ tecnologias de baixo banho e menor liquor;
- ▶ processos com CO₂ supercrítico;
- ▶ reaproveitamento de banhos e reúso de efluentes;
- ▶ redução da temperatura de processo.

Confecção e lavanderias

- ▶ dosagem inteligente de produtos químicos;
- ▶ recuperação térmica em estufas e secadoras;
- ▶ reciclagem de aparas de corte;
- ▶ ergonomia e gestão humanizada do trabalho;
- ▶ redução de descarte de peças defeituosas.

Ao transformar sustentabilidade em indicador central de desempenho, o setor se antecipa a regulações futuras (como passaportes digitais e novas legislações ambientais) e projeta competitividade em mercados exigentes.

4.3.3 Motor da Produtividade e Remodernização Industrial – Renovando a Infraestrutura Produtiva

Uma parte relevante do parque fabril têxtil brasileiro ainda opera com máquinas antigas, pouco conectadas e com alta variabilidade. A modernização industrial, no entanto, vai além da simples troca de equipamentos: envolve retrofits digitais¹⁹, automações complementares e integração entre sistemas.

APLICAÇÕES TRANSVERSAIS

Beneficiamento do algodão: Sensores inteligentes reduzem perdas físicas e melhoram o rendimento industrial.

Fiação: Retrofits digitais transformam máquinas antigas em equipamentos conectados; manutenção preditiva reduz paradas e prolonga a vida útil.

Tecelagem e malharia: Substituição de teares obsoletos por máquinas conectadas; sistemas de controle automático reduzem falhas e elevam a eficiência.

Tinturaria e beneficiamento: Automação de dosagens químicas; controle de temperatura e fluxo em processos contínuos, reduzindo variação de resultados.

Confecção: Corte automático substitui processos manuais lentos; células modulares reduzem tempos de setup e aumentam a flexibilidade.

Esse motor é determinante para que o setor atinja ganhos reais de produtividade e competitividade internacional, especialmente em um contexto de custos crescentes e pressão global.

4.3.4 Motor Orientado à Demanda – A Produção Conectada ao Consumidor

A lógica produtiva migra gradualmente de um modelo “empurrado” (produção para estoque) para um modelo “puxado”, orientado pela demanda real do mercado, cada vez mais digital e dinâmico.

Esse motor é determinante para que o setor atinja ganhos reais de produtividade e competitividade internacional, especialmente em um contexto de custos crescentes e pressão global. As bases dessa transformação incluem:

- ▶ integração entre e-commerce, ERP e chão de fábrica;
- ▶ microfábricas urbanas próximas aos centros de consumo;
- ▶ coleções curtas, cápsulas e safras de produto;
- ▶ uso intensivo de impressão digital, malharia 3D e customização em massa;
- ▶ fiações e tecelagens rápidas, com redução de lotes mínimos;
- ▶ Rastreabilidade digital.

EXEMPLOS AO LONGO DA CADEIA

1. Spinning-to-order (fiação sob demanda)

Volume e especificações do fio são ajustados conforme pedido do cliente, permitindo respostas rápidas e reduzindo estoques.

2. Tecido sob demanda

Tecelagens e malharias alteram artigos com rapidez, reduzindo estoques intermediários e encurtando prazos.

3. Beneficiamento sob demanda

Tingimentos são realizados em pequenos lotes conforme necessidade real, evitando superprodução.

4. Confecção integrada ao varejo

Pedidos do e-commerce entram automaticamente no sistema produtivo, encurtando ciclos e alinhando produção e consumo.

¹⁹. Retrofit digital – Modernização de máquinas existentes com sensores, conectividade e automação.

²⁰. Rastreabilidade – Capacidade de acompanhar materiais e produtos ao longo de toda a cadeia.

4.3.5 Motor Transversal da Indústria 4.0 – Integrando Tecnologias, Pessoas e Sustentabilidade

Esse motor funciona como o elemento de coerência sistêmica entre todos os anteriores. Ele garante que a adoção de tecnologias e o avanço produtivo estejam alinhados à estratégia, às pessoas e à sustentabilidade.

Ele orienta:

- ▶ gestão baseada em dados e indicadores;
- ▶ melhoria contínua dos processos;
- ▶ capacitação de trabalhadores como analistas e operadores digitais;
- ▶ integração da governança ESG ao processo produtivo;
- ▶ rastreabilidade²⁰ completa, da matéria-prima ao consumidor final;
- ▶ desenvolvimento de cadeias produtivas resilientes, capazes de responder a crises, variações de demanda e pressões regulatórias.

OS 5 MOTORES QUE REDEFINEM A COMPETITIVIDADE TÊXTIL

1. Núcleo digital
2. Tecido sob demanda
3. Beneficiamento sob demanda
4. Confeção integrada ao varejo
5. Integração 4.0 Transversal.

Ponto-chave: Competitividade 2030 exige tecnologia + governança + pessoas + sustentabilidade.

É esse motor que permite que a fábrica inteligente não seja apenas um conjunto de máquinas novas, mas uma infraestrutura dinâmica, autônoma e resiliente, conectada ao contexto global e às demandas do futuro.

4.4 Novos Canais e Modelos Produtivos na Cadeia Têxtil e de Confeção

A lógica da evolução estrutural da cadeia têxtil rumo a 2030 relaciona três dimensões

complementares: novos canais de produção, novos modelos produtivos e as capacidades sistêmicas decorrentes dessa transformação.

Os novos canais de produção, traduzem a descentralização da capacidade industrial, incorporando microfábricas urbanas, células modulares e operações conectadas em tempo real. Esses canais habilitam velocidade, proximidade com o mercado e flexibilidade no uso de recursos.

Em seguida, os novos modelos de produção reorganizam o modo como a indústria captura valor: produção sob demanda, customização escalável, sistemas híbridos homem-máquina e fluxos totalmente digitais. Eles viabilizam uma manufatura mais enxuta, previsível e alinhada às necessidades variáveis do consumidor.

Por fim, emergem as capacidades sistêmicas que emergem dessa transformação — inteligência operacional, autonomia produtiva, circularidade integrada e resiliência. Essas capacidades consolidam um novo patamar competitivo, no qual dados, tecnologia e sustentabilidade se combinam para formar um sistema industrial adaptativo e de alto desempenho.

Nesse sentido, a transformação têxtil não ocorre apenas na tecnologia, mas no modelo mental e estrutural da produção, criando um ecossistema mais ágil, inteligente e orientado ao futuro (Figura 17).

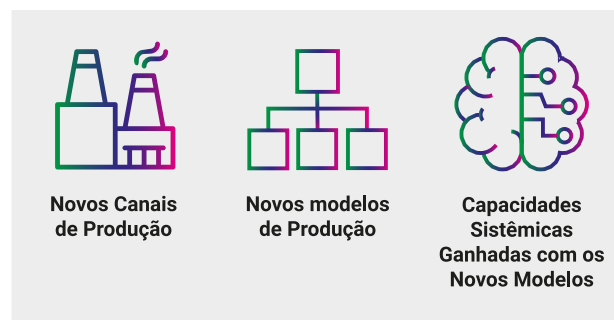


Figura 17: Novos Canais e Modelos de Produção.
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A transformação digital, as pressões por sustentabilidade e a necessidade de respostas mais rápidas reconfiguram não apenas as tecnologias utilizadas, mas também a geometria da cadeia produtiva. Até 2030, emergirão novos canais operacionais e novos modelos de produção capazes de tornar a indústria mais eficiente, mais próxima do consumidor e mais alinhada ao ciclo de vida dos

produtos.

Essa mudança representa uma ruptura estrutural: a produção deixa de seguir um fluxo linear tradicional e passa a se comportar como uma rede dinâmica, distribuída e orientada pela demanda real.

4.4.1 Novos Canais de Produção

Os canais produtivos se reorganizam para lidar simultaneamente com velocidade, variabilidade e sustentabilidade. Três grandes eixos se destacam.

Cadeias Regionalizadas e Próximas ao Mercado

A redução das cadeias globais — impulsionada por desafios logísticos, custos de transporte e exigências de rastreabilidade²⁰ — favorece modelos de produção próximos dos centros consumidores.

Exemplos no contexto brasileiro

- ▶ fiações instaladas próximas a polos de tecelagem e malharia;
- ▶ tecelagens e tinturarias estrategicamente situadas perto de centros de confecção;
- ▶ confecções integradas a regiões com logística ágil e mão de obra qualificada.

Essa estrutura regionalizada reduz prazos, aumenta visibilidade e fortalece a competitividade industrial local.

Microfábricas Urbanas

As microfábricas emergem como uma das tendências mais expressivas da Produção 2030. Operam com alta automação, footprint reduzido e integração nativa com plataformas digitais.

Principais características

- ▶ produção sob demanda;
- ▶ baixa necessidade de estoque;
- ▶ capacidade de customização em escala;
- ▶ proximidade com o consumidor final;
- ▶ menores custos logísticos e tempos de entrega.

Tecnologias agregadas

- ▶ corte automático;
- ▶ costura modular inteligente;
- ▶ estamparia digital;
- ▶ lavanderias de baixo impacto;
- ▶ MES e ERP em nuvem.

As microfábricas funcionam como hubs ágeis de experimentação e atendimento rápido, essenciais para coleções curtas e tendências dinâmicas.

Células Modulares e Reconfiguráveis

As células modulares substituem linhas rígidas por grupos compactos de máquinas e operadores, que podem ser reorganizados rapidamente.

Aplicações típicas

- ▶ confecção de artigos variados sem alterações extensas no layout;
- ▶ resposta imediata a picos de demanda;
- ▶ prototipagem ágil e produções curtas;
- ▶ redução do tempo de setup e trocas de artigo.

Essa flexibilidade é fundamental para modelos puxados pela demanda e estratégias de produção enxuta.

Fábricas Lights-out e Ambientes Autônomos

Com IA, sensores e automação avançada, determinados processos passam a operar com mínima intervenção humana — inclusive sem iluminação ("lights-out").

Processos com maior maturidade até 2030

- ▶ bobinagem automática;
- ▶ texturização e extrusão contínua;
- ▶ sistemas robotizados de acabamento;
- ▶ inspeção automática integral.

Esses ambientes não eliminam trabalhadores, mas deslocam seu foco para supervisão, análise e controle do sistema, gerando estabilidade e altos níveis de eficiência.

Novos Modelos de Produção

Mais do que novos canais, o setor incorpora novas lógicas produtivas, moldadas pelo comportamento do consumidor, pela pressão ambiental e pelas tecnologias digitais.

A Figura 18 ilustra os quatro modelos produtivos que estruturam a transformação industrial da cadeia têxtil rumo a 2030. Cada quadrante representa uma lógica operacional diferente, mas complementar, evidenciando como a produção se torna mais ágil, inteligente e sustentável.

Assim, a figura apresenta um conjunto de modelos que, combinados, redefinem o papel da indústria têxtil: de um sistema linear e rígido para uma rede flexível, orientada ao consumidor e comprometida com a circularidade.



Figura 18: Novos Modelos de Produção a partir de Microfábricas Urbanas. Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Produção Sob Demanda

Baseada em pedidos reais, a produção sob demanda elimina a lógica da superprodução e reduz drasticamente estoques.

Impactos diretos

- ▶ redução de resíduos e sobras;
- ▶ menor obsolescência de coleções;
- ▶ integração nativa com e-commerce e varejo digital;
- ▶ melhoria da previsibilidade financeira e do fluxo de caixa.

Esse modelo exige forte integração entre ERP, MES, CAD²¹ e plataformas de venda.

Customização em Massa

A customização em massa combina escala industrial com personalização, tornando possível produzir itens únicos sem perda de produtividade.

Tecnologias habilitadoras

- ▶ estamparia digital;
- ▶ malharia 3D / wholegarment;
- ▶ corte automático orientado por modelos digitais;
- ▶ acabamentos funcionais aplicados sob demanda.

Para o consumidor, o valor está na exclusividade. Para a indústria, no aumento da margem e no fortalecimento da marca.

Manufatura Aditiva e Malharia Totalmente Moldada (3D)

A manufatura aditiva e a malharia integral redefinem processos e permitem soluções complexas.

Aplicações emergentes

- ▶ solados e palmilhas personalizadas;
- ▶ peças seamless;
- ▶ estruturas têxteis avançadas;
- ▶ componentes para setores automotivo, esportivo e defesa.

Essas tecnologias reduzem desperdício e abrem novas fronteiras de design e funcionalidade.

Produção Circular Integrada

A circularidade deixa de ser ação pós-consumo para se tornar princípio da própria lógica produtiva.

Elementos da produção circular

- ▶ uso de fibras recicladas (mecânica ou quimicamente);
- ▶ design para desmontagem;
- ▶ processos de baixo impacto;
- ▶ retorno e reprocessamento de resíduos internos;
- ▶ integração com cooperativas e com logística reversa.

Benefícios

- ▶ redução do custo de matéria-prima;
- ▶ atendimento a regulações ambientais;
- ▶ diferenciação de marca;
- ▶ novos modelos de negócio baseados em reúso e regeneração.

Produção Distribuída e Conectada

A produção deixa de depender de grandes unidades centralizadas e passa a operar como um sistema articulado entre:

- ▶ microfábricas,
- ▶ hubs regionais,
- ▶ prestadores especializados,
- ▶ etapas automatizadas e conectadas digitalmente.

Essa arquitetura permite escalabilidade rápida, minimiza gargalos e aumenta a resiliência diante de interrupções globais.

4.4.3 Capacidades Sistêmicas Adquiridas com os Novos Modelos

A combinação desses canais e modelos cria uma cadeia têxtil com funções ampliadas e mais robustas.

- ▶ **Resiliência Operacional:** Capacidade de reagir a interrupções de fornecimento, variações bruscas de demanda e desafios logísticos.
- ▶ **Inovação Contínua:** A digitalização acelera ciclos de desenvolvimento, prototipagem, testes e lançamento de novos artigos.
- ▶ **Eficiência Sistêmica:** Otimização de fluxos, redução de estoques, eliminação de gargalos e melhoria da qualidade final.
- ▶ **Valor Ambiental e Social:** Processos mais limpos, menor pegada ambiental e fortalecimento de

cadeias produtivas locais.

▶ **Reposicionamento Estratégico:** A indústria deixa de competir apenas por preço e passa a competir por:

- ▶ inovação,
- ▶ velocidade,
- ▶ sustentabilidade,
- ▶ confiabilidade,
- ▶ e capacidade de resposta ao mercado.

MICROFÁBRICAS E PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA: A NOVA GEOMETRIA DA CADEIA

Resumo visual: A produção deixa de ser linear e centralizada e passa a operar como uma rede distribuída, conectada e orientada à demanda real.

Ponto-chave: Implementações de lead time melhora a proximidade com o consumidor

Ponto-chave: A produção distribuída torna a cadeia mais ágil, eficiente e resiliente.

4.5 Casos de Uso, ROI e Evidências da Transformação Produtiva

A transição para fábricas inteligentes não se sustenta apenas em projeções ou tendências; ela se materializa por meio de casos de uso reais, nos quais tecnologias digitais e novos modelos de produção geram ganhos tangíveis. Tais ganhos aparecem de forma transversal em toda a cadeia têxtil, desde o cultivo da matéria-prima até a confecção e os tratamentos finais.

A seguir, são apresentados casos representativos acompanhados de indicadores e retornos financeiros (ROI) que demonstram o potencial de captura de valor da Indústria Têxtil 2030.

A Figura 19 sintetiza os ganhos econômicos diretos associados à adoção de tecnologias da fábrica inteligente nos principais elos da cadeia têxtil: fiação, tecelagem, tingimento e confecção. O gráfico demonstra que os impactos são consistentes em

todos os segmentos, porém com intensidades distintas, conforme a maturidade tecnológica e o potencial de automação de cada etapa, com tempos mais curtos de retorno para os processos de tingimento e confecção.

Em fiação e tecelagem, a digitalização estruturada reduz desperdícios e eleva a eficiência operacional, enquanto as melhorias de retorno financeiro aparecem de forma gradual, refletindo investimentos mais distribuídos ao longo da cadeia. Já no tingimento, área tradicionalmente intensiva em insumos e variáveis de processo, a introdução de sensores, controle automático e modelos preditivos geram os maiores ganhos, tanto em redução de perdas quanto em aceleração do retorno sobre investimento.

Na confecção, a combinação de automação inteligente, corte digital e integração MES–ERP melhora significativamente a eficiência, reduz tempo improdutivo e otimiza uso de materiais, resultando em retornos competitivos, mesmo em operações de alta variabilidade.



Figura 19: Estimativas de ROI sobre investimentos.

Fonte: SENAI CETIQT (2024), ABIT (2023) e benchmarks industriais internacionais

4.5.1 Casos de Uso ao Longo de Toda a Cadeia Produtiva

Produção de Fibras Naturais (Algodão) – Agricultura Conectada e Beneficiamento Inteligente

Caso de uso 1: Sensoriamento de solo e irrigação de precisão (IIoT + satélites)

Impactos observados:

- ▶ redução de até 30% no consumo de água;
- ▶ maior uniformidade da fibra;
- ▶ menor incidência de pragas e doenças;
- ▶ identificação precisa do momento ideal de colheita.

ROI estimado: 6 a 12 meses (redução de insumos + aumento de produtividade).

Caso de uso 2: Classificação automatizada por HVI integrada ao ERP e à fiação

Impactos observados:

- ▶ menor variabilidade nas misturas;
- ▶ aumento da eficiência de fiação;
- ▶ redução de quebras;
- ▶ melhor desempenho no tear.

ROI estimado: 6 a 12 meses.

Produção de Fibras Químicas – Extrusão com Controle Avançado

Caso de uso: Monitoramento contínuo de viscosidade, pressão e temperatura com algoritmos preditivos²².

Impactos observados:

- ▶ redução significativa de resíduos de polímero;
- ▶ maior estabilidade dimensional da fibra;
- ▶ menor demanda energética no estiramento.

ROI estimado: 1 a 2 anos, dependendo da escala produtiva.

Fiação – Manutenção Preditiva e Ajuste Dinâmico de Parâmetros

Caso de uso 1: Análise de vibração e torque em fusos (IA + manutenção preditiva)

Impactos observados:

- ▶ 20% a 40% menos paradas não programadas;
- ▶ maior rendimento da sala de fiação;
- ▶ redução do custo de manutenção corretiva.

ROI estimado: até 12 meses.

Caso de uso 2: Ajuste automático de velocidade e torção conforme variabilidade da fibra

Impactos observados:

- fios mais regulares;
- redução de defeitos na tecelagem/malharia;
- menor desperdício de materiais.

ROI estimado: 12 a 18 meses.

Tecelagem e Malharia – Inspeção Inteligente e Controle de Eficiência

Caso de uso 1: Visão computacional no tear (detecção instantânea de falhas)

Impactos observados:

- ▶ redução de perdas por defeitos estruturais;
- ▶ detecção de falhas em milissegundos;
- ▶ aumento do OEE²² e estabilidade produtiva.

ROI estimado: 8 a 16 meses.

Caso de uso 2: Monitoramento em tempo real via MES (máquina e operador)

Impactos observados:

- ▶ redução de paradas improdutivas;
- ▶ balanceamento inteligente de máquinas;
- ▶ melhoria do desempenho energético.

ROI estimado: 6 a 12 meses.

Tingimento e Beneficiamento – Precisão Química e Baixo Impacto

Caso de uso 1: Sistemas automáticos de dosagem química + sensores colorimétricos

Impactos observados:

- ▶ 10% a 30% de redução no uso de produtos químicos;
- ▶ significativa redução de refugo por variação de cor;
- ▶ maior estabilidade do processo;
- ▶ menor consumo de corantes e auxiliares.

ROI estimado: cerca de 1 ano.

Caso de uso 2: Reúso de água em circuito fechado com monitoramento digital

Impactos observados:

- ▶ redução de até 90% no consumo de água;
- ▶ menor descarga de efluentes;
- ▶ maior previsibilidade no tingimento.

ROI estimado: 1 a 2 anos.

Confecção – IA e Integração Digital no Corte e Costura

Caso de uso 1: Inspeção automática de costura (visão computacional)

Impactos observados:

- ▶ redução expressiva de retrabalho;
- ▶ aumento da produtividade por operador;
- ▶ padronização da avaliação da qualidade.

ROI estimado: 3 a 8 meses.

Caso de uso 2: Corte automático integrado ao CAD/ERP

Impactos observados:

- ▶ 5% a 15% mais aproveitamento de tecido;
- ▶ menor incidência de erros de corte;
- ▶ maior previsibilidade dos prazos e da carga de trabalho.

ROI estimado: 12 a 18 meses.

Lavanderias e Tratamentos de Peças – Sustentabilidade e Eficiência Operacional

Caso de uso: Sistemas inteligentes de lavagem e acabamento

Impactos observados:

- ▶ economia hídrica relevante;
- ▶ menor consumo de energia;

22. OEE (Overall Equipment Effectiveness) – Indicador de eficiência global de máquinas.

23. Algoritmos preditivos – Modelos matemáticos que usam dados históricos e em tempo real para prever falhas, desvios e oportunidades de otimização.

- ▶ maior uniformidade de acabamento;
- ▶ redução de retrabalho.

ROI estimado: 1 a 2 anos.

4.5.2 ROI Sistêmico e Estratégico: O Valor Ampliado da Fábrica Inteligente

Além dos ganhos localizados por máquina ou processo, a transformação digital gera benefícios sistêmicos, capazes de alterar o patamar competitivo das empresas e da cadeia como um todo.

Principais ganhos estratégicos:

- ▶ redução do capital imobilizado em estoque e WIP;
- ▶ previsibilidade de entrega, com melhor nível de serviço ao cliente;
- ▶ rastreabilidade integral da matéria-prima ao consumidor;
- ▶ redução da pegada ambiental por unidade produzida;
- ▶ maior estabilidade dos processos, com redução de variabilidade;
- ▶ crescimento da margem operacional, pela combinação de eficiência, menor desperdício e melhores decisões.

O ROI passa a ser não apenas um indicador financeiro de curto prazo, mas um instrumento de competitividade estrutural, indicando maturidade digital, sustentabilidade operacional e capacidade de resposta às exigências internacionais.

ROI DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

Resumo visual: Os maiores retornos da digitalização aparecem nas etapas com maior variabilidade e consumo intensivo de recursos. Tingimento e confecção apresentam ganhos imediatos ao adotar sensores, automação, sistemas de controle avançado e visão computacional.

