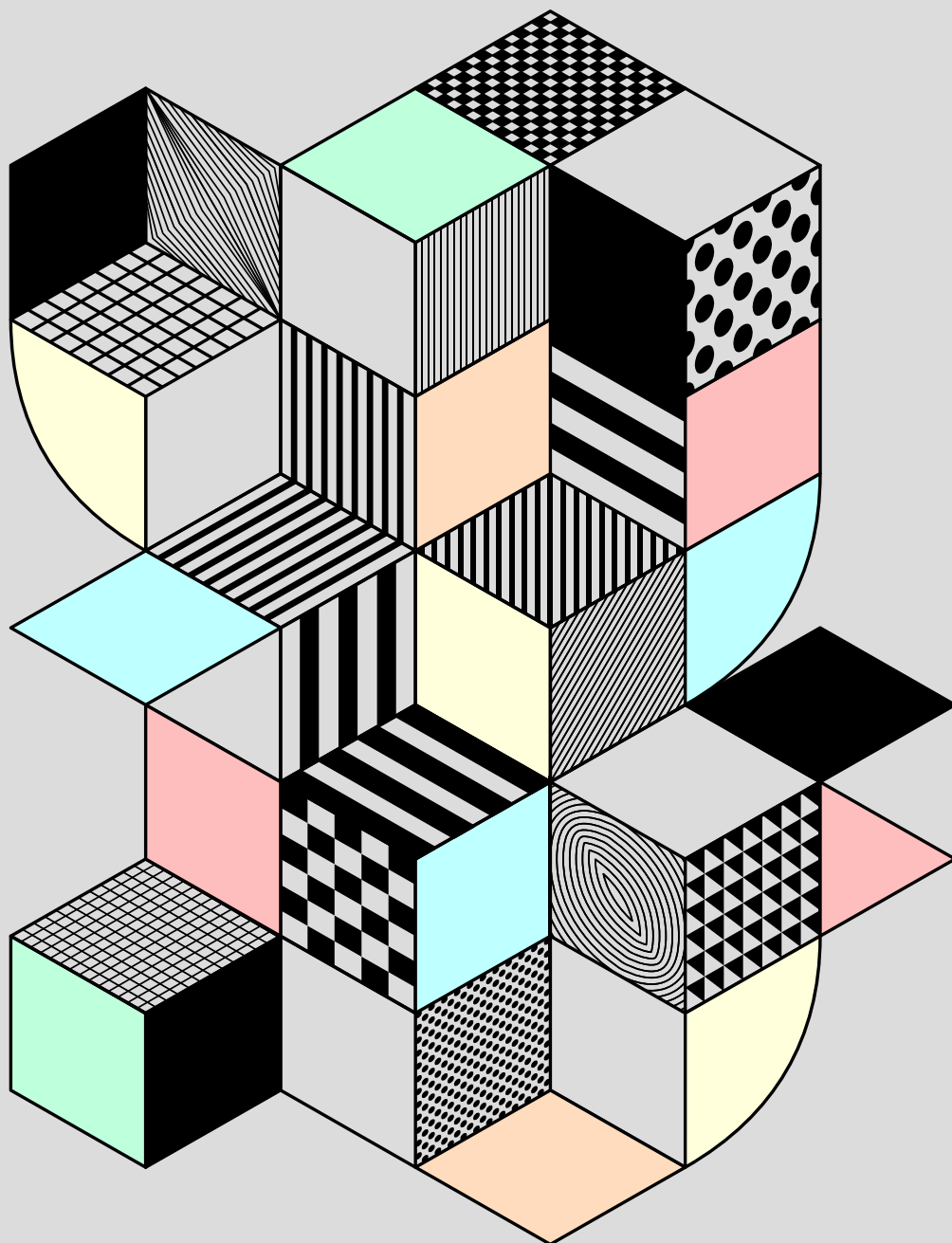


FIOS DA MODA



Perspectiva Sistêmica
Para Circularidade



modifica

FIOS DA MODA:

Perspectiva Sistêmica
Para Circularidade

INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS

FGV EAESP
CENTRO DE ESTUDOS
EM SUSTENTABILIDADE

REGENERATE
Sustainable Fashion Consulting

APOIO

Laudes —
Foundation

MODEFICA

DIRETORIA EXECUTIVA
Marina Colerato

COORDENAÇÃO DO PROJETO
Marina Colerato

AUTORES
Juliana Aguilera
Marina Colerato

REVISÃO E TRADUÇÃO
Carol Bardi

CENTRO DE ESTUDOS EM
SUSTENTABILIDADE DA FUNDAÇÃO
GETULIO VARGAS (FGVCES)

COORDENAÇÃO FGVCES
Mario Monzoni

COORDENAÇÃO DO PROJETO
Annelise Vendramini

COORDENAÇÃO TÉCNICA
Juliana Picoli

AUTORES
Annelise Vendramini
Carolina Bastos
Juliana Picoli
Thais Camolesi

REGENERATE FASHION

AUTORES
Larissa Roviezzo
Melissa O de León

FUTURAMODA

PROJETO GRÁFICO
Alain Schraner
Victoria Lobo

APOIO

Laudes Foundation

© 2021. Modefica

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde
que citada a fonte.

COMO CITAR ESTE DOCUMENTO

MODEFICA, FGVces, REGENERATE. **Fios da Moda: Perspectiva
Sistêmica Para Circularidade.** São Paulo, 2020.

PALAVRAS-CHAVE:

1. Sustentabilidade 2. Indústria Têxtil 3. Economia Circular

MODEFICA

O Modefica é a principal mídia independente que orienta a sustentabilidade no Brasil de forma interseccional. Trabalhamos com temas de extrema relevância, porém subpautados na grande mídia, como mudanças climáticas, destruição ambiental, poluição global, e sua relação com questões sociais, como justiça climática, racismo ambiental, injustiça ambiental, ecofeminsimo. Entre nossos principais objetivos está: usar o jornalismo como ferramenta de transformação, equipando os líderes com dados, pesquisas e fatos; cumprir um papel informativo acerca das questões socioambientais com foco no meio ambiente; ser uma referência e inspiração para outros meios de comunicação independentes e incentivar os jornalistas a abordar questões ambientais a partir de perspectivas sociais; fomentar o debate público para compreensão da sustentabilidade a partir de uma perspectiva radical. Acesse: <http://modefica.com.br>

CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGVCES)

O Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces) da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas (FGV EAESP) é um espaço aberto de estudo, aprendizado, reflexão, inovação e de produção de conhecimento, composto por pessoas de formação multidisciplinar, engajadas e comprometidas, e com genuína vontade de transformar a sociedade. O FGVces trabalha no desenvolvimento de estratégias, políticas e ferramentas de gestão pública e empresarial para a sustentabilidade, no âmbito local, nacional e internacional. Seus programas são orientados por quatro linhas de atuação: (i) formação; (ii) pesquisa e produção de conhecimento; (iii) articulação e intercâmbio; e (iv) mobilização e comunicação. Para conhecer mais do FGVces, visite: <http://gvces.com.br>

REGENERATE FASHION

Regenerate Fashion LLC é uma consultoria que auxilia empresas de moda e produtores têxteis globais na integração de práticas sustentáveis. Suas principais áreas de trabalho incluem avaliação de sustentabilidade, criação de estratégias para produtos e negócios, treinamento e capacitação, além de avaliação de têxteis de baixo impacto. A consultoria usa os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS) como princípios orientadores para fornecer uma abordagem integral em seus serviços, e apresentou seu trabalho nos principais eventos do setor, como as conferências NEONYT, Copenhagen Fashion Summit, Textile Exchange Conference, entre outros. Para maiores informações, visite <http://regeneratefashion.com>

LAUDES FOUNDATION

A Laudes Foundation é uma fundação independente criada em resposta à demanda global urgente de acelerar a transição para uma economia global positiva para o clima e socialmente inclusiva. Para endereçar as crises do colapso climático e da desigualdade social, a Laudes apoia ações que inspiram e desafiam a indústria a utilizar seu poder para o bem. Como parte da empresa familiar Brenninkmeijer, tem como base o aprendizado de seis gerações nas áreas de empreendedorismo e investimento social privado. A Laudes Foundation dá continuidade à parte do trabalho desenvolvido pelo Instituto C&A e segue trabalhando de forma colaborativa para influenciar os fluxos de capital financeiro e transformar as indústrias da moda e da construção civil.

Sumário

9
Introdução

Sumário Executivo	12
Objetivos	20
Principais descobertas	21

23
Metodologia

Revisão bibliográfica de estudos de Análise de Ciclo de Vida (ACV)	24
Análise do potencial de circularidade	26
Levantamento de dados abertos e disponíveis	28
Entrevistas com especialistas	29
Cenários de fibras alternativas	29
Pesquisa com usuários de moda	29
Pressupostos e Limitações	30

PARTE 1

33
Moda Circular

O que é economia circular: escolas de pensamento	33
Perspectivas do Sul para a economia circular	36
Economia Circular e Análise de Ciclo de Vida	38
Circularidade na indústria da moda brasileira	42

55
Reciclagem Têxtil

Reciclagem têxtil no Brasil	56
Condições do sistema para reciclagem	59

PARTE 2

63
Ciclo de Vida dos Produtos Têxteis

Produção de matéria-prima	64
Fábrica e Distribuição	72
Uso	74
Fim de vida	74

77
Análise das Fibras

Estudos avaliados	78
Principais impactos ambientais na cadeia têxtil	79
Análise de pontos críticos ao longo do ciclo de vida das fibras	91
Lacunas encontradas	103
Análise do potencial de circularidade das fibras	104

PARTE 3

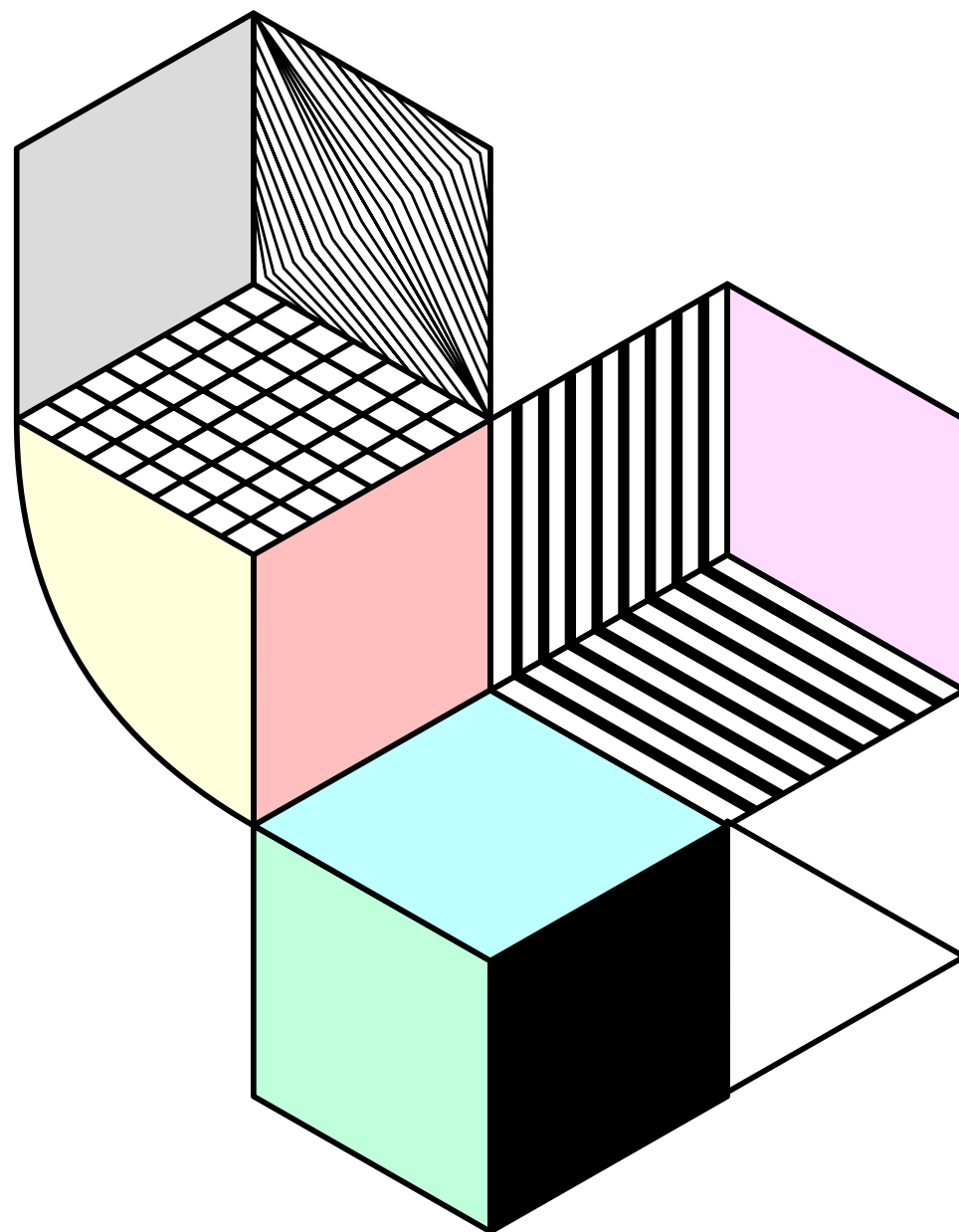
117
Cenários Para a Circularidade de Fibras Têxteis Alternativas

A demanda por matérias-primas mais sustentáveis	117
Produtos têxteis alternativos	118
Cenários para a circularidade das fibras: uma visão de futuro	133

141
Considerações Finais e Recomendações

Lista de siglas e abreviações	147
Bibliografia	148
Anexos	157

Introdução



Esta pesquisa é a primeira publicação brasileira responsável por analisar, de forma qualitativa e quantitativa, os impactos socioambientais da produção das três fibras mais utilizadas na indústria da moda: algodão, poliéster e viscose. A vontade de produzir um relatório sobre têxteis está ligada à urgência da transformação que precisamos fazer acontecer na próxima década se quisermos garantir condições de vida minimamente estáveis na Terra frente a um cenário climático em profunda transformação. Entretanto, tal mudança só acontecerá se formos capazes de nos localizarmos no tempo-espaço: um país do Sul Global¹, de base extrativista, com problemas particulares em dimensões continentais, no entanto, repleto de capacidade criativa para liderar essa jornada.

As informações, dados e conclusões encontradas aqui não são exaustivas, muito pelo contrário. Há um enorme déficit de fontes abertas e disponíveis, tanto em se tratando de dados comerciais e econômicos, quanto de impactos socioambientais causados pela produção das fibras têxteis. Tal dificuldade era prevista, mas nosso principal objetivo é dar o passo inicial à sistematização das informações, salientar as lacunas existentes, promover o pensamento sistêmico quando falamos de sustentabilidade e incentivar a produção de mais conhecimento sobre o tema. Também estressamos os conceitos de economia circular, analisando diversas escolas de pensamento e propondo uma abordagem a partir dos saberes e viveres do Sul. Esperamos que este relatório seja visto também como uma contribuição para o processo de decolonização do próprio conceito de sustentabilidade.

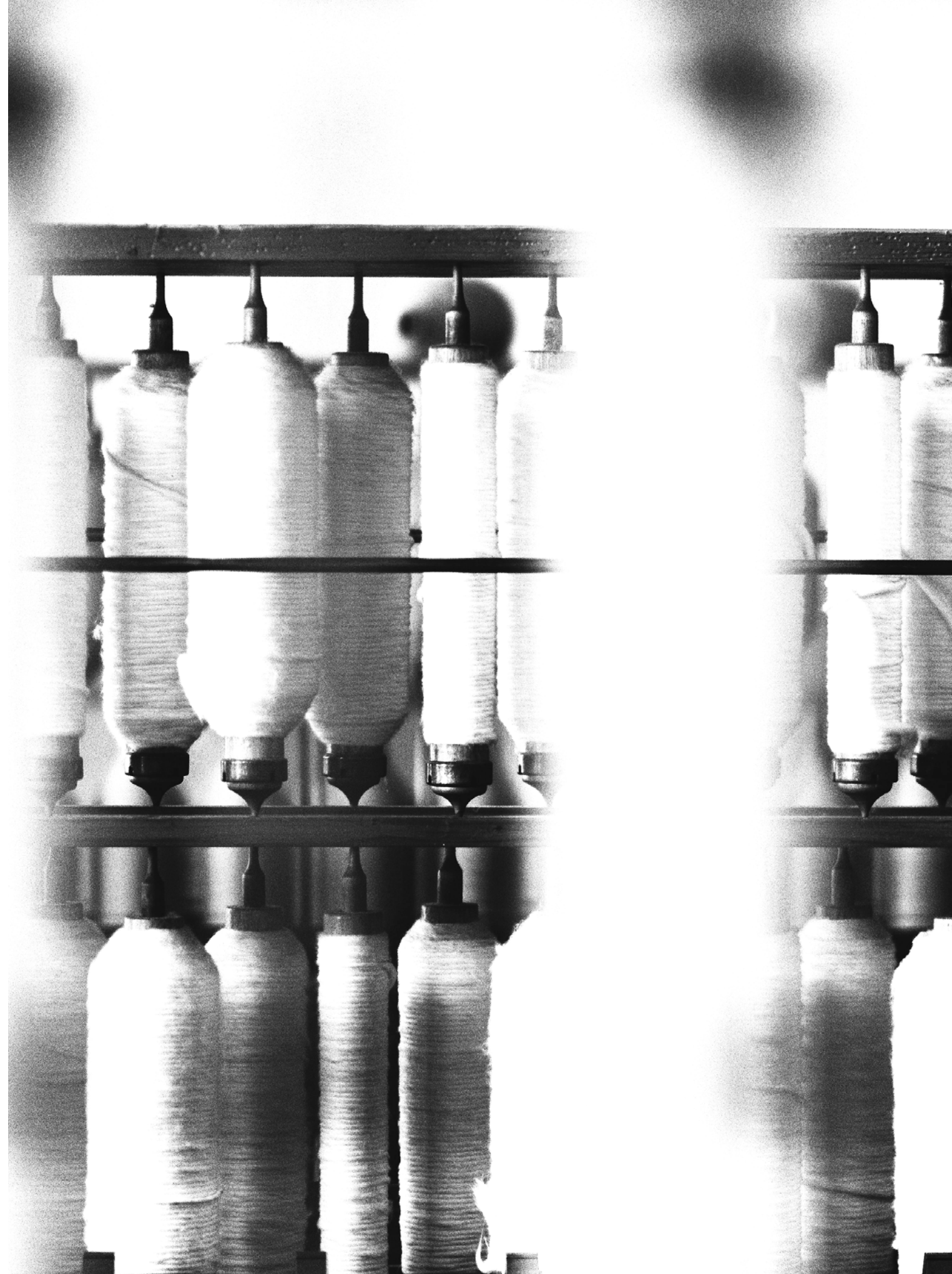
¹ A **divisão norte-sul** é uma divisão socioeconômica responsável por separar aqueles países considerados 'desenvolvidos' dos **países do sul**, um grupo de países que historicamente foram catalogados como 'subdesenvolvidos ou em desenvolvimento'.

Ressalto que não se deve ler a presente pesquisa como um incentivo ou validação do *status quo*, porém “mais verde”. A economia circular aqui debatida é uma das várias estratégias e ações que precisam ser adotadas para superação do atual modelo econômico baseado em crescimento infinito, consumismo, iniquidade e desigualdade social em que vivemos, e o qual a indústria da moda reproduz e reforça. Inclusive, as escolas de pensamento da economia circular mais respeitadas alertam para inviabilidade da circularidade nos atuais volumes de produção e consumo. Só no Brasil em 2018 foram produzidas mais de 9 bilhões de peças, passando o total de 40 peças por habitante. O mesmo alerta deve soar quando falamos de terras férteis destinadas à produção de matérias-primas para a moda, o que pode significar ameaça à soberania alimentar da população.

Por fim, você encontrará recomendações aos diversos atores envolvidos no processo de transformação, tratando todos como atores de influência, porém com responsabilidades diferenciadas. Grandes varejistas e tecelagens têm um papel importante por possuírem recursos, controlarem os processos produtivos e terem grande capacidade de influência na sociedade, podendo, portanto, acelerar a transformação a partir de um compromisso ético e moral com a pauta da sustentabilidade. Incontáveis estudos e pesquisas demonstraram previamente os ganhos econômicos e financeiros da transição para a economia circular, mas os passos dados são incipientes e estão lentos demais para o tempo que temos disponível considerando as alterações do clima, a perda de biodiversidade e a injustiça social em curso. Esperamos que este relatório seja lido como um chamado para mudança e usado como ferramenta para transformação.



Marina Colerato
DIRETORIA EXECUTIVA MODEFICA



Sumário Executivo

Poucos meses após iniciarmos o trabalho dessa pesquisa, a pandemia do novo Coronavírus paralisou o mundo e colocou toda a indústria da moda à prova. Algumas empresas fecharam, outras viram seu faturamento despencar, projetos de sustentabilidade foram temporariamente pausados por questões orçamentárias e, para a maior parte das empresas, a questão era como sobreviver com a desaceleração do consumo, o desemprego e a instabilidade econômica causada por uma crise sanitária. Contudo, a COVID-19 foi também um grande alerta: as nossas relações predatórias com a natureza e outros seres, nas quais nosso modelo socioeconômico está fundamentado, têm consequências - e a pandemia foi uma pequena amostra delas.

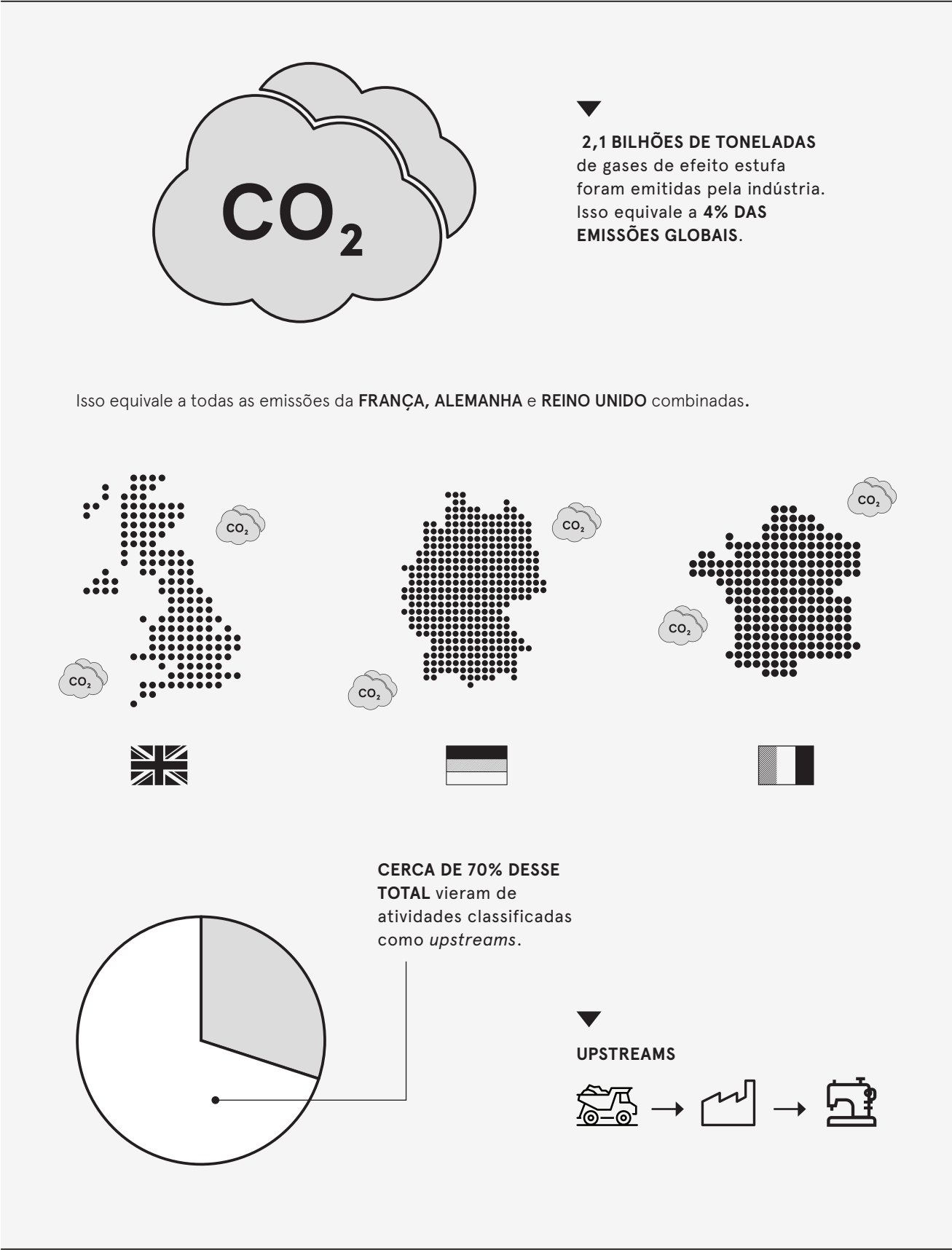
Estamos rumando a passos largos para uma crise muito maior em proporções e consequências, a crise climática. Precisamos cortar nossas emissões de CO₂eq pela metade para manter o aquecimento global no limite de 1.5°C até 2030, o que ajudaria a amenizar nosso futuro já comprometido com secas, inundações, ondas de calor extremo e desestabilização dos ecossistemas. A desaceleração causada pela pandemia resultou numa queda de 8,8% nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), porém o relatório da Organização Meteorológica Mundial avaliou a abundância de dióxido de carbono na atmosfera por ppm, ou partes por milhão. A média global, em 2019, foi de 410,5 partes por milhão, um aumento de 2,6 ppm, se comparado a 2018. Já 2020, a redução é estimada de 0,08 a 0,23 ppm - dentro da variabilidade natural anual de 1 ppm. Isso significa

que achatar a curva vai exigir de todos nós, mas principalmente das lideranças políticas e empresariais, mais comprometimento e seriedade com a questão climática.

A indústria da moda tem uma grande responsabilidade nessa equação. Segundo o relatório *Fashion on Climate*, do Global Fashion Agenda com a McKinsey and Company, em 2018, cerca de 2,1 bilhões de toneladas de gases de efeito estufa foram emitidas pela indústria. Isso equivale a 4% das emissões globais e o total de todas as emissões da França, Alemanha e Reino Unido combinadas. Cerca de 70% desse total vieram de atividades classificadas como *upstreams*, que são as atividades necessárias para a composição de um produto, como processamento de materiais e produção. Por outro lado, o relatório aponta que apenas cinquenta grandes empresas se comprometeram com propostas alinhadas ao Acordo de Paris.

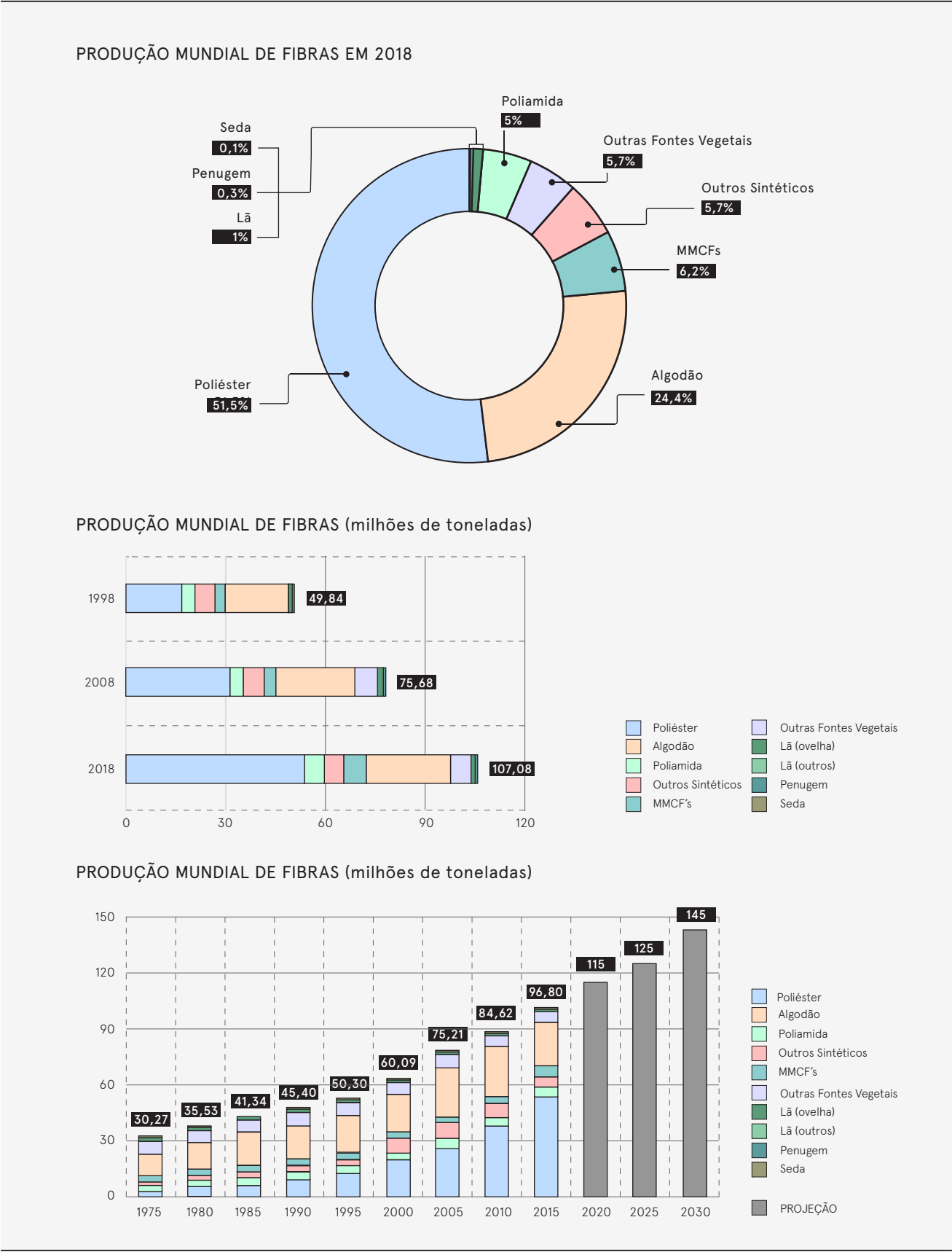
Segundo o Índice de Transparência Brasil 2020, feito pelo Fashion Revolution, apenas 28% das 40 marcas analisadas publicam suas políticas sobre uso de energia e emissões de carbono em suas cadeias de abastecimento. Concomitantemente, apenas 25% das empresas publicam suas emissões de gases de efeito estufa para as próprias operações e míseros 5% publicam estas informações para sua rede de fornecimento - onde está a maior proporção das emissões do setor e engloba a produção de têxteis. Conforme relata a organização, estes números estão muito abaixo dos analisados no índice global, que indicou 58% e 16% respectivamente para esses indicadores.