- ▶ Tingimento: sensores contínuos, controle químico automatizado e padronização reduzem retrabalho e desperdícios;
- ▶ Confecção— corte automático, balanceamento digital e IA para inspeção elevam produtividade e reduzem erros;

Ponto-chave: O ROI da Indústria 4.0 é estratégico, não apenas financeiro.

4.6 Capacidades Emergentes da Cadeia Têxtil Inteligente

São cinco as capacidades sistêmicas (figura 20) que emergem da integração entre digitalização, automação avançada e novos modelos produtivos na cadeia têxtil. Cada capacidade representa um conjunto de competências operacionais habilitadas por tecnologias-chave — como IIoT, IA, visão computacional, sistemas MES, gêmeos digitais e plataformas de dados²⁴ industriais — e que, em conjunto, definem o nível de maturidade tecnológica da manufatura têxtil 2030.

- ▶ **Produtividade Inteligente** decorre da adoção de sistemas de controle adaptativo e análise contínua de variáveis críticas, permitindo redução de variabilidade, ajustes autônomos de processo e eficiência estável mesmo em produção flexível.
- ▶ **Qualidade em Tempo Real** deriva da integração de sensores, visão computacional e algoritmos preditivos²³ capazes de detectar desvios imediatamente, autocorrigir parâmetros e evitar a propagação de defeitos ao longo do fluxo produtivo. Essa abordagem substitui modelos tradicionais baseados em inspeção ex post.
- ▶ **Personalização em Larga Escala** é habilitada por manufatura ágil (estamparia digital, malharia 3D, corte automático e produção sob demanda), permitindo balancear flexibilidade e custo unitário em ambientes de alta variabilidade de produtos.
- ▶ **Circularidade Integrada** envolve processos de reintrodução de materiais reciclados, beneficiamento de baixo impacto, rastreabilidade ambiental e design para desmontagem, atendendo requisitos emergentes, como passaporte digital de produtos e políticas internacionais de descarbonização.
- ▶ **Resiliência Operacional** reflete a capacidade do sistema produtivo em responder a perturbações logísticas, oscilações de demanda e mudanças regulatórias, apoiado por arquiteturas distribuídas, microfábricas, redundância digital e governança orientada a dados.

Trata-se de capacidades interdependentes e cumulativas: juntas, formam o arcabouço técnico que sustenta a competitividade da cadeia têxtil inteligente, articulando desempenho industrial, sustentabilidade e robustez sistêmica.

24. Plataforma de dados — Ambiente que centraliza e trata informações operacionais, ambientais e logísticas.

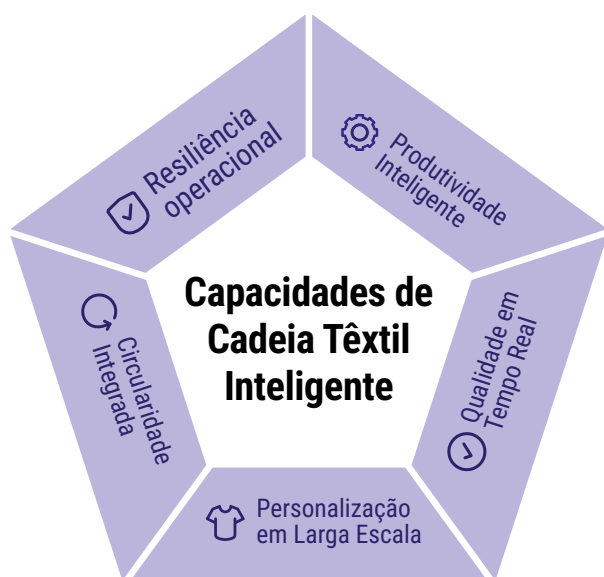


Figura 20: Capacidades da Cadeia Têxtil Inteligente.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A convergência entre tecnologias digitais, automação avançada, sustentabilidade e novos modelos produtivos moderniza processos e constrói um novo conjunto de capacidades industriais que definem a competitividade da cadeia têxtil e de confecção rumo a 2030.

Essas capacidades ampliam o desempenho operacional, reduzem vulnerabilidades e reposicionam a indústria brasileira no cenário global.

Produtividade Inteligente

Na fábrica inteligente, produtividade deixa de ser consequência exclusiva de habilidades humanas ou da velocidade das máquinas. Ela passa a emergir de um ecossistema integrado, capaz de aprender, ajustar e otimizar continuamente.

A produção opera com a capacidade de:

- ▶ reduzir variabilidade mesmo com matérias-primas heterogêneas;
- ▶ reagir autonomamente a desvios antes que causem perdas;
- ▶ ajustar parâmetros críticos em tempo real;
- ▶ manter eficiência elevada em lotes pequenos ou altamente customizados.

Isso permite que o setor abandone o paradigma de grandes lotes para manter eficiência, abrindo espaço para produção rápida, flexível e de alto valor agregado.

Qualidade em Tempo Real

A visão de qualidade 2030 não depende mais de inspeção posterior, e sim de monitoramento contínuo, embutido no próprio processo produtivo.

Combinando sensores, visão computacional, análises preditivas e automação, as fábricas passam a:

- ▶ detectar falhas no exato momento em que surgem;
- ▶ corrigir parâmetros automaticamente, sem intervenção humana;
- ▶ evitar que defeitos se propaguem ao longo do fluxo;
- ▶ padronizar resultados com muito menos variabilidade.

Essa capacidade reduz drasticamente o custo da não qualidade — um dos maiores custos ocultos da cadeia têxtil — e aumenta a confiabilidade técnica dos produtos.

Personalização em Larga Escala

A integração entre estamparia digital, malharia 3D, corte automático e produção sob demanda cria uma capacidade inédita: personalização industrial em escala.

Com essas tecnologias, a indústria consegue:

- ▶ produzir lotes mínimos sem perda de eficiência;
- ▶ responder rapidamente às preferências do consumidor e às tendências de mercado;
- ▶ oferecer produtos customizados com preços competitivos;
- ▶ realizar prototipagem acelerada e testes de mercado quase instantâneos.

A personalização deixa de ser exceção e passa a ser um diferencial estratégico, especialmente em mercados de moda, esportivo, técnico e de uniformes profissionais.

Circularidade Integrada

A economia circular deixa de ser uma iniciativa pontual e se transforma em capacidade intrínseca da cadeia produtiva.

As fábricas inteligentes passam a integrar:

- ▶ reintrodução de resíduos internos como matéria-prima;
- ▶ escalabilidade de fibras recicladas mecânica e quimicamente;
- ▶ processos de tingimento e beneficiamento de

baixo impacto;

- ▶ design orientado para desmontagem, reparo e reuso;
- ▶ métricas rastreáveis de ciclo de vida (LCA) e pegada ambiental.

Essa capacidade atende às regulações internacionais como passaporte digital, diretrizes de circularidade e metas de descarbonização e agrega valor para marcas e consumidores.

Resiliência Operacional

Um dos ganhos mais estratégicos da fábrica inteligente é a resiliência, entendida como a capacidade de absorver choques sem comprometer desempenho.

Nesse contexto, a cadeia têxtil torna-se capaz de:

- ▶ responder rapidamente a interrupções logísticas;
- ▶ ajustar capacidade produtiva conforme flutuações de demanda;
- ▶ redistribuir produção entre plantas, microfábricas e parceiros especializados;
- ▶ operar com mais estabilidade mesmo em cenários adversos;
- ▶ reduzir dependências críticas e gargalos estruturais.

A resiliência deixa de ser apenas uma vantagem operacional e passa a ser um requisito de sobrevivência em cadeias globais sujeitas a riscos climáticos, geopolíticos e regulatórios.

4.7 Gestão Estratégica da Inovação Tecnológica na Produção Têxtil até 2030

A Gestão Estratégica de Tecnologia desempenha o papel de eixo estruturante da transformação industrial, elevando a capacidade organizacional a partir da integração entre desempenho operacional, inovação contínua e tomada de decisão orientada a dados, três pilares essenciais para a competitividade da indústria têxtil na era digital.

Principais Vetores da Transformação Tecnológica

- ▶ Inovação contínua — desenvolvimento de soluções, integração tecnológica e revisão constante de processos;
- ▶ Eficiência e desempenho — melhoria contínua,

otimização de recursos e automação inteligente;

- ▶ Gestão orientada a dados — uso de analytics, monitoramento em tempo real e modelos preditivos para suporte à decisão;
- ▶ Governança e alinhamento estratégico (checklist) — definição de prioridades, maturidade de processos e alinhamento com objetivos corporativos;
- ▶ Gestão do capital humano — humanização, valorização, retenção de talentos e treinamentos planejados para formação em competências contínuas.

A gestão tecnológica se configura como um mecanismo de coordenação sistêmica que une tecnologia, pessoas, processos e estratégia empresarial. É essa capacidade que permite transformar os investimentos em digitalização em valor econômico, ambiental e competitivo.

4.7.1 A Governança da Transformação Tecnológica na Cadeia Têxtil

A transição para a produção inteligente exige uma nova forma de governança. Em um setor marcado por rápidas inovações, demandas ambientais crescentes e pressão competitiva internacional, gestores tornam-se curadores de tecnologia, responsáveis por conectar visão estratégica, rigor técnico e capacidade de adaptação.

Nesse contexto, a gestão passa a funcionar como um sistema vivo, capaz de aprender continuamente, ajustar rotas e orquestrar a evolução tecnológica de toda a cadeia produtiva.

Historicamente, as tecnologias têxteis evoluíam em ciclos longos e estáveis. Hoje, esses ciclos são curtos. Sensores, robótica, visão computacional, IA, gêmeos digitais e conectividade 5G transformam competências, processos e modelos de negócio em velocidade inédita.

Por isso, a decisão tecnológica passa a envolver:

- ▶ maturidade e robustez das soluções digitais;
- ▶ interoperabilidade com o parque instalado;
- ▶ tendências regulatórias e globais (ESG, rastreabilidade, DPP);
- ▶ capacidade interna de absorção e operação;
- ▶ horizonte de caducidade e de evolução da tecnologia;
- ▶ impactos sistêmicos sobre as etapas subsequentes da cadeia.

A gestão precisa se apoiar tanto em evidência científica quanto em inteligência estratégica, reconhecendo que a inovação hoje acontece sob incerteza permanente.

4.7.2 Princípios de Gestão para a Transformação 4.0

Leitura sistêmica da cadeia produtiva

Cada tecnologia afeta não apenas o setor em que é implementada, mas todas as etapas que dependem dele.

Exemplo típico:

Uma decisão na fiação como adotar um novo sistema de misturas ou sensores de irregularidade altera custos, estabilidade e qualidade na tecelagem, no tingimento e até na confecção.

Assim, toda tecnologia deve ser analisada por seu impacto transversal, e não apenas pelo ganho local.

Disciplina analítica combinada com flexibilidade estratégica

Gestores precisam equilibrar duas forças complementares:

- ▶ rigor analítico: avaliar indicadores, comparar cenários, validar hipóteses;
- ▶ flexibilidade estratégica: ajustar planos rapidamente, testar pilotos, revisar prioridades sem resistência.

Essa combinação transforma a empresa em uma organização adaptativa, capaz de evoluir com o ritmo da tecnologia.

Inovação como processo contínuo

A adoção tecnológica não termina na instalação de equipamentos. Ela inclui:

- ▶ absorção organizacional;
- ▶ treinamento técnico e multidisciplinar;
- ▶ integração com sistemas e fluxos produtivos;
- ▶ monitoramento contínuo de impacto;
- ▶ ajustes iterativos;

- ▶ evolução gradual da maturidade digital.

A empresa só avança na velocidade em que consegue aprender, e não apenas comprar.

COMO PRIORIZAR TECNOLOGIAS EM UM CENÁRIO DE ALTA VELOCIDADE

A tomada de decisão passa a considerar duas dimensões principais:

- ▶ tipo de tecnologia: incremental, estruturante ou disruptiva;
- ▶ horizonte de investimento: curto, médio e longo prazo.

Tecnologias Incrementais

Melhoram processos existentes, reduzem variabilidade e elevam eficiência. São de rápida implementação, baixo risco e ROI previsível.

Exemplos:

Retrofitts digitais, sensores IIoT, corte automático, automação de dosagens químicas.

Criam a base operacional para saltos tecnológicos mais avançados.

Tecnologias Estruturantes

Permitem que a fábrica opere como um sistema integrado. São essenciais para consolidar maturidade digital.

Exemplos:

MES integrado ao ERP, conectividade 5G industrial, plataformas de dados, rastreabilidade digital.

Essas tecnologias preparam o terreno para aplicações avançadas de IA, digital twins e automação cognitiva.

Tecnologias Disruptivas

Capazes de redefinir processos, modelos de negócio e fontes de valor.

Exemplos:

IA autônoma, gêmeos digitais avançados, malharia 3D, tingimento sem água, robótica cognitiva, circularidade química avançada.

Devem ser testadas em ambientes controlados,

expandidas conforme demonstram robustez.

4.8 O Ciclo PDCA da Inovação: Estrutura para Governar a Transformação

Em ambientes de rápida mudança tecnológica, o PDCA é uma ferramenta de controle e um motor de aprendizagem contínua.

O Ciclo PDCA passa a ser a estrutura operacional que sustenta a inovação tecnológica contínua no setor têxtil. Diferentemente do uso tradicional do PDCA, apenas para controle da qualidade, aqui ele é reinterpretado como um sistema dinâmico de aprendizagem industrial, aplicado à transformação digital, à incorporação de novas tecnologias e à modernização progressiva da fábrica inteligente.

A inovação não ocorre em saltos isolados, mas sim como um movimento cíclico e retroalimentado, no qual cada etapa reduz incertezas, consolida conhecimento e aumenta a maturidade tecnológica (TRL) e organizacional (CRL).



Figura 21: PDCA da Inovação Tecnológica.
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

PLAN – Visão estratégica, evidências e construção de cenários

Planejar inclui:

- ▶ Mapear maturidade tecnológica;
- ▶ Analisar tendências globais e regulações emergentes;
- ▶ Identificar gargalos reais da operação;
- ▶ Simular cenários com gêmeos digitais;
- ▶ Priorizar tecnologias com base em impacto sistêmico.

Essa etapa protege a empresa de investimentos impulsivos ou desalinhados.

DO – Começar pequeno, implementar profundo

A execução mais eficiente ocorre por meio de:

- ▶ Pilotos controlados;
- ▶ Escalabilidade planejada;
- ▶ Integração gradual ao parque instalado;
- ▶ Participação ativa de equipes operacionais.

A inovação cresce do piloto ao chão de fábrica, sempre guiada por evidências.

CHECK – Medição rigorosa e transparente

A verificação inclui:

- ▶ análise de dados reais;
- ▶ comparação entre resultados simulados e observados;
- ▶ avaliação técnica, econômica e ambiental;
- ▶ comprovação da repetibilidade dos resultados.

Essa etapa gera aprendizado e fortalece a tomada de decisão.

ACT – Ajustar, consolidar e expandir

Com base nas evidências, a empresa:

- ▶ escala tecnologias bem-sucedidas;
- ▶ ajusta processos;
- ▶ revisa prioridades;
- ▶ constrói competências internas;
- ▶ descontinua soluções de baixo impacto.

O ACT representa a governança estratégica e mantém o ciclo vivo.

4.9 O Gestor 2030 Como Arquiteto de Sistemas

O papel do gestor evolui profundamente. Ele deixa de ser um decisor transacional para se tornar:

- ▶ estrategista digital;
- ▶ especialista em risco tecnológico;
- ▶ integrador de sistemas;
- ▶ promotor de cultura de dados;

- ▶ líder de equipes híbridas (engenharia, automação, TI e operações);
- ▶ curador de tecnologias emergentes.

A fábrica inteligente exige gestores capazes de:

- ▶ interpretar o presente,
- ▶ projetar o futuro,
- ▶ construir a ponte entre ambos.

O GESTOR 2030: ARQUITETO DE SISTEMAS

O papel do gestor evolui de comprador de máquinas para estrategista digital, responsável por:

- ▶ governança de dados;
- ▶ integração técnica;
- ▶ priorização de tecnologias;
- ▶ desenvolvimento de competências.

Ponto-chave: Investimento em tecnologia só gera valor com gestão e maturidade organizacional.

4.10 A Produção Têxtil como Arquitetura Inteligente, Sustentável e Adaptativa

Rumo a 2030, a produção têxtil e de confecção deixa definitivamente de ser um conjunto de operações industriais isoladas e passa a operar como uma infraestrutura estratégica de competitividade. A fábrica inteligente é definida apenas por eficiência e por sua capacidade de integrar dados, sustentabilidade, flexibilidade produtiva e resposta ao mercado em um sistema coerente e adaptativo.

Ao longo da cadeia, da fiação à confecção, observa-se a consolidação de uma lógica produtiva orientada por previsibilidade, rastreabilidade e conformidade regulatória. A incorporação de tecnologias digitais, automação avançada e sistemas de gestão integrados permite reduzir variabilidade, controlar impactos ambientais e viabilizar novos modelos produtivos alinhados à demanda real.

Nesse contexto, a produção torna-se o principal elo de conexão entre estratégia industrial, exigências ESG e acesso a mercados regulados. Certificações, protocolos ambientais, passaportes digitais de produto e mecanismos de due diligence deixam

de ser requisitos externos e passam a integrar o próprio desenho dos processos produtivos.

A competitividade da indústria têxtil e de confecção no cenário global dependerá, cada vez mais, da maturidade com que essa arquitetura produtiva for implementada. A fábrica 2030 não é um destino tecnológico, mas uma condição estrutural para operar, competir e crescer em um ambiente econômico marcado por regulação, transparência e pressão por sustentabilidade.

A produção têxtil e de confecção, historicamente marcada por sua complexidade técnica e relevância econômica, vive um ponto de inflexão. A transição para fábricas inteligentes não se resume à adoção de novas tecnologias, mas implica reconfigurar toda a lógica produtiva. O setor passa a operar como uma arquitetura integrada de dados, pessoas, máquinas e sistemas, capaz de aprender, adaptar-se e evoluir continuamente.

RUMO A 2030, ESSA TRANSFORMAÇÃO SE CONSOLIDA EM CINCO DIMENSÕES CENTRAIS:

Integração digital da cadeia completa: do campo ao varejo, dados fluem de forma contínua, orientando decisões técnicas, logísticas e estratégicas.

Sustentabilidade como motor competitivo: a medição precisa de impactos: a redução de emissões e a rastreabilidade tornam-se essenciais para acessar mercados globais.

Produtividade inteligente: processos passam a regular-se autonomamente, minimizando variabilidade e aumentando previsibilidade.

Resposta rápida ao mercado: a produção orientada pela demanda reduz estoques, acelera ciclos e aproxima indústria e consumidor.

Circularidade e resiliência: cadeias regionais, transparentes e adaptativas fortalecem o setor frente a incertezas globais e pressões regulatórias.

Ao incorporar inteligência artificial, IIoT, gêmeos digitais, automação avançada, plataformas integradas de gestão e processos de baixo impacto, cada etapa — fibras naturais, fibras químicas, fiação,

tecelagem, malharia, tingimento, beneficiamento, confecção e lavanderias – transforma-se em parte de um sistema produtivo inteligente, conectado e sustentável.

A competitividade da indústria têxtil brasileira dependerá, cada vez mais, de sua capacidade de integrar tecnologia, estratégia e sustentabilidade. A fábrica inteligente não é um destino fixo, mas um processo contínuo de aprendizado, inovação e reinvenção.

A Figura 22 sintetiza os dez pilares estratégicos que orientam a transformação da cadeia têxtil rumo a 2030. Ela funciona como um *framework visual*, destacando como tecnologia, digitalização, sustentabilidade, novos modelos produtivos e competências humanas convergem para formar um sistema industrial mais eficiente, resiliente e competitivo.



Figura 22: Pilares estratégicos que orientam a transformação da cadeia têxtil rumo a 2030.
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Cada elemento apresentado resume uma diretriz crítica: desde a integração sistêmica de dados ao longo de toda a cadeia até a consolidação de práticas de circularidade, personalização e governança tecnológica. Esses pontos funcionam como lembretes estratégicos que norteiam decisões de investimento, evolução de processos e construção de capacidades industriais – reforçando que a competitividade do setor dependerá de maturidade digital, alinhamento regulatório e cooperação entre empresas, institutos tecnológicos e políticas industriais.

4.11 Motores da Transformação da Produção: Como as Fábricas Inteligentes Reconfiguram a Cadeia Têxtil

Quais capacidades produtivas e tecnológicas tendem a reorganizar a produção têxtil e de confecção até 2030 e como cada uma delas transforma operações, fluxos produtivos e modelos industriais ao longo da cadeia de valor?

A tabela a seguir sintetiza os principais motores da transformação da produção têxtil e de confecção até 2030. Esses motores atuam sobre automação, conectividade, integração de dados, rastreabilidade, flexibilidade produtiva e inteligência operacional, impulsionando sistemas industriais mais eficientes, responsivos e integrados. Ao reunir tecnologias, arquiteturas produtivas e capacidades emergentes que convergem para modelos de manufatura avançada, a síntese evidencia o papel estratégico das fábricas inteligentes na reconfiguração da cadeia de valor têxtil e de confecção.

MOTORES DA TRANSFORMAÇÃO DA PRODUÇÃO

Motor da Transformação	Posição na Cadeia	Onde Atua com Mais Intensidade	Como Atua	Como Converge
Agricultura Conectada e Produção Inteligente de Fibras Naturais	Início da cadeia: cultivo e beneficiamento do algodão	Produção agrícola, classificação e rastreabilidade da fibra	Sensores, drones, satélites, HVI, agricultura de precisão e rastreabilidade digital	Descarbonização, previsibilidade produtiva, rastreabilidade e integração campo-indústria
Produção Inteligente de Fibras Químicas	Início da cadeia: síntese e extrusão de fibras	Controle contínuo de polímeros e estabilidade produtiva	Sensores, algoritmos preditivos, MES, controle de extrusão e recuperação de insumos	Eficiência energética, bioeconomia, circularidade e estabilidade dimensional
Fiação Inteligente e Integração de Dados	Meio da cadeia: transformação de fibras em fios	Controle de variabilidade, estabilidade operacional e rastreabilidade	IA, sensores, manutenção preditiva, monitoramento contínuo e automação adaptativa	Integração vertical da informação, eficiência industrial e qualidade em tempo real
Tecelagem e Malharia Inteligentes	Meio da cadeia: formação de tecidos e malhas	Controle de qualidade, estabilidade estrutural e agilidade produtiva	Visão computacional, sensores, MES, automação e monitoramento em tempo real	Produção flexível, customização, redução de defeitos e manufatura responsiva
Beneficiamento e Tingimento de Baixo Impacto	Meio da cadeia: acabamento e funcionalização têxtil	Gestão química, consumo hídrico e conformidade ambiental	Sensores, IA, estamparia digital, plasma, CO ₂ supercrítico e sistemas de controle ambiental	ESG, descarbonização, rastreabilidade e acesso a mercados regulados
Confeção 4.0 e Produção Flexível	Final da cadeia: montagem, acabamento e integração com o varejo	Produção sob demanda, automação e customização em escala	CAD 3D, corte automático, robótica, IA, células modulares e escaneamento corporal	Personalização, integração omnichannel, redução de estoques e agilidade de resposta
Integração Digital da Cadeia Produtiva	Transversal: do campo ao pós-consumo	Fluxos de informação, rastreabilidade e tomada de decisão integrada	ERP, MES, IIoT, blockchain, computação em nuvem e analytics	Transparência, governança, previsibilidade e passaporte digital de produtos
Fábricas Inteligentes e Automação Avançada	Transversal: processos industriais integrados	Automação adaptativa, monitoramento contínuo e eficiência operacional	Robótica, IA, digital twins, sensores inteligentes e manutenção preditiva	Produtividade inteligente, resiliência operacional e redução de desperdícios
Produção Sob Demanda e Cadeias Ágeis	Produção, distribuição e varejo	Redução de estoques, flexibilidade e resposta rápida ao mercado	Integração e-commerce-produção, microfábricas, células modulares e manufatura digital	Customização, eficiência sistêmica, redução de lead time e menor superprodução
Circularidade Produtiva e Reintegração de Materiais	Pós-consumo e reintegração produtiva	Reuso, reciclagem, logística reversa e reaproveitamento de resíduos	Reciclagem mecânica e química, rastreabilidade digital e design circular	Economia circular, redução da pegada ambiental e novos modelos de negócio
Gestão Estratégica da Tecnologia e Dados	Transversal: gestão industrial e inovação	Planejamento tecnológico, governança e maturidade digital	Analytics, PDCA, gestão de dados industriais, indicadores integrados e IA	Competitividade, inovação contínua e integração entre tecnologia, ESG e estratégia
Capacidades Emergentes da Cadeia Inteligente	Transversal: toda a cadeia produtiva	Qualidade em tempo real, personalização e resiliência operacional	Integração entre IA, automação, dados industriais e manufatura conectada	Competitividade sistêmica, sustentabilidade, circularidade e adaptação a mercados dinâmicos

Fonte: Elaborado pelo autor.



CAPÍTULO 5

ECONOMIA CIRCULAR E PÓS-CONSUMO: RETENDO VALOR, GERANDO OPORTUNIDADES

**Thiago Santiago Gomes
Camila da Costa**

ECONOMIA CIRCULAR E PÓS-CONSUMO: RETENDO VALOR, GERANDO OPORTUNIDADES¹

A economia circular vem ganhando relevância no setor têxtil e de confecção como uma oportunidade estratégica para impulsionar inovação, eficiência produtiva e novos modelos de geração de valor. Em um cenário marcado por avanços tecnológicos, novas exigências regulatórias e mudanças no comportamento de consumo, a circularidade surge como um caminho para fortalecer a competitividade da indústria e ampliar sua capacidade de adaptação às transformações globais.

Mais do que reciclagem, a economia circular propõe uma nova lógica de desenvolvimento, baseada na manutenção de produtos, componentes e materiais em circulação pelo maior tempo possível. Nesse contexto, estratégias como design circular, reutilização, reparo, logística reversa, rastreabilidade e reintegração de materiais tornam-se elementos centrais para a construção de cadeias mais eficientes, transparentes e regenerativas.

Dessa forma, este capítulo apresenta os principais conceitos, fatores, tecnologias e modelos de negócio associados à circularidade no setor têxtil e de confecção, destacando como inovação, colaboração e retenção de valor dos materiais podem posicionar a indústria como protagonista na construção de soluções sustentáveis e de longo prazo.

5.1 Uma nova perspectiva para o desenvolvimento industrial

A economia circular vem consolidando uma nova perspectiva para o desenvolvimento industrial, baseada na preservação de valor, na eficiência do uso de recursos e na construção de sistemas produtivos mais resilientes, regenerativos e conectados às demandas contemporâneas de sustentabilidade

(ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017; GEISS-DOERFER et al., 2017). No setor têxtil e de confecção, essa transição representa uma oportunidade estratégica para repensar produtos, processos e modelos de negócio, ampliando competitividade, transparência e geração de valor ao longo de toda a cadeia produtiva.

Mais do que uma alternativa ao modelo linear tradicional, a circularidade propõe uma nova lógica de desenvolvimento baseada na manutenção de materiais, componentes e produtos em circulação pelo maior tempo possível, o que leva à redução de perda de valor e fortalecimento de estratégias como ecodesign, reutilização, reparo, remanufatura, logística reversa e reciclagem avançada (STAHEL, 2016; BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002). Nesse contexto, o pós-consumo deixa de representar o encerramento do ciclo produtivo e passa a atuar como uma fonte estratégica de recursos, inovação e novos fluxos econômicos.

Ao mesmo tempo, fatores como descarbonização, conformidade regulatória, Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), Green Deal Europeu e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) vêm acelerando a incorporação de práticas circulares na indústria global. Tecnologias habilitadoras como inteligência artificial, blockchain, RFID, passaporte digital de produtos e gêmeos digitais ampliam a rastreabilidade, a transparência e a gestão de dados, permitindo maior integração entre produção, consumo e reintegração de materiais. Inserido nesse cenário, o setor têxtil assume papel protagonista na construção de soluções circulares escaláveis, combinando inovação, sustentabilidade e competitividade.

Este capítulo discute os fundamentos da economia circular aplicados ao setor têxtil e de confecção, explorando os principais fatores que impulsionam essa transição, as tecnologias emergentes, os modelos de negócio circulares e as estratégias voltadas à retenção de valor dos materiais. Ao longo do texto, busca-se demonstrar como a circularidade

1. Autora: Thiago e Camila

pode fortalecer a capacidade de inovação da indústria, gerar novas oportunidades econômicas e contribuir para a construção de cadeias produtivas mais transparentes, colaborativas e regenerativas.

5.2 Fundamentos da Economia Circular no Setor Têxtil

A economia circular representa uma mudança estrutural na forma como produtos, materiais e recursos são concebidos, utilizados e reintegrados aos sistemas produtivos. No setor têxtil e de confecção, essa abordagem vem se consolidando como uma estratégia capaz de aliar inovação, competitividade e sustentabilidade ao propor modelos produtivos mais eficientes, regenerativos e orientados à retenção de valor ao longo de toda a cadeia. Diferentemente da lógica linear tradicional — baseada em extrair, produzir, consumir e descartar —, a circularidade busca manter produtos e materiais em uso pelo maior tempo possível, reduzindo desperdícios, ampliando a eficiência no uso de recursos e fortalecendo novos fluxos econômicos e produtivos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017; STAHEL, 2016).

Nesse contexto, conceitos como ecodesign, ciclos biológicos e técnicos, reutilização, reparo, remanufatura, logística reversa e reciclagem avançada passam a ocupar papel central na transformação da indústria têxtil. Ao mesmo tempo, temas como slow fashion, consumo consciente, rastreabilidade, descarbonização, Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) e transparência da cadeia produtiva ampliam a relação entre circularidade, inovação e competitividade. Assim, esta seção apresenta os principais fundamentos conceituais da economia circular aplicados ao setor têxtil e de confecção, estabelecendo a base teórica necessária para compreender os fatores, tecnologias e estratégias que impulsionam a construção de cadeias mais circulares.

5.2.1 Evolução do Conceito de Economia Circular

A discussão sobre Economia Circular começou a ganhar relevância internacional a partir da década de 1970, em um contexto marcado pelas crises energéticas, pela crescente preocupação com a escassez de recursos naturais e pelos limites

ambientais do modelo industrial tradicional. Um dos primeiros registros formais do conceito surgiu em 1976, em estudos desenvolvidos para a então Comissão das Comunidades Europeias, posteriormente Comissão Europeia, no relatório *Potential for Substituting Manpower for Energy* (CSR PIEMONTE, 2019). Nesse trabalho, Walter Stahel e Geneviève Reday-Mulvey propuseram uma nova lógica econômica baseada na extensão da vida útil dos produtos, na reutilização de materiais e na redução do desperdício, defendendo que a “segunda vida dos bens” poderia gerar simultaneamente benefícios econômicos, sociais e ambientais (STAHEL; REDAY-MULVEY, 1981).

A partir dessas discussões, Walter Stahel desenvolveu o conceito de Economia de Performance (*Performance Economy*), no qual o valor econômico deixa de estar concentrado apenas na venda de produtos e passa a incorporar serviços, manutenção, reparo, remanufatura e prolongamento da vida útil dos materiais (STAHEL, 2010). Essa abordagem representa uma ruptura importante em relação ao modelo linear tradicional de “extrair, produzir, consumir e descartar”, ao propor sistemas capazes de manter produtos e recursos em circulação pelo maior tempo possível. Nessa perspectiva, resíduos deixam de ser compreendidos apenas como descarte e passam a ser vistos como potenciais insumos para novos ciclos produtivos.

Ao longo das décadas seguintes, o conceito de economia circular foi ampliado e incorporou contribuições de diferentes correntes teóricas, como a Ecologia Industrial, o Cradle to Cradle (“Do Berço ao Berço”), a Biomimética e a Blue Economy, todas convergindo para a ideia de sistemas produtivos mais regenerativos, eficientes e alinhados aos limites ambientais (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002; BENYUS, 1997; PAULI, 2010). Entretanto, foi principalmente a partir dos trabalhos da Ellen MacArthur Foundation, criada em 2010, que a economia circular ganhou escala global como estratégia industrial e agenda de transformação econômica. A fundação consolidou o conceito ao definir a circularidade como um sistema restaurativo e regenerativo, baseado na eliminação de resíduos e poluição desde o design, na manutenção de produtos e materiais em uso e na regeneração dos sistemas

naturais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

Nesse contexto, a economia circular deixa de ser apenas uma abordagem ambiental e passa a atuar como estratégia de inovação, competitividade e retenção de valor para diferentes setores industriais, incluindo o têxtil e de confecção. A transição de modelos lineares para modelos regenerativos implica repensar toda a cadeia de valor, incorporando princípios de ecodesign, logística reversa, rastreabilidade, reutilização, remanufatura e reciclagem avançada. Mais do que reduzir impactos ambientais, a circularidade propõe transformar a relação entre produção, consumo e recursos, fortalecendo cadeias produtivas mais resilientes, transparentes e preparadas para os desafios econômicos, regulatórios e climáticos do século XXI.

5.2.2 Ciclos Biológicos, Técnicos e Retenção de Valor

Um dos fundamentos centrais da economia circular é a compreensão de que materiais e produtos podem circular em diferentes fluxos produtivos, reduzindo perdas de valor e minimizando a geração de resíduos. A Ellen MacArthur Foundation (2017) organiza essa lógica a partir de dois grandes sistemas complementares: os ciclos biológicos e os ciclos técnicos.

Nos ciclos biológicos, materiais renováveis e biodegradáveis retornam de forma segura ao meio ambiente, contribuindo para a regeneração dos sistemas naturais. Já nos ciclos técnicos, materiais não biodegradáveis, como fibras sintéticas, metais e polímeros, permanecem em circulação por meio de estratégias que preservam seu valor econômico e funcional pelo maior tempo possível.

No setor têxtil e de confecção, essa diferenciação é particularmente relevante. Fibras naturais, como algodão, linho, lã e viscose de origem responsável, podem integrar ciclos biológicos quando desenvolvidas sem substâncias tóxicas e compatíveis com processos regenerativos. Em paralelo, materiais técnicos, como poliéster, poliamida e elastano, exigem estratégias de recuperação, rastreabilidade e reintegração industrial para evitar perda de valor e descarte inadequado. Dessa forma, a circularidade não depende apenas do material em si, mas da maneira como produtos são concebidos, utilizados e reinseridos nos sistemas produtivos (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002).

A lógica circular também está diretamente associada ao conceito de retenção de valor. Diferentemente do modelo linear, no qual os produtos perdem valor progressivamente até se transformarem em resíduos, a economia circular busca preservar ao máximo o valor incorporado aos materiais, componentes e produtos ao longo de múltiplos ciclos de uso (Stahel, 2010). Essa visão dá origem à chamada hierarquia da circularidade, segundo a qual estratégias que mantêm produtos em uso com menor necessidade de transformação tendem a gerar maior retenção de valor econômico, energético e material.

Nessa hierarquia, práticas como reúso, compartilhamento, manutenção e reparo ocupam níveis prioritários, pois prolongam a vida útil dos produtos com baixo consumo adicional de recursos. Em seguida, estratégias como remanufatura e recondicionamento permitem recuperar componentes e produtos com elevado valor agregado. A reciclagem, embora essencial para evitar descarte e reinserir materiais na cadeia produtiva, aparece como uma alternativa posterior dentro da lógica circular, pois geralmente envolve perda parcial de propriedades materiais e maior consumo energético (RISANEN; MCQUILLAN, 2016; STAHEL, 2016). Ainda assim, em setores como o têxtil, em que grandes volumes de resíduos pós-consumo são gerados diariamente, a reciclagem avançada torna-se uma etapa estratégica para evitar a destruição completa de valor.

Sob essa perspectiva, resíduos deixam de ser compreendidos apenas como descarte e passam a ser tratados como recursos capazes de alimentar novos ciclos produtivos. Essa mudança de paradigma transforma o modo como empresas, consumidores e governos se relacionam com materiais e produtos. Conceitos como logística reversa, design para desmontagem, upcycling, mercados secundários de matérias-primas e rastreabilidade passam a integrar as estratégias industriais contemporâneas, fortalecendo cadeias mais resilientes, eficientes e alinhadas aos princípios da circularidade.

No contexto da indústria têxtil, essa abordagem amplia as possibilidades de inovação e geração de valor. Produtos desenvolvidos para circular podem alimentar modelos de revenda, aluguel, reparo, customização, remanufatura e reciclagem, reduzindo a dependência de matérias-primas virgens e criando

novas oportunidades econômicas. Mais do que reduzir resíduos, a economia circular propõe reorganizar os fluxos produtivos para que materiais permaneçam ativos na economia pelo maior tempo possível, promovendo retenção de valor, eficiência no uso de recursos e regeneração sistêmica.

5.2.3 Slow Fashion e Novos Modelos de Consumo

A transição para a economia circular no setor têxtil e de confecção está diretamente relacionada à transformação dos padrões de consumo e à construção de modelos mais conscientes, duráveis e orientados à retenção de valor. Nesse contexto, o movimento slow fashion surge como uma resposta à lógica de consumo acelerado associada ao fast fashion, propondo uma relação mais equilibrada entre produção, uso e descarte de produtos têxteis (FLETCHER, 2007). Mais do que reduzir o ritmo de consumo, o slow fashion busca valorizar qualidade, durabilidade, transparência, responsabilidade socioambiental e conexão emocional entre consumidores e produtos.

Essa abordagem se alinha diretamente aos princípios da economia circular ao incentivar a extensão da vida útil das peças e reduzir a obsolescência prematura. Em vez de produtos concebidos para ciclos curtos de uso, a circularidade propõe roupas desenvolvidas para durar mais tempo, permitindo manutenção, reparo, reutilização e reintegração em novos fluxos produtivos. Sob essa perspectiva, a durabilidade deixa de ser apenas uma característica técnica e passa a representar uma estratégia de retenção de valor econômico, material e ambiental (STAHEL, 2016).

O consumo consciente também assume papel central nesse processo. Consumidores passam a considerar não apenas preço e estética, mas fatores relacionados à origem dos materiais, condições de produção, impacto ambiental, rastreabilidade e potencial de circularidade dos produtos. Essa mudança de comportamento fortalece marcas que investem em transparência, qualidade e modelos de negócio alinhados à sustentabilidade, impulsionando uma nova dinâmica competitiva no setor (FLETCHER; GROSE, 2012).

Paralelamente, novos modelos de consumo vêm ampliando as possibilidades de circulação de produtos e materiais na economia. O recommerce

— baseado na revenda de peças usadas — cresce globalmente como alternativa capaz de prolongar ciclos de uso e reduzir a demanda por novos recursos. Plataformas digitais especializadas em revenda, brechós premium e programas de recompra promovidos por marcas demonstram como produtos podem manter valor mesmo após o primeiro ciclo de consumo.

Da mesma forma, modelos baseados em aluguel, assinatura e compartilhamento vêm se consolidando como estratégias relevantes para determinados segmentos da moda, especialmente em produtos de alto valor agregado ou uso ocasional. Esses sistemas permitem ampliar a utilização das peças, reduzindo subutilização e aumentando eficiência no uso dos recursos. Em paralelo, serviços de reparo, customização e manutenção ganham relevância ao estimular vínculos mais duradouros entre consumidores e produtos, evitando descartes motivados por pequenos defeitos ou mudanças estéticas.

A relação entre slow fashion e economia circular, portanto, vai além de uma questão de estilo ou comportamento de consumo. Trata-se de uma mudança estrutural na forma como o valor é percebido e preservado ao longo da cadeia têxtil. Ao incentivar longevidade, reparabilidade, reutilização e redução da obsolescência, o slow fashion contribui para desacelerar fluxos lineares de produção e descarte, fortalecendo modelos circulares mais resilientes, regenerativos e alinhados às demandas contemporâneas de sustentabilidade.

5.3 Design Circular e Estratégias de Produto

O design circular vem se consolidando como um dos principais pilares da transição para a economia circular no setor têxtil e de confecção. Diferentemente do modelo convencional, no qual os produtos são concebidos sem considerar seu destino pós-consumo, o design circular propõe que produtos, materiais e componentes sejam planejados desde a origem para maximizar retenção de valor, durabilidade, reparabilidade, desmontagem, reutilização e reintegração aos ciclos produtivos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

Estudos indicam que aproximadamente de 70% a 80% dos impactos ambientais de um produto são definidos ainda na fase de projeto, antes mesmo

do início da produção (EUROPEAN COMMISSION, 2012). No setor têxtil, isso significa que decisões relacionadas à escolha de fibras, composição dos tecidos, processos de tingimento, acabamentos químicos e sistemas de montagem influenciam diretamente a possibilidade de reutilização, reparo, remanufatura ou reciclagem das peças ao final de sua vida útil. Nesse contexto, o design deixa de ser apenas um elemento estético e passa a atuar como ferramenta estratégica para viabilizar modelos circulares.

Entre os conceitos mais influentes associados ao design circular, destaca-se o Cradle to Cradle (C2C), desenvolvido por William McDonough e Michael Braungart (2002). A abordagem propõe substituir a lógica linear “do berço ao túmulo” por sistemas em que materiais retornem continuamente a ciclos técnicos ou biológicos sem perda significativa de qualidade ou geração de resíduos. No ciclo técnico, materiais sintéticos, como o poliéster, podem ser recuperados e reciclados para novos usos industriais. Já no ciclo biológico, fibras naturais são projetadas para retornar ao ambiente de forma segura e regenerativa.

Na prática, essa abordagem exige decisões técnicas específicas ao longo do desenvolvimento de produto. Misturas complexas de fibras, como blends de poliéster e algodão, dificultam processos de separação e reduzem a eficiência da reciclagem têxtil, tornando-se um dos principais desafios para a circularidade do setor (MUTHU, 2018). Da mesma forma, acabamentos químicos com certa toxicidade, acessórios incompatíveis e estruturas de difícil desmontagem comprometem a reintegração dos materiais aos ciclos produtivos. Assim, estratégias de ecodesign priorizam o uso de monomateriais, componentes removíveis, químicos seguros e sistemas de montagem que facilitem desmontagem, reparo e reaproveitamento.

Diversas empresas vêm incorporando esses princípios em suas estratégias de produto. A C&A, por exemplo, desenvolveu camisetas certificadas pelo padrão Cradle to Cradle Certified™, utilizando algodão orgânico e corantes livres de substâncias tóxicas, projetadas para biodegradação segura. Já a marca sueca Nudie Jeans incorporou serviços permanentes de reparo gratuito como parte de sua estratégia circular, ampliando a vida útil dos produtos e fortalecendo relações de longo prazo com os consumidores

(ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

Além do design circular tradicional, a biomimética surge como importante fronteira de inovação para o setor têxtil. Inspirada nos sistemas naturais, a biomimética propõe o desenvolvimento de materiais e processos capazes de operar em ciclos regenerativos, nos quais resíduos de um sistema tornam-se insumos para outro (BENYUS, 1997). Essa abordagem amplia as possibilidades de criação de materiais biodegradáveis, processos produtivos menos intensivos em recursos e alternativas aos materiais convencionais derivados de combustíveis fósseis.

Empresas como a Bolt Threads desenvolveram fibras inspiradas na seda de aranha produzidas por fermentação biotecnológica, enquanto a MycoWorks utiliza micélio de fungos para produzir materiais semelhantes ao couro com menor impacto ambiental. A Vegea, por sua vez, transforma resíduos da indústria vinícola em biomateriais aplicáveis à moda e ao design. Essas soluções demonstram como a biomimética pode contribuir para reduzir a dependência de recursos virgens, ampliar biodegradabilidade e promover inovação material alinhada à circularidade (BENYUS, 1997; MUTHU, 2018).

No campo dos processos produtivos, tecnologias inspiradas em organismos naturais também vêm sendo exploradas para reduzir impactos ambientais associados ao tingimento têxtil. Pesquisas envolvendo bactérias do gênero *Streptomyces*, por exemplo, demonstram potencial para desenvolvimento de processos de coloração biológica com consumo significativamente reduzido de água e menor utilização de químicos tóxicos (MUTHU, 2018).

Paralelamente, o Design Thinking vem sendo aplicado como abordagem metodológica para conectar circularidade às necessidades reais dos consumidores. Baseado em cocriação e prototipagem rápida, o Design Thinking permite compreender os fatores que influenciam descarte, uso e relacionamento dos consumidores com os produtos (BROWN, 2009). Dados apresentados por Muthu (2018) indicam que grande parte do descarte de roupas ocorre não necessariamente pelo desgaste físico das peças, mas por fatores relacionados a caimento, preferência estética ou mudança de comportamento de consumo.

Essa compreensão amplia as possibilidades de desenvolvimento de modelos circulares centrados

em serviços, como aluguel, customização, reparo e plataformas de troca, que vêm se consolidando como alternativas viáveis aos modelos tradicionais de venda linear. A marca Filippa K, por exemplo, tem sido frequentemente citada como referência na transição para modelos circulares, ao implementar estratégias progressivas que incluem aluguel de peças, programas de revenda e incentivos estruturados à devolução de roupas usadas, testando diferentes soluções antes de sua escalabilidade comercial (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017; NIELSEN, 2018; MCDONOUGH & BRAUNGART, 2013).