FIGURA 1 - Emissões de gases de efeito estufa pela indústria da moda em 2018



Fonte: Adaptado de FASHION ON CLIMATE, 2020.

FIGURA 2 - Produção mundial de fibras têxteis, por tipo, em mil toneladas



O CHAMADO PARA MUDANÇA

Seguir fazendo “negócios como de costume” significa ultrapassar fronteiras planetárias (RÖCKSTROM et al., 2009) e limites climáticos de forma a comprometer a vida na Terra, algo que, por sua vez, implica diretamente na prosperidade da economia global. Os Estados Unidos esperam uma redução de 10% no PIB até o fim deste século devido às consequências das alterações climáticas (NATIONAL CLIMATE ASSESSMENT, 2018). No Brasil, as perdas anuais relacionadas a eventos climáticos extremos passam de R\$ 6,4 bilhões ao ano (AMARAL, 2018). Entre os impactos consideráveis que devemos ter como consequência das mudanças climáticas no âmbito econômico nos próximos anos está, por exemplo, a alteração do fluxo de chuvas. No Brasil, esse fenômeno se liga intimamente à produção agrária de commodities como algodão (SILVIA, 2010) e celulose (BAESSO e col., 2011), acarretando perda de safras e aumento dos preços.

Existe um chamado para reavaliar a maneira como os produtos são criados e consumidos, atualizar os conceitos de sustentabilidade e levar a prática da economia circular às empresas.

Soma-se à própria imposição planetária o aumento da conscientização e da preocupação da sociedade com a produção e consumo insustentáveis, bem como a crescente instabilidade econômica que já afeta uma parcela considerável da população nacional (NERY, 2019). Todos estes exemplos vêm exigindo uma transformação estruturante da indústria têxtil rumo não só a sistemas de produção e consumo menos impactantes nos aspectos ambientais como também capazes de colaborar para o desenvolvimento econômico² da sociedade de forma horizontal. Existe um chamado para reavaliar a maneira como os produtos são criados e consumidos, atualizar os conceitos de sustentabilidade e levar a prática da economia circular às empresas.

PANORAMA GLOBAL DA PRODUÇÃO DE TÊXTEIS

Em 2018, a produção mundial de fibras foi de aproximadamente 107 milhões de toneladas, com destaque para a produção de fibras sintéticas (62,3%), seguido pelas fibras naturais (31,5%) e artificiais (6,2%) (TEXTILE EXCHANGE, 2019). Entre os *players* globais do mercado de fibras têxteis estão a China, a Índia e os Estados Unidos (MENDES JUNIO R, 2017).

Na FIGURA 2 é possível acompanhar o histórico da produção mundial de fibras de 1965 a 2018. Segundo projeções da Textile Exchange, esta deverá aumentar ainda mais e atingir o patamar de 145 milhões de toneladas em 2030 (TEXTILE EXCHANGE, 2019).

As fibras sintéticas, obtidas a partir da síntese de polímeros derivados do petróleo, dominam o mercado têxtil desde meados dos anos 2000, quando ultrapassaram os volumes de algodão. Com cerca de 55,1 milhões de toneladas, o poliéster representou aproximadamente 82,7% dessas fibras e 51,5% da produção global em 2018 (TEXTILE EXCHANGE, 2019).

As fibras naturais, de origem animal ou vegetal, tiveram, nos últimos 10 anos, sua produção variando em torno de 25 milhões de toneladas. Historicamente, o algodão é a fibra natural mais utilizada na produção têxtil, sendo também, dentre as diversas categorias de fibras, a segunda mais utilizada a nível mundial. Em 2018, sua produção alcançou cerca de 26 milhões de toneladas, representando aproximadamente 94,3% das fibras naturais e 24,3% da produção global (TEXTILE EXCHANGE, 2019).

Uma terceira categoria de fibra são as fibras artificiais ou, em inglês, *manmade cellulosics fibers* (MMCFs), obtidas por meio da celulose. Em 2018, essa teve um volume de produção global de cerca de 6,7 milhões de toneladas. Além do modal e lyocell, faz parte dessa categoria a viscose – responsável por 79% das fibras artificiais – e que ganha cada vez mais espaço no mercado têxtil (TEXTILE EXCHANGE, 2019). Isto porque a viscose apresenta características

² Neste relatório, fazemos a distinção dos conceitos de (i) crescimento econômico, diretamente relacionado ao PIB e (ii) desenvolvimento econômico. Este último, o qual empregamos aqui, se refere a uma gama diversa de indicadores socioeconômicos como desigualdade, nível de renda da população, quantidade de pessoas em situação de miséria e pobreza, etc.

semelhantes à fibra do algodão, versatilidade e alta gama de aplicações no mercado têxtil (BARBOSA, 2004).

Nesse contexto, por serem as três fibras mais utilizadas mundialmente, o algodão, o poliéster e a viscose foram selecionados como foco deste relatório.

CONTEXTO BRASIL

Com quase duzentos anos, o setor têxtil brasileiro detém a rede produtiva mais completa do ocidente: desde a produção das fibras – como a plantação de algodão – passando pela fiação, tecelagem, beneficiamento, confecção, varejo e desfiles de moda. Referência mundial em *jeanswear*, *homewear*, moda praia, ela também tem se destacado nos últimos anos nos segmentos de fitness e lingerie.

A indústria têxtil brasileira é a 4ª maior produtora de denim e malhas no mundo e se destaca também por ser a 4º maior consumidora de denim. Com uma fatia de mercado de apenas 0,3%, o Brasil ocupa o 83º na lista de países exportadores de vestuário, o que representa USD 2,57 milhões (IEMI, 2019). A indústria da moda somou um faturamento de US\$ 48,3 bilhões (R\$ 255,57 bilhões) em 2018, empregando 1,5 milhão de trabalhadores diretamente.

No Brasil, a produção é mais fragmentada, com maior número de fornecedores na produção de um produto, o que resulta numa maior dificuldade para rastrear os impactos socioambientais do processo produtivo.

Outra particularidade da moda nacional é sua pulverização. Ao total, são 25,2 mil empresas no setor (IEMI, 2019), sendo 96,8% micro e pequenas empresas (ABIT, 2017). A maior concentração de empregos se encontra no início da rede produtiva, nas empresas

de confecção. Essa característica chama atenção por conta da questão de logística e rastreabilidade. No Brasil, a produção é mais fragmentada, com maior número de fornecedores na produção de um produto, o que resulta numa maior dificuldade para rastrear os impactos socioambientais do processo produtivo.

Anualmente no Brasil são confeccionados cerca de 8,9 bilhões de peças, o equivalente, em média, a 42,5 peças/hab/ano

A região Sudeste (IEMI, 2019) concentra 47,8% de todas as empresas do segmento de têxtil e confecção no país, com grande concentração (27%) no estado de São Paulo. Na região Sul estão 31,1% das empresas, seguido de Nordeste, com 14,1%, Centro-Oeste, com 6% e Norte, com 1%. Anualmente no Brasil são confeccionados cerca de 8,9 bilhões de peças, o equivalente, em média, a 42,5 peças/hab/ano (ABIT, 2018).

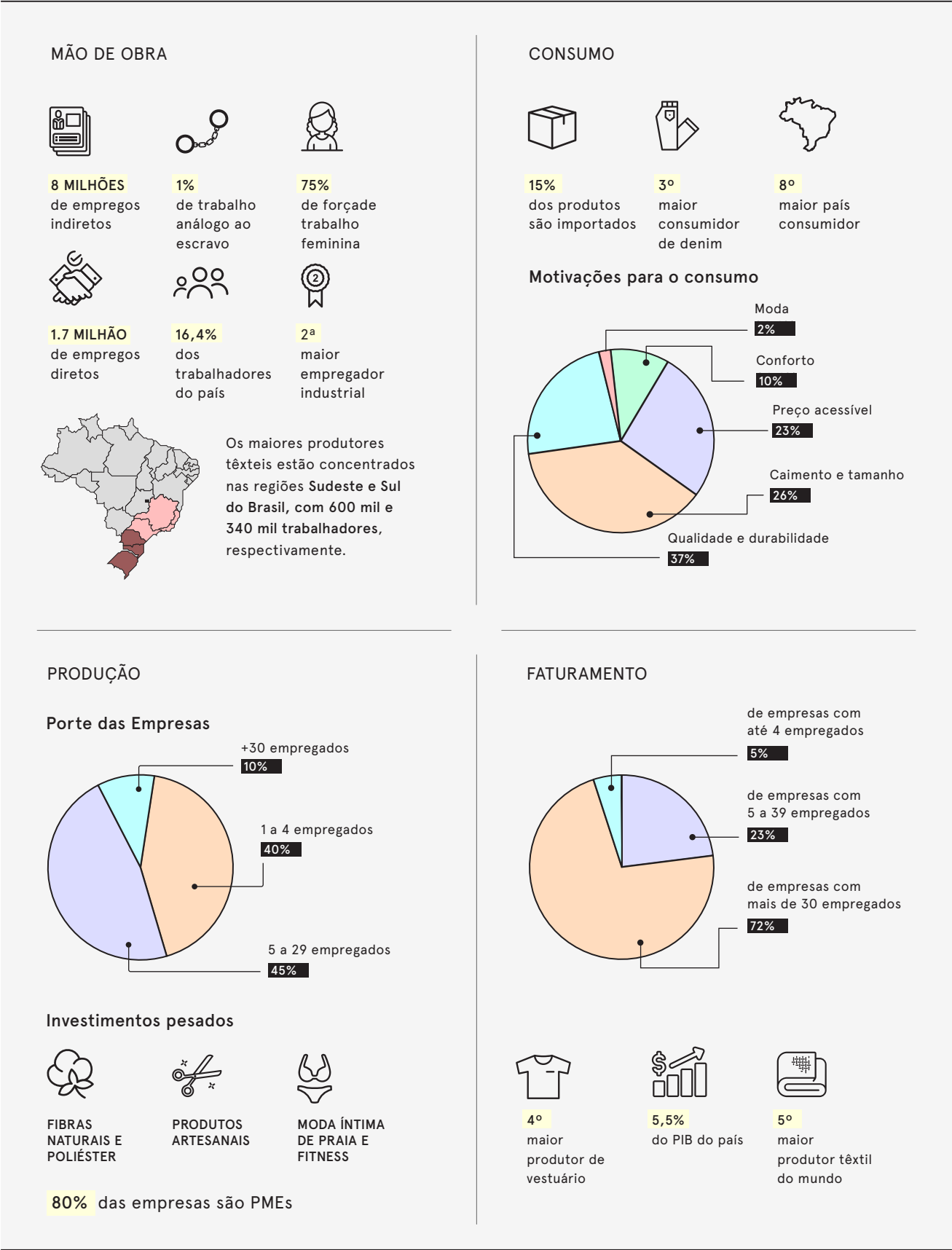
Diversas questões sociais estão relacionadas ao setor e incluem: más condições de trabalho, trabalho análogo ao escravo, subcontratações, falta de proteção para uso de agrotóxicos e substâncias químicas, trabalho infantil, entre outros. O infográfico a seguir (FIGURA 3) fornece uma visão geral da cadeia de valor, destacando os principais números e dados econômicos da indústria da moda brasileira (AMARAL et al., 2019).

PANORAMA NACIONAL DO MERCADO TÊXTIL

O Brasil se insere no cenário mundial como o 4º maior produtor e o 2º maior exportador de algodão (CONAB, 2019). Em 2017, o Brasil foi o 10º maior produtor mundial de têxteis, com produção de aproximadamente 2 milhões de toneladas e US\$ 13 bilhões (MENDES JUNIOR, 2017).

Na TABELA A e na FIGURA 4 é possível acompanhar o histórico da produção nacional de

FIGURA 3 - Visão geral do setor têxtil no Brasil



Fonte: AMARAL et al. (2019)

TABELA A - Produção brasileira de fibras têxteis, por tipo, em mil toneladas

PRODUÇÃO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Algodão Pluma	1890.6	1843.1	1959.8	1877.3	1310.3	1734.0	1562.8	1289.2	1529.5	2005.8	2778.8
Raion Viscose	15.9	30.2	20.7	18.1	19.5	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Raion Acetato	16.0	15.7	16.4	15.9	15.3	16.3	16.3	11.4	10.4	13.8	10.2
Nailon	53.5	49.4	54.4	48.7	52.1	56.6	55.6	35.9	30.8	47.6	40.0
Elastômeros	0.0	0.0	11.7	12.0	17.4	23.0	22.0	22.8	22.8	25.0	26.0
Poliéster	252.6	209.3	230.9	208.4	179.2	191.6	196.3	168.2	167.9	147.1	159.0
Acrílico	31.9	31.8	32.4	32.4	26.0	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	2260.5	2179.5	2326.3	2212.8	1619.8	2044.8	1853.1	1527.5	1761.5	2260.5	3014.0

Fonte: ABRAFAS (2020); ABRAPA (2020)

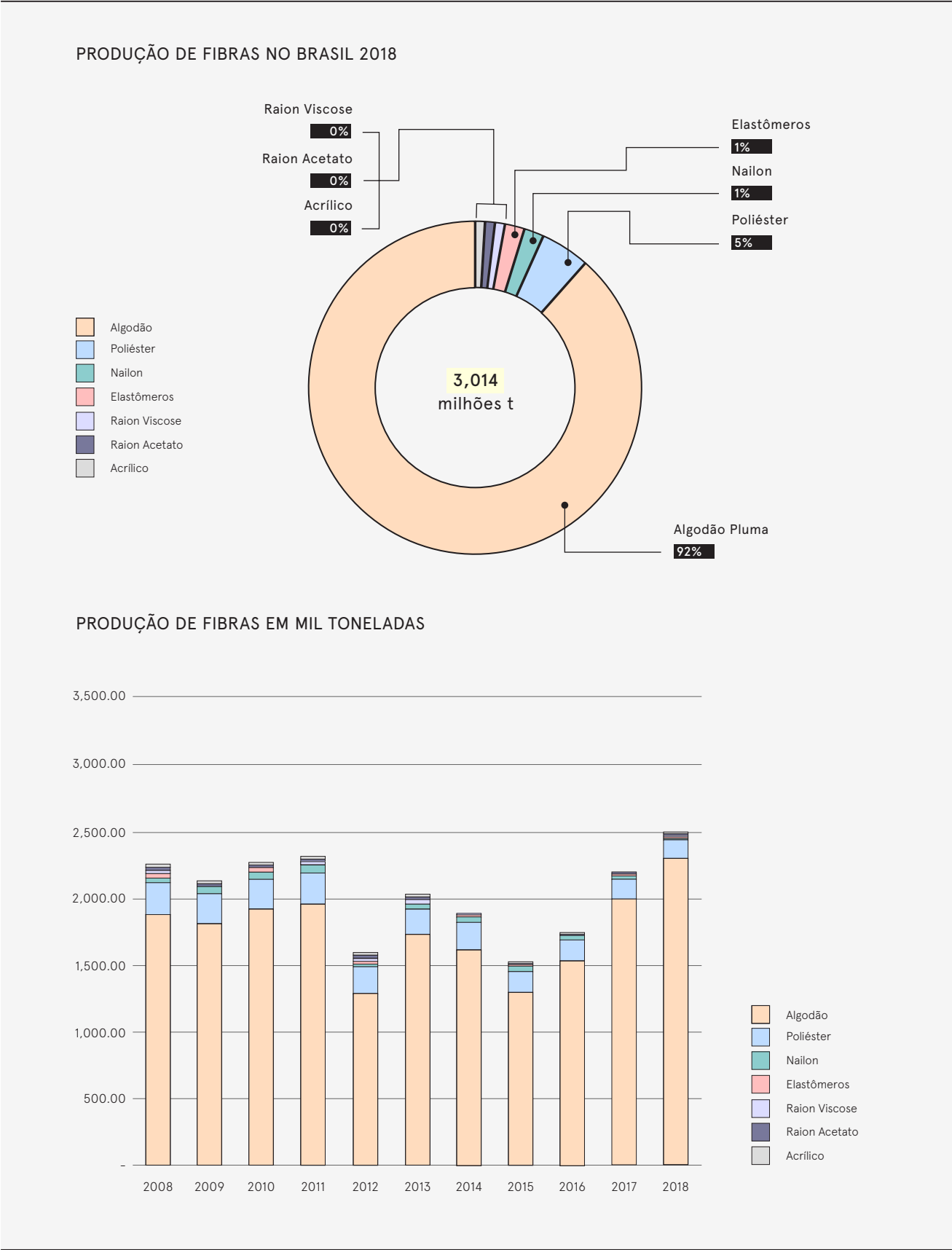
fibras têxteis dos últimos 10 anos (2008–2018), considerando os dados disponíveis da Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas (ABRAFAS) e da Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA).

Dentre as fibras sintéticas, a produção nacional de poliéster se destaca. Em 2018, representou 68%, com uma produção anual de 159 mil toneladas

Nota-se que a produção é liderada pela fibra de algodão, que representa mais de 90% do mercado nacional. O algodão é também a fibra mais utilizada na indústria da moda brasileira, representando cerca de 40% das fibras utilizadas na produção de moda feminina e 70% na masculina (MODEFICA, 2019). O país é o 4º maior produtor de denim e sarja do mundo, o que parcialmente justifica o grande consumo nacional dessa matéria-prima (ABIT, 2018). Dentre as fibras sintéticas, a produção nacional de poliéster se destaca. Em 2018, representou 68%, com uma produção anual de 159 mil toneladas (ABRAFAS, 2019).

Com relação a importação e exportação, nos ANEXOS há informações sobre o faturamento, volume e países de origem e destino das fibras, em 2019. Destaca-se o volume de exportação do algodão bruto para alguns países como China (31%), Vietnã (13%) e Indonésia (13%) e o volume de importação de fibras sintéticas da China (34%), Coréia do Sul (12%), Vietnã (12%) e Bangladesh (12%). O Brasil é também um grande exportador de celulose solúvel, matéria-prima para a produção de viscose. Seu principal mercado consumidor é a China; as duas grandes produtoras de celulose solúvel no Brasil, a Bracell e Jari Celulose, atendem o mercado chinês com 100% e 69% da sua produção, respectivamente.

FIGURA 4 - Produção brasileira de fibras têxteis, por tipo, em mil toneladas



* Não foi considerada a produção de outras fibras naturais além do algodão. Fonte: adaptado de ABRAFAS (2020); ABRAPA (2020)

Objetivos

Este relatório tem como principal objetivo facilitar e aumentar o acesso a dados abertos e disponíveis sobre os impactos sociais e ambientais das três matérias-primas mais utilizadas pela indústria têxtil e de confecção brasileira. Consequentemente, o relatório pretende possibilitar tomadas de ações orientadas para sustentabilidade por parte dos diversos profissionais da moda, sejam eles designers, profissionais de compras, desenvolvedores de produtos, tomadores de decisão de alto nível, entre outros.

No entanto, entendemos que muitas soluções ainda precisam ser desenvolvidas e tantas outras são de complexa implementação. Dessa forma, outro objetivo da presente pesquisa é fomentar o

questionamento e a troca de informações entre fornecedores e compradores para ampliar os esforços dedicados à busca destas soluções.

... objetivamos um maior interesse por parte do setor em se tratando de rastreabilidade da sua rede produtiva.

Estamos cientes de que esse relatório pretende ser o primeiro passo rumo a uma sistematização mais ampla e robusta dos impactos socioambientais da indústria têxtil no Brasil. Considerando os desafios de unir informações e dados confiáveis sobre os impactos socioambientais da produção dos têxteis analisados, objetivamos um maior interesse por parte do setor em se tratando de rastreabilidade da sua rede produtiva.

Por fim, ao notar a sistemática dificuldade de acessar dados de interesse público, como, por exemplo, informações confiáveis e abertas sobre produção nacional de celulose solúvel, e receber diversas negativas tanto do setor público quanto privado, objetivamos também que este relatório sirva como ferramenta de *advocacy* rumo ao fortalecimento da transparência nas cadeias produtivas nacionais e auxilie à elaboração de políticas públicas que fomentem a circularidade da indústria têxtil e de confecção nacional.



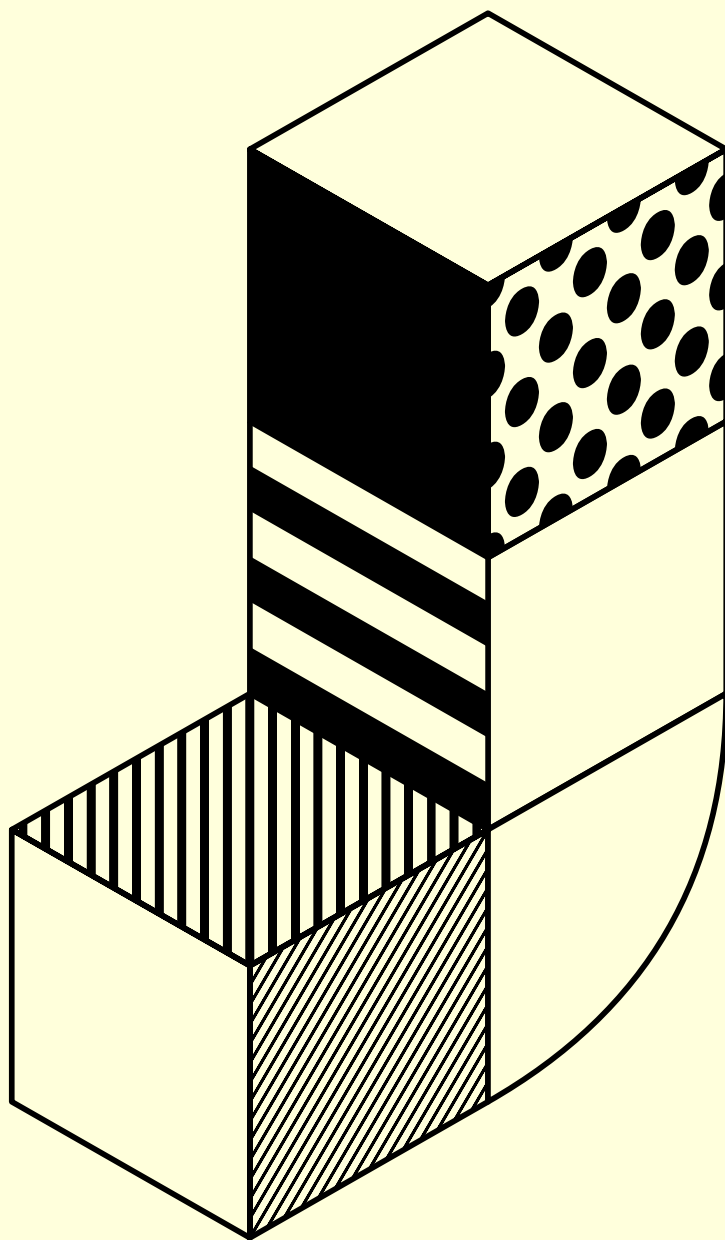
Principais Descobertas

Existe uma escassez de dados, informações e estudos sobre os impactos sociais e ambientais da indústria da moda no Brasil. A extensa pesquisa realizada no âmbito do presente relatório revelou uma lacuna importante de informações e reforçou a urgência de fomentar a transparência e rastreabilidade na rede produtiva da moda para além do elo 01, ou seja, da confecção. Ao entender melhor os impactos das fibras ao longo de todo seu ciclo de vida, designers, usuários de moda e empresas podem tomar melhores decisões sobre o uso de fibras com menores impactos ou com maior capacidade de circularidade. Além disso, do ponto de vista de gestão empresarial, é possível entender onde estão os principais pontos críticos de processo e buscar as melhores práticas de produção e consumo, investindo recursos para fomentar os cenários alternativos (VER: CENÁRIOS PARA A CIRCULARIDADE DE FIBRAS TÊXTEIS ALTERNATIVAS).

A sistematização das informações também estabelece de forma direta a relação da indústria da moda com o agronegócio brasileiro, e como essa relação se dá quando falamos de conflitos territoriais, ocupação de territórios, uso intensivo de agrotóxicos, entre outros. A partir dessas conclusões fica claro que mobilização social e políticas públicas relacionadas à questão agrária no Brasil devem fazer parte da estratégia para uma indústria têxtil e de confecção circular. Os impactos da produção das fibras são pouco discutidos, mas, como os dados revelam, não podem ficar esquecidos, pois representam uma parte importante de todo impacto socioambiental ocasionado pela produção e consumo de uma peça de roupa.

Os cenários para a circularidade e a análise de fibras alternativas destacaram a existência de soluções imediatas. Embora seja necessário, de fato, maior desenvolvimento de tecnologia, principalmente no contexto da reciclagem de têxteis, escolhas melhores já podem ser feitas pelas empresas de moda como (i) investir recursos no fortalecimento das fibras alternativas, inclusive para aprimoramento e escalabilidade da produção; (ii) assumir a responsabilidade pelos resíduos têxteis da confecção e garantir que os retalhos de pré-consumo da própria produção sejam reciclado; (iii) aplicar práticas de design para circularidade e desenvolver produtos pensando para gerar menor impacto e serem reciclados ou corretamente descartados no fim de sua vida útil; (iv) investir em educação ambiental dentro da estratégia de marketing e publicidade para fomentar o consumo consciente; e (v) testar modelos de negócios alternativos e alinhados com a economia circular.

No âmbito da sociedade civil (incluindo aqui usuários de moda), é imprescindível (i) apoiar os projetos de lei e políticas públicas em trâmite capazes de acelerar a transformação e incentivar a transição para uma economia circular; (ii) exigir maior transparência não só das marcas de moda como também da rede produtiva da moda, com destaque para o setor têxtil, e do Estado. Por fim, as escolas de moda e universidades devem ter a sustentabilidade como prática transversal, incentivando a formação de profissionais capazes de atuar no contexto da economia circular.



Para a avaliação dos impactos socioambientais das fibras têxteis, o presente relatório utilizou as seguintes metodologias complementares: (1) revisão bibliográfica de estudos de avaliação do ciclo de vida, (2) análise do potencial de Circularidade, (3) levantamento de dados abertos e disponíveis, (4) entrevistas com especialistas, e (5) cenários de fibras alternativas. Em busca de olhar para a relação dos diferentes atores com os itens de vestuário em todo o ciclo de vida de uma peça, fizemos também uma pesquisa de grande alcance com usuários de moda. O foco dessa pesquisa foi entender como as pessoas cuidam e descartam suas peças de roupas, e quais as oportunidades de circularidade a partir da visão do consumidor. Essa última pode ser acessada [aqui](#) e as descobertas contribuíram para as conclusões da presente pesquisa.

O relatório e a pesquisa foram baseados na identificação de uma perspectiva sistêmica circular para o uso das três fibras escolhidas para a análise. Dessa forma, buscou-se responder às seguintes perguntas:

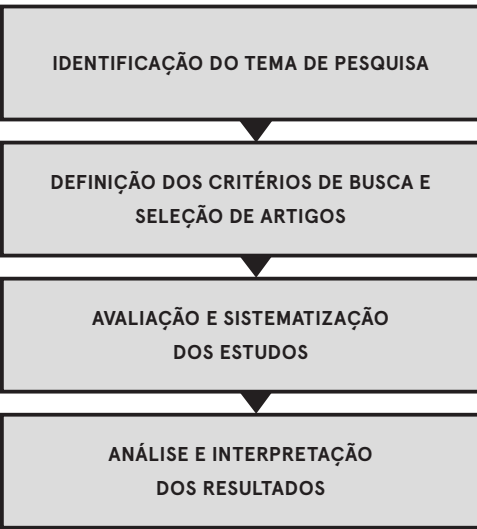
- Como essas três fibras selecionadas fluem no sistema atual (indústria da moda brasileira)?
- Como os modelos de economia circular podem ser integrados à indústria da moda brasileira?
- Qual o impacto socioambiental da indústria da moda referente a produção dessas três fibras?
- Quais são os principais desafios para implementar uma abordagem circular na indústria da moda brasileira usando essas três fibras?
- Quais são os cenários que facilitarão e garantirão uma indústria da moda circular no Brasil através do uso das três fibras estudadas?

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE ESTUDOS DE ACV

A avaliação dos impactos ambientais das fibras foi realizada de forma qualitativa, por meio de uma extensa revisão da literatura que compila resultados de estudos de ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) de produtos têxteis. É importante ressaltar que nenhuma pesquisa primária ou quantitativa foi realizada. Ou seja, o escopo da pesquisa não incluiu nenhuma atividade de coleta de dados primários em campo ou diretamente com organizações, nem o desenvolvimento de estudos quantitativos de ACV.

O método utilizado para a revisão da literatura deste estudo compreendeu as etapas apresentadas no modelo analítico ilustrado na FIGURA 5 e descritas na sequência.

FIGURA 5 - Modelo analítico para revisão bibliográfica



Fonte: Elaboração Própria

O tema de pesquisa foco deste relatório é a avaliação, qualitativamente e sob a perspectiva do ciclo de vida, dos impactos ambientais das fibras têxteis. Dessa forma, a revisão bibliográfica abordou as seguintes questões:

- Qual o desempenho ambiental das fibras têxteis?
- Quais fatores influenciam o desempe-

nho ambiental das fibras têxteis?

- Quais são as lacunas sobre o desempenho ambiental das fibras considerando o contexto nacional?

Seis importantes categorias de impacto foram selecionadas para a avaliação do desempenho ambiental: mudanças climáticas (ou pegada de carbono), consumo de água, toxicidade (produtos químicos), uso da terra, depleção de recursos fósseis e uso de energia (TABELA B). As categorias de impacto escolhidas para serem avaliadas nesta revisão bibliográfica abrangem os principais impactos ambientais da indústria têxtil que vêm sendo exploradas pela literatura científica.