O ponto de convergência entre Design Thinking e Design Circular está na compreensão de que soluções tecnicamente sustentáveis só se tornam efetivas quando incorporadas ao comportamento dos usuários. Nesse sentido, a circularidade depende não apenas de inovação material e produtiva, mas também de experiência, usabilidade e engajamento. Elementos como rastreabilidade acessível, comunicação clara, infraestrutura de logística reversa e sistemas de incentivo ao retorno de produtos tornam-se fundamentais para aumentar a adesão dos consumidores a práticas circulares e garantir sua efetividade sistêmica (BROWN, 2009; LÖWGREN & STOLTERMAN, 2004; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

Dessa forma, Design Circular, Biomimética e Design Thinking não devem ser compreendidos como abordagens isoladas, mas como perspectivas complementares e sinérgicas. O design circular estabelece os critérios técnicos para retenção de valor, durabilidade e circularidade dos materiais; a biomimética amplia o repertório de soluções ao se inspirar em sistemas naturais eficientes, regenerativos e não lineares (BENYUS, 1997); e o design thinking contribui para alinhar inovação tecnológica, experiência do usuário e viabilidade de adoção das soluções desenvolvidas no mercado (BROWN, 2009). Integradas, essas abordagens fortalecem a capacidade do setor têxtil e de confecção de transformar a circularidade em um vetor concreto de inovação, competitividade e geração de valor sustentável ao longo da cadeia produtiva.

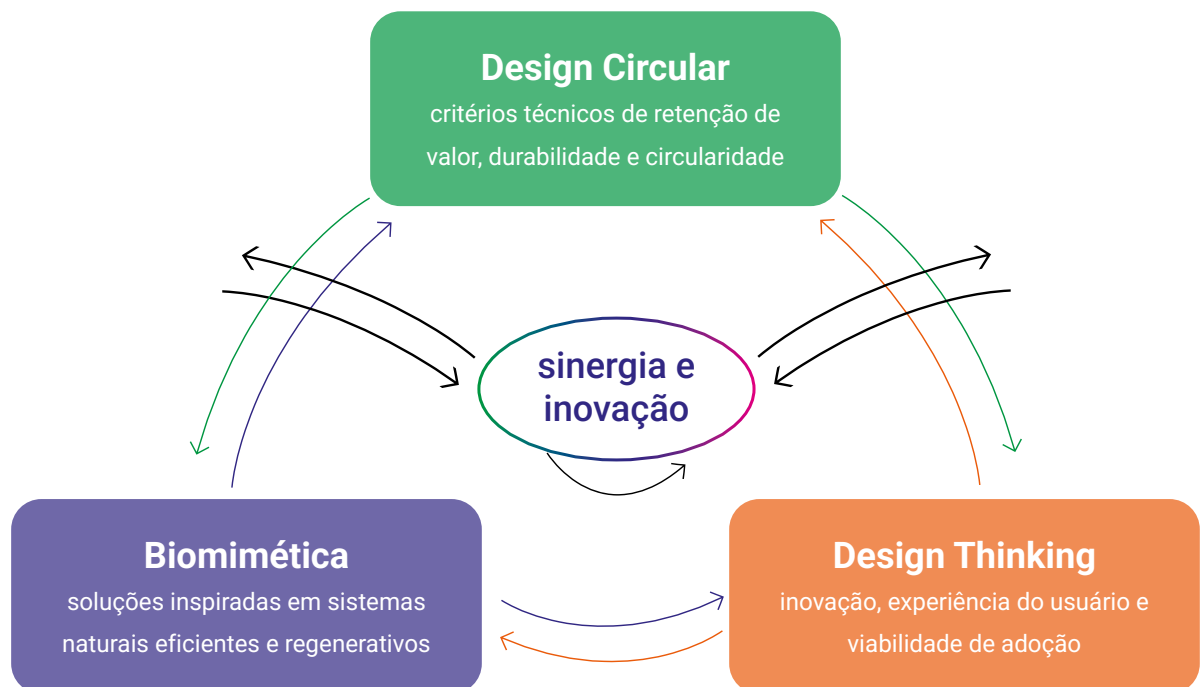


Figura 23: Perspectivas Complementares e Sinérgicas
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Tecnologias Habilitadoras

A transição para um modelo circular no setor têxtil depende de infraestrutura de informação confiável e integrada. Sem dados verificáveis sobre composição de materiais, origem, histórico de uso e condição atual dos produtos, é impossível operacionalizar logística reversa, triagem automatizada ou reciclagem de qualidade. Weetman (2016) identifica as tecnologias digitais – em especial IoT, rastreamento de ativos e plataformas de dados – como habilitadores centrais da economia circular, na medida em que viabilizam o controle de fluxos de materiais ao longo de toda a cadeia de valor.

Quatro tecnologias formam hoje o núcleo dessa infraestrutura no setor têxtil: Identificação por Radiofrequência (RFID), blockchain, Passaporte Digital de Produtos (DPP) e gêmeos digitais. Cada uma cumpre uma função específica e, juntas, operam como camadas complementares de um mesmo sistema de rastreabilidade e gestão circular.

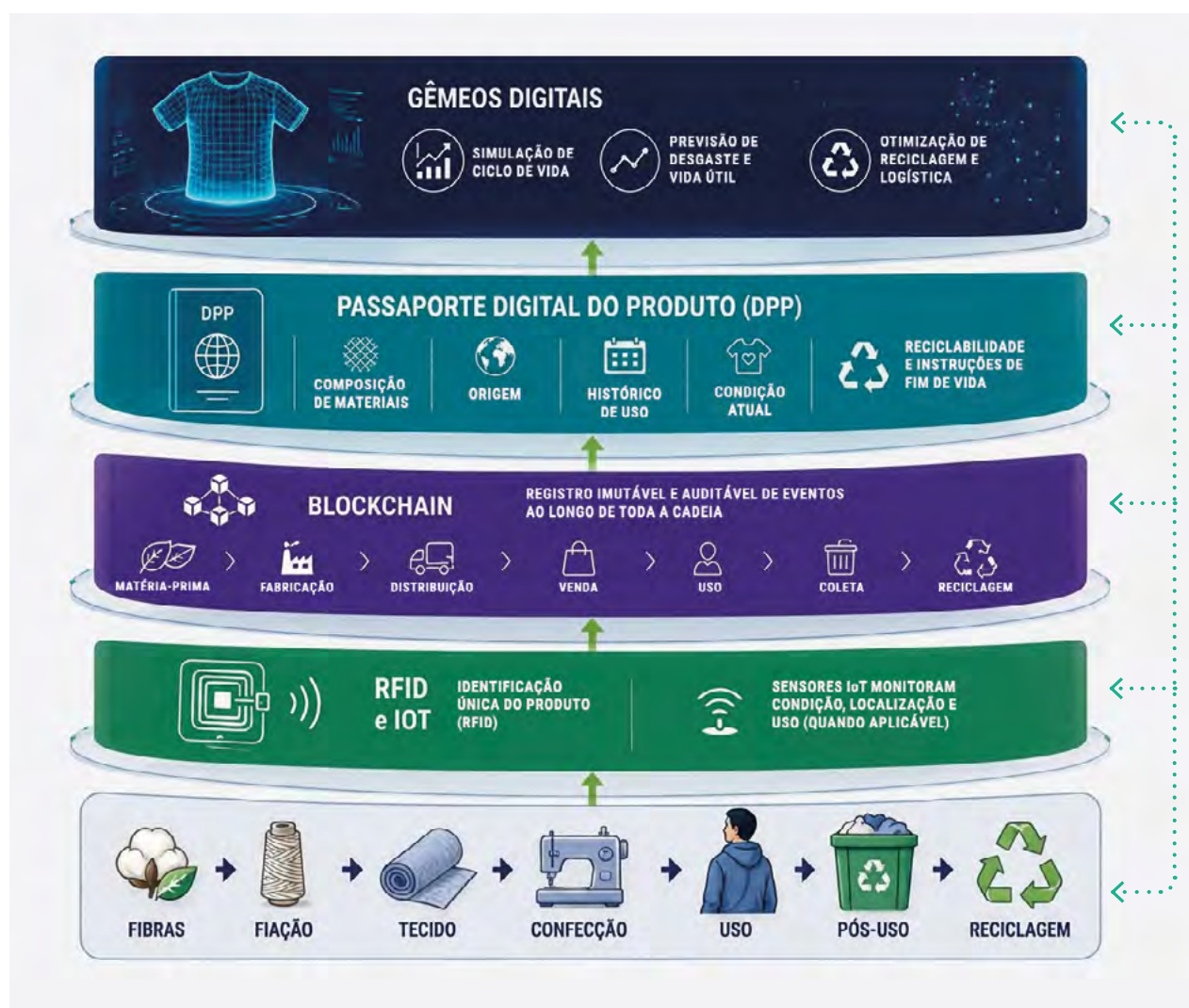


Figura 24: Infraestrutura do setor têxtil
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4.1 RFID e Infraestrutura de Rastreabilidade Digital

A identificação por radiofrequência (RFID) é uma tecnologia de rastreamento sem necessidade de contato visual que atribui a cada item uma identidade digital única, armazenada em etiquetas de baixo custo. Em comparação ao código de barras, o RFID permite a leitura simultânea de múltiplos produtos, mesmo sem linha de visão direta, o que viabiliza a automação de processos em larga escala, como triagem em

esteiras, controle de armazéns e operações de pontos de coleta. Nesse contexto, Weetman (2016) o destaca como uma tecnologia habilitadora da transformação digital na economia circular, sobretudo, quando integrada à Internet das Coisas (IoT), permitindo o monitoramento em tempo real de atributos como localização, uso, condição e histórico dos produtos.

No contexto da circularidade têxtil, o RFID desempenha um papel estruturante na viabilização de modelos de negócio circulares e sistemas avançados de gestão de produtos. Na logística reversa, elimina a dependência de triagem manual, pois cada item pode ser identificado automaticamente no momento da devolução, permitindo sua classificação imediata em fluxos de reúso, reparo, remanufatura, upcycling ou reciclagem. Na gestão de estoques, contribui para maior precisão e rastreabilidade, reduzindo perdas, desvios e ineficiências operacionais, historicamente relevantes no varejo de moda (WEETMAN, 2016; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

Além disso, o RFID assume crescente relevância como infraestrutura de suporte a políticas regulatórias e sistemas de transparência. A tecnologia RAIN RFID (ultra-alta frequência) vem sendo incorporada como base técnica para iniciativas de rastreabilidade avançada, incluindo o Passaporte Digital de Produtos (Digital Product Passport – DPP) da União Europeia, com previsão de implementação obrigatória para o setor têxtil a partir de 2027. Esse sistema integra informações ao longo de toda a cadeia de valor – da origem das fibras ao pós-consumo –, fortalecendo a rastreabilidade, o compliance regulatório e a transparência socioambiental dos produtos (EUROPEAN COMMISSION, 2022; GS1, 2023; CIRPASS, 2023).

Do ponto de vista da economia circular, a combinação entre RFID e IoT amplia significativamente a capacidade de gestão do ciclo de vida dos produtos, permitindo decisões baseadas em dados sobre extensão de uso, reinserção em ciclos produtivos e otimização de fluxos reversos. Essa integração reduz a assimetria de informação entre produção, consumo e pós-consumo, considerada um dos principais gargalos para a escalabilidade de sistemas circulares no setor têxtil (WEETMAN, 2016; ACCENTURE, 2020).

Dessa forma, o RFID deve ser compreendido não apenas como uma tecnologia operacional de

rastreamento, mas como um componente central da infraestrutura digital da economia circular. Integrado a sistemas IoT e plataformas de gestão do ciclo de vida, ele viabiliza a transição de modelos lineares e reativos para modelos preditivos e sistêmicos, nos quais produtos passam a ser ativos digitais circulantes ao longo de toda a cadeia de valor.

5.4.2 Blockchain

O blockchain é uma tecnologia de registro distribuído e imutável que permite a validação e o armazenamento de informações de forma descentralizada, garantindo integridade, auditabilidade e não repúdio dos dados. No setor têxtil, caracterizado por cadeias produtivas longas, fragmentadas e com múltiplos intermediários, sua principal contribuição não está na captura de dados operacionais, função tipicamente associada ao RFID, mas na validação confiável dos eventos registrados ao longo da cadeia de valor, assegurando que informações sobre produtos, processos e certificações não sejam alteradas ou manipuladas após sua inserção no sistema.

Nesse sentido, enquanto o RFID atua como tecnologia de identificação e rastreamento em nível de item e o DPP funciona como camada de consolidação e comunicação dessas informações, o blockchain opera como uma infraestrutura de confiança distribuída, responsável por garantir a integridade dos registros que alimentam esses sistemas. Sua aplicação fortalece a verificação de origem de matérias-primas, certificações ambientais e eventos produtivos, reduzindo assimetrias de informação entre atores da cadeia e aumentando a confiabilidade dos dados utilizados em sistemas de economia circular (WEETMAN, 2016; OECD, 2021).

Além dessa função de validação, o blockchain desempenha um papel relevante na governança dos fluxos de informação ao permitir a criação de registros compartilhados entre múltiplas organizações sem a necessidade de uma autoridade central. Essa característica é particularmente relevante em cadeias têxteis globais, nas quais diferentes sistemas corporativos e padrões de dados coexistem. O blockchain, nesse contexto, não substitui sistemas como ERP ou plataformas de rastreabilidade baseadas em RFID, mas atua como uma camada de sincronização e verificação entre sistemas heterogêneos,

reduzindo inconsistências e garantindo a coerência dos dados ao longo do ciclo de vida do produto.

Outro elemento distintivo do blockchain em relação ao DPP é seu papel na governança e automação de regras de conformidade. Por meio de contratos inteligentes (smart contracts), é possível programar condições verificáveis para liberação de eventos econômicos e regulatórios, como certificações de sustentabilidade, pagamentos condicionados a critérios ambientais ou validação de retorno em sistemas de logística reversa. Isso transforma o blockchain em um mecanismo não apenas de registro, mas de execução automatizada de regras de governança circular, reforçando modelos baseados em responsabilidade estendida do produtor e incentivos verificáveis ao longo da cadeia de valor.

Dessa forma, enquanto o RFID estrutura a captura de dados operacionais e o DPP organiza sua apresentação e acesso em nível sistêmico e regulatório, o blockchain se posiciona como a camada de garantia de integridade, interoperabilidade e confiança institucional, sendo essencial para assegurar que os fluxos de informação que sustentam a economia circular sejam confiáveis, auditáveis e resistentes a manipulações.

5.4.3 Passaporte Digital de Produtos (DPP)

O Passaporte Digital de Produtos (DPP) é um instrumento central para a economia circular que reúne e disponibiliza informações estruturadas sobre o ciclo de vida dos produtos e seus impactos ambientais. Funcionando como um dossiê digital, ele integra dados sobre origem, composição, processos produtivos e pegada ambiental, convertidos em formatos digitais acessíveis, como QR codes aplicados em etiquetas ou embalagens. Essas informações são coletadas ao longo da cadeia produtiva, estruturadas digitalmente e disponibilizadas ao consumidor final, ampliando a rastreabilidade e a transparência dos produtos (EUROPEAN COMMISSION, 2022; CIRPASS, 2023).

Os DPPs geram benefícios relevantes ao aumentar a transparência para consumidores e reguladores, incentivar práticas produtivas mais sustentáveis e apoiar estratégias de reparo, reutilização e reciclagem ao fim da vida útil dos produtos. Na prática, o acesso a essas informações permite decisões de consumo mais conscientes, como a

identificação da origem de uma peça, seus materiais constituintes e orientações de descarte adequado. No contexto regulatório europeu, o DPP integra uma agenda mais ampla de rastreabilidade obrigatória para cadeias produtivas, especialmente no setor têxtil, com implementação progressiva até 2030. Esse movimento também cria vantagens competitivas para empresas que adotam o sistema, ao mesmo tempo em que responde às exigências crescentes de sustentabilidade e compliance nos mercados globais (EUROPEAN COMMISSION, 2022; WEETMAN, 2016).

Exemplos práticos já ilustram sua aplicação no setor. A Holzweiler incorpora o DPP em suas coleções, ampliando a transparência sobre origem, materiais e impactos ambientais ao longo da cadeia produtiva. Já a TURNS GmbH desenvolveu uma plataforma digital voltada à gestão de têxteis pós-consumo, integrando coleta, triagem e reciclagem por meio de ferramentas como portal B2B, KreislaufCheck e módulos de análise de fibras, contribuindo para a padronização e escalabilidade dos fluxos de reciclagem têxtil.

5.4.4 Gêmeos Digitais e Inteligência Artificial

O conceito de gêmeo digital (digital twin), entendido como a réplica virtual de produtos, processos ou sistemas físicos, vem se consolidando como uma tecnologia-chave para a economia circular. A partir da integração de dados em tempo real, os gêmeos digitais permitem monitorar fluxos de materiais, otimizar operações de logística reversa, prever necessidades de manutenção e aumentar a eficiência da gestão do ciclo de vida dos produtos (WEETMAN, 2016). No contexto circular, essas tecnologias contribuem para retenção de valor, redução de desperdícios e aumento da rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva.

Aplicações industriais já evidenciam esse potencial. A Renault utiliza gêmeos digitais para integrar fluxos de peças reutilizadas, reparadas e recicladas em sua cadeia de suprimentos, enquanto iniciativas da H&M Foundation exploram plataformas digitais voltadas à revenda e reciclagem têxtil, conectando dados de composição de materiais, rastreabilidade e demanda de mercado.

A inteligência artificial (IA) amplia ainda mais a eficiência desses sistemas, especialmente na

triagem automatizada de resíduos e na otimização da logística reversa. Tecnologias baseadas em visão computacional e aprendizado de máquina permitem identificar fibras e automatizar processos de separação anteriormente manuais, aumentando a escala e a qualidade da reciclagem têxtil (MUTHU, 2018). Além disso, algoritmos aplicados à gestão logística contribuem para a redução de custos operacionais e melhoria da recuperação de materiais pós-consumo.

Essas tecnologias digitais também reforçam rastreabilidade, transparência e conformidade regulatória, dimensões cada vez mais associadas a métricas ESG e certificações de circularidade. Soluções como RFID, blockchain e passaportes digitais de produtos permitem registrar informações auditáveis sobre origem, composição, conteúdo reciclado e circulação dos materiais ao longo da cadeia de valor (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

Dessa forma, gêmeos digitais, inteligência artificial e sistemas avançados de rastreamento consolidam-se como infraestruturas estratégicas da economia circular ao integrar eficiência operacional, sustentabilidade e geração de valor em modelos produtivos mais resilientes e orientados por dados.

5.5 Logística Reversa

A logística reversa é fundamental para um sistema eficiente de reciclagem, garantindo que produtos e materiais retornem para a cadeia produtiva após o final de vida, em vez de se tornarem resíduos descartados. Além de atender legislações ambientais, esse processo cria valor econômico, reinsere o material no ciclo produtivo, fortalece a reputação corporativa e promove engajamento com consumidores conscientes (LEITE, 2009; ABRELPE, 2022).

Entre os principais formatos, destaca-se o modelo B2C (Business-to-Consumer), no qual empresas realizam a coleta diretamente com consumidores por meio de programas de devolução e campanhas de take-back. No setor têxtil, um exemplo amplamente difundido é o programa da H&M, que opera pontos de coleta em lojas e direciona os materiais recebidos para triagem e reciclagem têxtil ou reaproveitamento em novos produtos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). Outro modelo relevante é o de pontos de coleta (drop-off points), adotado por varejistas como Lojas Renner e C&A,

que disponibilizam coletores em lojas físicas para o retorno de roupas usadas, facilitando sua entrada em fluxos formais de reciclagem e reúso.

Já o modelo B2B (Business-to-Business) ocorre entre empresas da cadeia produtiva, como fabricantes e indústrias têxteis, permitindo o retorno de resíduos industriais para reciclagem de fibras, redução de perdas e reinserção de materiais no processo produtivo (SANDIN; PETERS, 2018). Por fim, a on-demand pickup vem sendo viabilizada por plataformas digitais que organizam a coleta domiciliar e conectam consumidores a operadores logísticos e recicladores.

A efetividade desses sistemas depende da articulação entre varejistas, operadores logísticos, cooperativas de reciclagem e recicladores industriais, garantindo escala, eficiência e viabilidade econômica dos fluxos reversos. Nesse contexto, arranjos colaborativos são fundamentais para estruturar cadeias de reciclagem mais organizadas e integradas.

No campo digital, plataformas vêm fortalecendo a eficiência da logística reversa ao permitir rastreabilidade, coordenação e gestão dos fluxos de materiais. A Repassa integra revenda, coleta e circulação de roupas usadas em um ecossistema digital conectado ao varejo, ampliando a reinserção de produtos em novos ciclos de uso. Já a Reverse Logistics Group atua globalmente com soluções digitais que conectam fabricantes, varejistas e recicladores, estruturando fluxos reversos de forma mais eficiente e rastreável. Esses casos reforçam a logística reversa como um instrumento essencial para o fortalecimento do setor de reciclagem têxtil, ampliando a recuperação de materiais e a eficiência dos sistemas de revalorização.

5.6 Reciclagem Avançada

Embora a reciclagem não represente a estratégia prioritária dentro da hierarquia de retenção de valor da economia circular, que privilegia ações como redução, reúso, reparo e remanufatura, ela frequentemente constitui a última alternativa antes da perda definitiva de valor dos materiais.

Nesse sentido, a reciclagem desempenha um papel fundamental na estruturação de sistemas circulares, especialmente em cadeias produtivas de alto volume e complexidade, como a têxtil.

Além dos métodos convencionais de reaproveitamento, a reciclagem avançada incorpora soluções químicas, biotecnológicas e digitais capazes de recuperar materiais e reintegrar resíduos aos ciclos produtivos com maior eficiência e qualidade (RAGAERT; DELVA; VAN GEEM, 2017). No contexto da moda e dos têxteis, essas tecnologias tornam-se ainda mais relevantes diante do crescimento dos resíduos pós-consumo e da predominância de misturas de fibras, acabamentos químicos e estruturas multimateriais que dificultam os processos tradicionais de reciclagem (SANDIN; PETERS, 2018).

5.6.1 Diferença entre reciclagem aberta e fechada

De forma geral, a literatura e as práticas industriais distinguem dois principais modelos de reciclagem: a reciclagem aberta (open-loop), na qual os resíduos têxteis são inseridos em ciclos produtivos diferentes ao do material que originalmente ele é composto, podendo ser produtos de menor ou maior valor agregado; e a reciclagem fechada (closed-loop), que reintegra os materiais no próprio setor têxtil, preservando suas propriedades físicas e químicas.

A reciclagem aberta é comumente aplicada na transformação de roupas usadas em panos industriais, enchimentos ou materiais de isolamento, enquanto a reciclagem fechada já permite a reinserção de fibras recicladas na produção de novos tecidos, como no caso de programas de denim reciclado, adotados por grandes marcas do setor. Esses modelos representam diferentes níveis de circularidade e eficiência no aproveitamento dos materiais (SANDIN; PETERS, 2018).

No setor têxtil, a reciclagem aberta tende a representar uma etapa inicial de valorização de resíduos, enquanto a reciclagem fechada já se aproxima de uma lógica mais avançada de circularidade, ao manter o material dentro da própria cadeia, com a menor perda de qualidade. Em ambos os casos, há ganhos ambientais relevantes, especialmente na redução do consumo de fibras virgens, água e energia, além da diminuição da pressão sobre sistemas de disposição final de resíduos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

Exemplos práticos ilustram esses modelos em diferentes contextos. No Brasil, iniciativas como programas de coleta e reaproveitamento de roupas por varejistas, como Lojas Renner, contribuem para

a reinserção de peças em fluxos de reutilização e reciclagem. Internacionalmente, programas de coleta e reciclagem de grandes redes globais também operam com lógica semelhante de valorização de resíduos têxteis, reforçando a expansão desse modelo em escala global.

De forma sintética, a reciclagem têxtil em suas diferentes modalidades representa um avanço progressivo em direção à circularidade no setor. A reciclagem aberta amplia o aproveitamento de resíduos e reduz descartes, enquanto a reciclagem fechada fortalece a reintegração de materiais ao próprio setor têxtil, aumentando sua eficiência e valor econômico. Em conjunto, esses modelos contribuem para a redução de impactos ambientais, ao mesmo tempo em que abrem novas oportunidades de inovação, competitividade e desenvolvimento de cadeias produtivas mais eficientes e sustentáveis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017; SANDIN; PETERS, 2018).

5.6.2 Reciclagem mecânica, química, enzimática e por biotecnologia

A reciclagem têxtil vem evoluindo a partir de diferentes abordagens tecnológicas que variam em complexidade, eficiência e nível de retenção de valor dos materiais. Essas rotas de processamento — mecânica, química, enzimática e biotecnológica — representam um conjunto de soluções que ampliam as possibilidades de recuperação de fibras e polímeros, respondendo aos desafios impostos pela heterogeneidade dos resíduos pós-consumo e pela crescente demanda por circularidade em escala industrial.

Nesse contexto, a reciclagem mecânica é a abordagem mais consolidada e difundida, especialmente no reaproveitamento de fibras sintéticas como o poliéster, embora esteja frequentemente associada à perda progressiva de qualidade do material ao longo dos ciclos (SANDIN; PETERS, 2018). Já a reciclagem química representa um avanço significativo ao permitir a despolimerização dos materiais em seus monômeros originais, viabilizando a produção de novas fibras com desempenho equivalente ao material virgem, como observado em soluções desenvolvidas por empresas como Worn Again Technologies.

De forma complementar, a reciclagem enzimática e as soluções baseadas em biotecnologia expandem ainda mais as fronteiras tecnológicas, utilizando processos biológicos altamente seletivos para a degradação de polímeros e geração de novas matérias-primas com menor impacto ambiental. Um exemplo é a tecnologia da Carbios, que utiliza enzimas para reciclagem de PET em escala piloto. No campo biotecnológico, a Infinite Fiber Company desenvolveu a fibra regenerada Infinna™, produzida a partir de resíduos celulósicos e posicionada como alternativa industrial à viscose convencional.

Em conjunto, essas diferentes rotas de reciclagem não apenas ampliam o espectro de soluções técnicas disponíveis, mas também redefinem o papel dos resíduos têxteis como insumos estratégicos dentro de cadeias produtivas mais circulares, permitindo maior eficiência no uso de recursos e abertura de novas oportunidades de inovação e competitividade no setor. A figura 25, resume as rotas tecnológicas de reciclagem têxtil, qual a abordagem e os principais materiais.



Figura 25: Rotas tecnológicas de reciclagem têxtil

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.6.3 Fibras Circulares: A Reciclagem Infinita de Têxteis Pós-Consumo

A reciclagem fibra a fibra busca manter os materiais dentro do próprio ciclo têxtil, evitando sua degradação para aplicações de menor valor agregado. Esse modelo se aproxima da chamada circularidade fechada, na qual resíduos pós-consumo são reinseridos no mesmo setor produtivo, permitindo a produção de novas fibras com desempenho equivalente ao material original.

O valor do ciclo fechado na economia circular é especialmente relevante no setor têxtil, pois permite transformar resíduos em novos insumos produtivos, ao mesmo tempo em que reduz a dependência de matérias-primas virgens. Essa abordagem contribui diretamente para a sustentabilidade da cadeia e

fortalece a competitividade das empresas em um contexto de crescente demanda por soluções circulares. A transição para fibras recicladas, nesse sentido, deixa de ser apenas uma iniciativa ambiental e passa a constituir uma estratégia de eficiência produtiva e diferenciação de mercado.

A adoção de tecnologias de reciclagem em ciclo fechado também está associada a ganhos expressivos de eficiência no uso de recursos naturais. Estudos indicam que processos de reciclagem têxtil podem reduzir o consumo de água e energia em até 90% e as emissões de CO₂ em até 80% quando comparados à produção de fibras virgens, dependendo da tecnologia empregada e da cadeia envolvida. Esses ganhos ambientais se refletem também em benefícios econômicos ao reduzir custos operacionais e aumentar a eficiência dos sistemas produtivos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017; SANDIN; PETERS, 2018).

No Brasil, diversas empresas já vêm incorporando a reciclagem como parte de suas estratégias de inovação e posicionamento competitivo, indo além do cumprimento de exigências ambientais. Vejamos:

- ▶ O Grupo Malwee investe em parcerias para reciclagem de resíduos têxteis e no uso de fibras recicladas em novas coleções, incluindo iniciativas como o “fio do futuro”, desenvolvido a partir de roupas recicladas, com redução de emissões e consumo de água;
- ▶ As Lojas Renner, por meio do programa Ecoestilo, já coletou mais de 11 toneladas de resíduos têxteis desde 2017, fortalecendo a relação entre consumo consciente e extensão do ciclo de vida dos produtos;
- ▶ A Puket, com o programa Meias do Bem, recicla resíduos têxteis para a produção de cobertores destinados a doação social;
- ▶ A C&A, por meio do movimento ReCiclo, promove a coleta de roupas para reutilização e reciclagem;
- ▶ A Riachuelo, com o programa Moda que Transforma, também atua na coleta de peças para destinação a reuso e reciclagem;
- ▶ A Reserva, por meio do programa Reserva Circular, trabalha na reinserção de peças usadas na cadeia produtiva;
- ▶ Startups como a Retalhar atuam na reciclagem de uniformes corporativos, transformando resíduos em novos insumos, como mantas acústicas e

materiais de enchimento.

Esses exemplos demonstram que a reciclagem têxtil no Brasil vem ganhando escala como estratégia de inovação, sustentabilidade e diferenciação competitiva, embora ainda dependa da ampliação da infraestrutura tecnológica e do fortalecimento de políticas públicas e mecanismos de coordenação da cadeia de reaproveitamento.

Em síntese, a expansão do uso de fibras recicladas evidencia uma mudança estrutural no setor têxtil. Enquanto modelos de ciclo aberto ainda resultam em perda de valor ao direcionar materiais para aplicações de menor exigência técnica, os sistemas de ciclo fechado permitem a reinserção das fibras na própria cadeia têxtil, preservando seu valor econômico e funcional. Nesse contexto, a adoção de estratégias circulares deixa de ser apenas uma tendência e passa a representar uma oportunidade concreta de adaptação competitiva frente às novas demandas do mercado global.

5.6.4 Reciclagem Têxtil e Reaproveitamento de Materiais - Cases

A reciclagem têxtil vem avançando de forma significativa, impulsionada por tecnologias que combinam automação, química avançada, biotecnologia e inteligência artificial, com o objetivo de aumentar a eficiência dos processos e viabilizar a circularidade em escala industrial. Essas soluções têm ampliado a capacidade de transformação de resíduos têxteis em novas matérias-primas de alto valor, reduzindo a dependência de recursos virgens e fortalecendo o desenvolvimento de cadeias mais sustentáveis.

Um primeiro conjunto de inovações está relacionado à triagem inteligente de materiais, como a tecnologia Fibersort® da Valvan, que utiliza sensores NIR (near-infrared) e câmeras RGB para identificar automaticamente a composição e a cor de fibras têxteis. Essa combinação permite a classificação de diferentes tipos de fibras, como algodão, poliéster, viscose, acrílico, poliamida e lã, com alta precisão e velocidade. O impacto dessa tecnologia está diretamente relacionado ao aumento da eficiência da reciclagem, uma vez que reduz custos operacionais, melhora a pureza dos fluxos de materiais e viabiliza a escala industrial da reciclagem têxtil. Sua capacidade de expansão para novas fibras também

reforça sua aplicabilidade em diferentes contextos produtivos (VALVAN, 2023).

Outra inovação relevante é a reciclagem a seco (dry fiber recycling), desenvolvida pela Seiko Epson Corporation em parceria com o HKRITA. Esse processo adapta princípios da reciclagem de papel para o setor têxtil, permitindo a desfibração e reprocessamento de tecidos sem o uso de água ou produtos químicos, exceto em níveis mínimos de umidade operacional. O impacto dessa tecnologia é expressivo na redução do consumo hídrico e energético, além da eliminação de efluentes químicos. Em termos de desempenho, a solução já demonstrou capacidade de incorporar até 60% de algodão reciclado na produção de novos fios, representando um avanço relevante para a descarbonização da cadeia têxtil (EPSON; HKRITA, 2021).

No campo da reciclagem de fibras mistas, soluções como as desenvolvidas pela RE&UP e pela Circ representam um avanço importante na recuperação de tecidos compostos por algodão e poliéster, historicamente considerados de difícil reciclagem. Essas tecnologias permitem a separação eficiente das fibras e sua conversão em novos insumos de alta qualidade, com aplicação industrial em larga escala.

A Circ utiliza um processo hidrotérmico capaz de recuperar simultaneamente fibras naturais e sintéticas, enquanto a RE&UP aplica tecnologias proprietárias de separação e descoloração para produzir algodão reciclado e chips de poliéster de alta qualidade. Essas soluções já vêm sendo integradas à cadeia de marcas globais como Zara e Mara Hoffman, demonstrando viabilidade comercial e impacto sistêmico (CIRC, 2023; RE&UP, 2023).

De forma complementar, a reciclagem textile-to-textile vem ganhando escala por meio de iniciativas como o programa RE:FIBRE da Puma, além de projetos da Syre Impact AB e da Kipaş Mensucat. Essas soluções permitem a transformação de resíduos têxteis em novas fibras de alto desempenho, promovendo ciclos fechados de produção. Os impactos incluem redução significativa no consumo de água e energia, além de diminuição relevante das emissões de CO₂, que podem chegar a mais de 80% em comparação com fibras virgens, especialmente no caso do poliéster reciclado (SANDIN; PETERS, 2018; PUMA, 2023).

Por fim, destaca-se o avanço da reciclagem enzimática, como no caso da Samsara Eco, que utiliza enzimas desenvolvidas por meio de biotecnologia e inteligência artificial para decompor polímeros como poliéster e poliamida em seus monômeros originais. Esse processo permite a regeneração contínua de materiais com qualidade equivalente à fibra virgem, ampliando o potencial de circularidade total dos materiais sintéticos. A inovação está na capacidade de aplicar soluções biológicas altamente específicas, associadas ao uso de IA para otimização de enzimas, o que representa um avanço disruptivo no setor de reciclagem (SAMSARA ECO, 2023).

Essa área da reciclagem têxtil e suas tecnologias circulares encontram-se em constante evolução, com inovações sendo desenvolvidas e escaladas em diferentes países, o que exige um monitoramento contínuo de soluções, equipamentos e modelos de negócio. Nesse contexto, estão sendo estruturadas iniciativas conjuntas entre o SENAI CETIQT e a ABIT para acompanhar sistematicamente essas tecnologias emergentes, mapear o nível de maturidade tecnológica (TRL) e analisar soluções adotadas pela indústria têxtil internacional, com o objetivo de identificar oportunidades de aplicação no Brasil e antecipar tendências relevantes para o setor.

Como parte dessa estratégia, o projeto prevê a realização de visitas técnicas, o fortalecimento do diálogo com empresas e centros de inovação e a facilitação de parcerias internacionais com organizações que já desenvolvem e implementam essas soluções em escala industrial. Nesse arranjo, o Observatório da Indústria Têxtil, localizado no SENAI CETIQT, atuará como um hub estratégico de inteligência e articulação, orientando as ações de monitoramento tecnológico, apoiando a estruturação de projetos colaborativos e contribuindo para a nacionalização de tecnologias maduras com potencial de adoção pela indústria brasileira.

A reciclagem avançada representa um campo estratégico para a efetivação da economia circular, especialmente em setores de alto impacto como o têxtil. Ao integrar processos mecânicos, químicos, enzimáticos e biotecnológicos, ela amplia a capacidade de reintegração de materiais em cadeias produtivas, reduzindo a dependência de recursos

não renováveis e mitigando a geração de resíduos. Entretanto, os desafios associados à separação de blendas têxteis, à contaminação de resíduos pós-consumo e aos custos tecnológicos ainda limitam a escalabilidade dessas soluções (PATEL, 2008).

Para que a reciclagem avançada cumpra seu papel de forma plena, é necessário combiná-la a estratégias de design circular, investimentos em infraestrutura de coleta estruturada e o fortalecimento de parcerias público-privadas que garantam a rastreabilidade e a destinação correta dos materiais. Assim, tecnologias emergentes como a Fibersort, a Worn Again e a Infinite Fiber mostram que a inovação, aliada à colaboração sistêmica, pode transformar resíduos complexos em insumos de alto valor, viabilizando um futuro mais sustentável para a indústria têxtil.

5.7 Modelos de Negócio Circulares

Os modelos de negócio circulares no setor têxtil e de confecção representam uma reconfiguração estrutural da lógica tradicional baseada na produção, consumo e descarte de vestuário, deslocando o foco da venda de produtos para a maximização do uso, da durabilidade e da recuperação de valor ao longo do ciclo de vida das peças e dos materiais têxteis. Em um setor historicamente marcado por ciclos curtos de moda, alta rotatividade de coleções e lógica de consumo acelerado, essa transição implica uma mudança profunda na forma como roupas são concebidas, utilizadas e reinseridas nos sistemas produtivos.

Nesse contexto, a economia circular se consolida como uma estratégia de redução da dependência de fibras virgens, mitigação de resíduos têxteis e prolongamento da vida útil das peças, ampliando o valor econômico e ambiental ao longo de múltiplos ciclos de uso (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). Dessa forma, abordagens de design orientadas à longevidade, como proposto por Bakker, den Hollander e van Hinte em *Products That Last* (2019), ganham relevância ao reforçar que vestuário deve ser projetado não apenas para o uso inicial, mas para múltiplos ciclos de utilização, reparo, reconfiguração e adaptação, incorporando tanto durabilidade física quanto relevância estética e emocional ao longo do tempo.

Entre os principais modelos emergentes no setor têxtil, destaca-se o modelo de revenda (resale), amplamente impulsionado pelo crescimento de plataformas digitais e marketplaces de moda de segunda mão. Nesse modelo, peças de vestuário são reintroduzidas no mercado após uso inicial, permitindo a extensão da vida útil dos produtos e a captura de valor residual ainda significativo em termos de qualidade e estilo. No contexto têxtil, esse modelo é particularmente relevante devido à forte influência de tendências e à rápida obsolescência percebida, típica do sistema de moda.

Outro modelo relevante é o aluguel de vestuário (rental), que tem ganhado espaço especialmente em segmentos de moda festa, luxo acessível e roupas de uso ocasional. Ao desacoplar propriedade e uso, esse modelo aumenta a taxa de utilização das peças e diminui a necessidade de produção de novos itens para demandas pontuais, contribuindo para a redução do impacto ambiental associado à produção têxtil intensiva em água, energia e insumos químicos.

O reparo e manutenção (repair & maintenance) constitui um pilar essencial para o setor têxtil, historicamente caracterizado pelo descarte prematuro de peças. A ampliação de serviços de reparo, customização e ajuste permite prolongar significativamente a vida útil das roupas, ao mesmo tempo em que reconfigura a relação emocional do consumidor com o vestuário. Em um setor fortemente influenciado por estética e identidade, a manutenção passa a ser também um elemento de valor simbólico e não apenas funcional.

Complementarmente, o upcycling e a customização assumem papel estratégico no setor têxtil ao transformar peças descartadas, resíduos de corte ou estoques obsoletos em novos produtos de maior valor agregado. Essas práticas são particularmente relevantes diante da elevada geração de resíduos pré-consumo e pós-consumo na indústria da moda, além de permitirem diferenciação estética, inovação em design e fortalecimento de nichos de moda sustentável e autoral.

Por fim, observa-se a crescente integração desses modelos com plataformas digitais e sistemas de gestão circular, que viabilizam sua escalabilidade. No setor têxtil, tecnologias como os já mencionados RFID, blockchain, passaportes digitais

de produtos e sistemas de rastreabilidade permitem conectar informações sobre composição de fibras, histórico de uso, condições de conservação e potencial de reinserção em novos ciclos. Essa infraestrutura digital é particularmente relevante em um setor caracterizado por alta fragmentação da cadeia e complexidade de materiais, incluindo blends de fibras naturais e sintéticas.

Em conjunto, os modelos de negócio circulares no setor têxtil representam uma transição de um paradigma baseado na produção acelerada e no descarte para um sistema orientado à extensão da vida útil das peças, à intensificação do uso e à regeneração de valor dos materiais. Mais do que alternativas isoladas ao modelo linear, esses formatos constituem um ecossistema integrado de estratégias que reposiciona o setor têxtil como um dos principais vetores de inovação na transição para uma economia mais circular, eficiente e sustentável.

5.8 Desafios, Escalabilidade e Políticas Públicas

A transição para a economia circular no setor têxtil e de confecção é impulsionada por um conjunto articulado de fatores estruturais, tecnológicos, regulatórios e comportamentais que atuam ao longo de toda a cadeia de valor, desde o design até o pós-consumo. Esses fatores reconfiguram progressivamente o modelo linear tradicional, orientando-o para uma lógica baseada na retenção de valor dos materiais, na redução de desperdícios e na regeneração de recursos.

Entre os elementos centrais dessa transformação está a adoção do próprio modelo circular como diretriz sistêmica, que atravessa todos os elos da cadeia e redefine a lógica de produção e consumo ao priorizar o fechamento de ciclos e a eficiência no uso de recursos. Associada a esse movimento, a Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) amplia o escopo de atuação das empresas para além da produção, incorporando o pós-consumo como dimensão estratégica e incentivando sistemas estruturados de coleta, reutilização, reciclagem e logística reversa.

Nesse contexto, as políticas públicas e metas globais de sustentabilidade desempenham papel

decisivo como indutores da transição ao estabelecer marcos regulatórios e diretrizes de longo prazo para a transformação industrial. Instrumentos como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o European Green Deal e políticas de descarbonização funcionam como vetores de pressão regulatória e de mercado, elevando os padrões de conformidade, rastreabilidade e transparência exigidos das cadeias produtivas. Esses instrumentos não apenas orientam a direção da mudança, mas também criam um ambiente competitivo no qual a circularidade passa a ser condição de acesso a mercados e não apenas uma vantagem reputacional.

Na etapa de concepção dos produtos, o design circular e o ecodesign exercem papel estruturante ao incorporar, desde o início do desenvolvimento, critérios de durabilidade, reparabilidade, modularidade e reciclabilidade. Essa abordagem reduz a complexidade do fim de vida dos produtos e aumenta o potencial de reintegração dos materiais ao sistema produtivo, ampliando a eficiência sistêmica da cadeia têxtil. De forma complementar, as tecnologias habilitadoras da circularidade, como inteligência artificial, blockchain, RFID, passaporte digital de produtos e gêmeos digitais, atuam como infraestrutura transversal de integração, permitindo maior rastreabilidade, transparência e governança de dados. No entanto, sua escalabilidade ainda enfrenta desafios relevantes, especialmente relacionados à interoperabilidade entre sistemas, custos de implementação, padronização de dados e maturidade digital desigual entre atores da cadeia global.

No pós-consumo, a efetividade da circularidade depende da consolidação de sistemas robustos de logística reversa, capazes de estruturar fluxos eficientes de coleta, triagem, transporte e reinserção de produtos no ciclo produtivo. Nesse estágio, a reciclagem avançada — mecânica, química, enzimática e biotecnológica — amplia a capacidade de recuperação de fibras têxteis e reduz a dependência de matérias-primas virgens, embora ainda enfrente desafios técnicos e econômicos relacionados à qualidade das fibras recicladas, viabilidade de escala e variabilidade dos materiais (RAGAERT; DELVA; VAN GEEM, 2017; SANDIN; PETERS, 2018). Complementarmente, práticas como reutilização

e upcycling ampliam o tempo de vida útil dos produtos e contribuem para a redução da geração de resíduos.

Paralelamente, a mudança de comportamento do consumidor e a evolução das estratégias de marca constituem um fator crítico para a consolidação da circularidade em escala. A valorização de produtos duráveis, éticos e de maior qualidade, associada à expansão do slow fashion, reduz a pressão por produção em massa e fortalece modelos de negócio baseados em uso prolongado, compartilhamento e extensão do ciclo de vida dos produtos. Nesse cenário, emergem oportunidades econômicas relevantes associadas a modelos circulares como recommerce, aluguel, reparo e customização, impulsionados pela digitalização e pela expansão de plataformas de segunda mão, incluindo o crescimento de brechós digitais e mercados secundários em diferentes regiões, como observado no Brasil (SEBRAE, 2024).