É necessário ressaltar que o impacto dos microplásticos – um importante problema ambiental associado às fibras sintéticas – não foi considerado. As microfibras sintéticas liberadas na lavagem de tecidos, como o poliéster, nylon e acrílico, são consideradas uma das principais fontes de microplásticos nos oceanos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017a). No entanto, até o momento não há nenhum método de avaliação de impacto ambiental que considere o impacto dos microplásticos na ACV.

Como critérios de busca na literatura, foram selecionadas três bases de dados: Science Direct, Google Scholar e Revista Latino Americana em Avaliação do Ciclo de Vida (LALCA) e as seguintes palavras-chaves:

- ("LCA" OR "life cycle assessment") AND ("textile" OR "clothing" OR "garment" OR "fashion" OR "apparel") AND ("cotton" OR "viscose" OR "polyester") AND "fiber";
- "circular economy" AND ("textile" OR "clothing" OR "garment" OR "fashion" OR "apparel") AND ("cotton" OR "viscose" OR "polyester") AND "fiber";
- ("ACV" OU "avaliação do ciclo de vida") E ("têxtil" OU "roupa" OU "fashion" OU "moda") E ("algodão" OU "viscose" OU "poliéster") E "fibra";
- "economia circular" E ("têxtil" OU "roupa" OU "fashion" OU "moda") E ("algodão" OU "viscose" OU "poliéster") E "fibra".

TABELA B - Categorias de Impactos Ambientais

CATEGORIA DE IMPACTO	DESCRIÇÃO
MUDANÇAS CLIMÁTICAS	Mudança de Clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis (IPCC, 2014).
CONSUMO DE ÁGUA	Refere-se ao volume de água captada que não retorna para mesma bacia hidrográfica (uso consuntivo de água) (ISO, 2014).
TOXIDADE	Refere-se ao aumento das emissões de substâncias tóxicas nos ecossistemas aquáticos e terrestres, podendo danificar a fauna e a flora (ecotoxicidade) ou aos impactos na saúde humana em decorrência da exposição às substâncias tóxicas presentes no ambiente – ar, água ou solo (toxicidade humana) (KISS; DINATO; FERNANDES, 2016).
USO DA TERRA	Refere-se ao tipo de manejo empregado e a estrutura de produção utilizados em determinada terra em dado período e suas transformações (IBGE, 1999).
DEPLEÇÃO DE RECURSOS FÓSSEIS	Refere-se ao consumo de matérias-primas não renováveis, como os minérios, e de fontes de energia não renováveis, como o carvão mineral, o petróleo e o gás natural (KISS; DINATO; FERNANDES, 2016).
USO DE ENERGIA	A energia usada para produzir uma substância ou produto levando em consideração a energia da indústria, a energia da produção dos insumos utilizados na indústria e assim por diante (IPCC, 2014).

Fonte: Elaboração Própria

Para garantir a identificação de toda a literatura relevante, a pesquisa também abrangeu estudos importantes citados pelos estudos inicialmente levantados. Para selecionar e garantir a escolha de estudos significativos e dentro do escopo da pesquisa, foram estabelecidos os seguintes critérios de seleção:

- Inclusão de qualquer tipo de estudo disponível (publicado em revistas internacionais, anais de congressos, entre outros);
- Inclusão de estudos de produtos têxteis voltados para a moda (roupas, vestuário, tecidos);
- Inclusão de estudos com fronteiras do sistema do “berço ao túmulo” ou do “berço ao portão”;
- Inclusão de estudos de qualquer localização geográfica, sempre dando preferência para estudos que retratem a realidade brasileira;
- Exclusão de estudos que não incluem resultados quantitativos;

- Exclusão de estudos de outras categorias têxteis (têxteis técnicos, automotivos, produtos para o lar);
- Exclusão de estudos com fronteiras do sistema de “portão a portão”;
- Exclusão de estudos em outros idiomas além do português, inglês ou espanhol;
- Exclusão de estudos sobre processos ou produtos alternativos (Ver: Cenários);
- Exclusão de duplicatas.

Como resultado do processo de busca e seleção de artigos que atendam ao tema e escopo de pesquisa deste relatório, 31 estudos foram avaliados. A lista completa dos estudos selecionados se encontra em ANEXOS.

Os artigos selecionados foram organizados em um modelo sistemático e padronizado. As principais informações coletadas foram: Ano, Autor, Título, Periódico, Região, Fibra estudada, Fronteiras de Sistema, Produto estudado, Unidade Funcional/Fluxo de referência, Categorias de Ambientais,

Informações do ICV, Informações de AICV e Pontos Críticos de Processo.

Dada a especificidade de cada estudo, foi necessário adequar e padronizar seus respectivos fluxos de referência para 1 kg de fibra em questão, possibilitando, assim, a comparação entre os resultados. Esse ajuste não levou em consideração as perdas ao longo do processo produtivo, exceto quando essa informação estava relatada no artigo. A manipulação dos dados dessa maneira proporcionou uma maior consistência, permitindo algum grau de comparação quantitativa. No entanto, apesar de diversos estudos terem sido identificados, o uso de diferentes metodologias e premissas dificultam a comparação dos dados e dos resultados.

Uma vez sistematizados, os artigos foram analisados buscando identificar qual o desempenho ambiental relatado na literatura (valores máximos e mínimos, por categoria de impacto), quais são os indicadores chaves de cada etapa (consumo de água, energia, e produtos químicos) e quais os pontos críticos do processo. Além disso, foi possível avaliar onde estão as principais

lacunas de informações. Os resultados dessa etapa são apresentados no capítulo ANÁLISE DAS FIBRAS.

ANÁLISE DO POTENCIAL DE CIRCULARIDADE

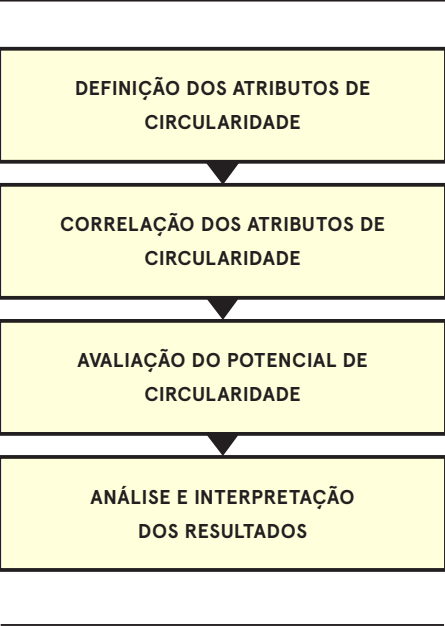
Além da avaliação dos impactos ambientais, o presente relatório realizou também uma análise do potencial de circularidade das fibras têxteis. Os critérios adotados para essa análise foram estabelecidos a partir de discussões com a equipe do projeto, seguindo as etapas discriminadas na FIGURA 6.

ATRIBUTOS AMBIENTAIS DE CIRCULARIDADE

A partir da definição conceitual sobre moda circular adotada pela presente pesquisa foram definidos cinco atributos ambientais de circularidade, são eles:

- Geração de resíduos;
- Potencial de reciclagem;
- Potencial de recuperação;
- Toxicidade;
- Uso eficiente de recursos.

FIGURA 6 - Modelo analítico para a análise do potencial de circularidade



Fonte: Elaboração Própria

TABELA C - Atributos ambientais de circularidade e seus indicadores de avaliação

ATRIBUTO DE CIRCULARIDADE	INDICADORES DE AVALIAÇÃO
GERAÇÃO DE RESÍDUOS	Porcentagem de perdas nos processos
POTENCIAL DE RECICLAGEM	Porcentagem de reciclagem
POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO	Porcentagem de reutilização
TOXICIDADE	Resultados dos estudos de ACV em relação à categoria de impacto toxicidade
USO EFICIENTE DE RECURSOS	Resultados dos estudos de ACV (Seção 6.2) em relação às categorias de impacto: mudanças climáticas, consumo de água, uso de terra e uso de energia.
GRAU DE AVALIAÇÃO	NOTAS DE 0 A 5 ☆☆☆☆☆

Fonte: Elaboração Própria

TABELA D - Pilares teóricos e sua relação com os impactos sociais e ambientais.

PILARES TEÓRICOS	SOCIAL OU AMBIENTAL
1. DESIGN DE PRODUTO CIRCULAR	Ambiental
2. DESIGN DE PROCESSOS CIRCULARES	Ambiental
3. SISTEMAS VIVOS: REGENERAR A NATUREZA	Ambiental
4. RECURSOS & TOXICIDADE LIMITADA	Ambiental
5. CONDIÇÕES LOCAIS: INTERNALIZAR EXTERNALIDADES	Social
6. SOCIEDADE: JUSTIÇA E ECOLOGIA SOCIAL	Social

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez definidos os atributos ambientais de circularidade, a equipe realizou as seguintes atividades: primeiro a) a correlação dos atributos com indicadores obtidos a partir dos resultados revisão da literatura; e depois b) a avaliação qualitativa do potencial de circularidade das fibras têxteis, com atribuição de notas que variaram de 0 a 5.

A TABELA c apresenta um resumo dos atributos ambientais de circularidade e indicadores de avaliação considerados neste relatório.

ATRIBUTOS SOCIAIS DE CIRCULARIDADE

Para considerar os aspectos sociais na análise do potencial de circularidade das fibras, a equipe seguiu a seguinte metodologia: a) identificar pilares teóricos com enfoque social; b) definir atributos sociais de circularidade; c) desenvolver indicadores sociais para os atributos de circularidade e, por fim, d) avaliar o potencial grau de circularidade. O processo detalhado é descrito a seguir.

O primeiro passo foi considerar os seis pilares teóricos definidos no capítulo MODA CIRCULAR - PERSPECTIVAS DO SUL PARA A ECONOMIA CIRCULAR. Conforme definido na TABELA D, foram identificados os dois pilares diretamente relacionados à avaliação de impacto social: **Condições Locais: Internalizar Externalidades** e **Sociedade: Justiça e Ecologia Social**.

A definição de indicadores sociais para avaliar o potencial de circularidade foi diferente da avaliação de impactos ambientais. Existem procedimentos metodológicos de análise social baseados na estrutura de ACV chamados Avaliação do Ciclo de Vida Social (SLCA por suas siglas em inglês Social Life-cycle assessments). A ACV Social é um método para avaliar os aspectos sociais e sociológicos dos produtos ao longo do seu ciclo de vida (UNEP, 2009). Na ACV Social, cinco categorias de atores (*stakeholders*) são propostas, pois representam os agrupamentos de seres humanos com maior probabilidade de serem afetados pelas atividades pertencentes a um produto. Os estudos de ACVs Sociais propõem, a) categorias de atores: trabalhadores, comunidades locais, consumidores, sociedade, e outros atores na cadeia de valor, e b) categorias de impacto: direitos humanos, condições de trabalho, saúde e segurança, e patrimônio cultural (RUSSO GARRIDO, S. 2017).

Ao contrário dos indicadores de impacto ambiental usados na ACV, os indicadores de impacto social são considerados difíceis de quantificar devido à complexidade de encontrar objetivos precisos e aos desafios para determinar quais categorias de impacto incluir ou como medir alguns deles (VALDIVIA, ET. AL, 2020).

TABELA E - Categorias de Impactos Ambientais

PILARES TEÓRICOS	ATRIBUTOS SOCIAIS DE CIRCULARIDADE	INDICADORES SOCIAIS DO POTENCIAL DE CIRCULARIDADE
CONDIÇÕES LOCAIS: INTERNALIZAR EXTERNALIDADES	Apoia a Economia Local	Políticas que facilitam a reciclagem
		Políticas que facilitam a agricultura orgânica
		Importação e exportação da matéria-prima, fibras, têxteis ou produto acabado
		Potencial de adoção pelo consumidor
SOCIEDADE: JUSTIÇA E ECOLOGIA SOCIAL	Cria Emprego	Número e taxa de crescimento de novos empregos a partir de práticas circulares
		Potencial da fibra de obter certificações sociais
	Promove a Justiça Social	Diversidade e inclusão dentro da indústria, especialmente mulheres não-brancas
		Porcentagem de produção em áreas de conflito
		Programas para emprego informal (coletores e cooperativas)

Fonte: Elaboração Própria

É importante ressaltar que este relatório não levou a cabo levantamento bibliográfico sobre ACVs Sociais, mas as categorias de atores e categorias de impacto mencionadas acima serviram de base para o desenvolvimento dos três atributos sociais de circularidade e seus respectivos indicadores (TABELA E). No entanto, devido às diferenças na origem da matéria-prima e no processamento das fibras, alguns dos indicadores não se aplicam às três fibras.

A última etapa foi a avaliação do Potencial Grau de Circularidade de cada um das fibras baseado nesses atributos e indicadores. A avaliação é representada em uma escala do menor ao maior potencial, onde, aquele que tem maior potencial, representa que a fibra pode fazer parte de um modelo circular com um impacto social positivo.

Vale ressaltar que a metodologia de análise dos atributos ambientais e sociais de circularidade é bastante subjetiva e pode variar de acordo com a percepção

de cada avaliador. Além disso, o potencial de circularidade das fibras é visualizado de uma maneira geral e, portanto, não é dividido nas diferentes etapas do ciclo de vida. Os resultados são apresentados no capítulo CENÁRIOS PARA A CIRCULARIDADE DE FIBRAS TÊXTEIS ALTERNATIVAS.

LEVANTAMENTO DE DADOS ABERTOS E DISPONÍVEIS

Os dados foram coletados usando métodos diversos, adequados às necessidades do relatório e incluem resultados quantitativos (por exemplo, volumes de produção) e informações qualitativas (ou seja, narrativas dos atores e conceitos bibliográficos). Foi feita uma revisão bibliográfica de relatórios, livros, publicações on-line, gráficos e diagramas existentes de organizações internacionais e nacionais estabelecidas – como a Fundação Ellen MacArthur, Global Fashion Agenda, IEMI –, além de dados públicos acessados nos sites dos respectivos órgãos competentes ou via Lei de

Acesso à Informação (LAI). Os dados foram utilizados para traçar a estrutura global da economia circular, entender o contexto da indústria têxtil e de confecção no Brasil e reconhecer as políticas nacionais já em vigor (VER: BIBLIOGRAFIA).

ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS

Entrevistas diretas foram realizadas com vários especialistas do setor para obter suas contribuições e fornecer perspectiva dos dados coletados. Além disso, as entrevistas permitiram uma visão atualizada do contexto da crise sanitária (COVID-19) que estava em andamento no momento deste projeto de pesquisa. Os especialistas foram selecionados por seu conhecimento em uma área específica, principalmente quando a pesquisa bibliográfica não estava fornecendo dados suficientes ou onde se mostrava necessário dados adicionais.

CENÁRIOS DE FIBRAS ALTERNATIVAS

O método utilizado para a revisão da literatura dos impactos ambientais das fibras têxteis avaliadas nos cenários compreendeu as mesmas etapas apresentadas no modelo analítico para a revisão bibliográfica (FIGURA 5, CAPÍTULO METODOLOGIA), agora incluindo nos critérios de busca e seleção dos artigos estudos de ACV sobre processos ou produtos alternativos (reciclagem, fibra orgânica, certificada).

Os artigos foram analisados buscando identificar qual o desempenho ambiental relatado na literatura (valores máximos e mínimos, por categoria de impacto), quais são os indicadores chaves de cada etapa (consumo de água, energia, e produtos químicos) e quais os pontos críticos do processo. Além disso, foi possível avaliar onde estão as principais lacunas de informações. O resultado do processo de busca e seleção de artigos da produção de fibras alternativas resultou em apenas oito estudos. A lista completa pode ser observada nos ANEXOS e os dados iden-

tificados são apresentados no capítulo CENÁRIOS PARA A CIRCULARIDADE DE FIBRAS TÊXTEIS ALTERNATIVAS.

É importante ressaltar que nenhuma análise foi realizada para o impacto social das fibras alternativas, e os aspectos de caráter social que fazem parte dos cenários baseiam-se nos atributos sociais das fibras listados na TABELA E deste relatório.

PESQUISA COM USUÁRIOS DE MODA

A pesquisa com usuários de moda foi realizada on-line, divulgando o questionário por meios tais quais: redes sociais, newsletters, diretamente via WhatsApp para uma lista de pessoas com diferentes faixas etárias, grau de escolaridade, percepção de moda e sustentabilidade. Para garantir uma amostra diversificada de consumidores, nós colocamos esforço para fazer o questionário chegar a grupos distintos de influenciadores, comunicadores, jornais, revistas e associações. Dessa forma, asseguramos que as respostas refletem diferentes setores socioeconômicos e padrões de consumo da população brasileira. A pesquisa com consumidores seguiu a abordagem do ciclo de vida e incluiu perguntas sobre os aspectos psicológicos e socioambientais do consumo, padrões de manutenção e cuidado com as peças e as formas de descarte de roupas, fornecendo dados quantitativos e qualitativos. A pesquisa na íntegra pode ser conferida nos ANEXOS.

Para garantir uma amostra diversificada de consumidores, nós colocamos esforço para fazer o questionário chegar a grupos distintos de influenciadores, comunicadores, jornais, revistas e associações.

Pressupostos e Limitações

O estudo trabalhou sob o pressuposto de que, em primeiro lugar, os princípios da economia circular podem ser integrados no contexto da indústria da moda brasileira a médio e longo prazo. Além disso, a pesquisa trabalhou com a linha de base de que os principais conceitos de economia circular (por exemplo, Ellen MacArthur, *Cradle to Cradle*®, etc.) baseiam suas metodologias apenas no estudo dos impactos ambientais dos materiais e não levam em consideração as implicações sociais, o contexto regional ou local onde esses materiais são produzidos ou fluem. Tampouco reconhecem a complexidade dos setores periféricos da reciclagem no Sul Global, onde a maior parte desses materiais são gerenciados como, por exemplo, cooperativas de reciclagem de lixo.

A primeira limitação deste relatório foi principalmente a não realização de um estudo de avaliação de ciclo de vida para cada uma das fibras abordadas. Os resultados deste relatório foram desenvolvidos com a abordagem da metodologia de ACV, mas não substituem, em nenhuma medida, uma ACV específica para cada uma das fibras, sobretudo dentro do contexto brasileiro de produção, uso e descarte.

Com relação a avaliação dos impactos ambientais, uma grande limitação da pesquisa está na ausência de estudos de ACV nacionais para a produção de viscose. Soma-se a isso o pequeno número de estudos nacionais encontrados e de categorias de impacto avaliadas para a produção de poliéster e algodão.

Além disso, os dados coletados na literatura científica variaram quanto às fronteiras de sistema (ou seja, do berço ao portão, do berço ao túmulo, do berço ao berço), produto estudado (por exemplo, calça jeans, camiseta, fibra de algodão), unidades funcionais (por exemplo 1 kg, 1 tonelada, 1 calça jeans), e cobertura geográfica (Brasil, Reino Unido, Estados Unidos, entre outros). Portanto, o uso de diferentes metodologias e premissas dificultam uma comparação consistente dos dados e dos resultados, configurando-se como outra limitação da pesquisa.

Outra limitação foi a ausência de dados sistematizados sobre a produção de celulose solúvel no país. Apesar de haver apenas duas empresas no Brasil responsáveis por produzir celulose solúvel para a indústria têxtil, Bracell e Jari Celulose, os dados disponíveis e abertos não são suficientes para tangenciar de forma precisa os impactos socioambientais da produção da viscose. Informações como área dedicada à produção de celulose solúvel; processo utilizado para sua transformação; número de trabalhadores empenhados na produção; volume de exportação; volume consumido no mercado interno, entre outros são limitadas. Verifica-se, ainda, que a produção de celulose não conta com informações sistematizadas e há falta de transparência. O contato foi feito, portanto, diretamente com as duas empresas. As respostas obtidas e negadas estão melhor detalhadas na PARTE 2 deste relatório.

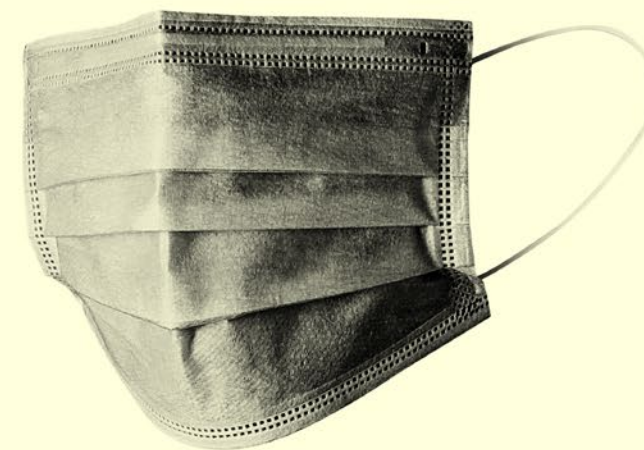
A falta de informação pública e confiável acerca dos resíduos gerados pela indústria

têxtil foi outra lacuna encontrada. Foram feitas diversas tentativas com associações do setor, pedidos a órgãos públicos através da Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/11) e busca em dados abertos para a) chegar a número ou porcentagem de peças de roupas e tecidos presentes no resíduo sólido urbano a nível nacional e/ou estadual, que é destinado aos aterros e b) informação sobre processos estabelecidos para gestão destes resíduos. Discorreremos mais sobre o assunto no capítulo RECICLAGEM TÊXTIL.

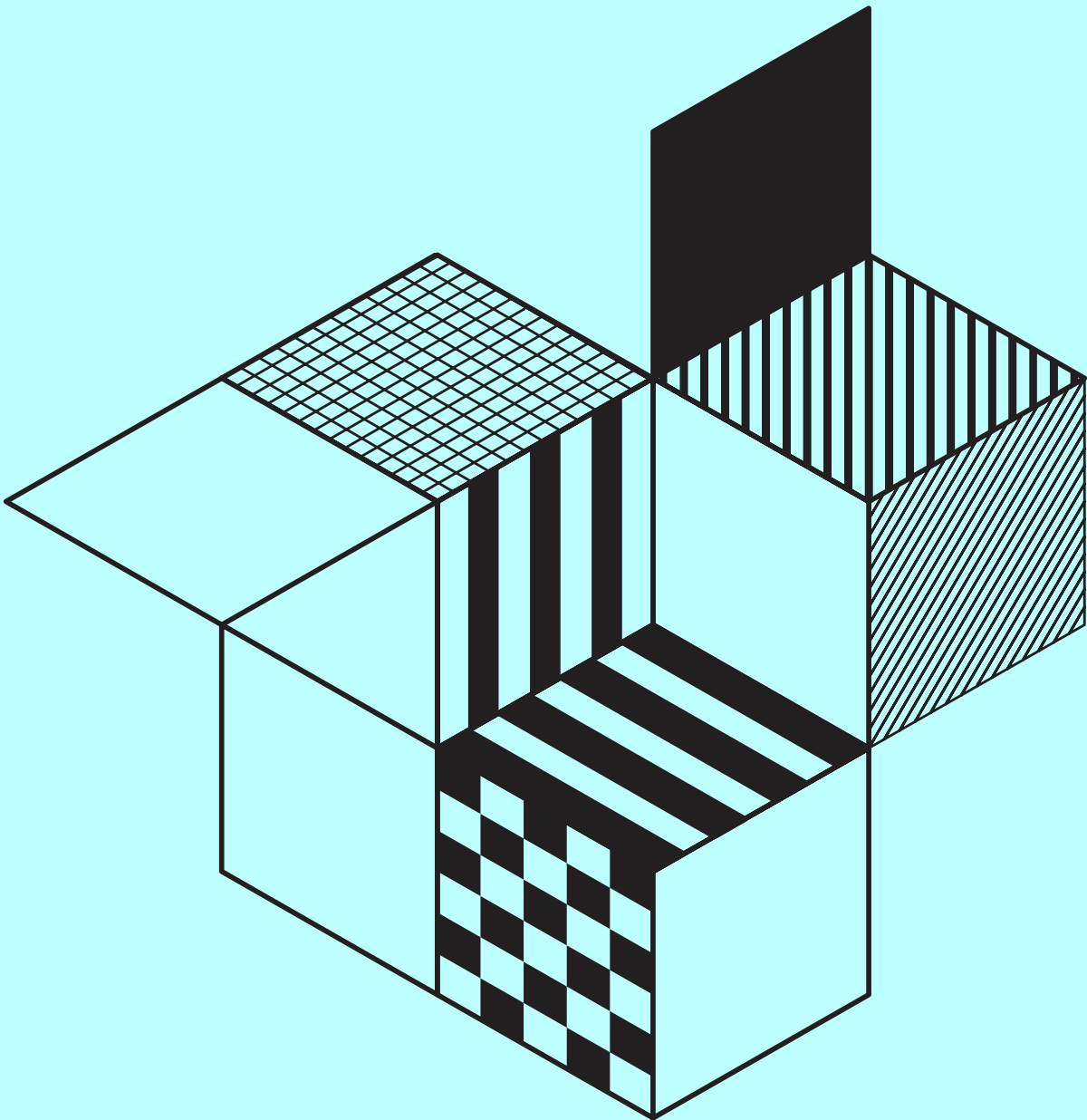
A falta de informação pública e confiável acerca dos resíduos gerados pela indústria têxtil foi outra lacuna encontrada.

Outra limitação foi quanto a não realização das entrevistas e conversas com os diferentes atores da cadeia de valor. Dos cinco questionários desenvolvidos, apenas consumidores e fim de vida foram utilizados. Os atores da tecelagem, fornecedores e varejo, foram contatados no início deste trabalho, em um arquivo de questionário online enviado diretamente a eles. Infelizmente, isso também coincidiu com a pandemia da COVID-19 e o bloqueio de negócios, o que exigiu das empresas atenção especial e, como consequência, não conseguimos as respostas em tempo hábil para análise. As lacunas de informação que não foram preenchidas por meio das entrevistas diretas foram preenchidas por meio de levantamento de dados e pesquisa bibliográfica.

Por fim, os impactos sociais na produção das matérias-primas, com destaque para a produção de algodão e celulose, não estão amplamente sistematizados. Foram encontradas informações abertas em relatórios de organizações não-governamentais, pesquisas acadêmicas, reportagens jornalísticas e no Mapa de Conflitos da Fiocruz (VER: PARTE 2) Entretanto, a presente pesquisa reconhece a necessidade de uma maior sistematização dos dados disponíveis.



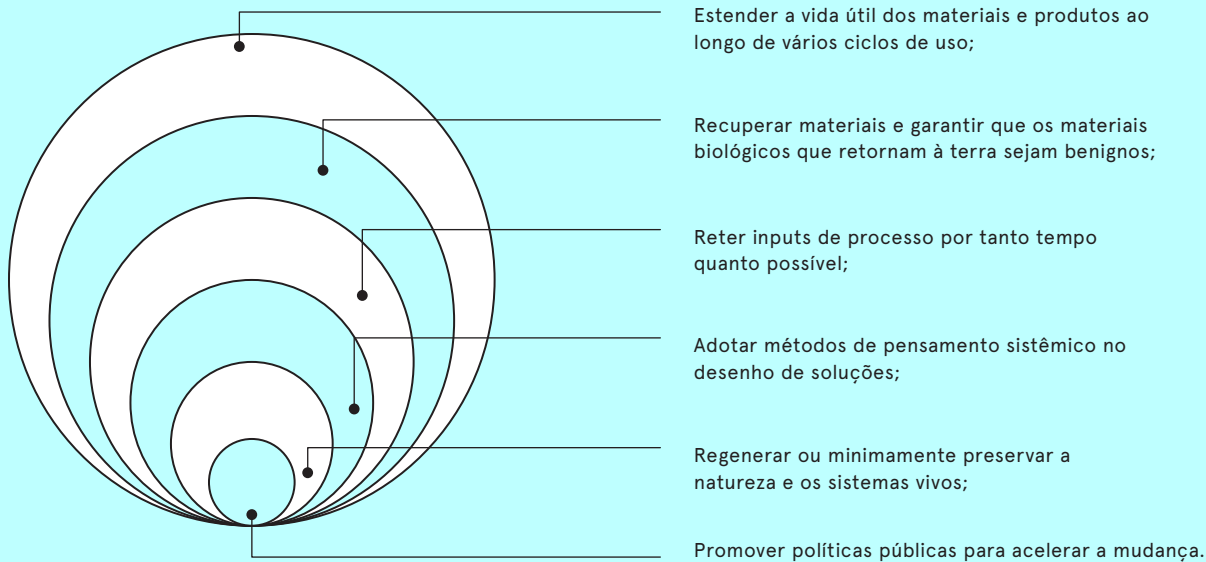
O Que é Economia Circular:
Escolas De Pensamento



A Economia Circular é um modelo econômico baseado em separar crescimento e desenvolvimento da extração, produção e consumo de recursos finitos. Uma das propostas mais marcantes da Economia Circular, principalmente aquela atrelada à escola de pensamento da Ellen MacArthur Foundation, é ser “uma economia restaurativa e regenerativa por princípio” (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). Isso significa reduzir desperdício de materiais, poluição e resíduos tóxicos e aumentar o tempo de uso de produtos e materiais. De acordo com a Ellen MacArthur Foundation, o conceito vem sendo aplicado desde os anos 1970 em processos industriais, negócios e pesquisas acadêmicas.

Entretanto, existem outras escolas de pensamento responsáveis por definir o conceito de economia circular como: Economia do Desempenho, Ecologia Industrial, *Cradle to Cradle*®, Economia Azul e Capitalismo Natural. Apesar de cada escola atribuir ênfases ligeiramente diferentes aos aspectos estruturantes de suas ideias, elas compartilham vários princípios (WEETMAN, 2016) comuns, todas com os mesmos objetivos.

FIGURA 7 - Propostas da Economia Circular



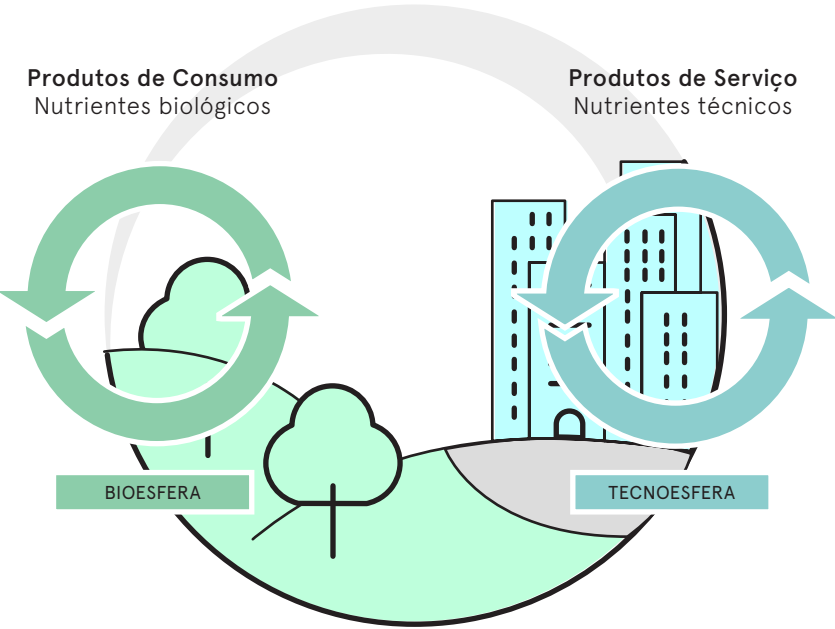
Fonte: Elaboração Própria

Esse modelo econômico nasce a partir da necessidade de transformar o presente sistema linear, onde recursos são extraídos da natureza, transformados em produtos e descartados no fim do ciclo de vida.

Esse modelo econômico nasce a partir da necessidade de transformar o presente sistema linear, onde recursos são extraídos da natureza, transformados em produtos e descartados no fim do ciclo de vida. Sendo assim, os princípios circulares anteriormente mencionados visam garantir que materiais e produtos fluam num modelo circular, onde eles não se tornem resíduos e, portanto, mantenham seu valor de mercadoria (e de uso) pela maior quantidade de tempo possível.

Para garantir esse sistema circular, a estrutura de design *Cradle to Cradle*® os categorizou em dois fluxos ou ciclos de materiais: os biológicos e os técnicos. Como representado na FIGURA 8, o ciclo biológico

FIGURA 8 - Fluxos ou ciclos de materiais, biológicos e técnicos



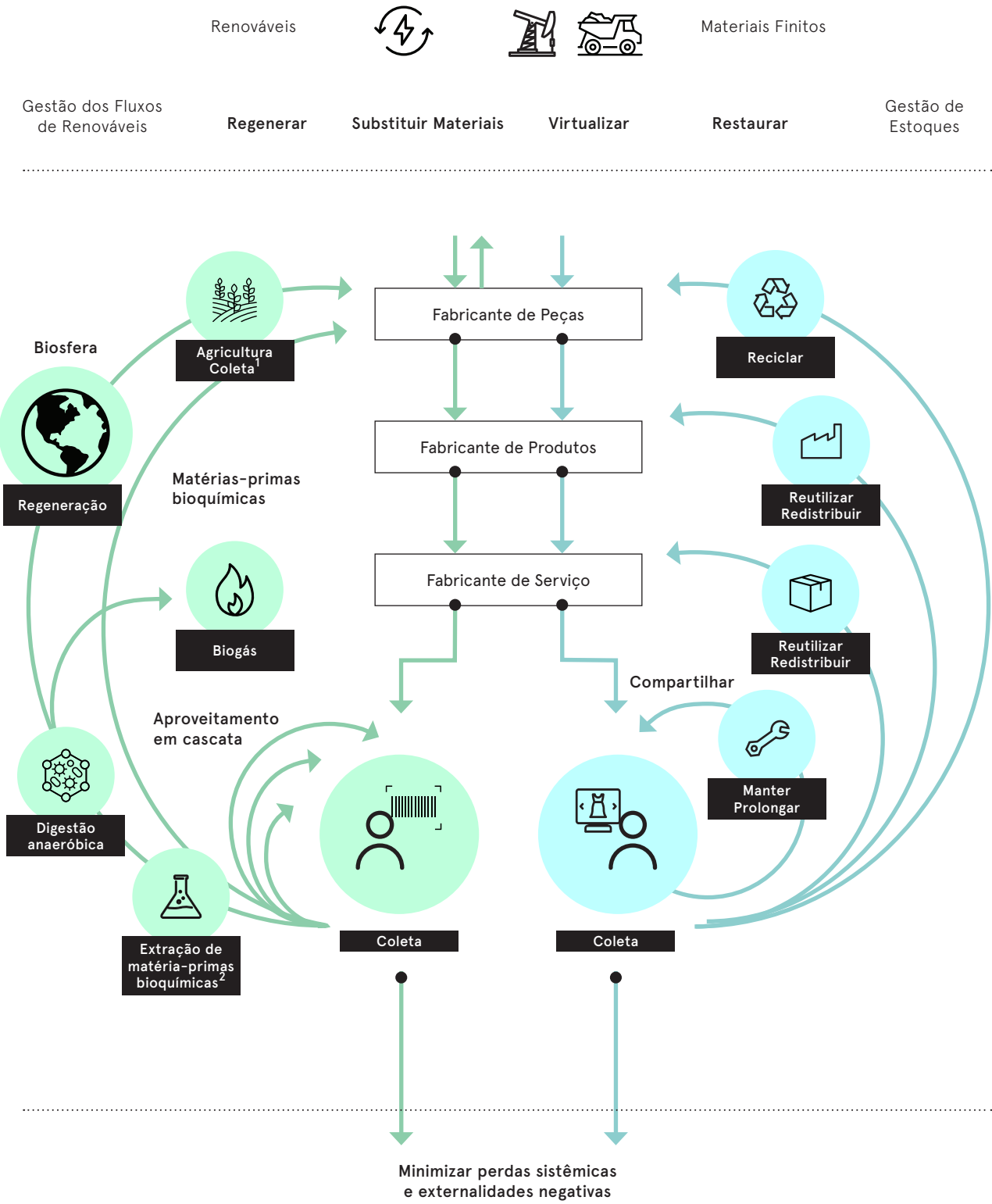
Fonte: Adaptado de EPEA GmbH (2009)

corresponde a materiais com nutrientes biológicos que podem retornar com segurança à biosfera, por exemplo, restos de alimentos. Já o ciclo técnico corresponde a materiais com nutrientes técnicos que fluirão na esfera técnica, por exemplo os plásticos produzidos a partir de combustíveis fósseis (BRAUNGART, 2020).

Com base nesses fluxos de materiais, a Ellen MacArthur Foundation criou o diagrama (FIGURA 9) para mostrar como os materiais e componentes fluem nos dois ciclos (biológicos e técnicos) e como os valores econômico e financeiro dos produtos permanecem dentro do sistema. O diagrama foi amplamente aceito e usado como uma estrutura para a economia circular pelas empresas e pelo setor público em todo o mundo.

Neste relatório, estamos usando o diagrama em combinação com as escolas de pensamento mencionadas acima e outras fontes como uma linha de base para definir uma nova proposta de circularidade para indústria têxtil e da moda nacional e, assim, entender como as fibras estudadas fluem dentro dela.

FIGURA 9 - Propostas da Economia Circular:



¹ Caça e pesca

² Pode aproveitar tanto resíduos pós-colheita como pós-consumo como insumos

Fonte: Adaptado de Ellen MacArthur Foundation

Perspectivas do Sul para a Economia Circular

Esta pesquisa reconhece a importância das economias do Sul Global como principais produtoras de matéria-prima e onde se concentra grande parte das externalidades negativas do extrativismo

Considerando que a maioria desses conceitos e escolas de pensamento provêm de institutos de pesquisa, academias e outras organizações do Norte Global, nós os contextualizamos às condições brasileiras. Esta pesquisa reconhece a importância das economias do Sul Global como principais produtoras de matéria-prima e onde se concentra grande parte das externalidades negativas do extrativismo (ACOSTA e BRAND, 2018), portanto o modelo circular proposto para o contexto brasileiro pode estabelecer um precedente sobre como outros países podem implementar esse sistema, especialmente aqueles voltados para a produção extrativista de *commodities*, com destaque para celulose e algodão, e aqueles com alto índice de informalidade em suas cadeias de suprimentos.

Por considerar que as sociedades do Sul precisam lidar com as externalidades negativas dos processos produtivos, que se articulam não só no escopo ambiental, como também cultural, social, político e econômico (ACOSTA e BRAND, 2018), o modelo proposto atribui grande importância ao aspecto social dentro de uma economia circular. Alguns pesquisadores argumen-

tam que esses aspectos “ainda não são vistos como prioridades de negócios (em uma abordagem da economia circular), mas as externalidades do sistema geram o mesmo tipo de perda para uma empresa (uma pessoa que consideramos ‘pobre’ permanece presa no ciclo da pobreza, em vez de ingressar na economia como cliente potencial) e os governos/ONGs precisam abordar essas externalidades sociais e societais” (LEMILLE, 2016).

Juntamente com o impacto positivo intrínseco ao meio ambiente, a economia circular projeta benefícios econômicos ao mudar para um novo modelo, incluindo: inovação, crescimento econômico, economia de custos de materiais e potencial de criação de empregos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). Na União Europeia, o ECORYS analisou a taxa de emprego para trabalhos relacionados à “economia verde” ou, nesse caso, Economia Circular. O estudo mediu a taxa de emprego entre os anos de 2000 e 2008, com aumento significativo em diversas áreas, incluindo 22,45% em empregos relacionados ao lixo, 78,15% em empregos na reciclagem e 75,10% em empregos no setor de energia renovável (ECORYS, 2012).

O Brasil tem futuro promissor na criação de “empregos verdes”. Segundo a ONU, em 2013, o país já havia criado cerca de 3 milhões de vagas no setor.

O Brasil tem futuro promissor na criação de “empregos verdes”. Segundo a ONU, em 2013, o país já havia criado cerca de 3 milhões de vagas no setor (NAÇÕES UNIDAS, 2013). Agora, a entidade estima que a América Latina e Caribe poderão gerar, até 2030, 15 milhões de novos empregos que contribuam para a economia de emissão zero, sendo o Brasil responsável por 7,1 milhões do total (NAÇÕES UNIDAS, 2020). Entre as possibilidades de empregos estão: agricultura, energia renovável, manufatura e preservação direta.

Estes dados lançam luz aos principais setores onde há possibilidades de unir novos modelos econômicos com desenvolvimento social e econômico. Será importante considerar que, ao reduzir o desperdício devido aos princípios da economia circular, o setor

Será importante considerar que, ao reduzir o desperdício devido aos princípios da economia circular, o setor informal dedicado à coleta de resíduos pode sofrer por falta de insumos para realizar seu trabalho.

informal dedicado à coleta de resíduos pode sofrer por falta de insumos para realizar seu trabalho. Os princípios circulares no contexto nacional devem fornecer cenários que levem em consideração esse segmento da população e onde o emprego garanta desenvolvimento econômico e qualidade de vida a indivíduos, comunidades e ao país como um todo.



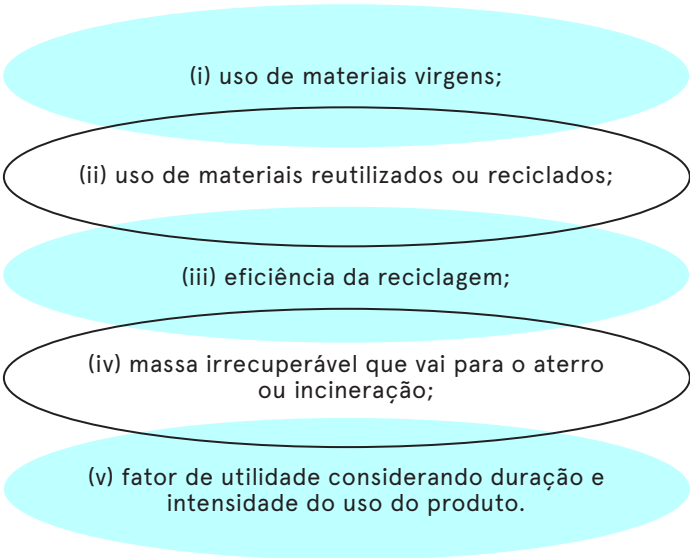
Economia Circular e Análise de Ciclo de Vida

Uma das formas de determinar o sucesso de uma estratégia de economia circular no nível de produto é o Indicador de Circularidade de Materiais (ICM), o qual analisa uma combinação de cinco características do produto para determinar a circularidade, sendo elas: (i) uso de materiais virgens; (ii) uso de materiais reutilizados ou reciclados; (iii) eficiência da reciclagem; (iv) massa irrecuperável que vai para o aterro ou incineração; e (v) fator de utilidade considerando duração e intensidade do uso do produto. A partir dessas informações, o ICM gera uma pontuação de 0 a 1, sendo 0 equivalente a um produto linear e 1 equivalente a um produto circular (VALENCIA, 2017).

Entretanto, a decisão pela incorporação de uma estratégia de economia circular vem acompanhada do questionamento quanto à melhor estratégia para o produto e para o ambiente. Isso porque o fechamento de um ciclo por si só não é uma garantia de sucesso da estratégia selecionada, por exemplo: o uso de materiais reciclados pode impactar o tempo de vida de um produto devido à perda de qualidade ou pode adicionar impactos em categorias ambientais como o uso de energia ou consumo hídrico.

Nesse contexto, a Avaliação de Ciclo de Vida se configura como uma ferramenta

FIGURA 10 - Indicador de Circularidade de Materiais (ICM)



▼
A partir dessas informações, o ICM gera uma pontuação de 0 a 1, sendo **0 EQUIVALENTE A UM PRODUTO LINEAR** e **1 EQUIVALENTE A UM PRODUTO CIRCULAR**

Fonte: Adaptado de Valencia, 2017

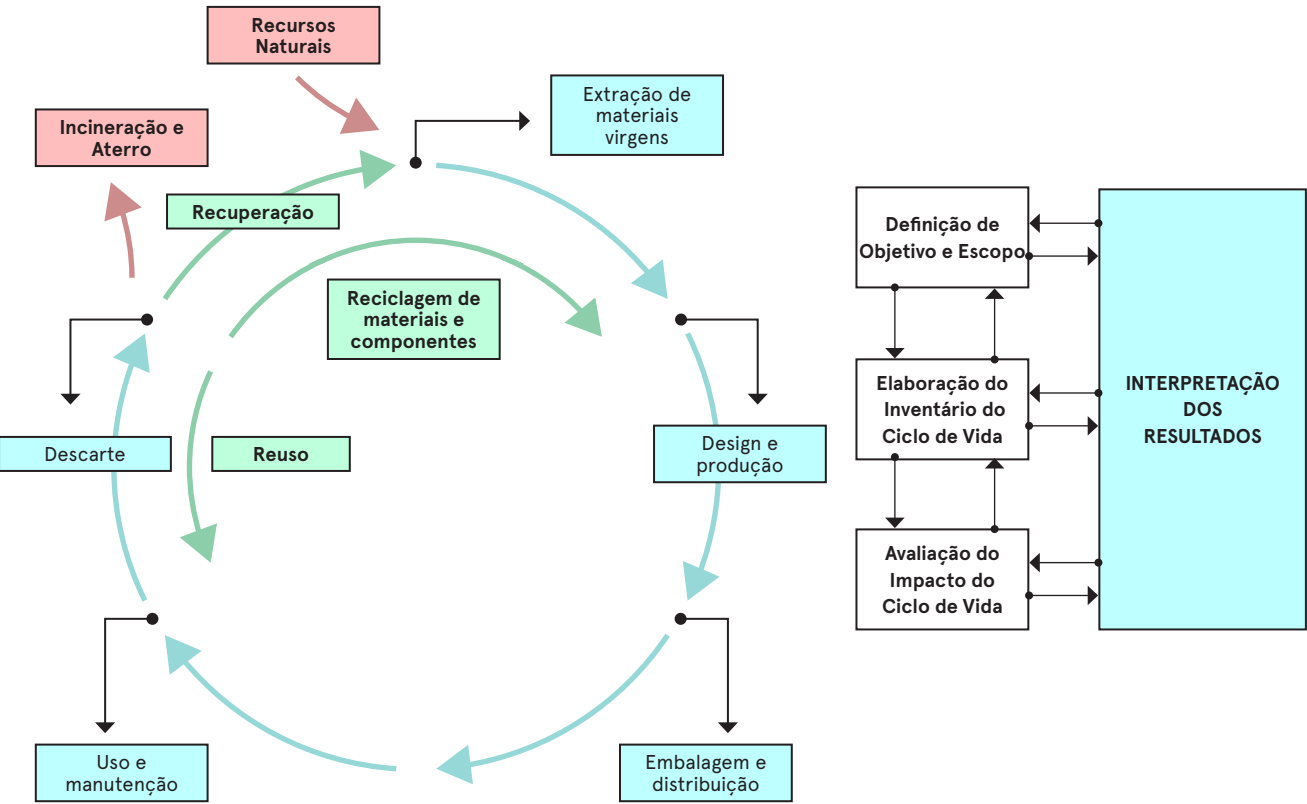
consistente e efetiva para avaliar estratégias de reciclagem, reuso, dentre outras opções de recuperação de fim de vida associadas à economia circular (VALENCIA, 2017). No caso da moda, por exemplo, um estudo de ACV pode confirmar (ou não) se reciclar uma peça é realmente mais vantajoso ambientalmente. Isso porque, dependendo do material, os gastos de insumos e energia envolvidos no processo de reciclagem podem tornar a circularidade mais impactante do que a destinação final do produto em um aterro.

Reconhecida internacionalmente e padronizada pelas normas ISO 14040 e ISO 14044, a ACV permite avaliar, mapear e comparar os impactos ambientais de produtos durante todo o seu ciclo de vida, ou seja, desde a extração dos recursos naturais até sua disposição junto ao ambiente – FIGURA 11 (ABNT, 2014a, 2014b).

... dependendo do material, os gastos de insumos e energia envolvidos no processo de reciclagem podem tornar a circularidade mais impactante do que a destinação final do produto em um aterro.

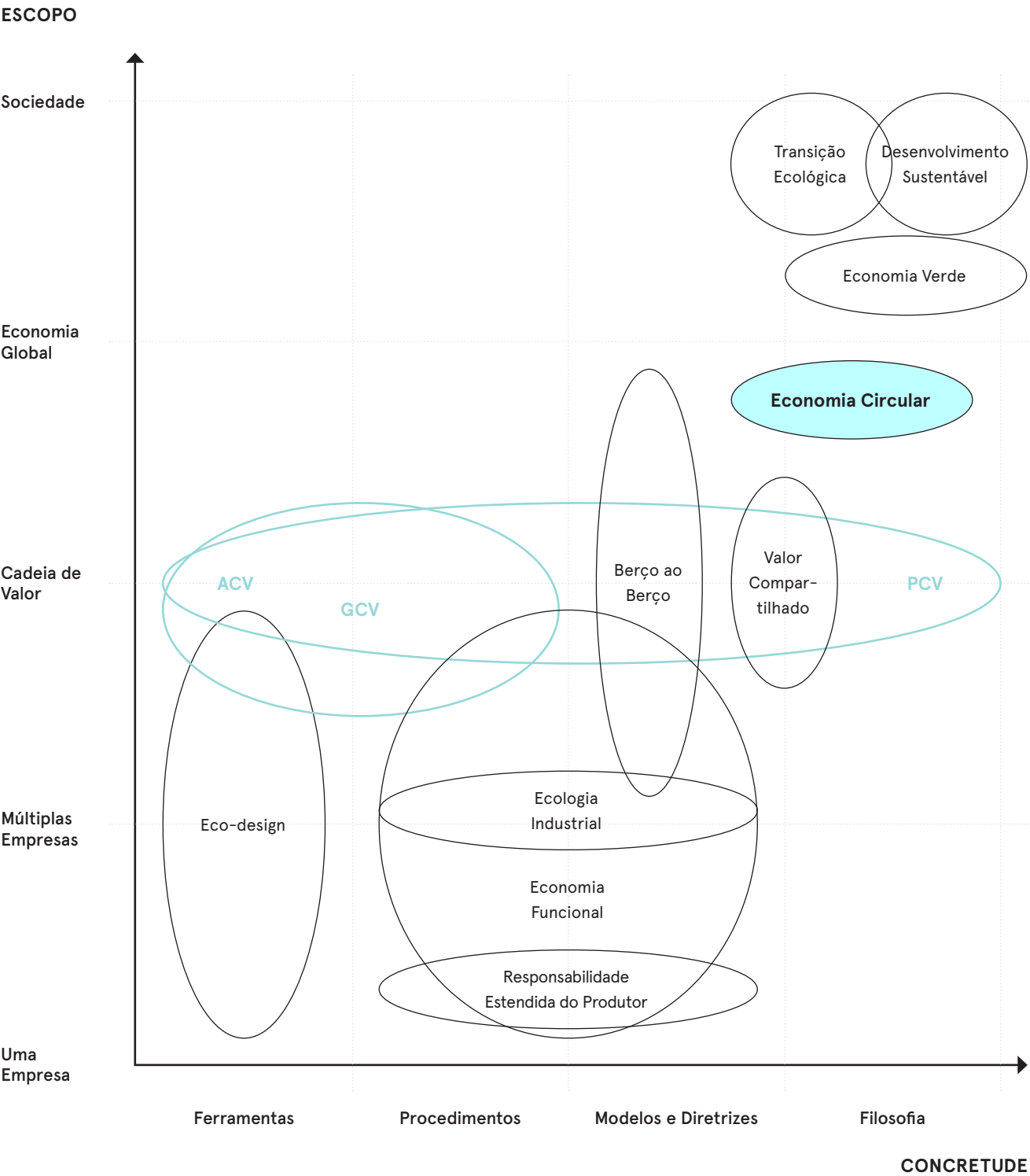
Além dos impactos ambientais, o desafio de avaliar os impactos sociais dos produtos em uma economia circular podem ser minimizados com a adoção da Avaliação do Ciclo de Vida Social (SLCA). Apesar de poucos estudos sobre ACV Social no contexto da economia circular estarem disponíveis, essa pode ser uma ferramenta muito útil para a tomada de decisão relacionada à sustentabilidade ao longo da cadeia de valor (REINALES et al, 2020).

FIGURA 11 - Ciclo de vida dos produtos e fases de um estudo de avaliação do ciclo de vida



Fonte: Adaptado de ABNT 2014a

FIGURA 12 - Escopo e concretude dos conceitos associados à Economia Circular



Fonte: Adaptado de CIRAIG (2015)

Dessa maneira, a inclusão do Pensamento de Ciclo de Vida pode contribuir para o direcionamento das estratégias e opções de economia circular mais promissoras para melhorar o desempenho ambiental de um produto.

Como ilustrado na FIGURA 12, a proposta da economia circular é um constructo social que se baseia em diversos conceitos pré-existentes que variam em seu grau de escopo (do nível empresarial ao nível da sociedade) e concretude (de ferramentas a filosofias), sendo um deles a ACV, bem como o Pensamento e Gestão de Ciclo de Vida (PCV e GCV), destacados em azul.

... a economia circular é um modo de pensar, uma filosofia, que busca olhar para os sistemas (processos e produtos) com o intuito de torná-los circulares e não lineares, maximizando o uso de recursos no contexto de uma economia de recursos finitos.

É possível observar na FIGURA 12 que a economia circular é um modo de pensar, uma filosofia, que busca olhar para os sistemas (processos e produtos) com o intuito de torná-los circulares e não lineares, maximizando o uso de recursos no contexto de uma economia de recursos finitos. Na mesma esfera de concretude, tem-se o pensamento de ciclo de vida, em que se olha não para um processo ou produto específico, mas para toda a cadeia, demonstrando a origem natural dos produtos e as diversas formas de descarte ou reutilização em seu fim de vida. Esse olhar para todas as etapas do ciclo de vida trazido pelo PCV é alinhado com a economia circular, pois para se ter produtos e processos circulares, é preciso entender todas as etapas desse produto e os processos relacionados.

A ACV, por sua vez, sai dessa esfera de pensamento e se dá em um nível mais concreto, fornecendo uma ferramenta de mensuração para embasar a tomada de decisão. Considerando que, em nível de processo, a vertente da economia circular

ainda está em fase de desenvolvimento de ferramentas para mensurar indicadores de circularidade, a ACV pode ser uma técnica complementar à economia circular, na medida que permite mensurar de forma consistente diferentes impactos ambientais e auxiliar a gestão desses impactos na indústria da moda.

De acordo com o relatório "State of green business 2020" do GreenBiz Group, a ACV tem sido a ferramenta dominante para calcular o impacto ambiental dos produtos e serve como uma *proxy* relativamente eficaz para a circularidade do produto (GREENBIZ GROUP, 2020). Nessa mesma linha, recentemente a *Life Cycle Initiative* (iniciativa criada pela ONU Meio Ambiente) publicou um *position paper* confirmando que a ACV é adequada para avaliar os impactos das estratégias de EC e tem o papel de fornecer suporte técnico aos tomadores de decisão. A ACV pode ainda destacar situações em que a estratégia circular não é a melhor escolha pela perspectiva mais ampla de sustentabilidade (PEÑA et al., 2020).

Enquanto tanto a economia circular como a ACV possuem um objetivo final comum de reduzir impactos ambientais, há casos em que podem surgir *trade-offs*³ entre a performance ambiental e o design de produtos e processos circulares. Assim, destacar as diferenças e complementaridades entre a economia circular e avaliação de ciclo de vida faz-se relevante no contexto do presente relatório, uma vez que ambos os termos serão explorados em diferentes momentos, contribuindo assim para um embasamento adequado de futuras tomadas de decisão no contexto da moda circular.

Enquanto tanto a economia circular como a ACV possuem um objetivo final comum de reduzir impactos ambientais, há casos em que podem surgir *trade-offs* entre a performance ambiental e o design de produtos e processos circulares.

³ *Trade-off* é um termo da língua inglesa que define uma situação em que há conflito de escolha. Ele se caracteriza em uma ação que visa à resolução de problema mas acarreta outro, obrigando uma escolha.

Circularidade na Indústria da Moda Brasileira

A indústria da moda trabalha em um ritmo de produção rápida em comparação com outras indústrias. Sua rede de suprimentos e modelos de negócios formam um sistema complexo que se conecta com outros setores industriais e agrícolas. Desta forma, mudanças na rede produtiva têxtil possuem um efeito multiplicador, impactando outras indústrias. As diversas teorias de pensamento para a economia circular aplicadas na moda definem a moda circular como um sistema de ciclo fechado (*closed-loop system*) com o objetivo de estender a vida útil das roupas (vestuário), mantendo o valor dos produtos e materiais por mais tempo, e obter um impacto regenerativo no ecossistema (NIIMIMAKI, 2018).

Para que esse sistema seja possível, é necessário que os materiais e os resíduos sejam vistos como um insumo valioso, coletado e inserido novamente na rede de valor. Assim, os produtos desenvolvidos dentro desse sistema devem permitir o fluxo da circularidade através da reciclagem e reutilização dos materiais e insumos utilizados durante todo o processo produtivo diversas vezes. Dessa forma, é imprescindível que produtos sejam projetados e desenvolvidos para fazerem parte desse sistema, permitindo a extensão da vida útil, desde o início do seu ciclo de vida.

Ademais, a moda circular exige pensamento e atuações sistêmicas (CASIRAGHI, 2020), no qual design, modelos de negócios e rede de suprimentos trabalhem juntos. A presente pesquisa reconhece que a ausência de uma rede de valor estruturada em território nacional possa ser um dificultador para a

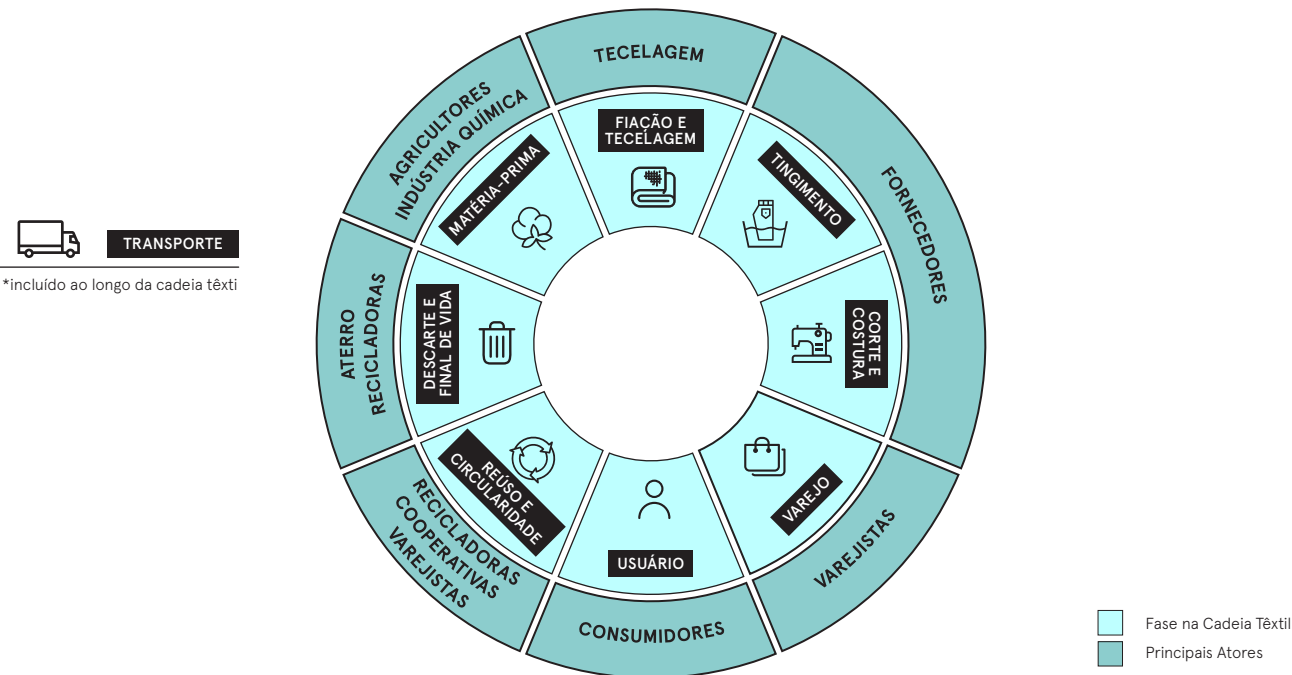
transição para uma economia circular na moda e mais esforços precisam ser empregados, principalmente quando falamos das cadeias produtivas de viscose e poliéster.

A partir de todas essas considerações sobre moda circular, desenvolvemos o mapeamento da rede têxtil circular (FIGURA 13) considerando os pontos essenciais para que o fluxo das fibras analisadas neste relatório aconteça. Esse modelo tem como objetivo estabelecer uma estrutura básica para a discussão com os principais atores da cadeia nacional e para as construções dos cenários e análises deste relatório.