Apesar desse avanço, a escalabilidade da economia circular no setor têxtil ainda depende da superação de desafios estruturais importantes. Entre eles, destacam-se a fragmentação das cadeias globais de suprimento, a ausência de padronização tecnológica e regulatória entre países, os custos de transição para modelos circulares e a necessidade de investimentos em infraestrutura de coleta, triagem e reciclagem. Além disso, a efetividade das tecnologias digitais depende da maturidade institucional e da capacidade de integração entre diferentes atores, o que ainda representa um gargalo significativo para a consolidação de sistemas plenamente circulares.

No campo regulatório e competitivo, no entanto, observa-se uma tendência crescente de fortalecimento desses sistemas por meio de políticas internacionais voltadas à descarbonização e à eficiência de recursos, como o European Green Deal e o Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), que pressionam cadeias produtivas a adotarem padrões mais elevados de transparência e desempenho ambiental (EUROPEAN COMMISSION, 2020; 2022). Esse movimento contribui para acelerar a convergência entre inovação, regulação e competitividade, reforçando a circularidade como requisito de inserção em mercados globais.

Dessa forma, a economia circular no setor têxtil

e de confecção deve ser compreendida como uma estratégia sistêmica de transformação produtiva, na qual fatores tecnológicos, regulatórios, de mercado e comportamentais interagem de forma interdependente. Ainda que existam desafios relevantes de escalabilidade, padronização e coordenação global, a convergência entre políticas públicas, inovação tecnológica e novos modelos de negócio aponta para uma transição estrutural em curso. Ao otimizar o uso de recursos, reduzir a dependência de insumos virgens e ampliar a eficiência sistêmica da cadeia, o setor se posiciona como um dos principais vetores da transformação industrial rumo a modelos mais circulares, resilientes e orientados ao futuro.

5.9 Fatores Estruturantes da Circularidade

Ao longo deste capítulo, discutiu-se a transição do modelo linear para a economia circular no setor têxtil e de confecção, destacando o pensamento de design circular como elemento estruturante para o fechamento de ciclos produtivos e a retenção de valor dos materiais ao longo do tempo. Em um contexto marcado por pressões ambientais crescentes, escassez de recursos, metas globais de descarbonização e o avanço de regulações como o European Green Deal, a circularidade deixa de ser tratada como uma agenda exclusivamente ambiental e passa a constituir uma estratégia integrada de competitividade, inovação e geração de valor econômico, ambiental e social (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017; STAHEL, 2019).

Mais do que a simples redução de resíduos, a economia circular implica uma mudança sistêmica na lógica de produção, consumo e descarte. Conforme McDonough e Braungart (2002), o conceito de Cradle to Cradle reforça a necessidade de projetar produtos que possam retornar continuamente aos ciclos biológicos ou técnicos, eliminando o conceito de desperdício na origem. Nesse contexto, o design circular assume papel central ao incorporar critérios como durabilidade, reparabilidade, modularidade, desmontagem e reciclabilidade ainda na fase de concepção dos produtos, ampliando a vida útil dos materiais e reduzindo perdas de valor ao longo da cadeia produtiva.

A consolidação dessa lógica depende também

do fortalecimento de sistemas de logística reversa e de reciclagem avançada. A logística reversa estrutura fluxos eficientes de coleta, triagem, transporte e retorno de produtos pós-consumo, viabilizando a circularidade em escala industrial. Complementarmente, tecnologias de reciclagem mecânica, química, enzimática e biotecnológica ampliam a capacidade de recuperação de fibras têxteis, especialmente diante da crescente complexidade dos materiais contemporâneos (RAGAERT; DELVA; VAN GEEM, 2017; SANDIN; PETERS, 2018). Embora a reciclagem não represente o nível prioritário da hierarquia de retenção de valor, ela permanece essencial como última etapa de recuperação de materiais antes da perda definitiva de recursos.

Outro fator estruturante é a incorporação das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Soluções como inteligência artificial, blockchain, RFID, passaporte digital de produtos e gêmeos digitais constituem a base digital da economia circular, ao permitir maior rastreabilidade, transparência, gestão integrada de dados e suporte à conformidade regulatória. Essas tecnologias viabilizam o monitoramento contínuo de fluxos de materiais e fortalecem métricas ESG, certificações de circularidade e comprovação de conteúdo reciclado, além de aumentar a eficiência dos sistemas de logística reversa e reciclagem (WEETMAN, 2016).

Paralelamente, a emergência de novos modelos de negócio circulares, como revenda, aluguel, reparo e upcycling, redefine a lógica de geração de valor no setor, deslocando o foco da venda de produtos para a extensão de sua vida útil e intensificação de uso. O movimento *slow fashion* reforça essa transformação ao priorizar durabilidade, qualidade, transparência e consumo consciente, contribuindo para a redução da lógica do descarte acelerado associada ao *fast fashion* (FLETCHER, 2013). Nesse contexto, a Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) amplia o papel das empresas sobre o ciclo de vida completo dos produtos, incluindo o pós-consumo e a destinação ambientalmente adequada.

Por fim, a efetivação da economia circular depende de uma articulação sistêmica entre empresas, governos, academia e sociedade civil, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e às agendas globais de descarbonização.

Nesse sentido, o design circular se consolida não apenas como uma abordagem técnica, mas como uma estratégia industrial de transformação sistêmica, capaz de orientar a construção de cadeias produtivas mais resilientes, transparentes, regenerativas e alinhadas às exigências do século XXI.

5.10 Conclusão e Visão de Futuro 2030

A transição para a economia circular no setor têxtil e de confecção não representa apenas uma evolução incremental de processos produtivos, mas uma transformação estrutural na forma como produtos, materiais e valor são concebidos, utilizados e reintegrados aos sistemas econômicos. Nesse contexto, a indústria têxtil ocupa uma posição estratégica e singular, dada sua elevada capacidade de inovação, forte conexão com o comportamento do consumidor, influência sobre padrões globais de consumo e relevância econômica nas cadeias produtivas internacionais. Mais do que um setor produtivo, trata-se de uma plataforma de experimentação e disseminação de novos modelos de negócio, materiais e soluções digitais orientadas à circularidade (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

Essa posição estratégica se consolida historicamente pela capacidade de adaptação do setor a mudanças tecnológicas, culturais e econômicas. Na transição para a economia circular, essa característica torna-se um ativo central, uma vez que a circularidade exige não apenas inovação tecnológica, mas também reorganização de modelos de produção e consumo. O setor reúne condições particularmente favoráveis para liderar essa transformação: proximidade com o consumidor final, alta velocidade de renovação de tendências, intensidade criativa e potencial de inovação em materiais e processos. Nesse cenário, a circularidade deixa de ser uma resposta reativa a pressões ambientais e passa a constituir uma estratégia estruturante de competitividade, retenção de valor e criação de novos mercados.

A visão para 2030 aponta para uma indústria têxtil em que o pensamento de design circular esteja plenamente incorporado desde a fase de concepção dos produtos. Isso implica o desenvolvimento de peças projetadas para durabilidade, reparabilidade,

modularidade, desmontagem e reciclabilidade, ampliando significativamente a vida útil dos materiais e sua circulação entre diferentes ciclos técnicos e biológicos (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002). Nesse modelo, o produto deixa de ser uma unidade linear de consumo e passa a ser concebido como um ativo material em fluxo contínuo, com capacidade de retenção e regeneração de valor ao longo do tempo.

Essa transformação estrutural é viabilizada pela consolidação de um ecossistema tecnológico integrado. Tecnologias como inteligência artificial, blockchain, RFID, passaportes digitais de produtos e gêmeos digitais passam a atuar de forma complementar na gestão das cadeias de valor, ampliando a rastreabilidade, a transparência e a eficiência operacional. Em conjunto, essas tecnologias permitem monitorar fluxos de materiais em tempo real, otimizar operações logísticas, validar métricas ESG e atender a exigências regulatórias crescentes, como aquelas associadas ao European Green Deal e aos mecanismos de Responsabilidade Estendida do Produtor (WEETMAN, 2016). A integração desses sistemas reduz a fragmentação informacional e viabiliza uma governança baseada em dados ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos.

Nesse contexto, o fortalecimento da Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) e o avanço de regulações ambientais globais ampliam o papel das empresas na gestão do ciclo completo de vida dos produtos, incluindo fases de pós-consumo, logística reversa e destinação adequada. A circularidade, portanto, passa a ser simultaneamente uma exigência regulatória, uma estratégia competitiva e um vetor de inovação industrial.

Em paralelo, observa-se a consolidação de novos modelos de negócios baseados em extensão de uso e intensificação da utilização dos produtos. Estratégias como aluguel, reparo, revenda, customização e upcycling ampliam a retenção de valor e contribuem para a transição de uma lógica centrada no volume de vendas para uma lógica orientada ao desempenho e à longevidade dos produtos. O movimento do slow fashion reforça essa transformação ao priorizar qualidade, durabilidade,

transparência e consumo consciente, reconfigurando a relação entre consumidores, marcas e produtos (FLETCHER, 2013).

Por fim, a efetivação da economia circular no setor têxtil depende da articulação entre empresas, governos, instituições de pesquisa e sociedade civil, em alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e com as agendas globais de descarbonização e transição ecológica. Nesse horizonte, a indústria têxtil deixa de ser apenas um setor intensivo em recursos e passa a ocupar o papel de infraestrutura-chave da economia circular global, capaz de integrar inovação tecnológica, transformação de consumo e regeneração de sistemas produtivos.

Assim, o horizonte de 2030 projeta uma indústria têxtil profundamente reconfigurada: digitalmente conectada, orientada por dados, regulatoriamente integrada e estruturalmente circular. Mais do que produzir bens, o setor passa a operar como uma plataforma de inovação sistêmica, na qual materiais, informações e valor circulam continuamente, redefinindo os limites entre produção, consumo e regeneração dentro de um modelo econômico mais resiliente, transparente e sustentável.

A woman with her hair in a bun, wearing a dark blue long-sleeved shirt, is holding a tablet and using a stylus. The tablet screen shows a 3D model of a jacket. In the background, there is a textile factory with large spools of thread in various colors (white, blue, yellow) and robotic arms. The scene is lit with industrial lights.

CAPÍTULO 6

**A VISÃO DE FUTURO 2030: ESTRATÉGIAS
PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
DO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO**

A VISÃO DE FUTURO 2030: ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO¹

A atualização da Visão de Futuro 2030 e das estratégias para o desenvolvimento da cadeia têxtil e de confecção brasileira foi conduzida em continuidade aos estudos prospectivos realizados pelo SENAI CETIQT e pela ABIT em ciclos anteriores, especialmente os que culminaram na publicação do livro “A Quarta Revolução Industrial do Setor Têxtil e de Confecção: A Visão de Futuro para 2030”, publicado em 2016. Assim como naquele estudo, o processo atual partiu da articulação entre análise prospectiva, produção de conhecimento especializado e diálogo com representantes do setor, buscando discutir as transformações capazes de redefinir as bases produtivas, tecnológicas, regulatórias e competitivas da cadeia de valor têxtil e de confecção, no horizonte de 2030.

A metodologia adotada preserva a lógica estruturante dos estudos prospectivos anteriores, organizados em torno da construção de uma visão compartilhada de futuro e de uma agenda estratégica distribuída em seis dimensões complementares – Mercado, Tecnologia, Talentos, Infraestrutura Político-institucional, Infraestrutura Física (e digital) e Investimentos. As análises desenvolvidas identificaram continuidades, avanços e novos vetores de transformação que orientaram a atualização tanto da visão de futuro quanto das estratégias formuladas no estudo anterior.

Uma análise comparativa entre esses dois estudos evidenciou que diversas tendências apontadas anteriormente mantêm elevada relevância estratégica. Permanecem centrais temas relacionados à integração tecnológica da cadeia de valor, à

incorporação de tecnologias digitais e princípios da Indústria 4.0, à valorização do design, à transformação dos modelos de produção e consumo e ao desenvolvimento de novos materiais e fibras. O estudo de 2016 já projetava uma cadeia produtiva intensiva em ciência, tecnologia e inovação, estruturada em sistemas produtivos integrados, inteligentes e orientados pelas demandas dos consumidores.

Ao mesmo tempo, a atualização realizada demonstra que determinadas agendas assumiram protagonismo mais amplo e transversal ao longo dos últimos anos. Nesse processo de evolução do conhecimento, foram identificadas como forças estruturantes das transformações em curso a sustentabilidade e a descarbonização das cadeias produtivas e a rápida difusão da inteligência artificial, da digitalização avançada e da gestão orientada por dados. Essas forças passaram a reorganizar não apenas os processos produtivos, mas também os modelos de negócio, as exigências regulatórias, as estratégias de competitividade, os fluxos logísticos, as relações de consumo e os mecanismos de governança das cadeias globais de valor.

A partir dessas forças transversais, o estudo atual também permitiu identificar motores de transformação com maior incidência sobre determinados elos e etapas da cadeia de valor, embora com impactos sistêmicos sobre o conjunto do setor:

- **Bioeconomia e materiais sustentáveis:** associados à inovação na base material da cadeia;
- **Ecossistemas produtivos inteligentes e conectados:** impulsionados pela convergência entre automação, inteligência artificial, interoperabilidade e integração digital;
- **Economia circular e pós-consumo:** orientados à retenção de valor dos materiais, à rastreabilidade e à reintegração de fluxos produtivos ao longo do ciclo de vida dos produtos.

A atualização da Visão de Futuro 2030 reflete justamente essa convergência entre sustentabilidade, inovação material, digitalização, inteligência

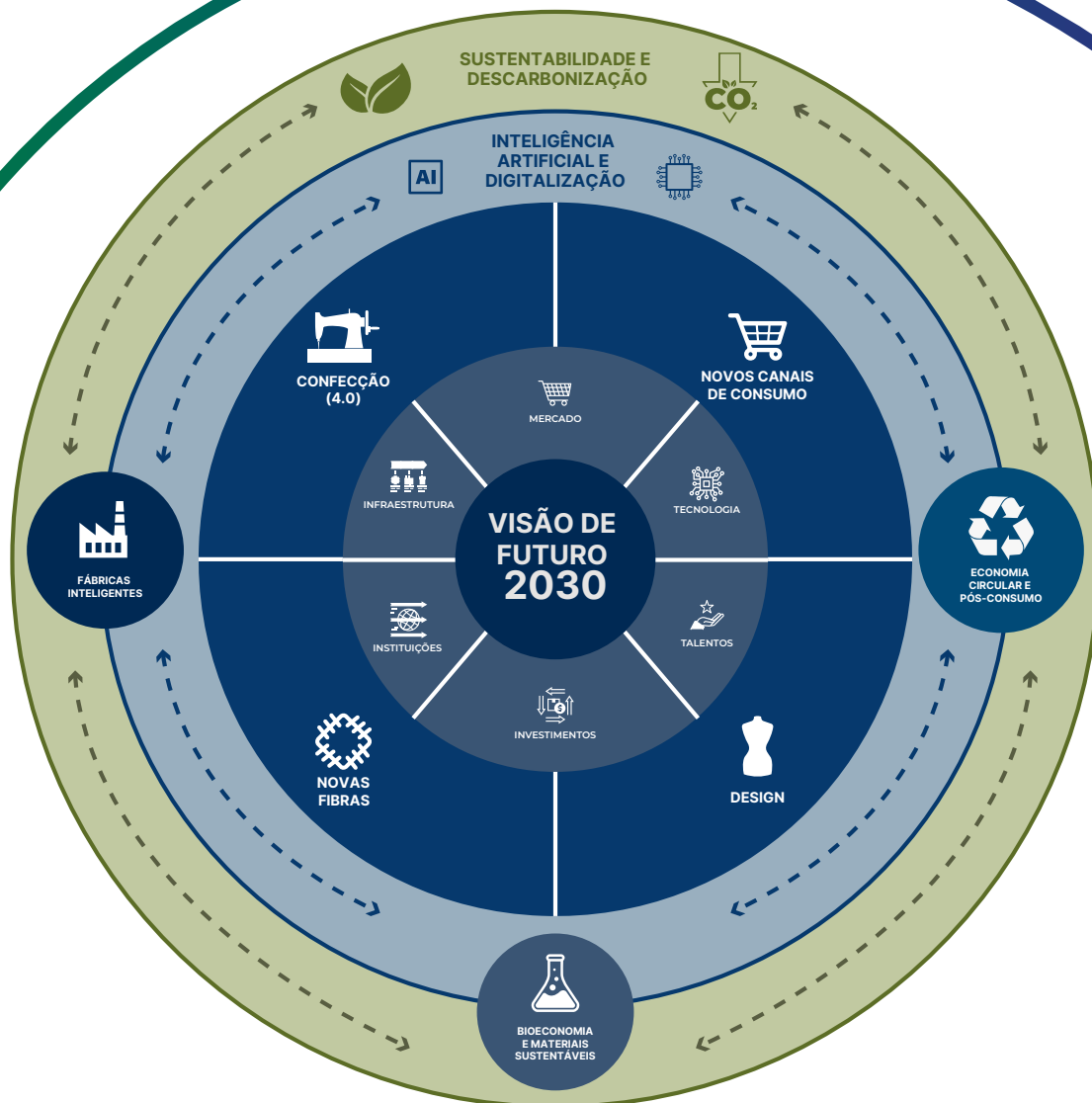
1. Autora: Thiago e Camila

produtiva e circularidade como elementos centrais da reorganização da cadeia têxtil e de confecção. Em relação ao estudo anterior, observa-se menos uma ruptura e mais um processo de aprofundamento, amadurecimento e ampliação das agendas originalmente identificadas. A digitalização e os princípios da Indústria 4.0, anteriormente projetados como vetores de transformação industrial, passam agora a incorporar de forma mais intensa o uso de inteligência artificial, integração de dados, automação avançada e rastreabilidade em tempo real. Da mesma forma, as discussões anteriormente relacionadas ao desenvolvimento de fibras e novos materiais ampliam-se em direção à bioeconomia, aos materiais sustentáveis e às estratégias de descarbonização e circularidade ao longo de toda a cadeia de valor.

Esse processo de atualização também permitiu ampliar a compreensão sobre os impactos da transição sustentável e digital sobre os aspectos institucionais, regulatórios, organizacionais e humanos do setor. Para além da eficiência fabril, a agenda contemporânea exige a estruturação de mecanismos de governança corporativa e setorial capazes de converter as exigências globais de transparência, rastreabilidade e responsabilidade socioambiental em ativos reais de competitividade.

Alinhadas a esse propósito, as estratégias organizadas nas seis dimensões preservam a continuidade metodológica dos estudos prospectivos anteriores, mas atualizam seus conteúdos à luz das transformações tecnológicas, regulatórias, produtivas e competitivas associadas a esse novo cenário setorial.

A atualização da Visão de Futuro 2030 busca consolidar referências estratégicas capazes de apoiar empresas, instituições, formuladores de políticas públicas e demais atores da cadeia na construção de trajetórias de desenvolvimento sustentável, inovação e competitividade para o setor têxtil e de confecção brasileiro no horizonte de 2030 e além.



O diagrama sintetiza os elementos estruturantes da elaboração da Visão de Futuro para 2030, apresentada no estudo de 2016, e de sua atualização no estudo atual. Do centro às camadas externas, encontram-se: a visão de futuro; as seis dimensões que estruturam a agenda de futuro; as ênfases estratégicas definidas no estudo anterior; e, nos círculos mais externos, as forças transversais da inteligência artificial e digitalização e da sustentabilidade e descarbonização, que, sem reduzir a relevância das ênfases anteriores, orientaram, no estudo atual, o destaque dado à bioeconomia e aos materiais sustentáveis, aos ecossistemas inteligentes de produção e consumo e à economia circular e ao pós-consumo.

VISÃO DE FUTURO 2030

DO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

Ser uma cadeia de valor têxtil e de confecção inovadora, competitiva e regenerativa, orientada pela sustentabilidade, descarbonização e circularidade, por meio da inovação na sua base material e da integração de tecnologias digitais e de inteligência artificial, capaz de estruturar ecossistemas produtivos e de consumo inteligentes, eficientes, adaptáveis e conectados às transformações dos mercados e da sociedade, promovendo o uso otimizado de recursos e a retenção de valor ao longo da cadeia. O setor deve ampliar sua relevância econômica e social, promover trabalho qualificado, digno e alinhado aos princípios da sustentabilidade social, fortalecendo o posicionamento estratégico do Brasil nas cadeias globais de valor.

6.2 Estratégias em seis dimensões

A Visão de Futuro 2030 atualizada exige ações coordenadas capazes de orientar o fortalecimento competitivo e a adaptação da cadeia têxtil e de confecção brasileira às transformações identificadas ao longo deste estudo. Tal como realizado nos estudos prospectivos anteriores, e em diálogo com empresas, especialistas e demais stakeholders do setor, apresentam-se, a seguir, diretrizes estratégicas estruturadas em seis dimensões complementares.

1 DIMENSÃO: MERCADO

ESTRATÉGIA

Posicionar a cadeia têxtil e de confecção brasileira como referência em agilidade, inovação, design, sustentabilidade, rastreabilidade e integração digital, fortalecendo modelos produtivos e de negócios mais flexíveis, circulares e orientados pelas transformações nos padrões de consumo e pelas exigências dos mercados nacional e internacional.

OBJETIVO ESTRATÉGICO

Modernizar a atuação mercadológica das empresas por meio de modelos produtivos e comerciais mais integrados, adaptáveis e orientados por dados, reduzindo excedentes produtivos, ampliando rastreabilidade, transparência e circularidade e fortalecendo a inserção competitiva da cadeia em mercados regulados e de maior valor agregado.

PONTO DE CHEGADA

Empresas operando em cadeias de valor mais inteligentes, ágeis e circulares, capazes de integrar produção, consumo e pós-consumo por meio de inteligência de dados, rastreabilidade e modelos de negócio sustentáveis, convertendo conformidade socioambiental, transparência e inovação em diferenciais competitivos.

DIRETRIZES

- ▶ Fortalecer integração digital, inteligência de mercado e sincronização entre produção, varejo e consumo por meio de inteligência artificial, análise de dados e modelos de resposta rápida.
- ▶ Incorporar princípios de ecodesign, circularidade e retenção de valor dos materiais ao desenvolvimento de produtos e modelos de negócio.
- ▶ Ampliar rastreabilidade, transparência e conformidade socioambiental ao longo da cadeia de valor por meio de sistemas digitais de monitoramento e certificação.

2 DIMENSÃO: TECNOLOGIA

ESTRATÉGIA

Transformar a cadeia têxtil e de confecção em ecossistemas produtivos inteligentes, interoperáveis e orientados por dados, integrando digitalmente os diferentes elos da cadeia de valor por meio da inteligência artificial, automação avançada, rastreabilidade, simulação virtual, bioeconomia e inovação na base material da cadeia, de modo a ampliar eficiência, circularidade, adaptabilidade e sustentabilidade.

OBJETIVO ESTRATÉGICO

Modernizar a infraestrutura tecnológica, os processos produtivos e a matriz de materiais das empresas para fortalecer conectividade, inteligência operacional, rastreabilidade e sustentabilidade ao longo da cadeia de valor, promovendo descarbonização, eficiência no uso de recursos, integração entre produção, consumo e pós-consumo e maior capacidade adaptativa frente às transformações dos mercados e do consumo.

PONTO DE CHEGADA

Empresas operando em ecossistemas produtivos inteligentes, flexíveis e digitalmente integrados, apoiados em materiais sustentáveis, inteligência de dados e sistemas interoperáveis, capazes de responder de forma ágil às transformações do mercado com maior eficiência no uso de recursos, rastreabilidade e monitoramento dos impactos ambientais ao longo da cadeia de valor.

DIRETRIZES

- ▶ Fortalecer integração digital, interoperabilidade e compartilhamento de dados entre os diferentes elos da cadeia têxtil e de confecção por meio de plataformas digitais, inteligência artificial e sistemas inteligentes de gestão.
- ▶ Ampliar adoção de automação avançada, internet das coisas, inteligência artificial, modelagem virtual e simulação digital para fortalecer flexibilidade produtiva, produção sob demanda, eficiência operacional e redução de desperdícios.
- ▶ Estimular desenvolvimento e adoção de materiais sustentáveis, biomateriais, biotecnologia, química verde e processos produtivos de menor impacto ambiental, fortalecendo bioeconomia, circularidade e descarbonização da cadeia de valor.

3 DIMENSÃO: TALENTOS

ESTRATÉGIA

Fortalecer a atração, o desenvolvimento e a retenção de talentos na cadeia têxtil e de confecção, promovendo competências técnicas, tecnológicas e socioemocionais necessárias à atuação em ecossistemas produtivos mais inteligentes, integrados, adaptáveis, inovadores e regenerativos. Deve-se atuar simultaneamente na elevação do patamar técnico-científico dos profissionais e no fortalecimento da atratividade setorial, impulsionada tanto pela configuração de uma indústria tecnologicamente avançada, inovadora e orientada ao desenvolvimento sustentável quanto pelo alinhamento aos princípios do trabalho decente e da dimensão social da sustentabilidade.

OBJETIVO ESTRATÉGICO

Fortalecer o desenvolvimento contínuo de competências técnicas, tecnológicas e socioemocionais alinhadas à transformação sustentável e digital da cadeia têxtil e de confecção, por meio da articulação entre empresas, instituições de ensino superior, pesquisa e educação tecnológica e profissional, preparando profissionais para atuar em ecossistemas produtivos mais inteligentes, integrados, adaptáveis, inovadores e regenerativos, alinhados aos princípios do trabalho decente e da sustentabilidade social.

PONTO DE CHEGADA

A indústria têxtil e de confecção conta com profissionais qualificados, dotados das competências técnicas, tecnológicas e socioemocionais necessárias para atuar em ecossistemas produtivos e de consumo mais integrados, inteligentes, adaptáveis, inovadores e regenerativos, alinhados às novas exigências regulatórias e dos mercados. O setor fortalece sua capacidade de atrair e reter talentos tanto pela configuração de uma indústria mais tecnológica, inovadora e orientada ao desenvolvimento sustentável quanto pelo alinhamento aos princípios do trabalho decente e da dimensão social da sustentabilidade.

DIRETRIZES

- ▶ Fortalecer o desenvolvimento de competências técnicas, tecnológicas e analíticas voltadas à transformação digital da cadeia têxtil e de confecção, com foco em inteligência artificial, automação, integração de dados e ecossistemas produtivos e de consumo inteligentes.
- ▶ Desenvolver competências alinhadas à transformação sustentável da cadeia, com foco em bioeconomia, inovação na base material da cadeia, ecodesign, descarbonização e circularidade, fortalecendo novos modelos produtivos e de consumo orientados à eficiência no uso de recursos e à regeneração.
- ▶ Estruturar e implementar iniciativas, políticas, projetos e programas voltados à valorização do capital humano, incluindo a capacitação de trabalhadores e lideranças, com foco na institucionalização dos princípios do trabalho decente e da sustentabilidade social nas organizações.

4 DIMENSÃO: INFRAESTRUTURA POLÍTICO-INSTITUCIONAL

ESTRATÉGIA

Fortalecer a governança multissetorial da cadeia têxtil e de confecção, articulando setor produtivo, governo, instituições de ciência, tecnologia e inovação e entidades representativas para apoiar a transição rumo a ecossistemas produtivos e de consumo mais conectados, inteligentes, adaptáveis, sustentáveis e competitivos. A estratégia busca consolidar um ambiente institucional capaz de promover convergência entre as agendas de sustentabilidade, descarbonização e circularidade e a adoção de tecnologias digitais e de inteligência artificial, favorecendo maior alinhamento entre políticas públicas, regulação, instrumentos de apoio e prioridades estratégicas da transformação da cadeia.

OBJETIVO ESTRATÉGICO

Consolidar uma infraestrutura político-institucional integrada e orientada por uma visão estratégica de longo prazo, capaz de fortalecer o alinhamento entre políticas públicas, instrumentos de fomento, marcos regulatórios e prioridades estratégicas da cadeia têxtil e de confecção, apoiando a transformação sustentável e digital do setor e o fortalecimento da competitividade nas cadeias globais de valor.

PONTO DE CHEGADA

A cadeia têxtil e de confecção conta com um ambiente institucional articulado, estável e estrategicamente orientado à promoção da sustentabilidade, da inovação e da competitividade, apoiado em mecanismos permanentes de governança, inteligência setorial e alinhamento entre políticas públicas, desenvolvimento tecnológico e estratégias de transformação da cadeia. O setor fortalece sua capacidade de adaptação às novas exigências dos mercados e da regulação, ampliando inserção competitiva, atração de investimentos e liderança em agendas relacionadas à sustentabilidade, bioeconomia, descarbonização, circularidade e ecossistemas produtivos e de consumo inteligentes.

DIRETRIZES

- ▶ Fortalecer mecanismos permanentes de governança, articulação institucional e inteligência estratégica capazes de integrar setor produtivo, governo, instituições de ciência, tecnologia e inovação e entidades representativas em torno das agendas prioritárias da transformação sustentável e digital da cadeia têxtil e de confecção.
- ▶ Promover maior alinhamento entre políticas públicas, instrumentos de fomento, marcos regulatórios e prioridades estratégicas da cadeia, ampliando a capacidade de adaptação do setor às novas exigências dos mercados, da sustentabilidade e da transformação digital.
- ▶ Fortalecer capacidades institucionais relacionadas à normatização, certificação, rastreabilidade e inteligência regulatória, ampliando as condições de adaptação do setor às novas exigências dos mercados e fortalecendo seu posicionamento competitivo em agendas relacionadas à sustentabilidade, descarbonização, circularidade, bioeconomia e transformação digital.

5 DIMENSÃO: INFRAESTRUTURA FÍSICA E DIGITAL

ESTRATÉGIA

Estratégia Fortalecer a infraestrutura física, logística e digital da cadeia têxtil e de confecção como base para a integração de ecossistemas produtivos e de consumo inteligentes, conectados, rastreáveis e sustentáveis, ampliando capacidades relacionadas à conectividade, fluxo de dados, interoperabilidade, logística de baixo carbono, circularidade e integração entre produção, consumo e pós-consumo.

OBJETIVO ESTRATÉGICO

Modernizar e integrar a infraestrutura física, logística e digital da cadeia têxtil e de confecção, promovendo maior conectividade, compartilhamento de dados, rastreabilidade, eficiência operacional e retenção de valor dos materiais, de modo a apoiar a transformação sustentável e digital do setor, a descarbonização das operações e a consolidação de modelos produtivos e de consumo mais inteligentes, circulares e regenerativos.

PONTO DE CHEGADA

A cadeia têxtil e de confecção opera em ecossistemas produtivos e de consumo mais integrados, inteligentes e sustentáveis, apoiados em infraestrutura física e digital capaz de conectar produção, logística, consumo e pós-consumo por meio de sistemas interoperáveis, rastreabilidade, fluxo de dados e soluções voltadas à circularidade, à eficiência no uso de recursos e à redução de impactos ambientais. Essa infraestrutura amplia a integração e a competitividade da cadeia, favorecendo maior capilaridade tecnológica e operacional entre diferentes elos e territórios produtivos.

DIRETRIZES

- ▶ Fortalecer infraestrutura digital, conectividade e interoperabilidade entre sistemas e plataformas ao longo da cadeia têxtil e de confecção, ampliando a integração entre produção, logística, consumo e pós-consumo e viabilizando ecossistemas produtivos mais inteligentes e conectados.
- ▶ Modernizar a infraestrutura logística da cadeia, promovendo maior eficiência no transporte, distribuição e circulação de mercadorias, em alinhamento com estratégias de descarbonização, rastreabilidade e redução de impactos ambientais.
- ▶ Estruturar infraestrutura física e digital voltada à logística reversa, triagem, reaproveitamento e reinserção de materiais na cadeia produtiva, fortalecendo modelos circulares de produção e consumo orientados à redução de resíduos e ao uso mais eficiente de recursos.

6 DIMENSÃO: INVESTIMENTOS

ESTRATÉGIA

Mobilizar e direcionar investimentos públicos e privados capazes de impulsionar a transformação sustentável e digital da cadeia têxtil e de confecção, fortalecendo inovação, bioeconomia, descarbonização, circularidade e inteligência produtiva ao longo da cadeia de valor, de modo a ampliar a competitividade do setor e fortalecer o posicionamento estratégico do Brasil na reorganização das cadeias globais de valor.

OBJETIVO ESTRATÉGICO

Fortalecer um ambiente favorável à mobilização de investimentos públicos e privados voltados à modernização produtiva, à pesquisa, desenvolvimento e inovação, à digitalização e à transformação sustentável da cadeia têxtil e de confecção, articulando inteligência prospectiva, instrumentos de fomento e prioridades estratégicas capazes de ampliar capacidades tecnológicas, inovativas e competitivas do setor.

PONTO DE CHEGADA

O setor conta com mecanismos diversificados de financiamento e investimento capazes de apoiar a transformação sustentável e digital da cadeia têxtil e de confecção, impulsionando pesquisa aplicada, bioeconomia, inteligência produtiva, circularidade e o desenvolvimento de produtos, processos e modelos de negócio de maior valor agregado, menor impacto ambiental e maior competitividade. O Brasil fortalece seu posicionamento estratégico nas cadeias globais de valor ao ampliar sua capacidade de atrair investimentos alinhados à sustentabilidade, à inovação, à resiliência das cadeias produtivas e à reorganização geoeconômica da produção industrial.

DIRETRIZES

- ▶ Fortalecer o alinhamento entre políticas públicas, instrumentos de fomento e prioridades estratégicas da cadeia têxtil e de confecção, ampliando investimentos voltados à transformação sustentável e digital do setor e ao fortalecimento do posicionamento competitivo do Brasil nas cadeias globais de valor.
- ▶ Estimular investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação voltados à bioeconomia, à inovação na base material da cadeia, à digitalização, à inteligência artificial e à modernização dos processos produtivos, fortalecendo capacidades tecnológicas, inovativas e produtivas orientadas à agregação de valor, à sustentabilidade e à competitividade da cadeia.
- ▶ Ampliar investimentos em infraestrutura tecnológica, logística reversa e novos modelos de negócio, apoiando ecossistemas de inovação, empreendedorismo tecnológico e soluções voltadas à integração entre produção, consumo e pós-consumo.

6.3 Considerações finais

A atualização da Visão de Futuro 2030 consolida um referencial estratégico voltado à compreensão das mudanças que vêm redefinindo a cadeia têxtil e de confecção brasileira e das condições necessárias para ampliar sua competitividade e relevância nos mercados nacional e internacional.

As estratégias estruturadas em seis dimensões buscam contribuir para a orientação de ações, investimentos e iniciativas capazes de apoiar a adaptação do setor às novas exigências tecnológicas, ambientais, produtivas e regulatórias, fortalecendo sua capacidade de resposta diante das transformações em curso.

Ao reunir análises, diretrizes e agendas construídas em diálogo com empresas, especialistas, entidades representativas e demais stakeholders, esta publicação reforça o papel da ABIT e do SENAI CETIQT na produção e disseminação de conhecimento estratégico para o setor, buscando contribuir para o fortalecimento de processos contínuos de articulação, cooperação e inteligência estratégica voltados à ampliação da competitividade, da capacidade de adaptação e do desenvolvimento sustentável da indústria têxtil e de confecção brasileira.

REFERÊNCIAS

[3DLOOK, Inc.](#) *YourFit: Virtual Try On and Size Recommendation Platform*. San Mateo, 2024. Disponível em: [3DLOOK](#). Acesso em: 18 jul. 2025.

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO; SENAI CETIQT – CENTRO DE TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL. *Estudo Prospectivo Setorial Têxtil e de Confecção*. Brasília: ABDI, 2010.

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO; SENAI CETIQT – CENTRO DE TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL. *Panorama Setorial Têxtil e de Confecção*. Brasília: ABDI, 2008.

ABIT. *Lançada a Liga de Descarbonização da Abit*. Notícias ABIT, 6 set. 2024. Disponível em: [ABIT Notícias](#). Acesso em: 28 jun. 2025.

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. *Liga de Descarbonização da Indústria Têxtil*. Disponível em: [ABIT](#). Acesso em: 6 jul. 2025.

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. *Perfil do Setor*. São Paulo: ABIT, 2024. Disponível em: [ABIT Perfil do Setor](#). Acesso em: 1 jul. 2025.

ABIT. *Vicunha economiza 227 milhões de litros de água com práticas de produção sustentáveis*. Notícias ABIT, 22 ago. 2024. Disponível em: [ABIT Notícias](#). Acesso em: 27 jun. 2025.

ADIDAS. *3D printing and AI in footwear: custom sneakers on demand*. Herzogenaurach: Adidas, 2023.

ADIDAS AG. *Sustainability report 2024*. Herzogenaurach: Adidas, 2024.

ABRAPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. *Brasil lidera exportação de algodão com produção sustentável e certificada*. Brasília: ABRAPA, 2023. Disponível em: [ABRAPA](#). Acesso em: 25 jun. 2025.

ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022*. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2022.

ACCENTURE. *Circular Economy Enabled by Digital Technologies*. 2020.

AHYA TECHNOLOGIES. *AhyaOS: Plataforma de Inteligência Climática para a Cadeia Têxtil*. 2024. Disponível em: [Ahya Technologies](#). Acesso em: 4 jul. 2025.

ALGAEING LTD. *Algae-based textile solutions*. Tel Aviv: Algaeing, 2024.

APPAREL IMPACT INSTITUTE. *Low-Carbon Thermal Energy Roadmap for the Textile Industry*. [S. l.]: Apparel Impact Institute, 2025.

APPAREL IMPACT INSTITUTE. *Taking stock of progress against the roadmap to net zero 2024*. [S. l.]: Apparel Impact Institute, 2024.

ASUENE. *Relatório de descarbonização e mercado de carbono no Brasil*. São Paulo: Asuene, 2024.

BAKKER, C.; DEN HOLLANDER, M.; HINTE, V. *Products that last: Product design for circular business models*. 1. ed. Amsterdam: BIS Publishers B.V., 2019.

BASF. *AI-driven development of biodegradable textile materials*. Ludwigshafen: BASF, 2023.

BENYUS, J. M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. 1. ed. New York: HarperCollins, 1997.

BOCKEN, N. M. P. et al. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 2014.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio e Serviços. *Brasil ganha nova política industrial com metas até 2033*. Brasília, DF: MDIC, 22 jan. 2024. Disponível em: [Portal da Indústria](#). Acesso em: 18 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio e Serviços. *NIB completa 1 ano com R\$ 3,4 trilhões de investimentos*. Brasília, DF, fev. 2025. Disponível em: [MDIC](#). Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. *Texto do Acordo Mercosul-União Europeia*. Brasília, DF, 2026. Disponível em: [gov.br](#). Acesso em: 10 maio 2026.

BRASILEIRO, P. F. *Setor de confecções têxtil e resíduos sólidos no Brasil*. 2024. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: http://www.ie.ufrj.br/.../Dissertacao_Setor_Textil_Residuos_PFialho.pdf. Acesso em: 20 jun. 2025. CASA FIRJAN. *Sinais de mudança da moda: tecnologias emergentes na indústria da moda*. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: [Casa Firjan PDF](#). Acesso em: 18 jul. 2025.

BROWN, T. *Change by Design: How Design Thinking Creates New Alternatives for Business and Society*. 1. ed. New York: Harper Business, 2009.

BRUNO, Flavio da Silveira. *A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão de futuro para 2030*. 1. ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016.

BRUNO, Flavio da Silveira. *A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão de futuro para 2030*. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2017.

CENTONZE, Carlo. *HeiQ AeoniQ™: next-generation cellulose fiber*. Zurich: HeiQ, 2024.

CIRC. *Textile Recycling Technologies Overview*. 2023.

CIRCLE ECONOMY. *Circular textiles report*. Amsterdam: Circle Economy, 2025.

CIRCLE ECONOMY. *The Circularity Gap Report 2024*. Amsterdam: Circle Economy, 2024.

CIRPASS. *Digital Product Passport Framework Report*. 2023.

CITEVE. *iTechStyle Summit 2024 – Sustentabilidade, Circularidade e Bioeconomia em destaque*. Vila Nova de Falmalhão: CITEVE, 2024. Comunicação de António Braz

Costa no summit. Disponível em: [CITEVE](#). Acesso em: 15 jun. 2025.

CSR PIEMONTE. *Economia Circolare*. 2019. Disponível em: [CSR Piemonte](#). Acesso em: 11 maio 2022.

COLTELLI, Marco B.; CINELLI, Patrizia; LAZZERI, Andrea. Biopolymers from renewable resources and their applications. *Polymers*, Basel, v. 16, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym16010001>.

CNN BRASIL. *Brasil descarta mais de 4 milhões de toneladas de resíduos têxteis por ano*. CNN Brasil Economia, 3 jun. 2022. Disponível em: [CNN Brasil Economia](#). Acesso em: 22 jun. 2025.

DORNER, Maximilian. *Textile recycling innovations: RE&UP case study*. [S. l.], 2024.

EASTMAN. *Eastman and Patagonia tackle global textile waste crisis*. 2024. Disponível em: Eastman Media Center.

ECOSKILLS ACADEMY. *Future of sustainable textiles report*. [S. l.], 2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *A new textiles economy: redesigning fashion's future*. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2021. Disponível em: [Ellen MacArthur Foundation](#).

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Circular Economy in Fashion*. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*. 1. ed. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2014.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Vision for a Circular Economy for Fashion*. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, [s. d.].

ELKINGTON, J. *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford: Capstone, 1997.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Escassez hídrica em 2021: diagnóstico e oportunidades para o planejamento da expansão da oferta de eletricidade*. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: [EPE](#). Acesso em: 10 maio 2026.

- EPSON; HKRITA. *Dry Fiber Technology Project Report*. 2021.
- ERT. *PHA biodegradable materials technical report*. [S. l.], 2024.
- EUROPEAN COMMISSION. *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)*. Brussels: European Commission, 2024. Disponível em: [European Commission CBAM](#).
- EUROPEAN COMMISSION. *Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)*. Brussels: European Commission, 2022.
- EUROPEAN COMMISSION. *Ecodesign Your Future: How Ecodesign Can Help the Environment by Making Products Smarter*. Brussels: European Commission, 2012.
- EXAME. FILIPPE, Marina. *Malwee amplia linha de roupas feitas com um copo d'água*. Exame, São Paulo, 13 out. 2022. Disponível em: [Exame ESG](#). Acesso em: 20 jun. 2025.
- FADARA, T. G.; WONG, K. Y.; ZAREI, H. A comprehensive framework for the sustainability indicators in the textile industry of developing countries. *Business Strategy & Development*, v. 7, n. 1, e332, 2024.
- FECOMERCIO-SP. *Mercosul e União Europeia: segurança, avanços e obstáculos do novo acordo comercial*. Fecomercio SP – Conselho de Relações Internacionais, 7 maio 2025. Disponível em: [Fecomercio SP](#). Acesso em: 28 jun. 2025.
- FLETCHER, K.; GROSE, L. *Fashion and Sustainability: Design for Change*. London: Laurence King Publishing, 2012.
- FLETCHER, K. Slow Fashion. *The Ecologist*, v. 37, n. 5, p. 61–62, 2007.
- FLETCHER, K. *Sustainable Fashion and Textiles: Design Journeys*. 2. ed. London: Earthscan, 2013.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *Bioeconomy for sustainable development*. Rome: FAO, 2022.
- FORTUM CORPORATION. *Carbon2x technology report*. Helsinki: Fortum, 2024.
- GAIA COMPANY. *Inventários de ciclo de vida no Brasil*. [S. l.], 2024.
- GARST, Jilde; MAAS, Karen; SUIJS, Jeroen. Materiality assessment is an art, not a science: selecting ESG topics for sustainability reports. *California Management Review*, v. 65, n. 1, p. 64–90, 2022.
- GEISSDOERFER, M. et al. The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? *Journal of Cleaner Production*, v. 143, p. 757–768, 2017.
- GENEVA ENVIRONMENT NETWORK. *Textiles and the environment*. Geneva: United Nations, 2023.
- GEREFFI, Gary; MEMEDOVIC, Olga. *The Global Apparel Value Chain: What Prospects for Upgrading by Developing Countries*. Vienna: UNIDO, 2003.
- GFA. *CEO Fashion Agenda Design Report*. Copenhagen: Global Fashion Agenda, 2025.
- GFA. *Policy Matrix: Americas*. Copenhagen: Global Fashion Agenda, 2025.
- GFA. *Policy Matrix: Asia*. Copenhagen: Global Fashion Agenda, 2025.
- GFA. *Policy Matrix: European Union*. Copenhagen: Global Fashion Agenda, 2025.
- GHERZI TEXTIL ORGANISATION AG. *Accelerating the Growth of Technical Textile Industry in Brazil*. Zürich: Gherzi Textil Organisation AG, 2023. Relatório de estudo elaborado para SENAI CETIQT e SENAI-SP.
- GLEISTEIN. *Bio-based Dyneema® applications report*. [S. l.], 2024.
- GOLDENEYE. *GoldenEye Smart Vision: controle automatizado de qualidade têxtil com IA*. França: Apollo Plus, 2024. Disponível em: [GoldenEye Smart Vision](#). Acesso em: 6 out. 2024.
- GONZÁLEZ-ROJO, Elena; LÓPEZ, María J.; GONZÁLEZ, Ana. Biotechnological production of polyhydroxyalkanoates and polylactic acid. *Bioresource Technology*, Amsterdam, v. 385, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129449>.