Nessa estrutura, as fases da cadeia têxtil circular estão divididas em: Matéria-prima, Fiação e Tecelagem, Tingimento, Corte & Costura, Varejo, Usuário, Reuso & Circularidade, Descarte & Final de Vida. É importante dizer que consideramos o Transporte em cada fase da rede como uma etapa significativa no impacto socioambiental, sinalizado no modelo. Simultaneamente com as fases da cadeia têxtil circular, identificamos os principais atores de interesse que são, ao mesmo tempo, agentes para a transformação. São eles: Tecelagens, Fornecedores, Varejistas, Consumidores, Recicladoras e Cooperativas e Estado.

Conforme discutido anteriormente, o conceito abrangente de nosso modelo é a abordagem do Pensamento Sistêmico. Ao avaliar os diferentes pilares do modelo, deve-se reconhecer que eles funcionam juntos em um sistema, e muitos aspectos se relacionam com o outro.

FIGURA 13 - Mapeamento da rede têxtil circular



Fonte: Elaboração Própria

PENSAMENTO SISTÊMICO

Pensamento sistêmico refere-se a compreender como as coisas influenciam umas às outras dentro de uma entidade completa, ou sistema mais amplo. O pensamento sistêmico deriva da Teoria Geral dos Sistemas (STICHWEH, 2005), responsável por afirmar que “um sistema é um todo integrado cujas propriedades não podem ser reduzidas às propriedades das partes”. Sendo assim, “o comportamento do todo é mais complexo do que a soma dos comportamentos das partes de modo que os acontecimentos parecem implicar mais do que unicamente as decisões e ações individuais” (PRESTES MOTTA, 1971). Portanto, uma característica central do sistema é a existência de interação ou de relações entre os componentes.

As teorias sobre pensamento sistêmico evidenciam também a necessidade de quebrar os padrões lineares de pensamento, onde causa e efeito estão direta e linearmente relacionados. Isso exige quebrar essa

O pensamento sistêmico, então, “abre perspectivas para a possibilidade de mudanças acontecerem, das coisas poderem vir a acontecer de um outro jeito”

mentalidade de causalidade linear, no qual uma situação se apresenta estática ou intransmutável, para adotar uma pensamento circular, capaz de enxergar que uma situação está de um determinado modo dentro de um determinado contexto e, portanto, pode ser alterada quando alteramos o contexto. O pensamento sistêmico, então, “abre perspectivas para a possibilidade de mudanças acontecerem, das coisas poderem vir a acontecer de um outro jeito” (ESTEVES DE VASCONCELLOS, 2002).

Ao entendermos o pensamento sistêmico, fica mais evidente o porquê ele se mostra fundamental nas diversas escolas

de pensamento sobre economia circular. Indústrias são sistemas complexos, no qual as partes estão constantemente interagindo e nenhuma ação ou atitude capaz de interferir no sistema como um todo pode ser tomada de forma isolada, portanto qualquer tentativa de transformação exigirá colaboração e uma visão sistêmica clara dos envolvidos.

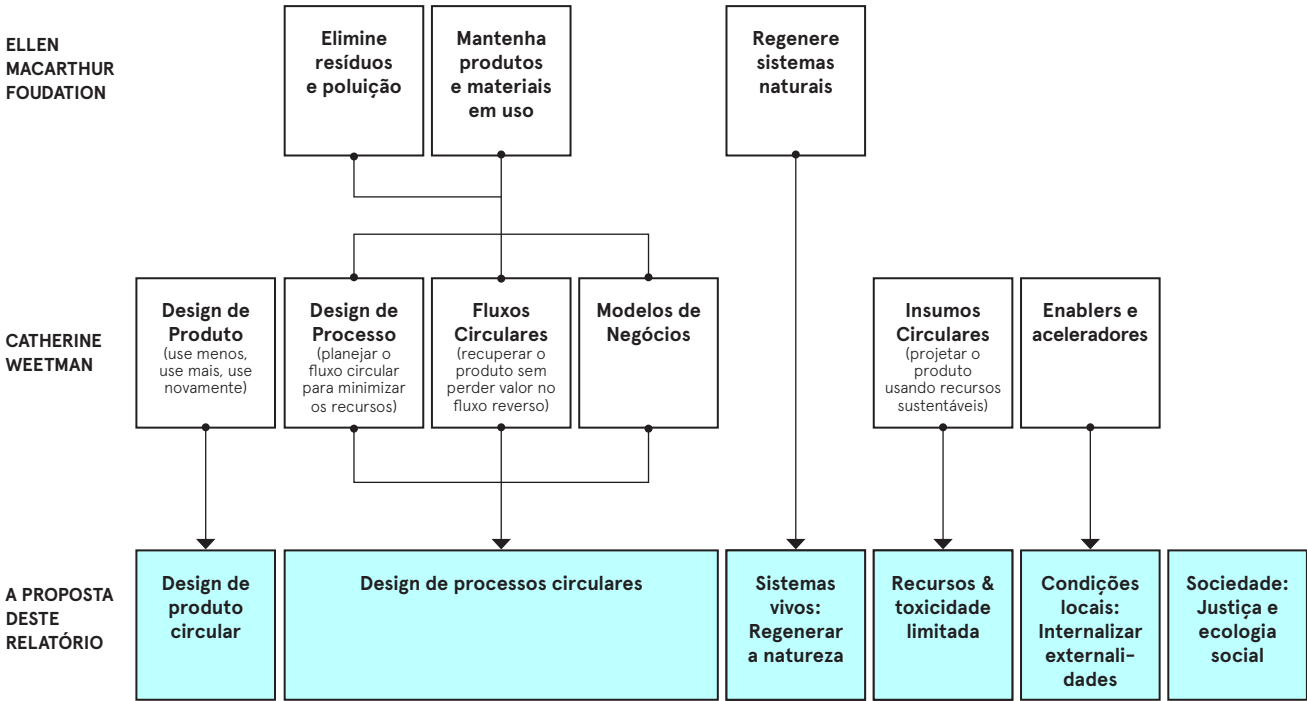
Concomitantemente, sair do sistema linear rumo ao sistema circular exige o reconhecimento de que as condições do sistema não são estáticas, fixas e, portanto, eternas. Pelo contrário, exige reconhecer que as ações dos diversos atores influenciam o sistema de forma que ele se encontre de um determinado modo hoje e, conforme as ações e interações mudem, ele pode se encontrar de um outro modo amanhã.

Neste relatório, o pensamento sistêmico é estruturante para uma abordagem circular da indústria da moda. Além disso, enten-

demos a existência de conceitos circulares propostos pelas escolas de pensamento que se mostraram pertinentes para o objetivo final deste trabalho e colaboraram grandemente para a proposta de uma economia circular para o Sul Global e para a metodologia de estudo. Como é demonstrado na próxima figura (FIGURA 14), os principais conceitos circulares definidos pela Ellen MacArthur Foundation, e os desenvolvidos pela autora e especialista em cadeia de abastecimento sustentável Catherine Weetman, foram mapeados e estudados para desenhar pontos em comum, bem como desenvolver as áreas que ainda não foram identificadas para um sistema circular no Brasil.

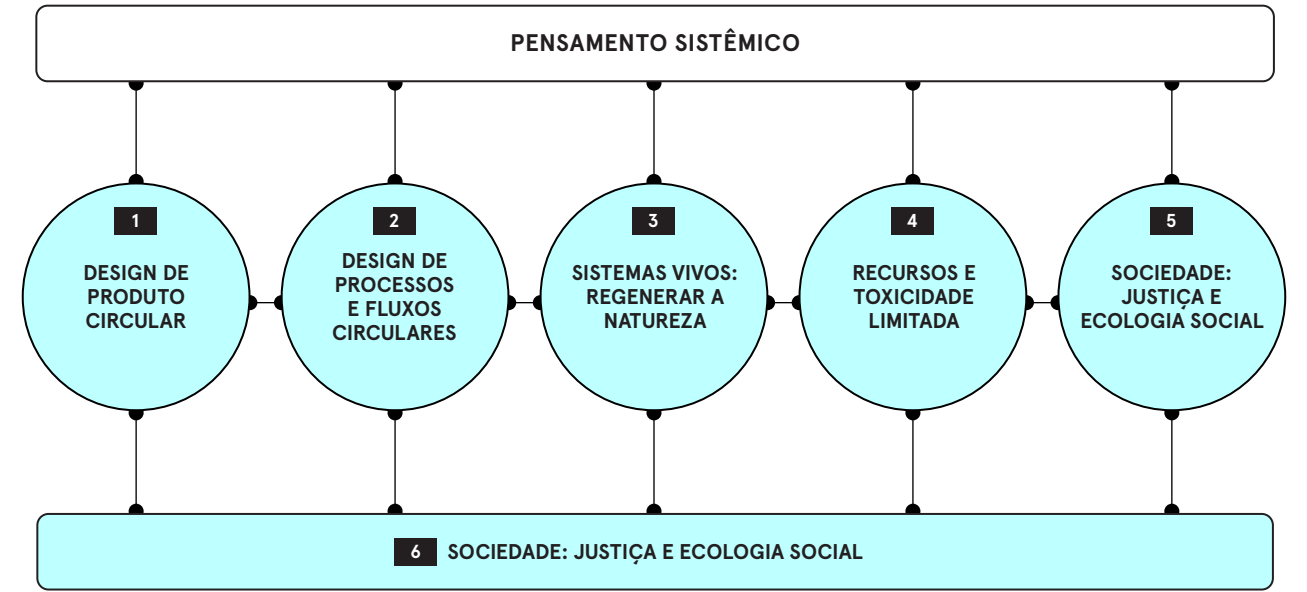
Através dessa análise, este relatório propõe seis pilares teóricos, que serviram como uma linha de base para avaliar de uma maneira holística cada uma das fibras estudadas. Os seis pilares são: **1) Design de produto circular**, **2) Design de Processos e Fluxos Circulares**,

FIGURA 14 - Principais conceitos circulares



Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 15 - Pensamento Sistêmico



Fonte: Elaboração Própria

3) Sistemas Vivos: Regenerar a Natureza, 4) Recursos e Toxicidade Limitada, 5) Condições Locais: Internalizar Externalidades, e 6) Sociedade: Justiça e Ecologia Social.

1. DESIGN DE PRODUTO CIRCULAR

A abordagem tradicional de design de produto tem como foco considerar e atender às necessidades do usuário final e resolver uma necessidade ou propósito específico. No contexto da economia circular essa perspectiva é ampliada e produtos são projetados considerando o sistema que o produto vai habitar. Assim podemos dizer que o processo de desenvolvimento de produto é o processo decisivo e o agente definidor do futuro circular dos recursos investidos no produto no primeiro momento.

De acordo com pesquisas da União Europeia, “mais de 80% de todos os impactos ambientais relacionados ao produto podem ser influenciados durante o projeto” (MURRAY, 2013). Para projetar um produto circular, os produtos devem ser pensados para circular por diferentes usuários ou para serem

facilmente reciclados, com o objetivo de estender o valor dos recursos materiais e, assim, reduzir os impactos ambientais.

Nesse contexto, o produto circular é desenvolvido visando a extensão da vida útil ao longo de vários ciclos de uso. No contexto têxtil, essa extensão acontece permitindo que o produto permaneça em uso por mais tempo através de estratégias aplicadas no design e de modelos de negócios que explorem o reuso desses produtos em sua segunda, terceira, (...) vidas. Aumentar o número de vezes que as roupas são usadas pode ser a maneira mais poderosa de capturar valor, reduzir a pressão em recursos naturais e diminuir os impactos negativos da moda (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

Da mesma forma, estender a vida útil dos recursos dentro da economia circular é possível possibilitando a reciclagem dos resíduos infinitamente (ou tanto quanto possível), como descrito acima pelo conceito *Cradle to Cradle*®. Dentro deste contexto, abordaremos em detalhes duas estratégias para o design de produto circular, são eles: **a) Design para reciclagem** e **b) Design para durabilidade**.

Design para reciclagem

Nesta estratégia, os produtos são projetados para serem facilmente reciclados e, portanto, têm um maior potencial de reciclabilidade no final da vida. Do ponto de vista do design, isso inclui: monomateriais, desmontagem de componentes têxteis e não têxteis, e uso de materiais recicláveis.

- **MONOMATERIAL:** design de produtos monomateriais, que com base no Design School Kolding, são definidos como "um produto que é composto de um único tipo de material ou um produto com componentes em que cada um é feito de um único tipo de material" (RÆBIL; HASLING, 2018). Na reciclagem mecânica, as vestimentas monomateriais são consideradas mais fáceis de reciclar. Apenas certas misturas de fibras podem ser recicladas no mesmo equipamento que o algodão, sem causar risco de incêndio. Para a reciclagem de poliéster e viscose, facilita para que toda a peça (incluindo fios, aviamentos e aplicações) seja reciclada e preserva seu valor material;
- **DESMONTAGEM DE COMPONENTES TÊXTEIS E NÃO TÊXTEIS:** quando o monomaterial não pode ser garantido devido às características do produto, o projeto deve considerar que as partes individuais podem ser separadas e recicladas em diferentes fluxos, por exemplo, reciclagem de têxteis, reciclagem de metais para botões e zíperes, etc;
- **USO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS:** equipes de design e desenvolvimento de produtos devem selecionar e obter materiais adequados para reciclagem e limitar o uso de misturas de fibras. Embora os materiais misturados possam ser reciclados mecanicamente, as fibras tornam-se mais curtas e perdem sua qualidade e, portanto, seu valor financeiro.

Design para durabilidade

A partir das 1.683 pesquisas conduzidas com consumidores no Brasil, 78,2% dos entrevistados disseram que mantêm suas roupas por três anos ou mais (MODEFICA, 2020). Esta vida útil pode ser determinada pela qualidade na construção e pelo que pode ser considerado "estilos atemporais". A durabilidade dos produtos de moda leva em consideração: a) durabilidade do estilo (estética do design) e b) durabilidade técnica (a qualidade da construção).

- **DURABILIDADE DO ESTILO:** o estilo ou estética do produto determina por quanto tempo o estilo será atraente para o usuário e, conseqüentemente, pode afetar o tempo de vida útil da peça. Abordagens onde as tendências são priorizadas representam uma vida útil mais curta desses produtos;
- **DURABILIDADE TÉCNICA:** o desempenho e a qualidade de construção dos produtos são fundamentais para estender sua vida útil e evitar o descarte prematuro em aterros. Para reduzir os custos de produção, muitas marcas de moda sacrificam a qualidade durante a montagem dos produtos. Na indústria têxtil, existem testes com objetivo de determinar a qualidade do produto, para garantir, entre outros critérios, a sua durabilidade. Dentre os critérios testados estão os atributos de desempenho que avaliam, por exemplo, solidez da cor, resistência à tração, resistência ao *pilling*, força de costura, etc. (CHOWDHARY, 2009). É importante notar que estes testes são comumente realizados no nível da fibra e do material, raramente no produto acabado.

2. DESIGN DE PROCESSOS E FLUXOS CIRCULARES

Fluxos circulares permitem que produtos, partes ou materiais utilizados sejam direcionados efetivamente para um novo ciclo. Esse resultado depende primeiramente da valorização desses resíduos, e na estruturação da cadeia têxtil para a coleta e a incorporação dos mesmos. Dentro da cadeia têxtil, o fluxo circular pode acontecer em diferentes pontos: sistema fechado de uso de água na produção de fios, desenvolvimento de coleções usando resíduo têxtil industrial, sistema de retorno de roupas implementado pelo varejo a fim de estender a vida útil do produto, entre outros.

É importante lembrar que o desperdício não é o único foco, mas sim diminuir o consumo, construindo novas perspectivas de sistemas e novas estratégias de modelo de negócios. Dentro da redução do consumo devemos enfatizar que "uma economia circular só funciona se o consumo desses bens não for mais rápido que a regeneração de materiais"

Assim, para a implementação do pensamento sistêmico é indispensável o envolvimento de todos os atores na cadeia, incluindo os usuários das roupas. É importante lembrar que o desperdício não é o único foco, mas sim diminuir o consumo, construindo novas perspectivas de sistemas e novas estratégias de modelo de negócios. Dentro da redução do consumo devemos enfatizar que "uma economia circular só funciona se o consumo desses bens não for mais rápido que a regeneração de materiais" (HORBACH, 2015).

Por esse motivo, propomos uma visão ampla para os fluxos circulares, que deve incluir o planejamento de recursos, a redução no uso de recursos durante todo o processo produtivo, além de considerar as variáveis do pós-consumo e possibilidades de reciclagem, sub-ciclagem (*downcycling*)

e sob-ciclagem (*upcycling*). O fluxo circular busca promover a circularidade em todos os estágios ao longo da rede produtiva.

Para garantir que os produtos circulem por vários usuários e por meio da reciclagem, processos de reciclagem e modelos de negócios devem ser construídos para que os produtos e materiais reflitam no ciclo. As marcas de moda em contato direto com os consumidores precisam integrar os processos de logística reversa internos e externos, desde os produtores de fibras até as recicladoras têxteis. Nesse sentido, o Design de Processos e Fluxos Circulares é facilitado pelos seguintes pontos: a) modelos de negócio para logística reversa, b) reciclagem pré-consumo, c) reciclagem pós-consumo, e d) incremento nas doações e consumo de segunda mão.

- **MODELOS DE NEGÓCIO DA LOGÍSTICA REVERSA:** as empresas de moda e têxteis são a linha de frente na preservação do valor dos materiais e produtos produzidos. Os ciclos reversos abrangem a coleta de sobras de têxteis da produção, bem como roupas usadas pelos usuários. No sentido empresarial, esses modelos reduzem o desperdício têxtil em aterros sanitários, podem gerar novos fluxos de receita e estreitar relacionamentos com os clientes. Um modelo comum usado são os sistemas de devolução ou programas de coleta de roupas, onde as empresas de moda criam programas para coletar seus próprios produtos ou de outras marcas em troca de cupons ou compensações para o usuário. As empresas de tecnologia de reciclagem são os principais interessados na reciclagem dos materiais coletados em novas fibras, materiais ou têxteis. Com base em relatório realizado em 2017, existem pelo menos 21 empresas de reciclagem têxtil no Brasil que utilizam processos de reciclagem mecânica ou química (AMARAL, 2018). Veja mais no capítulo RECICLAGEM TÊXTEL.

- **RECICLAGEM PRÉ-CONSUMO:** na indústria têxtil brasileira, a reciclagem

pré-consumo tem sido a mais adotada pela indústria, e a maioria dos têxteis são reciclados ou transformados em materiais de menor valor, por ex. isolamento. A organização COTTON MOVE usa apenas resíduos pré-consumo para a produção de seus produtos reciclados em vez de resíduos pós-consumo. Isso lhes dá uma entrada de material mais simplificada em relação ao conteúdo de fibra, qualidade do comprimento da fibra e cor. (Ver: RECICLAGEM TÊXTIL)

→ **A RECICLAGEM PÓS-CONSUMO:** a reciclagem de produto pronto é o mais difícil dado às misturas de fibras, aviamentos, botões, zíperes, irregularidades de cor e qualidade da fibra. O processo de reciclagem química quebra as fibras em seus compostos e, em seguida, faz a extrusão para processá-las de maneira semelhante às fibras sintéticas.

→ **DOAÇÕES E CONSUMO DE SEGUNDA MÃO:** a pesquisa de consumo realizada no âmbito deste relatório mostrou que apenas 20,3% das pessoas têm o hábito de revender as peças frente a 87,9% de pessoas que fazem doações para igrejas e projetos sociais (MODEFICA, 2020). Isso destaca que a cultura de doação ou repasse entre familiares é mais elevada na comunidade brasileira, podendo estar relacionada a preconceitos sociais contra o uso de segunda mão e mobilidade social ascendente.

3. SISTEMAS VIVOS: REGENERAR A NATUREZA

Um dos principais pilares da definição de Economia Circular é a regeneração dos ecossistemas naturais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). A fundação Ellen MacArthur afirma que: “uma economia circular evita o uso de recursos não renováveis e preserva ou aprimora os renováveis, por exemplo, devolvendo nutrientes valiosos ao solo para promover a regeneração ou usando energia renovável em vez de depender de combustíveis fósseis” (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). Esta regeneração significa que, da

produção ao uso, um material ou produto melhora o meio ambiente ao longo de todo o seu ciclo de vida. Isso inclui, por exemplo, a criação ou restauração de habitats naturais para a vida selvagem, a purificação dos fluxos d'água e o aumento da fixação de nitrogênio e carbono no solo (LIN et al., 2005).

Uma abordagem circular na indústria têxtil deve focar esforços para regenerar as terras agrícolas e florestais e preservar as espécies endêmicas naturais.

Neste último ponto, é importante definir que um sistema regenerativo não apenas reduz a quantidade de emissões de carbono, mas também se concentra em seqüestrar mais carbono líquido (ERIKSSON BG, 2017). Um exemplo de sistemas vivos capazes de regenerar a natureza são as agroflorestas ou a agroecologia. Uma abordagem circular na indústria têxtil deve focar esforços para regenerar as terras agrícolas e florestais e preservar as espécies endêmicas naturais. Isso pode ser facilitado por meio de: a) uso de materiais compostáveis e b) adoção de práticas de agricultura regenerativa.

→ **MATERIAIS COMPOSTÁVEIS:** as fibras naturais podem ser compostáveis quando se degradam no meio ambiente e fornecem nutrientes ao solo. O tecido de algodão, por exemplo, pode ser compostável e seguro para o solo se estiver em estado bruto (como a musselina), que está livre de produtos químicos e corantes. No Brasil, as instalações de compostagem processam principalmente lodo do tratamento de águas residuais da agroindústria e resíduos alimentares (BELTRAME; BELTRAME; OLIVEIRA, 2019), e ainda não incorporam compostagem de fibras têxteis naturais. Além disso, estudos relatam que a compostagem de fibras orgânicas, e sua utilização como camada de superfície orgânica ao solo, favorece a vida das plantas (ERIKSSON BG, 2017). Este processo promove a mitigação ambiental, pois conserva o carbono nos têxteis, enquanto reduz o CO₂ das práticas tra-

dicionais de queima de resíduos têxteis (ÖSTLUND ET AL. 2015; ZAMANI ET AL. 2015).

→ **AGRICULTURA REGENERATIVA:** A agricultura regenerativa é uma prática que visa melhorar a saúde do solo ou restaurar o solo altamente degradado. Ele emprega técnicas que são usadas mais geralmente na agricultura orgânica, como cultivo mínimo, cultivo de plantas de cobertura e adubos verdes, compostagem, cobertura morta e rotação de culturas; e evita pesticidas, fertilizantes, e herbicidas que danificam os organismos vivos no solo (RHODES CJ., 2017). De acordo com o Censo Agrícola do IBGE 2006, 2% das práticas agrícolas no Brasil utilizam métodos orgânicos; e apenas 5106 possuem o certificado de produção orgânica (CARONE BANZATO, T. & BASÍLIO RESENDE, F. 2009). Além disso, as práticas de agricultura em larga escala envolvem o cultivo de uma única cultura usando a maior parte ou a totalidade da terra, o que elimina nutrientes do solo e o degrada (WATTS, B., 2018). No caso dos têxteis, o uso de práticas de agricultura regenerativa, como o manejo holístico do solo e rotação de culturas para o cultivo de fibras (fibras vegetais e animais), provou ajudar com os atuais desafios do aquecimento global (FIBRE2FASHION, 2019).

4. RECURSOS E TOXICIDADE LIMITADA

Para avaliar a circularidade, a indústria deve levar em consideração os agentes tóxicos utilizados em todos os processos, e a capacidade da natureza de absorver e processar essas toxinas. Limitar a toxicidade é necessário para saúde e segurança dos seres vivos. Além disso, quando essas substâncias não podem ser absorvidas e processadas, o resultado é um fluxo linear, pois viram resíduos na fase final do processo. O mais alto grau de circularidade busca transformar resíduos em alimentos ou *inputs* para um novo fluxo de produção.

Nos estudos de ACV das fibras, as entradas e saídas de materiais determinam o im-

O uso eficiente dos recursos naturais e a reintegração dos resultados no ciclo são fundamentais para a abordagem circular

pacto ambiental de cada uma delas. O uso eficiente dos recursos naturais e a reintegração dos resultados no ciclo são fundamentais para a abordagem circular (Ver: ANÁLISE DAS FIBRAS). É importante considerar os seguintes tópicos para melhorar o uso dos recursos e limitar a toxicidade: a) uso de energia, água e solo, b) saídas químicas, e c) redução de resíduos e microplásticos.

→ **USO DE ENERGIA, ÁGUA E SOLO:** os recursos para a produção de fibras variam entre os processos naturais e sintéticos. O manejo da terra, conforme descrito acima, pode ser otimizado com rotação de culturas e fertilizantes naturais e inseticidas. Em energia, o Brasil consome 59,1% (TRADING ECONOMICS, 2014) de seus insumos energéticos de combustíveis fósseis;

→ **SAÍDAS QUÍMICAS:** especialmente importante na produção de fibras sintéticas e nos processos de tingimento, a instalação de sistemas de água em circuito fechado reduz as entradas de água (particularmente importante em regiões com escassez de água) e, além disso, garante que os produtos químicos da produção e corantes não sejam liberados no córregos de água natural;

→ **REDUZIR A GERAÇÃO DE RESÍDUOS E MICROPLÁSTICOS:** em 2018, foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (SOUZA, 2019) no Brasil, dos quais 92% foram coletados e enviados para aterros sanitários. Nesse sentido, o aumento das práticas de reciclagem de têxteis e o investimento em tecnologias de reciclagem podem ter uma redução significativa nos resíduos sólidos. Além disso, mesmo com a reciclagem eficiente de todos os têxteis, as fibras sintéticas, como o poliéster, ainda

representam poluição pela liberação de fibras microplásticas em cada ciclo da lavanderia ANÁLISE DAS FIBRAS.

5. CONDIÇÕES LOCAIS DO SISTEMA: INTERNALIZAR EXTERNALIDADES

Conforme descrito anteriormente, o pensamento sistêmico considera também as externalidades não diretamente associadas à cadeia de suprimentos e ao design dos produtos, mas às circunstâncias locais. É importante mencionar que para impulsionar o desenvolvimento e integração da mudança da cadeia linear para circular, as políticas públicas ocupam o importante papel de catalisador. Um bloco constitutivo importante da economia circular para a Ellen MacArthur Foundation enfatiza a importância de mecanismos de mercado para encorajar a reutilização generalizada de materiais e aumentar a produtividade dos recursos (WEETMAN, 2016).

É importante mencionar que para impulsionar o desenvolvimento e integração da mudança da cadeia linear para circular, as políticas públicas ocupam o importante papel de catalisador.

Para a construção dos processos circulares na indústria têxtil e da moda brasileira, que considerem as condições locais, deve-se levar em consideração: a) políticas públicas e incentivos federais, b) porcentagens de produção local e exportação, c) a renda média nacional, e d) instituições educacionais.

→ **POLÍTICAS PÚBLICAS E INCENTIVOS FEDERAIS:** iniciada em 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei nº 12.305/10 busca enfrentar os problemas ambientais, sociais e econômicos relacionados ao manejo inadequado dos resíduos sólidos através da prevenção, reutilização e reciclagem (AMARAL, MC, ET AL,

2014). Para a indústria têxtil (principalmente na etapa de corte), a PNRS é de caráter obrigatório, na medida que os resíduos gerados sejam classificados como industriais (AMARAL, MC, ET AL, 2014). No âmbito federal, outro exemplo são os subsídios ao agronegócio, como subsídios à compra de agrotóxicos, que têm implicações colaterais ambientais e de saúde. Só para citar alguns: o Projeto de Lei (PL) 6.299/2002 facilita a liberação de agrotóxicos, pois torna a legislação existente mais frouxa e permite o registro e comercialização de novas fórmulas químicas sem o devido estudo de seus efeitos nocivos (COSTA, RIZZOTTO, LOBATO, 2018). Além disso, o Projeto de Lei 4576/16 atinge os pequenos produtores orgânicos ao restringir a venda de seus produtos em supermercados e em programas governamentais, como alimentação escolar. Isso amplia o uso de agrotóxicos no Brasil, que em 2017 movimentou US\$ 8,8 bilhões, tornando-se o maior usuário desses produtos no planeta (COSTA, RIZZOTTO, LOBATO, 2018);

→ **PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO LOCAIS:** no âmbito da economia circular, os produtos, materiais e recursos são mantidos na economia pelo maior tempo possível (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). Na economia atual, os materiais fluem entre diferentes partes interessadas nas etapas da cadeia de suprimentos em escala global. No contexto das importações e exportações, os materiais estão fluindo para dentro e para fora da economia, por isso é importante monitorar como eles são usados na sociedade e seu nível de circularidade (EUROPEAN COMMISSION, 2018). As matérias-primas que forem importadas, fabricadas no Brasil e exportadas como peças acabadas terão um fim de vida fora do âmbito local e sua reciclagem ficará sob a responsabilidade de sistemas de reciclagem de países estrangeiros. Da mesma forma, produtos acabados que são importados e comercializados no Brasil precisam ser considerados como insumo para os fluxos de reciclagem locais;

→ **RENDA MÉDIA NACIONAL:** outro elemento importante diz respeito ao nível de renda da população brasileira. Produtos de vestuário desenvolvidos com práticas sustentáveis acabam sendo vendidos a preços de varejo mais elevados. Isso representa um desafio para os varejistas que lançam produtos de moda circular de alta qualidade e durabilidade que acabam não sendo acessíveis à renda média do seu público. Segundo pesquisa realizada no Brasil em 2019, dos entrevistados que ganham um salário equivalente a até um salário mínimo, apenas 24% pagariam mais por produtos ecologicamente corretos (LOPEZ, ANA M. 2020);

→ **INSTITUIÇÕES EDUCACIONAIS:** a integração bem-sucedida de abordagens circulares na produção de fibras, design de moda e negócios requer trabalhadores e profissionais qualificados para aplicar esses conceitos em seus processos. As empresas devem se esforçar para construir parcerias com as mais de 100 escolas e faculdades de moda no país (ABIT, 2019), incluindo universidades e escolas técnicas, para desenvolver currículos sobre práticas sustentáveis e circulares capazes de atender as necessidades da sociedade. Além disso, a parceria com centros de pesquisas para o desenvolvimento de soluções, como o estudo de tecnologias para reciclagem e novos materiais, são uma saída para o avanço em pesquisa e inovação.

6. SOCIEDADE: JUSTIÇA E ECOLOGIA SOCIAL

Walter Stahel, pensador da escola da Economia de Desempenho, define ecologia social como um componente estruturante de uma nova economia (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). O quanto a produção de materiais e produtos impactam em questões como direitos humanos, igualdade de raça e gênero, dignidade, democracia, emprego, integração social e segurança? Na escola *Cradle to Cradle*®, William McDonough e Michael Braungart abordam a justiça social (a celebração

de todos os sistemas pessoais e naturais) como um princípio fundamentador. Corroborando com tal demanda, a Agência Europeia do Ambiente (European Environment Agency) destaca como a economia circular não tem sido capaz de enfatizar o bem-estar humano ou a inclusão social, focando exclusivamente na reciclagem, na limitação e na reutilização dos insumos físicos da economia, e na diminuição do desperdício de recursos, levando à redução do consumo de recursos primários, mas sem focalizar questões sociais de forma direta e intencional (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2014).

No Brasil, como em muitas outras regiões, a crise ambiental relacionada às mudanças climáticas tem afetado mais as comunidades marginalizadas: Amazônia, comunidades indígenas e periféricas.

No Brasil, como em muitas outras regiões, a crise ambiental relacionada às mudanças climáticas tem afetado mais as comunidades marginalizadas: Amazônia, comunidades indígenas periféricas. (MODEFICA, 2020). A crise econômica e de saúde derivada da disseminação da COVID-19 em todo o mundo lançou luz sobre as disparidades no acesso aos cuidados de saúde e nos meios de subsistência de muitos. O setor têxtil e da moda no Brasil emprega diretamente 1,5 milhão de trabalhadores, dos quais 75% são de mão de obra feminina (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2014). O valor material “infinito” proposto pela economia circular só pode ocorrer se a indústria têxtil valorizar os trabalhadores, os agricultores e as comunidades marginalizadas como prioridade. Nesse sentido, os tópicos principais para alcançar a justiça e a ecologia social são: a) relações justas, b) diversidade, c) geração de novos empregos, e d) inclusão de atores informais.

→ **RELAÇÕES JUSTAS:** um passo em direção à justiça social envolve o pagamento de salários dignos (*living wage*). Isso significa renda alta o suficiente para

manter um padrão de vida normal e cobre as necessidades e gastos dis-cricionários de uma pessoa, incluindo alimentação, saúde, aluguel, transporte, creche e impostos (BARBOSA, 2016). Com base na Global Living Wage Coalition, o salário digno estimado para o Brasil é de R\$ 1.629 por mês (BARBOSA, 2016). Uma pesquisa de 2020 feita pelo Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (Dieese) estimou que o salário mínimo necessário para sustentar uma família de quatro pessoas deveria ter sido de R\$ 4.366,51 em fevereiro. O trabalhador médio do vestuário ganha em média R\$ 1.322,82 (SALÁRIO, 2020) para uma jornada de trabalho de 44 horas semanais.

... relatórios mostram que trabalhadores de grupos étnicos minoritários têm maiores taxas de desemprego e recebem menores salários do que outros.

→ **DIVERSIDADE:** em estruturas corporativas, a diversidade é frequentemente medida apenas em relação à divisão binária de gênero dos funcionários. Quando se fala da economia circular, é importante garantir que esses modelos não continuem se perpetuando. De acordo com a Organização Internacional do Trabalho, empregar uma força de trabalho diversificada não apenas satisfaz as obrigações legais e éticas, mas também pode cortar custos e aumentar a receita (ILO, 2014). A convenção 111 da OIT busca a não discriminação para garantir emprego igual às pessoas, independentemente de raças e origens étnicas, gênero, diferentes deficiências, se são desempregados de longa data ou egressos do sistema prisional (ILO.ORG, 20--?). Entretanto, relatórios mostram que trabalhadores de grupos étnicos minoritários têm maiores taxas de desemprego e recebem menores salários do que outros (ILO, 2011). No Brasil, existem 305 etnias (FELLET, 2016) e a diversidade cultural precisa ser

representada não apenas no marketing e comunicação externa de marcas de moda e têxteis, mas também no incremento de emprego, incluindo em nível de diretoria e posições de tomada de decisão.

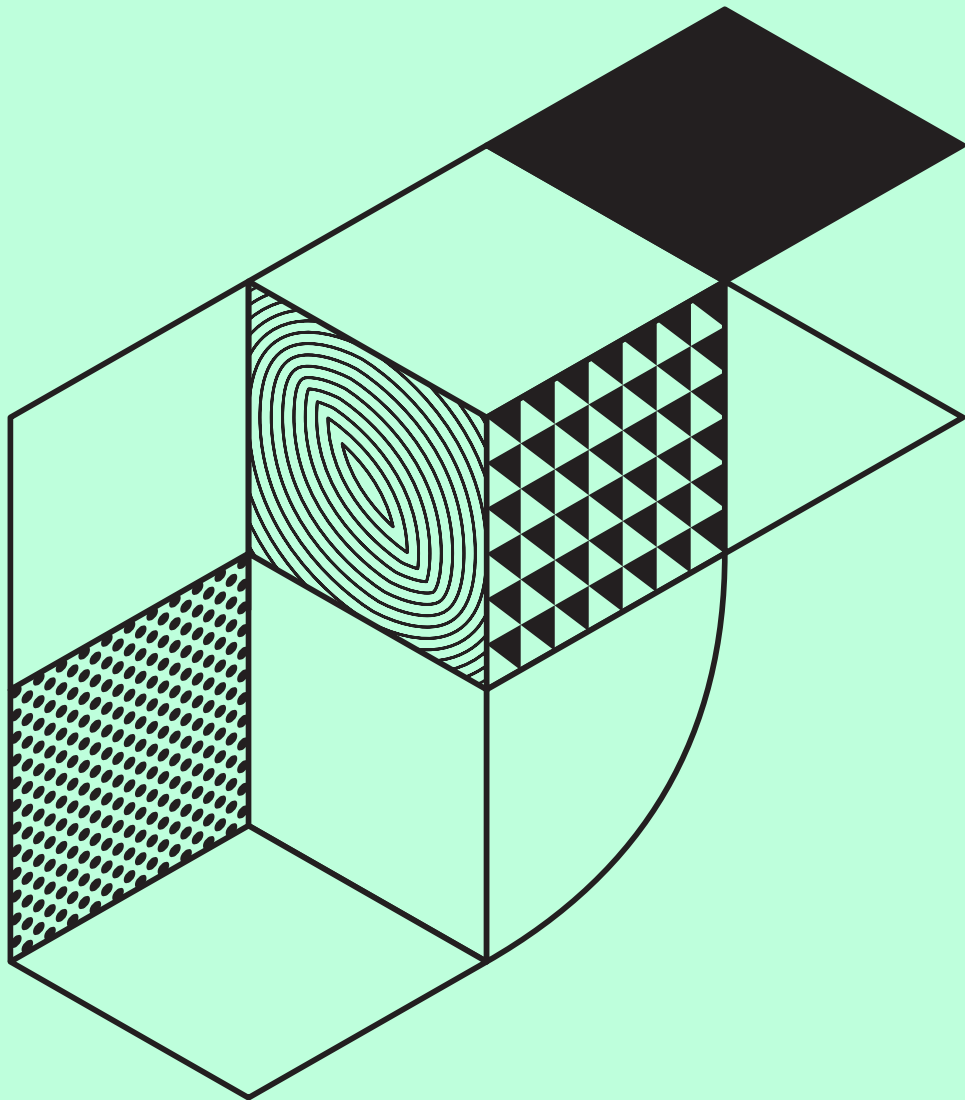
- **GERAÇÃO DE NOVOS EMPREGOS:** a integração de práticas circulares, nomeadamente a recolha, triagem e reciclagem de têxteis, exige a criação de novos postos de trabalho neste setor. Conforme descrito no capítulo PERSPECTIVAS DO SUL PARA A ECONOMIA CIRCULAR, novos empregos na economia verde têm um impacto positivo no meio ambiente, na sociedade e na economia. As empresas do setor podem estabelecer colaborações com o setor público de educação para colocação de trabalhadores qualificados.
- **ATORES INFORMAIS:** até 2019, havia mais de 38 milhões de empregos informais e terceirizados na indústria têxtil brasileira (POERNER, 2020). Além disso, mais de 800.000 pessoas estão envolvidas no trabalho informal de reaproveitamento e reciclagem de materiais e, muitas vezes, também na reciclagem cooperativa (BARUQUE-RAMOS, 2017). Embora a coleta de lixo seja reconhecida na Classificação Brasileira de Ocupações, este trabalho continua no campo da informalidade (BARUQUE-RAMOS, 2017). A integração dos coletores de PET na cadeia de valor têxtil representará um fluxo constante de renda para o setor informal e garantirá a preservação do insumo PET no ciclo circular. Uma pesquisa realizada em 2004 no Município de Duque de Caxias, no estado do Rio de Janeiro, mostrou que dos catadores de lixo entrevistados 68% moram em residências em vias de não pavimentação e apenas 50% têm acesso à rede oficial de esgoto. Do restante, 23,6% fazem o lançamento direto de seu esgoto em valas a céu aberto e 19% recorrem a fossas sépticas ou rudimentares (PORTO, 2004). Nessas comunidades de catadores de lixo é onde ocorre a coleta do PET, portanto, essas condições de moradia podem afetar seriamente a sua saúde.

Orgânico x Agroecológico

Segundo o Dicionário de Educação do Campo, a agroecologia constitui “um conjunto de conhecimentos sistematizados, baseados em técnicas e saberes tradicionais dos povos originários e camponeses que incorporam princípios ecológicos e valores culturais às práticas agrícolas que, com o tempo, foram descologizadas e desculturalizadas pela capitalização e tecnificação da agricultura”. As práticas agroecológicas objetivam a reprodução da vida a partir de uma agricultura de subsistência (que podem ser intercaladas com culturas para aumentar a renda da família, como algodão e gergelim) e fora do ciclo capitalista, prezando pelo acesso à alimentação e distribuição da terra.

A produção orgânica não necessariamente envolve métodos agroecológicos ou socialmente justos. São culturas cuja produção é livre de insumos de origem petroquímica (agrotóxicos) e costumam objetivar o lucro (a venda no mercado). A produção orgânica pode, igualmente à agricultura tradicional, acontecer em vastas extensões de terra e reforçar os modelos de grandes culturas do agronegócio.



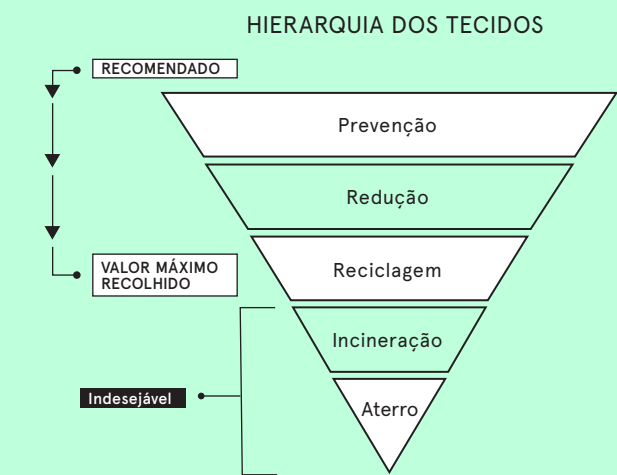


Um fator-chave para a circularidade na indústria têxtil e da moda são os processos de reciclagem de têxteis. O relatório 2020 Circular Fashion Commitment da Global Fashion Agenda destaca o importante papel da reciclagem na construção de um sistema de moda circular. O compromisso incentiva marcas globais de moda e varejistas a aumentar a participação de produtos feitos de fibras têxteis pós-consumo (GLOBAL FASHION AGENDA, 2020).

Reciclagem é o processo de recuperar materiais residuais e processá-los em produtos, materiais ou substâncias para os fins originais ou outros (PIRIBAUER, BARTL, 2019). Nesse sentido, a reciclagem têxtil recupera e reaproveita produtos têxteis, como vestuários, calçados, têxteis-lar e outros, que se transformam em novas fibras ou filamentos.

Conforme demonstrado na FIGURA 16, a reciclagem de têxteis cai no 3º nível da hierarquia de resíduos, após prevenção e redução dos volumes globais de peças de vestuário e produtos têxteis que se transformam em resíduos, e propõe a reciclagem como uma estratégia para capturar o “valor máximo” dos materiais. Por outro lado, a utilização de resíduos têxteis para aproveitamento de energia e utilização como combustível, e o descarte dos resíduos têxteis em aterros, são considerados “indesejáveis” (PIRIBAUER, BARTL, 2019).

FIGURA 16 - Por que reciclar tecidos?



Fonte: Adaptado de ACCELERATING CIRCULARITY, 2020

Reciclagem de Têxteis no Brasil

Um estudo realizado em 2017 coletou dados de 21 empresas de reciclagem de têxteis no Brasil que realizam processos mecânicos (trituração) ou químicos (regeneração de fibras) para reciclagem de têxteis (AMARAL, 2018). Para realização do estudo, foram visitadas 5 empresas no estado de São Paulo (VER TABELA F). Foi identificado que a maior parte da reciclagem de têxteis é feita utilizando apenas resíduos pós-industriais (ou seja, sobras da produção de fios ou tecidos), e os produtos finais são principalmente fios desfibrados e não tecidos.

No âmbito deste trabalho, dois recicladores têxteis (Cotton Move e Renovar Têxtil) foram entrevistados para entender a situação da reciclagem têxtil no Brasil e suprir o déficit de dados públicos e abertos sobre o tema. As entrevistas foram realizadas durante o mês de junho de 2020, orientadas pelo questionário ‘Fim de Vida’ encontrado nos ANEXOS.

Ambas recicladoras fazem processamento mecânico com diferentes entradas de ma-

teriais e saídas de produtos, como pode ser visto descrito na FIGURA 17.

INSUMOS DE MATERIAIS: os insumos de materiais reciclados incluem algodão, poliéster e fibras mistas (algodão, poliéster e viscose com e sem elastano) (VER FIGURA 17). Essas fibras provêm principalmente das mesas de corte da confecção (pré-consumo), diretamente ou por meio de terceiros.

O insumo do material só é comprado quando se trata de fornecedores terceirizados que recuperam os resíduos da confecção, e fazem a triagem e distribuição para empresas recicladoras. Devido à reciclagem mecânica, esses processos não requerem insumos químicos e, portanto, as empresas não possuem uma lista de substâncias restritas na produção ou *Manufacturing Restricted Substances List* (MRSL por sua sigla em inglês).

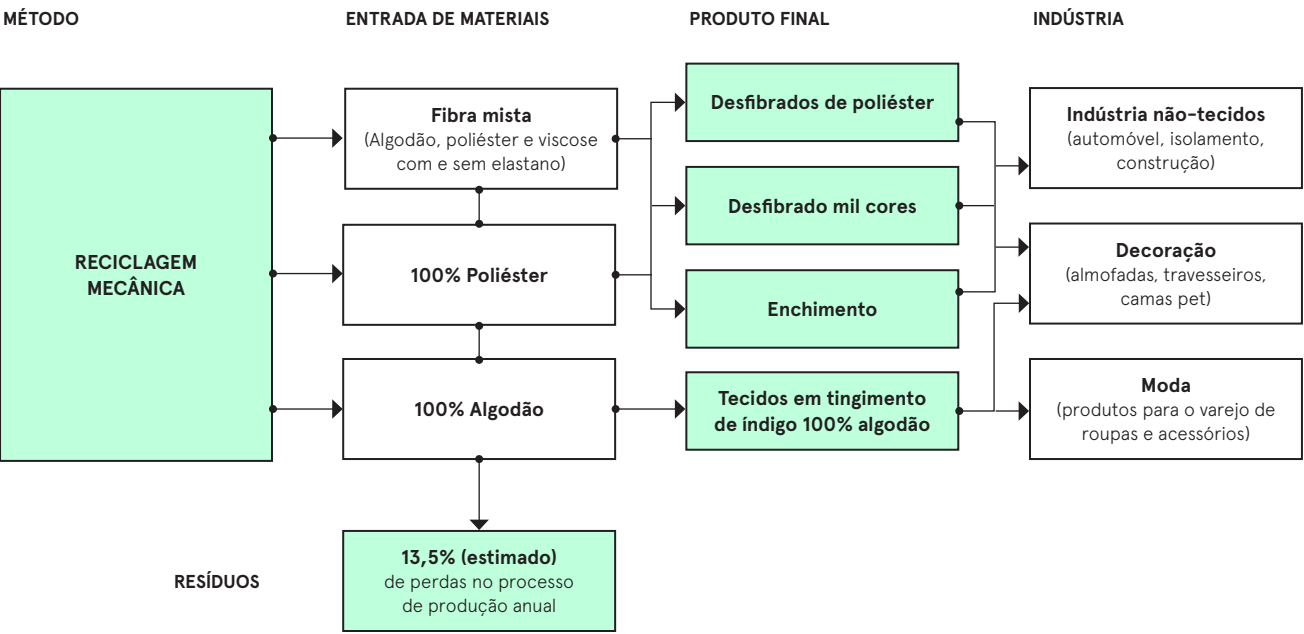
RESÍDUOS: durante o processo de reciclagem ocorre uma perda média de 13,5%. Apenas uma das empresas afirma pagar

TABELA F - Empresas de Reciclagem Visitadas no Estado de São Paulo.

EMPRESA	TAMANHO	PROCESSO DE RECICLAGEM	MATERIAL BRUTO*	PRODUTO FINAL
A	Micro	Mecânico	PC/PI	Tecido; Móbilía
B	Pequena	Mecânico	PC/PI	Montadora; Móbilía; Tecido
C	Pequena	Químico	PI	Plástico; Tecido;
D	Pequena	Químico	PI	Plástico; Tecido;
E	Grande	Mecânico	PI	Montadora; Móbilía; Não-Tecidos

*PC = pós-consumo e PI = pós-industrial. Fonte: AMARAL, 2018.

FIGURA 17 - Método de reciclagem mecânica



Fonte: Elaboração Própria

para incinerar resíduos têxteis que não podem ser reprocessados para reciclagem (cerca de 10 toneladas por ano).

PRODUTO FINAL: os materiais têxteis produzidos incluem desfibrados de poliéster, desfibrado mil caroços, enchimento e tecidos em tingimento em índigo 100% algodão. Como mostra a FIGURA 17, a maior parte dos materiais reciclados são utilizados para produção de não tecidos (por exemplo, indústria automobilística e construção civil) e decoração (por exemplo, almofadas e travesseiros). Somente o insumo de materiais 100% algodão é utilizado na confecção dos produtos circulares para o varejo de moda.

Por meio da pesquisa e dessas percepções das entrevistas com recicladores, dois desafios principais foram identificados:

PENSAMENTO CIRCULAR DEVE COMEÇAR NO DESIGN: a reciclagem de têxteis é mais fácil e econômica ao usar resíduos pré-consumo: apenas resíduos de produção (de fiação, tecido e confecção). Em média, 1 kg de resíduo misto é vendido a R\$ 0,12 centavos o quilo. O material reciclado

(mantas, isolantes etc.) é vendido a cerca de R\$ 1 a R\$ 3 o quilo. Esses têxteis reciclados não tecidos são então usados como matéria-prima para outras indústrias, perdendo assim seu valor comercial.

A reciclagem de resíduos pós-consumo tem exigido maiores recursos financeiros e trabalhistas: os custos de logística e transporte poderiam ser reduzidos se houvesse armazéns próximos aos principais centros de triagem de resíduos têxteis (AMARAL, 2018). Existem também custos associados à higienização industrial, remoção de aparas e fixações e distribuição. Além disso, as fibras não têm a mesma resistência à tração quando comparadas às fibras dos resíduos têxteis pré-consumo.

Todas essas etapas aumentam os custos, mas o valor comercial permanece o mesmo. Para maior viabilidade econômica, produtos devem ser projetados para serem facilmente reciclados com o mesmo valor e as empresas (varejistas) já devem agregar os custos de reciclagem aos seus produtos para que possam investir na logística reversa.

Biodegradável x Compostável

Biodegradável é uma característica de materiais que se decompõem ou se decompõem por meio da ação microbiana em elementos básicos (por exemplo, dióxido de carbono, água) encontrados na natureza. Compostável é uma característica de materiais que se decompõem rapidamente (geralmente em 90 dias) em uma operação de compostagem típica que resulta num solo rico em nutrientes. Uma diferença importante reside no fato de que materiais compostáveis melhoram o solo; itens biodegradáveis não necessariamente.

Para que o processo de biodegradação ou compostagem aconteça de forma correta, ambos precisam do ambiente com as condições necessárias (por exemplo, oxigênio) para se decompor. Os métodos tradicionais de gestão de resíduos sólidos no Brasil (aterros sanitários e lixões) não propiciam as condições necessárias para os materiais biodegradáveis ou compostáveis se decomponem sem gerar impacto ou melhorar a qualidade do solo.

Uma fibra biodegradável ou compostável não significa uma roupa biodegradável ou compostável. As tinturas contidas nas roupas não são necessariamente seguras ou podem conter metais pesados, que podem inibir o crescimento bacteriano essencial ao processo ou contaminar o composto, reduzindo assim seu valor nutricional. As roupas geralmente contêm resíduos de outros produtos químicos usados na produção de fibras e no processamento têxtil, bem como raramente são totalmente produzidas com monomaterial já que aviamentos, etiquetas e linhas podem ser de materiais diversos não degradáveis.

Nos Estados Unidos, a Federal Trade Commission tem regras claras para alegações de produtos biodegradáveis e compostáveis⁴. Um profissional de marketing que fizer uma alegação sobre produto biodegradável deve ter competência e evidência científica confiável de que todo o item se quebrará completamente e retornar à natureza (ou seja, decompor em elementos encontrados na natureza) dentro de um período de tempo razoavelmente curto após o descarte habitual. Também considera enganoso alegar que um material é biodegradável quando este entra no fluxo de resíduos sólidos local. Reivindicações sobre “material biodegradável” não devem ser feitas para itens que são normalmente descartados em aterros, incineradores e instalações de reciclagem porque esses locais não apresentam condições nas quais a decomposição ocorrerá dentro de um ano.

Estabelecendo linhas igualmente claras, a agência governamental americana afirma que o profissional de marketing deve qualificar clara e proeminente-mente as reivindicações sobre “material compostável” como medida necessária para evitar engano se: (1) o item não pode ser compostado com segurança ou em tempo hábil em uma pilha de compostagem doméstica ou composita; ou (2) a alegação engana os consumidores sobre o benefício ambiental fornecido quando o item é descartado em aterro. Para evitar engano sobre a disponibilidade limitada de compostagem municipal ou instalações institucionais, um comerciante deve qualificar de forma clara e proeminente se tais instalações não estiverem disponíveis para uma maioria substancial dos consumidores ou comunidades onde o item é vendido.

⁴ <https://www.ftc.gov/news-events/media-resources/truth-advertising/green-guides>

Condições do Sistema para Reciclagem

EMPRESAS E CATADORES DE RESÍDUOS TÊXTEIS: para a coleta de seus resíduos têxteis, os fornecedores pagam de R\$ 0,30 a R\$ 0,60 centavos por quilo aos catadores de resíduos têxteis. Porém, não há cobrança de taxa para destinação desses resíduos em aterro, portanto, é financeiramente mais interessante enviar o material residual para os aterros sanitários locais ao invés de pagar por um gerenciamento adequado de resíduos que facilitem a reciclagem.

Atualmente não há incentivos para reciclagem ou práticas sustentáveis. A comercialização de resíduos têxteis incorre numa dupla tributação: imposto sobre o vendedor e imposto sobre o comprador. A ausência de quaisquer incentivos federais ou estaduais torna o custo das fibras têxteis recicladas iguais, às vezes até superior, ao custo das matérias-primas virgens; além disso, para algumas empresas é mais lucrativo importar resíduos têxteis mais baratos e já separados por cor e mistura de fibras (AMARAL, 2018). Nesse sentido, fica claro a ausência de uma condição favorável do sistema para ampliar a reciclagem têxtil no Brasil.

... a falta de uma política de gestão de resíduos têxteis dificulta o mapeamento dos verdadeiros impactos socioambientais da indústria têxtil, e também proporciona o aumento exponencial das emissões de GEEs oriundas de aterros sanitários e, no caso do Brasil, de lixões.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL: assim como citado em PRESSUPOSTOS E LIMITAÇÕES, a falta de uma política de gestão de resíduos têxteis dificulta o mapeamento dos verdadeiros impactos socioambientais da indústria têxtil, e também proporciona o aumento exponencial das emissões de GEEs oriundas de aterros sanitários e, no caso do Brasil, de lixões.

Apesar da legislação brasileira contar com importantes normas, como a resolução CONAMA nº 313/02 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10), nenhuma delas abrange o lixo proveniente das empresas da rede produtiva têxtil. Estima-se que são gerados, aproximadamente, 63 toneladas por dia de resíduos têxteis na região central de São Paulo, nos bairros Brás, Bom Retiro e Vila Maria, tradicionalmente conhecidos por formarem o maior pólo produtivo de roupas do país (RECICLA SAMPA, 2020). Somente a região do Bom Retiro, onde se encontram aproximadamente 1.200 confecções, produz cerca de 12 toneladas de sobras de tecido por dia (SINDITÊXTIL SP, 2012).

Contudo, as informações sobre volume de descarte têxtil são discrepantes. Segundo estimativas do SEBRAE, o Brasil produz 170 toneladas de resíduos têxteis por ano, dos quais cerca de 80% do material é destinado a lixões e aterros sanitários (AMARAL, 2018). Questionamos a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) e o Ministério do Meio Ambiente, por meio de um pedido de Lei de Acesso à Informação (VER: ANEXOS), sobre números ou porcentagem de peças de roupas e tecidos presentes nos resíduos

COTTON MOVE

A Cotton Move é uma empresa focada em reciclagem e circularidade, trabalhando com algodão 100% pré e pós-consumo. Fundada em 2018, a Cotton Move trabalha em parceria com Souza e Campos, utilizando sua fábrica no desenvolvimento de seu tecido (COTTON MOVE, 2018?). Seu modelo de produção sob demanda garante que não haja excesso de estoque que possa se transformar em desperdício.

José Guilherme Teixeira, fundador da Cotton Move, acredita que “hoje os consumidores percebem a importância do consumo consciente, sabem que somos agentes transformadores e isso impulsiona empresas como a Cotton Move, que já nascem com o propósito de um desenvolvimento de produtos, gerando menor impacto ambiental” (COTTON MOVE, 2018?).

A Cotton Move busca a circularidade oferecendo produtos têxteis reciclados, que não precisam ser sub-reciclados (down-cycled), e preservam seu valor na cadeia de valor da moda.

www.cottonmove.com.br

RENOVAR TÊXTIL

A Renovar Têxtil é uma empresa de reciclagem têxtil, que trabalha essencialmente com resíduos pré-consumo: (corte têxtil e de confecção, ourelas e estopas). A empresa processa cerca de 1700 toneladas de resíduos têxteis por ano; em sua trajetória, isso representou mais de 200 mil toneladas de resíduos sólidos que não acabaram nos aterros sanitários e voltaram ao mercado (RENOVAR TÊXTIL, 2019).

A empresa anteriormente recebia um lote de roupas da C&A para o processo de desfibramento para transformá-las em novas fibras. Essas novas fibras voltaram ao mercado têxtil na forma de estofamento para travesseiros e pelúcia, mantas acústicas e térmicas, feltros, entre outros. Vale ressaltar que a Renovar Têxtil não recebe roupas diretamente de pessoas físicas, apenas por meio de projetos que fazem logística reversa (RENOVAR TÊXTIL, 2019).

A Renovar Têxtil busca colocar seus materiais reciclados em produtos de valor agregado e reduzir os volumes de resíduos têxteis em aterros sanitários.

www.renovartextil.com.br

sólidos urbano destinados aos aterros. Também perguntamos se haviam dados sobre como esses tecidos se comportam em seu processo de decomposição. Tanto o Ministério do Meio Ambiente quanto a Abrelpe negaram ter qualquer informação a respeito (VER: ANEXOS).

Ao buscar informações específicas sobre a cidade de São Paulo, contatamos as duas concessionárias responsáveis por recolher o lixo reciclável dos 96 distritos de São Paulo. As concessionárias Loga e Ecourbis fazem coleta seletiva em 76% das vias da cidade (PREFEITURA SÃO PAULO, 2021). Segundo consta no site da Prefeitura: “as empresas recolhem os resíduos recicláveis nas residências e destinam prioritariamente para as 25 cooperativas de reciclagem habilitadas no Programa Socioambiental de Coleta Se-

letiva da Prefeitura. [...] Os resíduos remanescentes são encaminhados para às duas Centrais Mecanizadas de Triagem da capital (Carolina Maria de Jesus e Ponte Pequena), que são operadas pela cooperativa habilitada Coopercaps. Ao chegarem nas Centrais, os materiais passam pelo processo de triagem, prensagem, pesagem e depois são comercializados pela cooperativa através de um leilão eletrônico”.

A divisão dos serviços se dá em dois agrupamentos: Noroeste (Centro, Norte e Oeste), coberto pela Loga, e Sudeste (Sul e Leste), coberto pela Ecourbis. Os bairros do Brás, Bom Retiro e Vila Maria, citados acima como destaque pelo lixo têxtil, são assistidos pela Loga. Segundo Francisco de Andrea Vianna, responsável pelo Planejamento e Operação da Loga, em relação às

áreas atendidas, o percentual de resíduos têxtil está entre 5 e 6% da coleta domiciliar comum, sendo, aproximadamente, 275 e 330 toneladas de panos, tecidos, retalhos e roupas das 5.500 toneladas de lixo enviados diariamente para o aterro. Somente na região do Brás, são coletadas 45 toneladas de resíduo têxtil por dia. Isso equivale a cerca de 16 caminhões de lixo têxtil enviados aos aterros sanitários todos os dias⁵. Apesar da concessionária ter iniciado, em 2010, a Operação Brás, que consistia na troca de turno da coleta, passando da noite para o dia e, assim, diminuindo o tempo que o lixo têxtil permanência nas vias, Vianna afirmou que a coleta voltou para o período noturno devido a baixa adesão dos comerciantes e pouca fiscalização da subprefeitura da Mooca.

Somente na região do Brás, são coletadas 45 toneladas de resíduo têxtil por dia.