- GRIES, Thomas. *AI in the Textile Industry: Opportunities, Challenges and the Future of Work*. ITMF & IAF Conference, 2024.
- GRI. *Global Reporting Initiative Standards*. 2021.
- GS1. *Digital Product Passport and RFID Standards in Retail*. 2023.
- H&M FOUNDATION; HKRITA. *Planet First: AI Powered Smart Garment Sorting System*. Hong Kong, 2023. Disponível em: [H&M Foundation Project](#). Acesso em: 18 jul. 2025.
- H&M GROUP. *Sustainability disclosure report 2024*. Stockholm: H&M, 2024.
- ILO. *World Employment and Social Outlook: Greening with Jobs*. Geneva: International Labour Organization, 2018.
- INDITEX S.A. *Annual report 2024*. Arteixo: Inditex, 2024.
- INDORAMA CORPORATION. *Recycled polyester innovations report*. [S. l.], 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA (IBICT). *Sistema de Inventários do Ciclo de Vida (SICV Brasil)*. Brasília: IBICT, 2023. Disponível em: [SICV Brasil](#)
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2023: Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC, 2023. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 59004: Circular economy – Terminology and framework*. Geneva: ISO, 2024.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 14040: Life Cycle Assessment – Principles and framework*. Geneva: ISO, 2020.
- INTERNATIONAL TEXTILE MANUFACTURERS FEDERATION (ITMF). *Annual Conference 2024*. [S. l.]: ITMF, 2024.
- IPCC. *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.
- ISO. *ISO 14001 Environmental Management Systems*. 2015.
- KRAVCHENKO, M.; PIGFORD, A.-A.; EVANS, S. Sustainable supply chain management and ESG integration. *Business Strategy and the Environment*, 2019.
- KUHNDT, Michael; VON GLEIBER, Justus. *Developing a sectoral sustainability indicator set: the case of the European aluminium industry*. Wuppertal: Wuppertal Institute for Climate, Environment, Energy, 2002.
- LEITE, P. R. *Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade*. São Paulo: Prentice Hall, 2009.
- LENZING AG. *Sustainability report 2023*. Lenzing: Lenzing, 2023.
- LEVI STRAUSS & CO. *How Levi's® is Saving Water. Unzipped* (blog oficial LS&Co), 25 mar. 2019. Disponível em: [Levi Strauss Blog](#). Acesso em: 26 jun. 2025.
- LI, Yajie; ZHANG, Wei; CHEN, Guang. Chitosan and bacterial cellulose in textile applications. *Carbohydrate Polymers*, Oxford, v. 287, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119335>.
- LÖWGREN, J.; STOLTERMAN, E. *Thoughtful Interaction Design*. Cambridge: MIT Press, 2004.
- LU, H.; LI, Z.; WANG, X. Digital transformation and supply chain performance: the role of competitive pressure and dynamic capability. *Sustainability*, v. 15, n. 13, 2023. Disponível em: [MDPI Sustainability](#). Acesso em: 18 jul. 2025.
- MAO, X.; LI, H.; ZHANG, Y. Ionic liquid processing of lignocellulosic fibers for textile applications. *Carbohydrate Polymers*, Oxford, v. 315, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.120965>.
- MANGO MATERIALS INC. *PHA production from methane*. [S. l.], 2024.
- MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. 1. ed. New York: North Point Press, 2002.
- MCKINSEY & COMPANY. *Fashion on climate: how the fashion industry can urgently act to reduce its greenhouse gas emissions*. [S. l.], 2020. Disponível em: [McKinsey](#)

[Fashion on Climate](#). Acesso em: 18 jul. 2025.

MCKINSEY & COMPANY. *Fashion's New Must Have: Sustainable Sourcing at Scale*. New York, 2023. Disponível em: [McKinsey Sustainable Sourcing](#). Acesso em: 18 jul. 2025.

MCKINSEY & COMPANY. *Scaling textile recycling in Europe: turning waste into value*. [S. l.], 2022. Disponível em: [McKinsey Textile Recycling](#). Acesso em: 18 jul. 2025.

MCQUILLAN, H. Zero Waste Design Thinking: Strategies for the Apparel Industry. In: MUTHU, S. S. (ed.). *Textiles and Clothing Sustainability: Sustainable Fashion and Consumption*. Singapore: Springer, 2016.

MEEREBOER, Koen W.; MISRA, Manjusri; MOHANTY, Amar K. Review of recent advances in the biodegradability of polyhydroxyalkanoates. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 258, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120846>.

MUTHU, S. S. *Circular Economy in Textiles and Apparel*. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2018.

MUTHU, Subramanian Senthilkannan; GARDETTI, Miguel Angel. *Sustainability in the textile industry*. Singapore: Springer, 2016.

MYTH AI. *Soluções de Design Preditivo para Moda Sustentável*. Turquia, 2023. Disponível em: [Myth AI](#). Acesso em: 6 out. 2024.

NANJING BIOSERICA. *PHBV biodegradable fiber report*. Nanjing: Nanjing Bioserica, 2024.

NATUREWORKS LLC. *PLA biopolymers technical data*. Minnetonka: NatureWorks, 2024.

NIELSEN, L. *Design Thinking and Sustainability Transitions*. 2018.

NIQ. *How Gen Z consumer behavior is reshaping retail*. 2024. Disponível em: [NIQ](#). Acesso em: 18 jul. 2025.

NOBELIUS, Dennis. Syre hyperscales textile-to-textile recycling. In: INTERNATIONAL TEXTILE MANUFACTURERS FEDERATION (ITMF) *Annual Conference*, 2024, Samarkand. *Anais [...]*. Samarkand: ITMF, 10 set. 2024.

NORDHEIM, Eirik; BARRASSO, Grace. Sustainable development indicators of the European aluminium industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 13, n. 7, p. 697-703, 2005.

NOVAK, Megan et al. Biodegradable biobased polymers: a review of the state of the art, challenges, and future directions. *Polymers*, v. 16, n. 16, p. 2262, 2024.

OECD. *Global Plastics Outlook and Circular Economy Policies*. Paris: OECD Publishing, 2021.

OECD. *Going Digital in Brazil*. Paris: OECD, 2025. Disponível em: [OECD Going Digital in Brazil](#). Acesso em: 18 jul. 2025.

OIT – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. *ILOSTAT: base de dados sobre mercado de trabalho*. Genebra, 2026. Disponível em: [ILOSTAT](#). Acesso em: 10 maio 2026.

OIT – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. *Salarios y tiempo de trabajo en los sectores de los textiles, el vestido, el cuero y el calzado*. Ginebra: OIT, 2014.

ORANGE FIBER. *Sustainable citrus textile innovation*. Catania: Orange Fiber, 2025.

PACE. *Circular economy action agenda*. Geneva: Platform for Accelerating the Circular Economy, 2021.

PADILLA-RIVERA, Alejandro; RUSSO-GARRIDO, Sandra; MONTALVO, Carlos. Addressing the social aspects of circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, Amsterdam, v. 200, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107200>.

PALM, David; EKLUND, Mats; PETERSSON, Annika. Textile recycling: state of the art and future perspectives. *Resources, Conservation and Recycling*, Amsterdam, v. 190, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106778>.

PASUPULETI, Murali Krishna. *Fashion Innovation 5.0: Transforming Design with AI, AR, VR and 3D Printing*. IJAIRI, 2024. Disponível em: [ResearchGate Publication](#). Acesso em: 18 jul. 2025.

PATAGONIA; EASTMAN. *Collaboration to recycle pre- and post-consumer textile waste through molecular recycling technology*. 2024.

- PATEL, M. et al. *Medium and Long-term Opportunities and Risks of the Biotechnological Production of Bulk Chemicals from Renewable Resources – The Potential of White Biotechnology*. Utrecht: Utrecht University, 2008.
- PAULI, G. *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*. Taos: Paradigm Publications, 2010.
- PERIYASAMY, Aravin Prince; MILITKY, Jiri. Sustainability in textile production: seaweed fibers. *Textile Progress*, London, v. 52, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405167.2020.1717640>.
- PUMA. *RE:FIBRE Recycling Program Report*. 2023.
- PUMA. *Sustainability report 2024*. Herzogenaurach: Puma, 2024.
- PWC. *ESG and textile industry transformation reports*. 2024.
- PWC. *Future-proofing sustainable fashion via digitalisation and transparency*. 2024. Disponível em: [PwC Netherlands](https://www.pwc.nl/en/issues-and-trends/sustainable-finance/sustainable-fashion/future-proofing-sustainable-fashion-via-digitalisation-and-transparency). Acesso em: 18 jul. 2025.
- RAGAERT, K.; DELVA, L.; VAN GEEM, K. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*, v. 69, p. 24–58, 2017.
- RENEWCELL AB. *Annual report 2023*. Stockholm: Renewcell, 2023.
- REUTERS. *Brazil proposes \$4 billion AI investment plan*. 30 jul. 2024. Disponível em: [Reuters AI Investment Plan](https://www.reuters.com/technology/brazil-proposes-4-billion-ai-investment-plan-2024-07-30/). Acesso em: 18 jul. 2025.
- REVERSE RESOURCES. *Digital traceability platform*. Copenhagen: Reverse Resources, 2023.
- RE&UP. *Textile Recycling Industrial Solutions Overview*. 2023.
- SAHM CAPITAL. *Sustainable style: how AI is reducing waste in the fashion world*. 2025. Disponível em: [Sahm Capital](https://www.sahmcapital.com/en/sustainable-style-how-ai-is-reducing-waste-in-the-fashion-world). Acesso em: 18 jul. 2025.
- SAMSARA ECO. *Enzymatic Recycling Technology Report*. 2023.
- SANDIN, G.; PETERS, G. Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. *Journal of Cleaner Production*, v. 184, p. 353–365, 2018.
- SASB. *Sustainability Accounting Standards Board Standards*. 2023.
- SEBRAE. *Em alta: brechós aquecem mercado da moda circular*. Brasília: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2024. Disponível em: [Agência Sebrae](https://www.sebrae.com.br). Acesso em: 14 maio 2026.
- SEHNEM, Simone; PEREIRA, Susana Carla Farias; CARVALHO, Denis Alcides Rezende. Circular economy in fashion supply chain. *Journal of Fashion Marketing and Management*, Bradford, v. 23, n. 3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/JFMM-12-2018-0176>.
- SDG TRACEABILITY (COAXSOFT). *How data traceability shapes the future of sustainable fashion*. 2024. Disponível em: [Coaxsoft Blog](https://coaxsoft.com/blog). Acesso em: 18 jul. 2025.
- SHAH, Kunal; PATEL, Mukesh; SHAH, Darshana. Bio-based polyamides: synthesis, properties and applications. *Polymer Reviews*, London, v. 64, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/15583724.2023.2185678>.
- SHOPIFY. *Global Ecommerce Sales Growth Report (The Future of Commerce 2024)*. 2024. Disponível em: [Shopify Blog](https://www.shopify.com/global-e-commerce-sales-growth-report). Acesso em: 18 jul. 2025.
- SOU DE ALGODÃO. *O Algodão Brasileiro – Nós temos a força!*. São Paulo: Abrapa, 2025. Disponível em: [Sou de Algodão](https://www.abrapa.org.br). Acesso em: 25 jun. 2025.
- SMARTEX.AI. *Smartex CORE: AI-driven Quality Control for Textile Manufacturing*. Portugal, 2023. Disponível em: [Smartex AI](https://www.smartex.ai). Acesso em: 6 out. 2024.
- SPIBER INC. *Biosynthetic protein fibers*. Yamagata: Spiber, 2024.
- SPYRIDIS, Y.; ARGYRIOU, V. Textile Analysis for Recycling Automation using Transfer Learning and Zero-Shot Foundation Models. *arXiv*, jun. 2025. Disponível em: [arXiv](https://arxiv.org/abs/2506.12345). Acesso em: 18 jul. 2025.
- STAHEL, W. R. *The Circular Economy: A User's Guide*. 1. ed. London: Routledge, 2019.

- STAHEL, W. R. *The Performance Economy*. 2. ed. London: Palgrave Macmillan, 2010.
- STAHEL, W. R.; REDAY-MULVEY, G. *Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy*. New York: Vantage Press, 1981.
- T. CHRISTINA CONFECÇÕES. *Com selo ABVTEX Ouro, so-nhamos com uma cadeia produtiva madura e fortalecida!*. Blog T. Christina, 4 abr. 2023. Disponível em: [T. Christina Blog](#). Acesso em: 24 jun. 2025.
- TEXTILE VALUE CHAIN. *Carbon recycling polyester fiber project by Jiangsu Guowang*. 2022. Disponível em: [Textile Value Chain](#). Acesso em: 4 jul. 2025.
- TEXTILE EXCHANGE. *Future of Synthetics Report*. [S. l.]: Textile Exchange, 2024.
- TEXTILE EXCHANGE. *Materials Benchmark Insights and Trends 2024*. [S. l.]: Textile Exchange, 2024.
- TEXTILE EXCHANGE. *Materials Market Report*. [S. l.]: Textile Exchange, 2024.
- TEXTILE EXCHANGE. *Preferred fiber and materials market report 2024*. Lubbock: Textile Exchange, 2024. Disponível em: [Textile Exchange](#).
- TEXTILE EXCHANGE. *What is the definition of a "preferred" fiber or material?* [S. l.]: Textile Exchange, 2025.
- THEERAWORAWIT, Prasert; BONNET, Sylvain; TANGCHITPAIBOON, Thidarat. Sustainable textile production and circular economy. *Sustainability*, Basel, v. 14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031123>.
- UNCTAD. *Brazil launches the Brazilian Artificial Intelligence Plan 2024–2028*.
- UNCTAD *Investment Policy Monitor*, 2024. Disponível em: [UNCTAD Investment Policy Monitor](#). Acesso em: 18 jul. 2025.
- UNEP. *Emissions Gap Report*. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2016.
- UNEP. *Sustainability and circularity initiatives in textiles and fashion*. 2023.
- UNEP. *Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain: A Global Roadmap*. 2023.
- UNEP. *Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain: Global Stocktaking*. 2020.
- UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. *Fashion Industry Charter for Climate Action*. Bonn: UNFCCC, [s. d.].
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Guidelines for life cycle assessment*. Nairobi: UNEP, 2024.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Sustainability and circularity in the textile value chain*. Nairobi: UNEP, 2023.
- UN NEWS. *Indústria da moda é responsável por 8% das emissões globais de gases estufa*. Nações Unidas News, 26 nov. 2018. Disponível em: [UN News Português](#). Acesso em: 22 jun. 2025.
- VALVAN. *Fibersort® Textile Sorting Technology*. 2023.
- VARIANT3D. *LOOP™: Tecnologia de Malharia 3D Zero Desperdício*. EUA, 2024. Disponível em: [Variant3D](#). Acesso em: 6 out. 2024.
- VEJA. *Malwee lança camiseta que captura CO2 na lavagem*. 2024. Disponível em: [Veja Economia](#). Acesso em: 4 jul. 2025.
- VOGUE BUSINESS. *The fashion exec's guide to digital product passports*. 14 out. 2024. Disponível em: [Vogue Business](#). Acesso em: 18 jul. 2025.
- WANG, X.; LIU, Q.; ZHANG, S. CO₂-based polymers: synthesis and applications. *Progress in Polymer Science*, Oxford, v. 137, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2022.101641>
- WEETMAN, C. *A Circular Economy Handbook for Business and Supply Chains*. 1. ed. London: Kogan Page, 2016.
- WHITTLE, Devin; LARANGEIRA, Luana. *Acordo Mercosul-União Europeia trava por exigências ambientais*. Dialogue Earth, 11 jul. 2023. Disponível em: [Dialogue Earth](#). Acesso em: 1 jul. 2025.

XCUBE LABS. *Generative AI in 3D Printing and Rapid Prototyping*. 2025. Disponível em: [XCube Labs](#). Acesso em: 18 jul. 2025.

YÜNSA YÜNLÜ SANAYİ VE TİCARET A.Ş. *Digitalização de Cores e Criação de Gêmeos Digitais de Tecidos*. Turquia, 2024. Disponível em: [Munique Blog](#). Acesso em: 6 out. 2024.

ZDHC. *Roadmap to Zero Programme*. 2022.

SOBRE OS AUTORES

AGLAÉ TUMELERO é Doutora e Mestre em Ciência Política pela UFMG e licenciada em Ciências Sociais pela UFSC. Atua como Especialista em Inteligência e Análise de Dados no SENAI CETIQT. Desde 2019, desenvolve consultorias em projetos de monitoramento e avaliação de políticas públicas e programas sociais, avaliação de riscos socioambientais, diagnósticos socioeconômicos, elaboração de estudos de materialidade, planejamento estratégico, avaliação de maturidade ESG e due diligence em direitos humanos. Possui ampla experiência em metodologia de pesquisa, ferramentas de planejamento estratégico e análise de dados, tendo atendido instituições e organizações como Fundação Roberto Marinho, Fundação Porticus, Fundação Renova, Fundação Lemann, Instituto Ultra, Herculano Mineração, PNUD, UNICEF e Ministério da Educação.

LUÍS EDUARDO NOGUEIRA é Doutor em Ciências Ambientais e Conservação pela UFRJ, Mestre em Diversidade Biológica e Conservação pela UFSCar e Biólogo pela UENF. Atua como Especialista em Sustentabilidade no SENAI CETIQT. Possui experiência em análise de impactos socioambientais, programas de educação ambiental e comunicação no contexto do licenciamento de empreendimentos de grande porte nos setores de petróleo, gás e mineração, com domínio de planejamento, coleta e análise estatística de dados. Ao longo de sua trajetória, atuou junto a empresas de grande porte, como Petrobras e MGLit.

RICARDO CECCHI é Engenheiro de Materiais (UFSC/Universität Bremen), Mestre em Engenharia Química (UNICAMP) e Doutor em Ciência e Tecnologia de Polímeros (UFRJ), com sólida formação em ciência de materiais, polímeros, nanocompósitos e fibras funcionais. Possui cerca de 18 anos de experiência em pesquisa, desenvolvimento e inovação, com atuação em instituições como INPE, IAE-CTA, IMA/UFRJ e Universität Bremen, além de empresas como Astra, WEG, Schulz e Rhodia/Solvay, destacando-se no desenvolvimento de fibras têxteis de alto desempenho, como o fio Emana®. No SENAI CETIQT, liderou a estruturação e a implementação da Plataforma Fibras do Instituto SENAI de Inovação em Biossintéticos e Fibras e atuou no desenvolvimento de metodologias de PD&I, na captação de recursos e na articulação de parcerias estratégicas, com foco em materiais avançados, economia circular e descarbonização da cadeia de valor têxtil.

ADRIANO PASSOS é Doutor e Mestre em Ciência e Tecnologia de Polímeros pelo Instituto de Macromoléculas da UFRJ, com especialização em Ciências Ambientais pela FEUDUC e graduação em Química pela UNIGRANRIO, além de formação técnica em Química e Tecnologia Têxtil pelo SENAI CETIQT. Possui sólida trajetória de cerca de 20 anos na indústria química e têxtil, com destaque para sua atuação na Clariant S/A, nas áreas de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), controle de qualidade, métodos analíticos, gestão ambiental e coordenação de laboratórios. No SENAI CETIQT, coordenou a Plataforma de Inovação em Fibras do Instituto SENAI de Inovação em Biossintéticos e Fibras. É membro dos Comitês de Química Têxtil e Estamparia Digital e de Têxteis Técnicos da ABIT, além da Comissão de Têxteis com Matéria-Prima Reciclada da ABNT. Atualmente, atua como Pesquisador QMS IV no Instituto FIRJAN SENAI SESI – Parque Tecnológico da UFRJ, desenvolvendo pesquisas na área de inovação em fibras e materiais integrados.

GILSON LEITE é Engenheiro Têxtil pela UFRJ e Mestre em Engenharia de Materiais pela COPPE/UFRJ. Atua há oito anos como Coordenador de Serviços de Consultoria Têxtil do SENAI CETIQT e é professor na área de Tecnologia Têxtil. Possui ampla experiência em materiais e processos têxteis e de confecção, bem como na direção de operações de empresas do setor no Brasil e no exterior. Especialista em sustentabilidade e inovação, atua em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), além de atividades de normalização e avaliação de desempenho de têxteis técnicos.

THIAGO SANTIAGO GOMES é Doutor em Ciência e Tecnologia de Polímeros pela UFRJ, com parte de sua formação realizada na Delft University of Technology (Países Baixos), com foco em exergia, economia circular e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Especialista em sustentabilidade e inovação tecnológica, possui mais de 15 anos de experiência em pesquisa aplicada, desenvolvimento de projetos e captação de recursos para PD&I no setor industrial. Atua na estruturação de projetos estratégicos de inovação, com ênfase em sustentabilidade, gestão de resíduos, eficiência de recursos e descarbonização industrial, promovendo a articulação entre instituições de pesquisa, ICTs e setor produtivo no Brasil e no exterior. Possui experiência em coordenação técnica e no desenvolvimento de soluções tecnológicas de alto impacto para a indústria, além de atuação em programas de pós-graduação em instituições como COPPE/UFRJ, Saint Paul Business School e Instituto de Macromoléculas/UFRJ, nas áreas de sustentabilidade, ACV, impactos ambientais e economia circular.

CAMILA DA COSTA é Engenheira Ambiental, Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais e doutoranda em Sustentabilidade pela UERJ, com pós-graduação em Direito Ambiental e certificações em Gestão ESG, Sustentabilidade Corporativa e Gestão de Riscos ESG. Possui 15 anos de experiência na indústria, com atuação nas áreas de Qualidade, Meio Ambiente e Sustentabilidade. Atualmente, integra o SENAI CETIQT como consultora técnica em Sustentabilidade e ESG, atuando em projetos voltados à transição sustentável do setor. É membro de comitês técnicos da ABNT, contribuindo para a elaboração de normas nas áreas de meio ambiente, economia circular e ESG.

Durante a elaboração deste trabalho, os autores utilizaram a ferramenta/serviço ChatGPT Pro (OpenAI, LLC) com o objetivo de estruturar a escrita, buscar referências, integrar e analisar informações, e formatar os capítulos. Após o uso desta ferramenta/serviço, os autores revisaram e editaram conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo da publicação.



SENAI CETIQT

SENAI

Serviço Nacional
de Aprendizagem
Industrial