Questionado sobre como os tecidos se comportam no seu processo de decomposição em aterros, Vianna afirmou não ter informações a respeito e dispôs informações de conhecimento geral: o algodão

varia de 10 a 20 anos para se decompor, tecidos sintéticos entre 100 e 300 anos e poliéster até 400 anos. Quando perguntado sobre “quão importante é pensarmos em políticas públicas voltadas para o lixo têxtil?”, Vianna respondeu:

“É urgente que tenhamos políticas públicas que estimulem o descarte correto, a separação dos materiais na fonte e que pensemos em formas de transformar esses resíduos com a utilização das tecnologias existentes. A logística reversa é uma ferramenta poderosa nesta missão e pode contribuir muito para que nossos números melhorem, diminuindo ao menos a quantidade de resíduos encaminhados para os aterros sanitários”.

Já a concessionária Ecourbis afirmou não dispor de informações específicas sobre quantidade do lixo têxtil recolhido.

⁵ Esse cálculo considerou uma densidade média de 150kg/m³ para um fardo de tecidos e um volume de 17,5m³ de um caminhão de lixo.



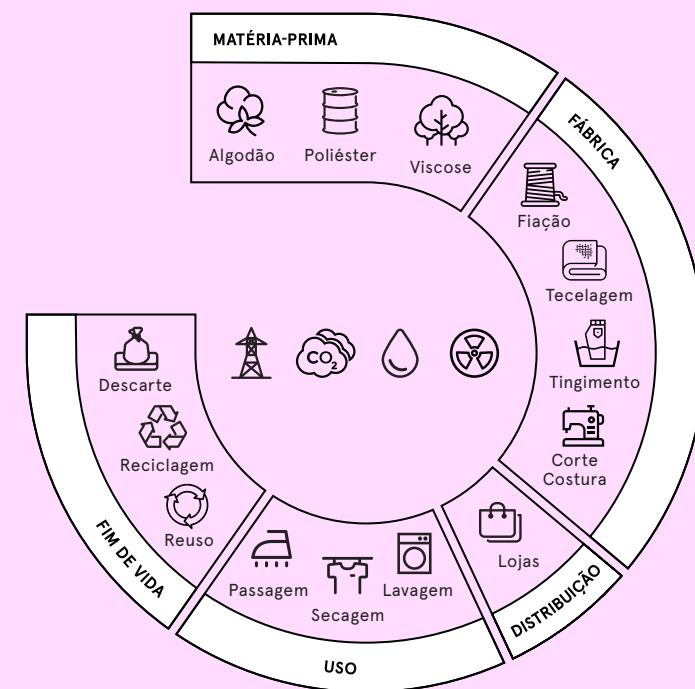
Ciclo de Vida dos Produtos Têxteis

Para que seja possível quantificar os impactos ao longo do ciclo de vida de uma peça de vestuário, é necessário compreender as etapas e processos que o compõem. A FIGURA 18 apresenta de forma simplificada o ciclo de vida de uma peça, desde a obtenção de matérias-primas até o seu descarte. Deve-se ter em conta que em todas as etapas há o consumo de recursos naturais, insumos e energia, além do serviço de transporte. Há ainda emissões para o ar, para a água e para o solo em todas as etapas do ciclo de vida – como por exemplo, as emissões atmosféricas de GEE e as emissões de agentes tóxicos nos corpos hídricos.

Produção de matéria-prima

O ciclo de vida de uma peça de vestuário tem início com a produção da fibra, matéria-prima essencial para a sua confecção. Neste relatório, detalharemos a produção das fibras de algodão, poliéster e viscose.

FIGURA 18 - Ciclo de vida de uma peça de vestuário



Fonte: Elaboração Própria

Algodão

A fibra de algodão tem seu início no campo, com o preparo do solo, plantio, seguido pelos tratos culturais e colheita. Após a colheita mecanizada, ocorre o processo de beneficiamento do algodão. Nessa etapa, as plumas são separadas do caroço e do línter por meio de descaroçadeiras e acondicionadas em fardos (VELLOSO SARMENTO GOMES; RÓBLIS VERSIANI COSTA; DELLA SANTINA MOHALLEM, 2016). Os fardos de algodão seguem então para a fiação nas fábricas.

A FIGURA 19 apresenta os principais processos e insumos envolvidos no ciclo de vida da produção de algodão.

Segundo levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento, a produtividade média do algodão em caroço na safra 2018/2019 foi de 4,3 t/ha, com rendimento de pluma de 40% (CONAB, 2020). As quantidades dos nutrientes N, P e K empregadas no algodoeiro podem variar em função da disponibilidade de nutrientes no solo e manejo do produtor. Valores nacionais estão na ordem de 110 kg N/ha, 60 kg P2O5/ha e 40 kg K2O/ha (MORITA et al., 2020).

No Brasil, o algodão é a quarta cultura que mais consome agrotóxicos, sendo responsável por aproximadamente 10% do volume total de pesticidas utilizado no país, com uma aplicação média de 28 litros de pesticidas por hectare de algodão.

Por sua alta susceptibilidade a pragas e doenças, o uso de pesticidas (principalmente inseticidas, herbicidas e fungicidas) na cotonicultura é bastante relevante. No Brasil, o algodão é a quarta cultura que mais consome agrotóxicos, sendo responsável por aproximadamente 10% do volume total de pesticidas utilizado no país (BOMBARDI, 2017), com uma aplicação média de 28 litros de pesticidas por hectare de algodão (ABRAS-

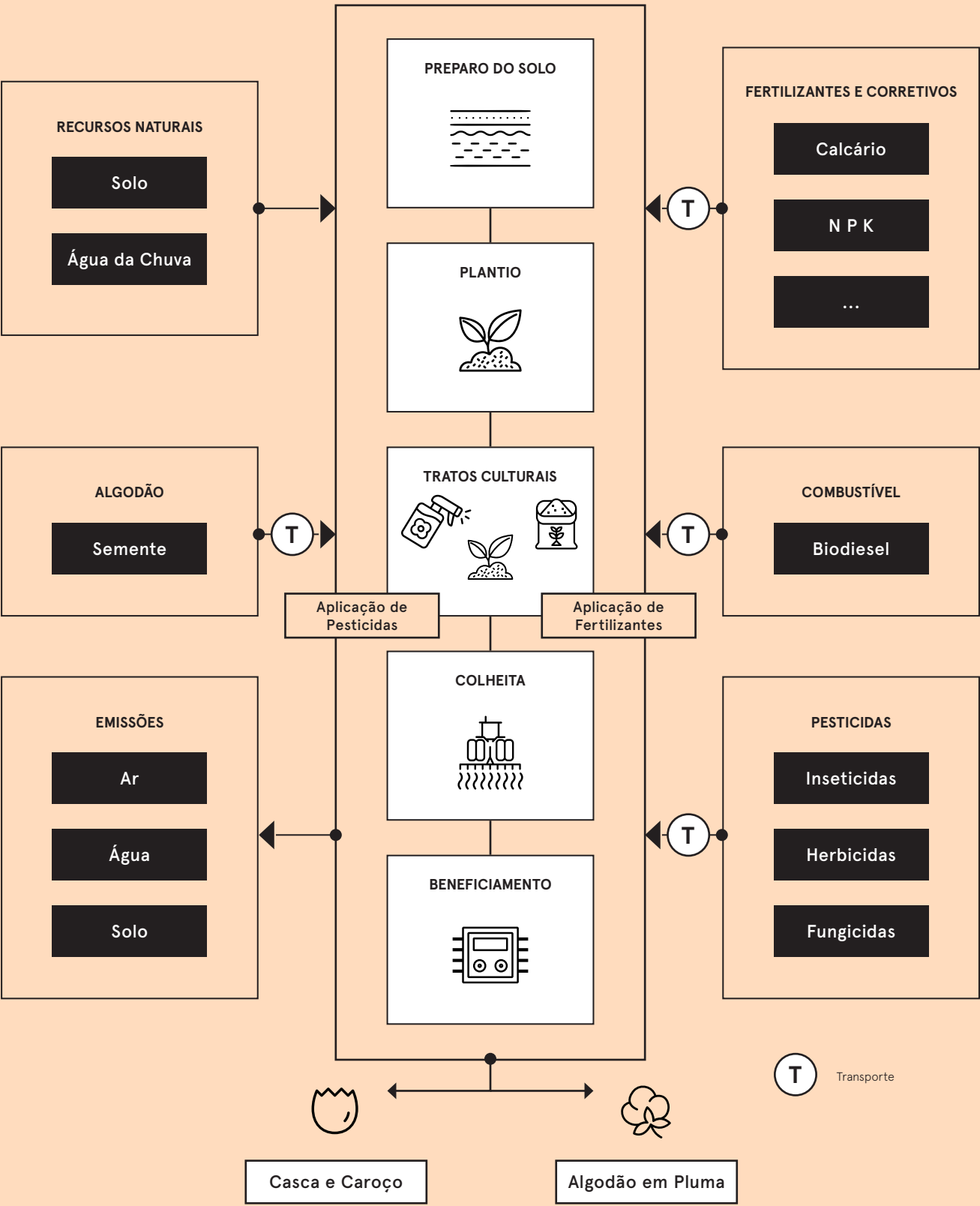
CO, 2015). O impacto do uso de pesticidas é motivo de grande preocupação, devido ao alto potencial de afetar a saúde humana e o meio ambiente, podendo ocasionar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, mortalidade de abelhas, intoxicação, aborto espontâneo e câncer em seres humanos (ABRASCO, 2015).

Como toda cultura agrícola, a expansão da cotonicultura pode estar relacionada também aos impactos da mudança de uso da terra e ao risco de desmatamento. Analisando a safra 2019, nota-se que em quase todos os estados onde se plantou algodão no país houve incremento em área plantada comparada à temporada anterior. Destaque para os estados do Mato Grosso (MT) e Bahia (BA) que, juntos, representam cerca de 90% da área total de cultivo de algodão. O MT é o principal estado produtor, e na última safra teve um aumento de 39,6%, totalizando uma área de 1,08 milhão de hectares. Já na Bahia, houve um aumento de 25,9% da área, atingindo uma extensão de 332 mil hectares (CONAB, 2019).

Por outro lado, o país tem investido em rastreabilidade e certificação para garantir uma produção com menor impacto ambiental. O Brasil é o maior produtor mundial de algodão certificado Better Cotton Initiative (BCI), respondendo por cerca de 30% do volume total de algodão BCI (BCI, 2020; TEXTILE EXCHANGE, 2019). Na safra 2018/19, mais de 75% do total de plumas de algodão foram produzidas sob os critérios socioambientais da certificação BCI/ABR (Algodão Brasileiro Responsável), correspondendo a 1,12 milhões de hectares e 2,03 milhões de toneladas (BCI, 2020; TEXTILE EXCHANGE, 2019).

Vale ressaltar ainda que predomina no Brasil o cultivo de algodão em sequeiro, sem irrigação artificial (VASCONCELOS et al., 2012). Essa peculiaridade da produção nacional diminui drasticamente o consumo de água nessa etapa do ciclo de vida dos vestuários.

FIGURA 19 - Mapa de processo da etapa de produção do algodão



Fonte: Elaboração Própria

Poliéster

A cadeia de produção de poliéster é iniciada no refino de petróleo, com a obtenção da nafta, que, entre outros produtos, geram as matérias-primas para-xileno (P-xileno) e eteno, que, numa segunda geração, são transformadas em ácido tereftálico (PTA) e monoetilenoglicol 30 (MEG). Uma outra rota de produção utiliza o Dimetil Tereftalato (DMT) e o monoetilenoglicol (MEG) (ABRAFAS, 2020b; BNDES, 2004).

Esses químicos passam então pelo processo de policondensação e geram a resina termoplástica poliéster. Em seguida o poliéster é estirado e extrudado, produzindo assim os fios de poliéster que finalmente são enviados às fábricas têxteis e seguem o seu ciclo de vida (ABRAFAS, 2020b; BNDES, 2004). A FIGURA 20 apresenta os principais processos e insumos envolvidos no ciclo de vida da produção do poliéster.

Uma característica interessante é que a fibra de poliéster tem propriedades que reduzem a tendência a amassar do tecido confeccionado, possui elevada resistência à umidade e aos agentes químicos, é não-alérgica e apresenta elevada resistência à tração. No entanto, a fibra de poliéster também está fortemente relacionada com a presença de microplásticos nos mares e oceanos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017a).

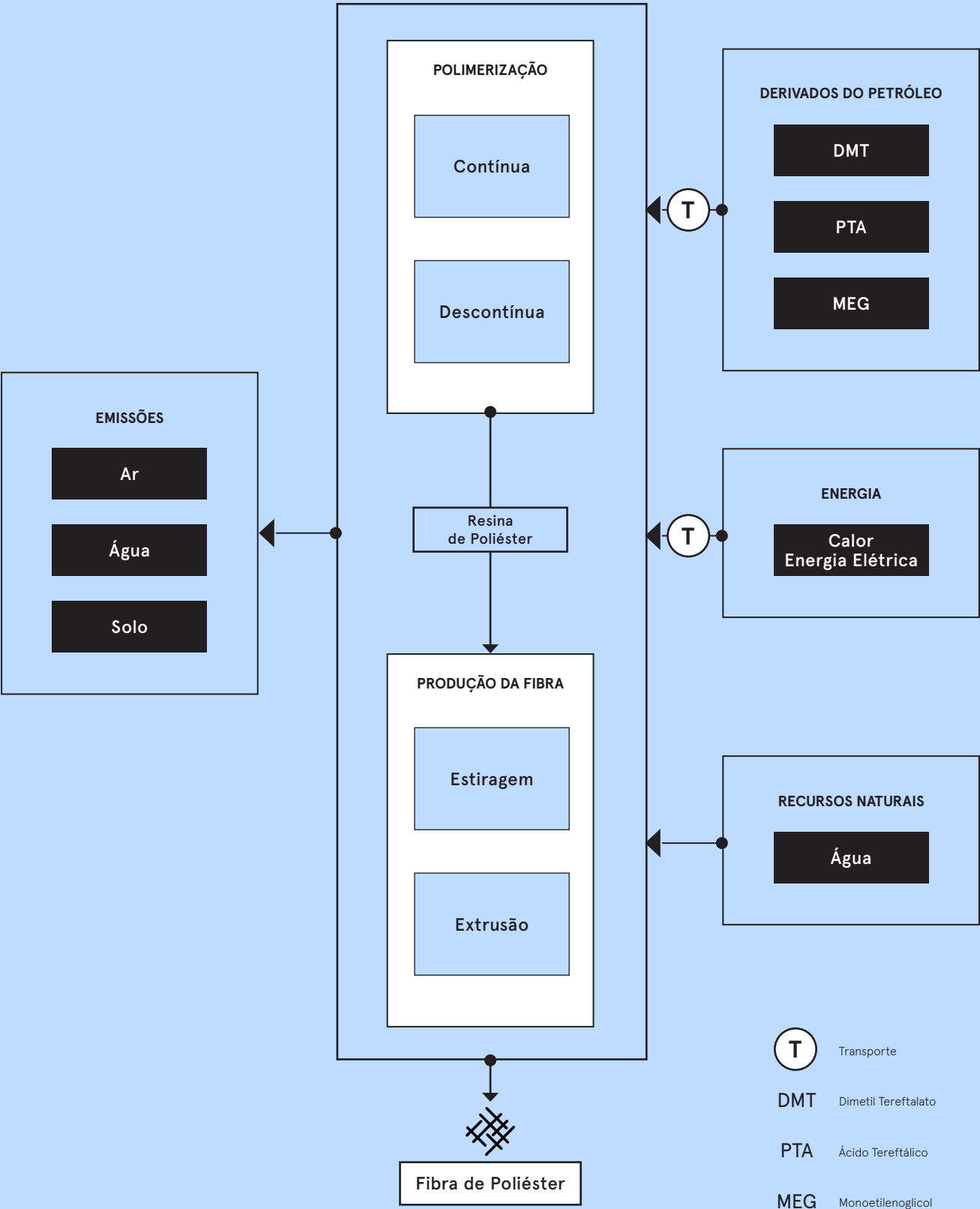
Apesar de ser oriundo do petróleo, fonte não renovável e poluente, uma das aparentes vantagens dessa fibra é o fato de ser reciclável. A porcentagem de poliéster reciclado feito a partir de garrafas plásticas PET aumentou de 8%, em 2007, para 14%, em 2017. Segundo o último Censo da Recic-

... a fibra de poliéster também está fortemente relacionada com a presença de microplásticos nos mares e oceanos.

clagem do PET no Brasil, foram recicladas 274 mil toneladas de PET em 2016 (51% da produção total). Desse total, cerca de 1/4 foi destinado à indústria têxtil (ABIPET, 2016). A matéria-prima reciclada substitui a fabricada a partir do petróleo, com economia de materiais e energia. Contudo, essa conta pode resultar em uma soma de ganho zero, pois a produção de poliéster reciclado a partir de garrafas PET exige um contínuo fluxo de produção de plástico virgem para a produção das garrafas PET em primeiro lugar. Ao mesmo tempo, a dependência da indústria da moda de plástico de outras indústrias pode desviar a atenção para a procura de soluções para resíduos têxteis de poliéster, prejudicando um sistema circular têxtil ao têxtil (GREENPEACE, 2017).

... a produção de poliéster reciclado a partir de garrafas PET exige um contínuo fluxo de produção de plástico virgem para a produção das garrafas PET em primeiro lugar.

FIGURA 20 - Mapa de processo da etapa de produção do poliéster



Fonte: Elaboração Própria

Viscose

A viscose é uma fibra artificial produzida a partir da celulose com alto teor de alfa-celulose⁶. A FIGURA 21 apresenta os principais processos e insumos envolvidos no ciclo de vida da sua produção, que passa pela silvicultura, indústria de celulose e, finalmente, produção da fibra.

A celulose solúvel pode ser produzida por meio de bateladas e segue os mesmos processos químicos tradicionais que a produção de celulose para papel (processo kraft) (VIDAL, 2013). Vale destacar que esse processo pode ser autossuficiente em energia – recuperada através do uso da biomassa da madeira (cascas e galhos). A maior parte da produção mundial de celulose solúvel (77%) é utilizada na fabricação de viscose e 40% da capacidade mundial está localizada na Ásia (FONTES, 2019). O Brasil também está entre os 10 principais produtores de celulose solúvel, representando cerca de 11% da produção mundial em 2019 (TEXTILE EXCHANGE, 2019), com destaque para a empresa Bracell, que possui uma capacidade instalada de 750.000 toneladas e cujo inventário de emissões de CO₂ somou 3,1 milhões de toneladas (BRACELL, 2020).

O processo de produção de viscose se inicia pela saturação da celulose por soda cáustica. O material é então exposto ao ar para que ocorra uma oxidação controlada das cadeias de celulose, convertendo-as em cadeias mais curtas. O produto obtido é colocado em um tanque e tratado com dissulfeto de carbono, formando grupos de éster-xantato. Esse material é novamente dissolvido em uma solução de soda cáustica, resultando em uma solução de celulose insolúvel – uma massa viscosa intermediária denominada xantogenato de celulose ou viscose. A viscose passa então por um processo de amadurecimento (maturação) e filtragem para remover insolúveis que possam causar defeitos nos filamentos. Após maturação, passa por processo de extrusão e estiramento, formando filamen-

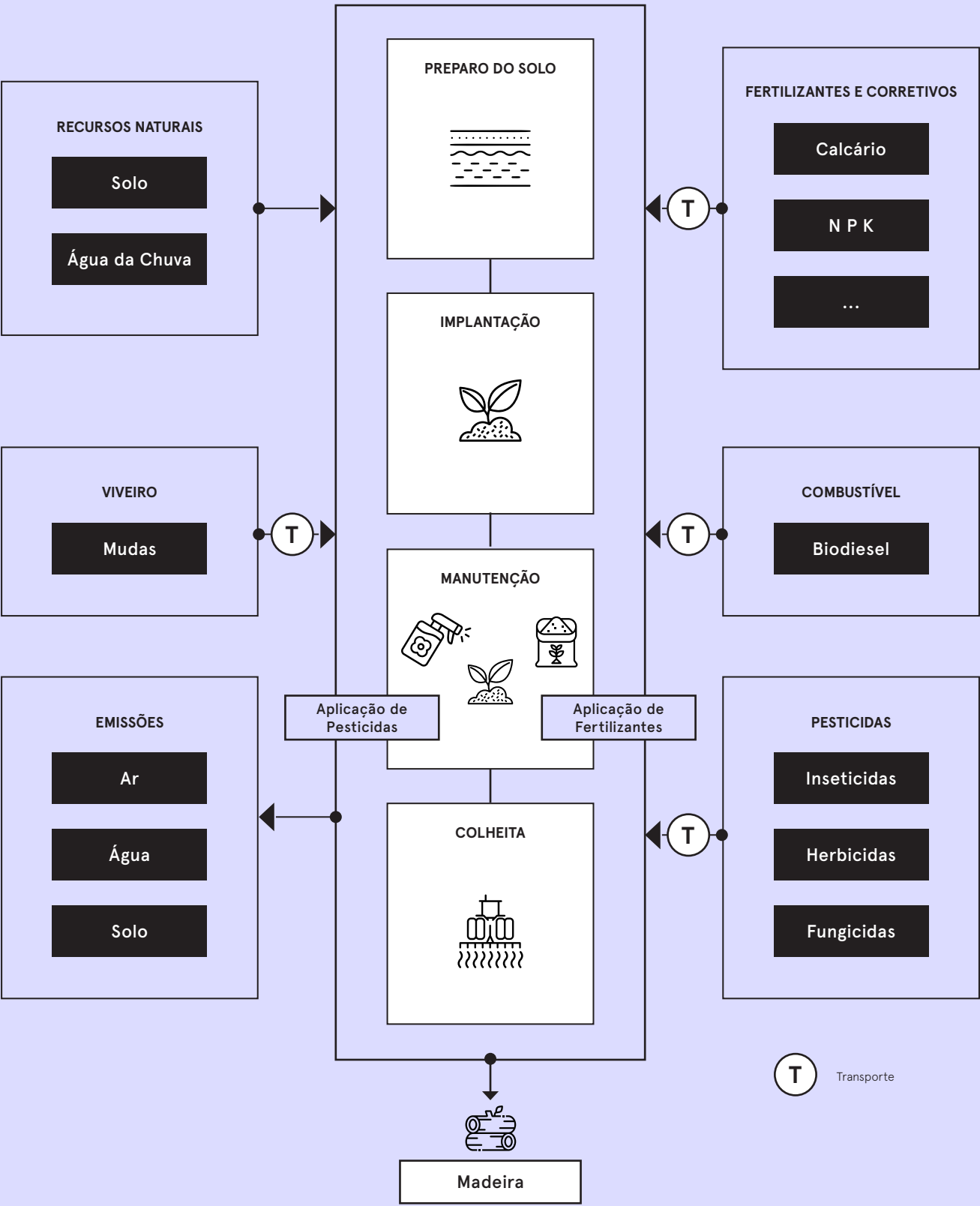
tos contínuos. Esses filamentos, por sua vez, são extrudados e cortados para a produção das fibras de viscose (BNDES, 2004).

O uso de produtos químicos, principalmente soda cáustica, ácido sulfúrico e dissulfeto de carbono, é o aspecto ambiental mais questionado do processo de produção da viscose. Tanto a soda cáustica quanto o ácido sulfúrico são produtos químicos altamente corrosivos, perigosos ao ambiente de trabalho e que podem causar danos ao meio ambiente. O dissulfeto de carbono é outro produto químico largamente utilizado, altamente tóxico para os humanos, podendo levar a graves problemas de saúde, incluindo parkinsonismo, ataque cardíaco e derrame (CHANGING MARKETS FOUNDATION, 2017).

Outro aspecto ambiental relevante é a origem da madeira utilizada na produção da viscose, que pode estar relacionada aos impactos da mudança de uso da terra e ao risco de desmatamento. Assim como no cultivo de algodão, existem iniciativas que buscam atestar os fornecedores que utilizam adequadamente os recursos naturais e têm compromisso com a não exploração predatória das florestas, como *Forest Stewardship Council*® (FSC) e *Canopy*. Ambas organizações têm empregado esforços para garantir uma melhor gestão florestal no Brasil, mas reconhecem a complexidade da produção brasileira de madeira, principalmente no norte e nordeste do país e seus impactos socioambientais.

Conversamos com representantes da Canopy e da Papel Social, organizações que conduziram pesquisas na cadeia produtiva da celulose no Brasil e compartilharemos conosco a complexidade da certificação desse insumo, que flui de forma complexa e fragmentada no sistema de matérias-primas nacional. Maior transparência de dados e rastreabilidade se mostram urgentes para melhor compreensão dos impactos da produção dessa matéria-prima e possibilidades de melhoria.

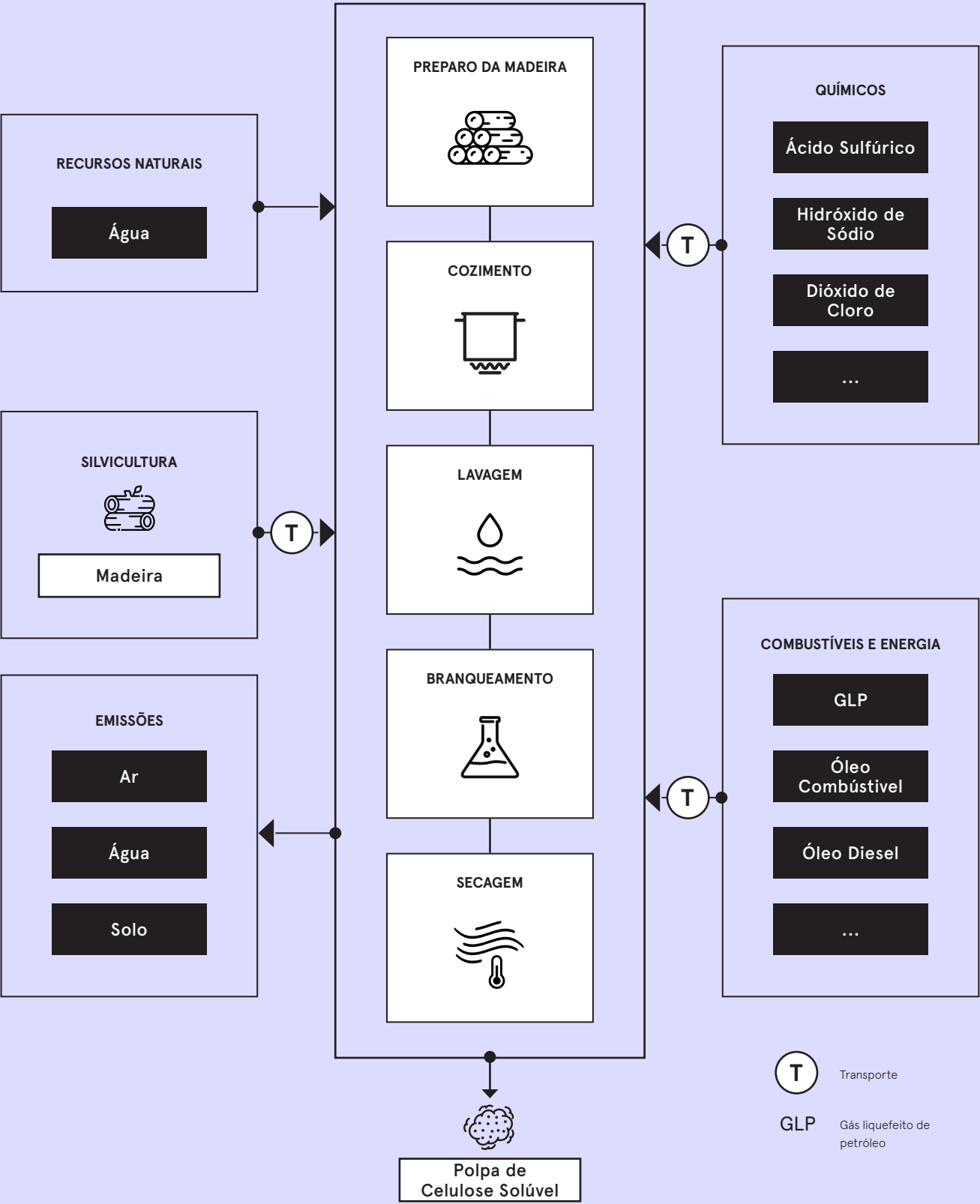
FIGURA 21 - Mapa de processo da etapa de produção do Viscose - parte 1



Fonte: Elaboração Própria

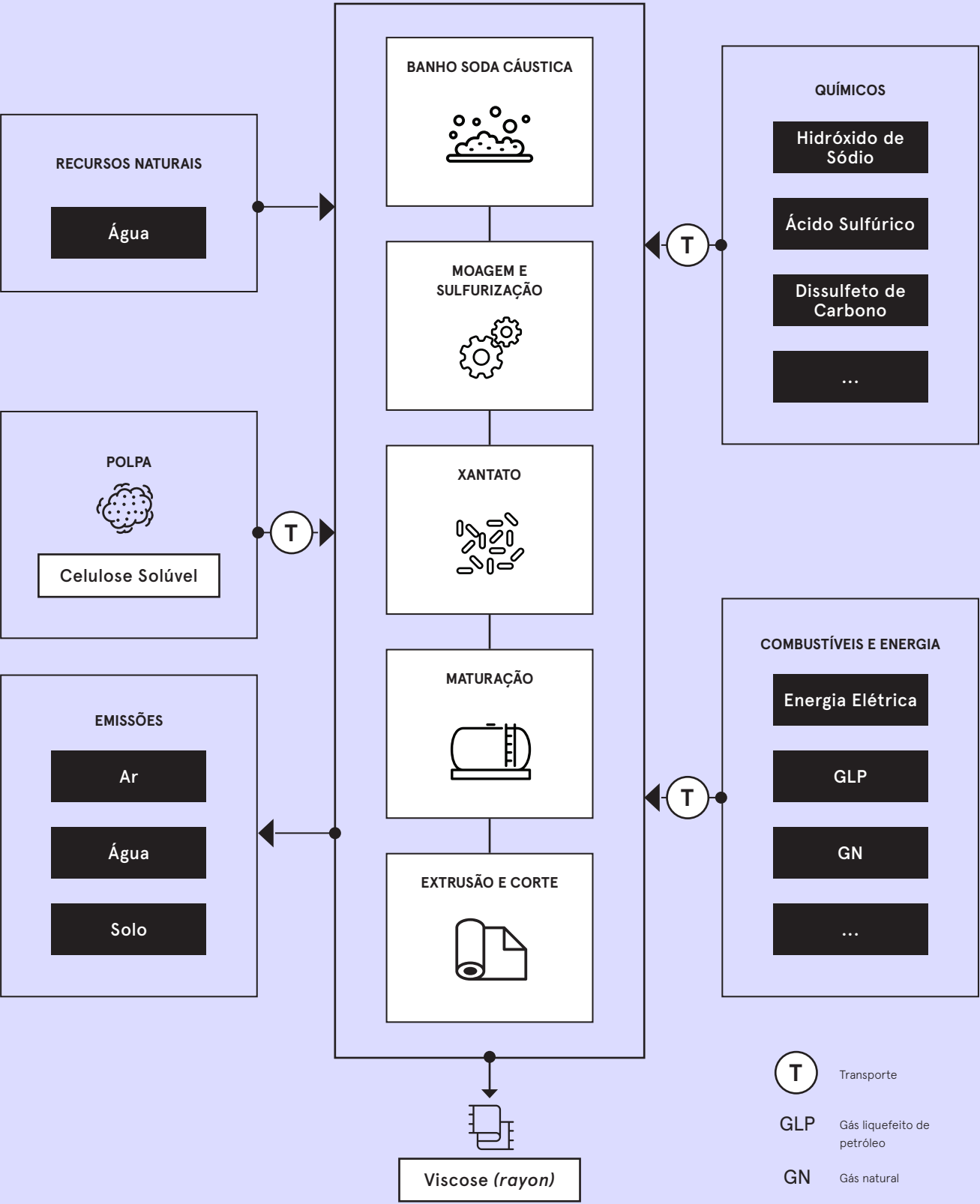
⁶ A celulose solúvel utilizada para a produção de viscose possui teor de alfa-celulose entre 90% e 92%, enquanto a celulose para papel costuma apresentar 87% (VIDAL, 2013).

FIGURA 21 - Mapa de processo da etapa de produção do Viscose - parte 2



Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 21 - Mapa de processo da etapa de produção do Viscose - parte 3



Fonte: Elaboração Própria

Após a produção das fibras, ocorre o transporte às fábricas para transformação da fibra em fios que, por sua vez, são tramados e se tornam tecidos. Uma vez produzidos, os tecidos passam então por um processo de beneficiamento onde são realizadas as operações de tingimento, lavagem, estamparia e acabamento. Por fim, os tecidos acabados são destinados às redes de confecção que realizam o corte e costura, criam a peça e a distribuem nas lojas e no comércio.

A FIGURA 22 apresenta o mapa de processos relacionado à etapa de fabricação de uma peça de vestuário, com os principais insumos e emissões associadas.

Dependendo da fibra utilizada, o tipo de processo e a quantidade de insumos utilizados podem sofrer variações. De modo geral, o alto consumo de energia elétrica é bastante característico dessa etapa, assim como a geração de resíduos sólidos (principalmente retalhos de tecidos gerados durante o corte e costura) e efluentes (principalmente durante o processo de tingimento) (MUTHU, 2020a).

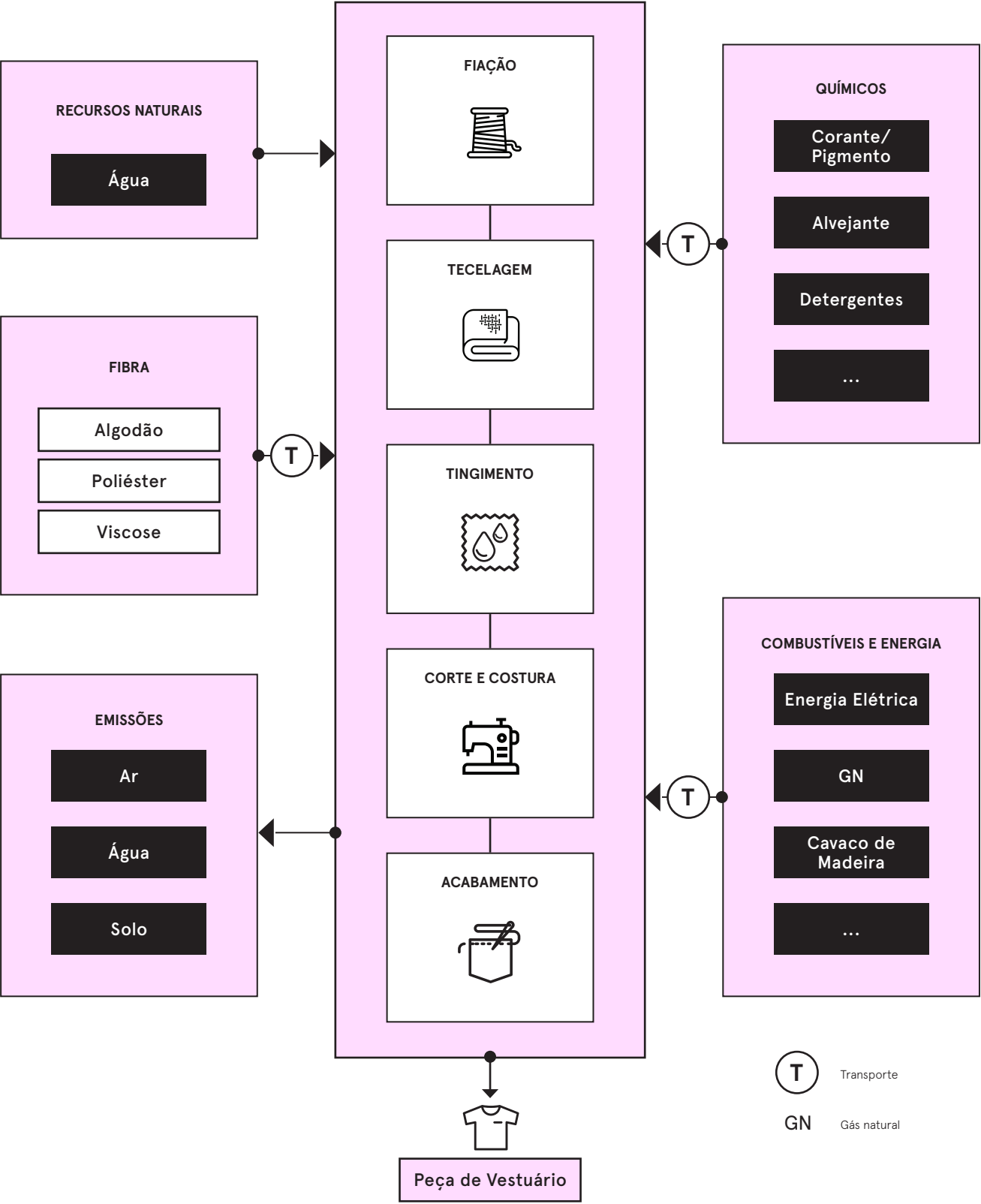
Estima-se que as perdas nas várias fases da etapa de fabricação de camisetas estão na ordem de 50% para o algodão, 31% para a poliamida e 29% para o poliéster. Em todos os casos, a etapa com maior perda é a confecção (corte e costura) – responsável por 25% em todos os casos.

As perdas de tecidos nas fábricas podem chegar a 20% do total manipulado. Estima-se que as perdas nas várias fases da etapa de fabricação de camisetas estão na ordem de 50% para o algodão, 31% para a poliamida e 29% para o poliéster. Em todos os casos, a etapa com maior perda é a confecção (corte e costura) – responsável por 25% em todos os casos (Vasconcelos et al. 2012).

Do ponto de vista social, o processo de fiação, principalmente da fibra de algodão, gera uma poeira fina que está associada a problemas respiratórios crônicos aos trabalhadores.

Do ponto de vista social, o processo de fiação, principalmente da fibra de algodão, gera uma poeira fina que está associada a problemas respiratórios crônicos aos trabalhadores. Um outro problema do setor é a contratação de mão de obra informal, principalmente durante o processo de corte e costura.

FIGURA 22 - Mapa de processo da etapa de fabricação da peça



Fonte: Elaboração Própria

Uso

Com a peça confeccionada e distribuída, é a vez do consumidor adquiri-la e utilizá-la, realizando as operações de lavagem, secagem e passagem por diversas vezes até finalmente descartá-la (FIGURA 23).

A etapa de uso da peça têxtil contribui de forma significativa para diversos impactos ambientais e varia conforme os hábitos de cada pessoa e até mesmo a região onde mora. O modo e a frequência em que são realizados os processos de lavagem, secagem e passagem dependem de diver-

sos fatores, como: o tipo de peça (ex. a frequência de uso de camiseta é diferente da frequência de uso de um casaco de frio), o tipo de fibra (ex. poliéster pode evitar a passagem de roupa, já que amassa bem menos, por outro lado libera microplásticos durante o processo de lavagem), o clima (ex. o clima brasileiro permite que a secagem seja feita ao ar livre), o tipo de máquina (ex. máquina com ciclo de lavagem a quente consome mais energia que máquinas de lavagem a frio), a eficiência das máquinas, entre outros.

Fim de Vida

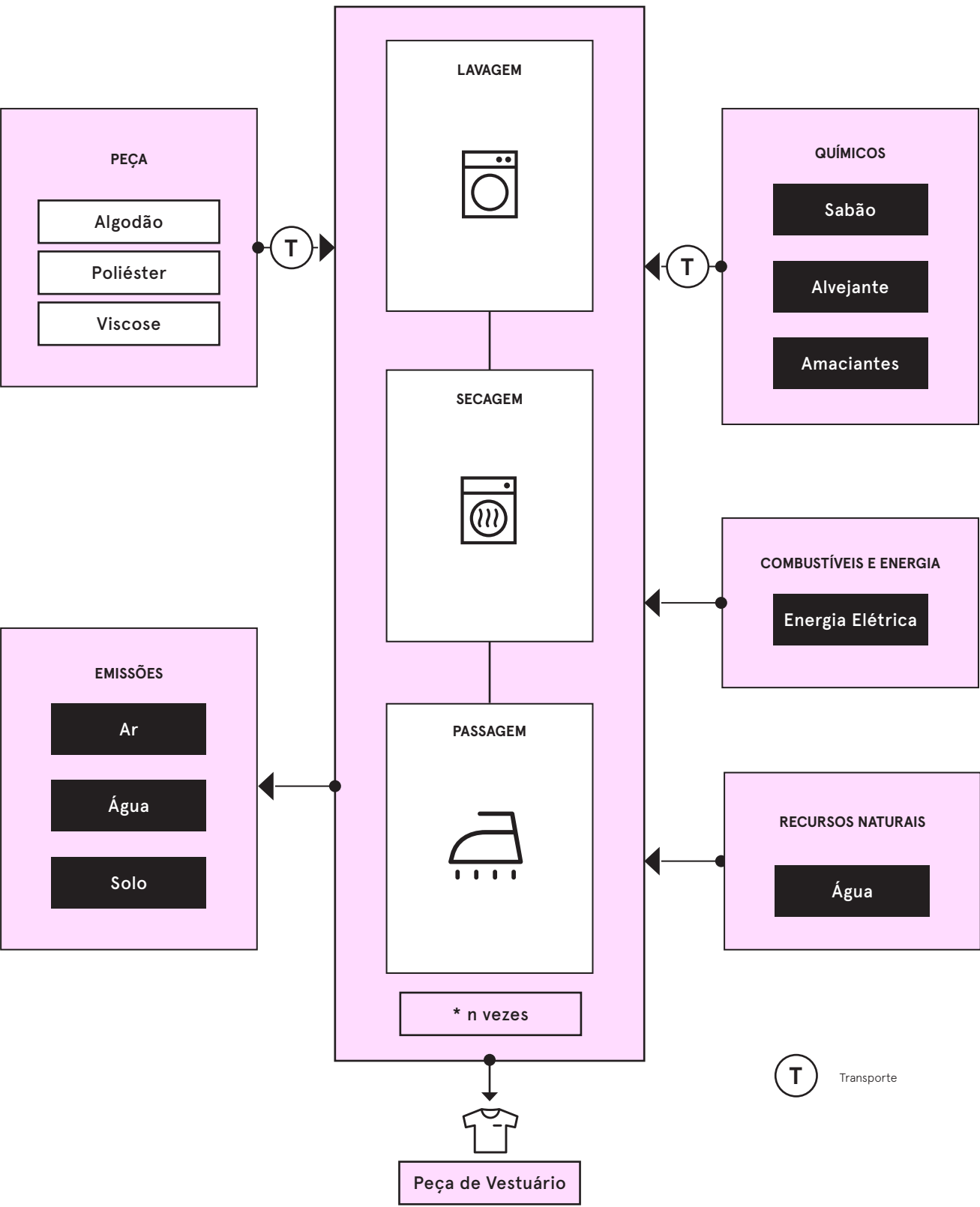
O fim de vida de uma peça de vestuário pode seguir destinos diferentes dependendo do grau de informação do usuário e disponibilidade de coleta seletiva na região. Quando descartada no lixo comum, as roupas acabam no aterro sanitário ou no lixão, onde levam dezenas de anos para se decomporem, com impactos negativos ao meio ambiente.

Quando se decompõem, parte das emissões das peças de roupas biodegradáveis – como o algodão e a viscose – está relacionada às emissões de carbono biogênico. Estima-se que o algodão e a viscose capturam (durante a fase de produção agrícola) e emitem (durante a sua decomposição) cerca de 1,5 kg CO₂/kg de fibra (GIASSON et al., 2015; SHEN; WORRELL; PATEL, 2010). Isso significa que, em uma área equivalente a um campo de futebol, essas culturas podem absorver aproximadamente 6,45tCO₂.

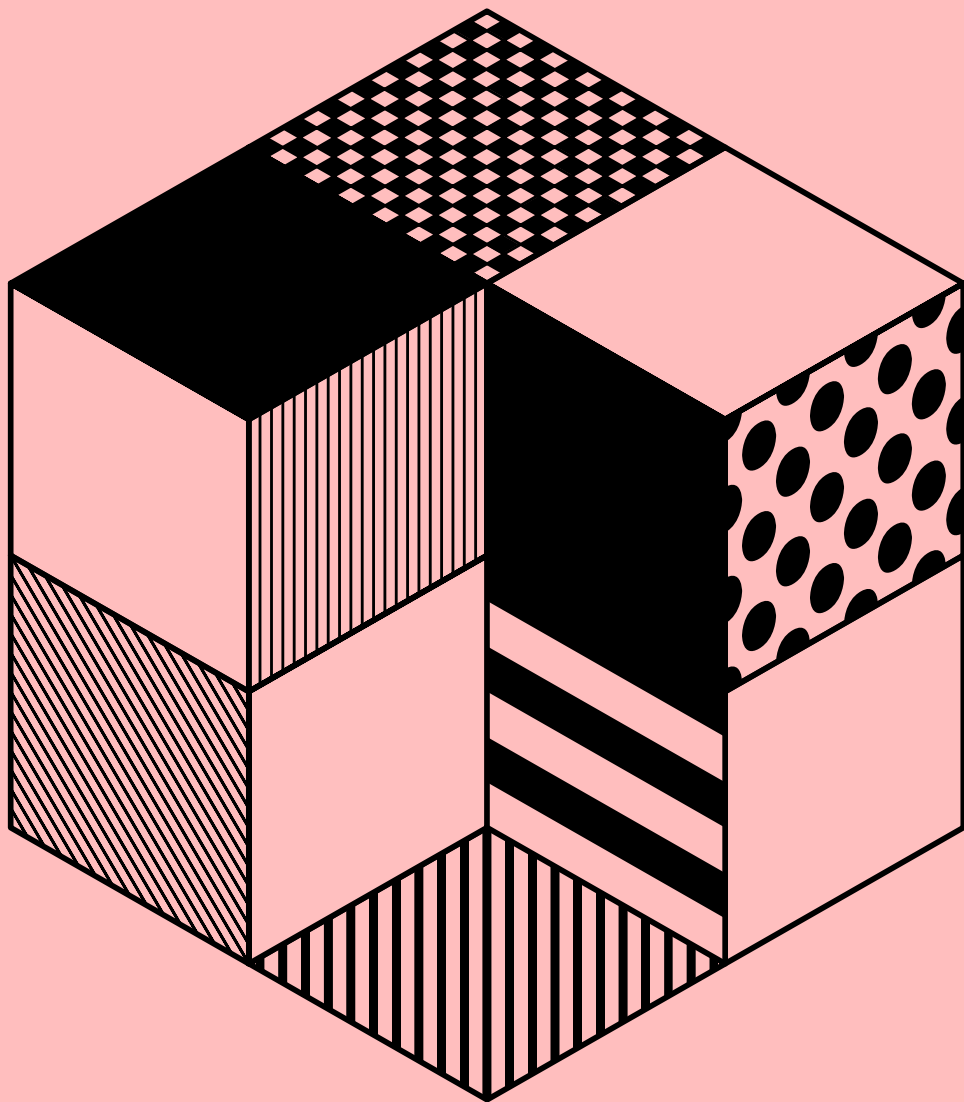
A peça pode ainda ser reutilizada, caso o consumidor tenha destinado para doação ou para um brechó, ou reciclada, caso exista um ponto de coleta. Isso pode levar a redução do consumo de novas peças e, por extensão, a quantidade de recursos naturais e poluentes utilizados na sua fabricação.

Apesar de possível, a reciclagem de roupas está longe de ser uma realidade na indústria da moda. Estima-se que menos de 1% de todas as roupas sejam recicladas novamente em roupas (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017b). Entre os principais desafios estão as barreiras técnicas, como a falta de tecnologias de separação de fibras mistas, e não técnicas, como falta de incentivo, logística, pontos de coleta, hábitos da população (SANDIN; PETERS, 2018).

FIGURA 23 - Mapa de processo da etapa de uso



Fonte: Elaboração Própria



Neste capítulo, são discutidos os principais aspectos ambientais envolvidos na cadeia de valor das fibras estudadas. Os resultados da revisão da literatura são apresentados para todas as etapas do ciclo de vida, com foco nos impactos relatados e nos pontos críticos. Ao final, apresentamos as lacunas encontradas.



Como resultado do processo de busca e seleção de artigos que atendam ao tema e escopo de pesquisa deste relatório, 31 estudos foram avaliados. A lista completa dos estudos selecionados se encontra nos ANEXOS.

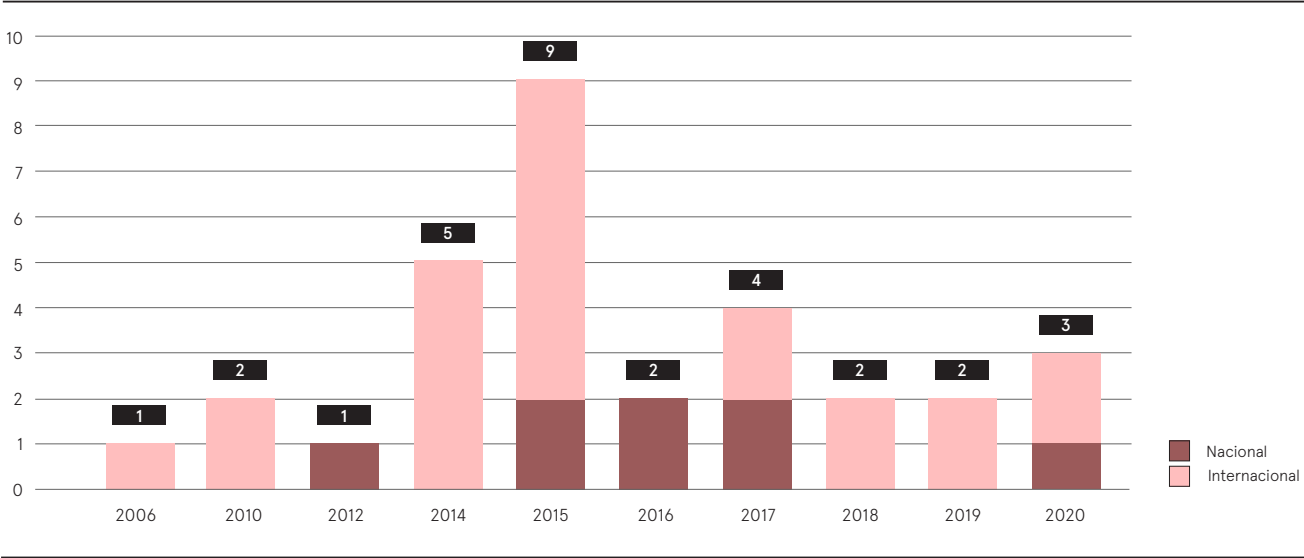
De um total de 39 estudos levantados, foram selecionados 31 estudos, sendo 8 nacionais (26%) e 23 internacionais (74%), conforme ilustra a FIGURA 24. Oito estudos foram descartados de acordo com os critérios de seleção estabelecidos no capítulo METODOLOGIA.

Percebe-se que o algodão é a fibra mais estudada, contemplado em todos os artigos selecionados. Poliéster e viscose aparecem em 35% dos estudos. A pre-

dominância de estudos nacionais sobre algodão reflete a sua grande relevância no mercado brasileiro, conforme apresentado anteriormente. Chama a atenção também a ausência de estudos de ACV nacionais para a produção de viscose.

De acordo com os estudos avaliados, percebe-se também que a categoria de impacto ambiental mais estudada é mudanças climáticas (pegada de carbono, 27 estudos), seguida por consumo de água (15 estudos) e uso de energia (10 estudos). A categoria depleção de recursos fósseis foi avaliada em apenas 3 estudos, todos sobre peças de algodão. Dada essa lacuna de informação, a categoria depleção de recursos fósseis não será apresentada neste capítulo.

FIGURA 24 - Número de publicações de ACV das fibras têxteis nacionais e internacionais, por ano.



Fonte: Elaboração Própria

Principais Impactos Ambientais na Cadeia Têxtil

Os dados identificados sobre o impacto ambiental das fibras são apresentados nas subseções a seguir. Os resultados da revisão bibliográfica indicam o estado da arte sobre o impacto ambiental das fibras têxteis. Como mencionado anteriormente, existe uma quantidade maior de informações sobre a fibra de algodão e sobre a categoria de mudanças climáticas, em comparação com as demais fibras e categorias de impacto avaliadas.

Além disso, os resultados indicam uma grande lacuna de informações sobre alguns impactos ambientais e evidenciam a ausência de um padrão metodológico. Os dados coletados variam quanto às fronteiras de sistema, produto estudado, unidades funcionais, método de avaliação de impacto e cobertura geográfica. Isso dificulta a comparação consistente dos impactos ambientais das fibras, mesmo após a sistematização e padronização dos dados.

... os resultados indicam uma grande lacuna de informações sobre alguns impactos ambientais e evidenciam a ausência de um padrão metodológico.

Por esse motivo, os resultados apresentados neste capítulo estão organizados de forma a considerar algumas características dos estudos, como: categoria de impacto, origem do estudo (nacionais ou internacionais) e fronteira do sistema (berço ao túmulo ou berço ao portão). Para ilustrar a variação dos

estudos, os resultados apresentam não só o valor médio, mas também o maior e menor valor relatado pela literatura.

A fronteira do sistema do berço ao portão considera apenas a etapa de produção do algodão, podendo incluir também as etapas de fabricação (fiação, tecelagem, tingimento e corte/costura) e distribuição da peça têxtil. Já a fronteira do sistema do berço ao túmulo considera todas as etapas descritas no capítulo CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS TÊXTEIS e, conseqüentemente, apresenta maiores impactos ambientais.

A melhor maneira de comparar as fibras é por meio de um estudo completo de ACV conduzido para esta finalidade, incluindo todas as fases do ciclo de vida dos produtos e os mesmos aspectos metodológicos (unidade funcional, premissas, escopo, fronteiras, método de avaliação).

A melhor maneira de comparar as fibras é por meio de um estudo completo de ACV conduzido para esta finalidade, incluindo todas as fases do ciclo de vida dos produtos e os mesmos aspectos metodológicos (unidade funcional, premissas, escopo, fronteiras, método de avaliação). Portanto, o objetivo dos resultados relatados a seguir é demonstrar o que já foi explorado na literatura e qual o grau de variação existente entre os diferentes resultados, salientando os *trade-offs*.

TABELA G - Principais impactos ambientais no ciclo de vida de uma peça de algodão

FRONTEIRAS DO SISTEMA	ESTUDOS	NÚMERO	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÉDIO
MUDANÇAS CLIMÁTICAS (KG CO ₂ EQ/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	9	98,2	9,4	34,2
	Estudos nacionais	3	55,4	20,3	32,3
Berço ao portão	Estudos internacionais	15	27,7	0,3	7,3
	Estudos nacionais	5	8,7	0,3	5,1
CONSUMO DE ÁGUA (L/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	2	11.568,6	11.120,6	11.344,6
	Estudos nacionais	1	2.333,3	2.333,3	2.333,3
Berço ao portão	Estudos internacionais	11	29.000,0	0,0	6.569,9
	Estudos nacionais	3	4.911,3	6,3	1.704,4
TOXICIDADE (KG 1,4-DBEQ/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	0	—	—	—
	Estudos nacionais	0	—	—	—
Berço ao portão	Estudos internacionais	1	1,7	1,7	1,7
	Estudos nacionais	3	36,4	0,02	12,2
USO DA TERRA (M²*A/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	1	35,3	35,3	35,3
	Estudos nacionais	0	—	—	—
Berço ao portão	Estudos internacionais	3	13,0	8,0	10,5
	Estudos nacionais	2	8,0	1,2	4,6
USO DE ENERGIA (MJ/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	3	960,4	436,0	724,7
	Estudos nacionais	1	433,3	266,7	350,0
Berço ao portão	Estudos internacionais	5	1.181,0	5,8	138,5
	Estudos nacionais	3	131,8	75,3	102,0

Fonte: Elaboração própria

Como dito anteriormente, o algodão é a fibra mais estudada, presente em 31 artigos selecionados. A TABELA G apresenta os dados identificados sobre o perfil ambiental de uma peça de algodão, obtido por meio da sistematização e padronização dos resultados desses artigos.

Analisando a categoria de mudanças climáticas, uma peça têxtil de algodão no contexto nacional apresenta valores médios de emissões que giram em torno de 32 kg CO₂eq/kg de algodão (berço ao túmulo) e 5 kg CO₂eq/kg de algodão (berço ao portão). Esses valores desconsideram a incorporação de carbono durante a fotossíntese e estão próximos dos valores médios relatados pela literatura internacional.

... mais de 70% do algodão mundial é irrigado e a média mundial de consumo de água de irrigação é de 10000 L de água por kg de fibra.

Por outro lado, as características específicas da produção brasileira parecem ser muito influentes para o consumo de água na cultura do algodão. O predomínio da produção de algodão em sequeiro (sem irrigação) é refletido nos valores médios nacionais para essa categoria: 2.333 L/kg de algodão (berço ao túmulo) e 1.704 L/kg de algodão (berço ao portão). Esses valores são de 4 a 5 vezes menores que os valores médios relatados em estudos internacionais, considerando o escopo berço ao portão e berço ao túmulo, respectivamente. Esse é um quadro tipicamente brasileiro, dado que mais de 70% do algodão mundial é irrigado e a média mundial de consumo de água de irrigação é de 10000 L de água por kg de fibra (VASCONCELOS et al., 2012).

Para o impacto da toxicidade é difícil apresentar conclusões gerais uma vez que poucos estudos avaliaram esse impacto. Considerando o escopo internacional, Shen, Worrell & Patel (2010) relatam uma emissão de 1,7 kg 1,4-DBeq/kg algodão. Já

no escopo nacional, a maior emissão é de 36,4 kg 1,4-DBeq/kg algodão (SILVA et al., 2015) e a menor de 0,021 kg 1,4- DBeq/kg algodão (MORITA ET AL., 2017). Essa variação dos resultados pode estar relacionada a diversos fatores, como: uso de diferentes tipos e quantidade de produtos químicos, diferentes métodos de estimativa do impacto, entre outros.

De forma similar, poucos estudos avaliaram o impacto do uso da terra. Considerando o escopo do berço ao túmulo, o estudo de ACV de um par de jeans realizado pela marca Levi Strauss & Co traz como resultado o impacto de 12 m²*a (ou 35,3 m²*a/kg de fibra, considerando uma peça de 340 gramas) (LEVI STRAUSS & CO., 2015). Já estudos nacionais, com escopo do berço ao portão, apresentam uma variação de 8,0 a 1,2 m²*a/kg de fibra. Como será discutido adiante, esse impacto é bastante influenciado pela fase de produção do algodão (principalmente pela produtividade obtida em campo) e, portanto, varia de região para região.

Por fim, os dados de literatura relacionados ao uso de energia indicam que a produção de uma peça têxtil de algodão pode requerer, em média, entre 102,0 e 138,5 MJ/kg fibra, considerando o escopo do berço ao portão. Quando avaliado do berço ao túmulo, percebe-se um incremento no uso de energia relacionado principalmente à etapa de uso da peça e aos hábitos dos usuários – com valores médios variando de 350 MJ/kg fibra (estudos nacionais) a 724,7 MJ/kg fibra (estudos internacionais).

O predomínio da produção de algodão em sequeiro (sem irrigação) é refletido nos valores médios nacionais para essa categoria com valores de 4 a 5 vezes menores que os valores médios relatados em estudos internacionais.

TABELA H - Principais impactos ambientais no ciclo de vida de uma peça de poliéster

FRONTEIRAS DO SISTEMA	ESTUDOS	NÚMERO	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÉDIO
MUDANÇAS CLIMÁTICAS (KG CO ₂ EQ/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	2	115,4	20,0	52,1
	Estudos nacionais	0	—	—	—
Berço ao portão	Estudos internacionais	4	21,3	1,7	9,6
	Estudos nacionais	0	—	—	—
CONSUMO DE ÁGUA (L/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	0	—	—	—
	Estudos nacionais	1	2.321,4	2.321,4	2.321,4
Berço ao portão	Estudos internacionais	5	200,0	4,0	82,9
	Estudos nacionais	0	—	—	—
TOXICIDADE (KG 1,4-DBEQ/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	0	—	—	—
	Estudos nacionais	0	—	—	—
Berço ao portão	Estudos internacionais	1	4,4	4,4	4,4
	Estudos nacionais	0	—	—	—
USO DA TERRA (M²*A/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	0	—	—	—
	Estudos nacionais	0	—	—	—
Berço ao portão	Estudos internacionais	0	—	—	—
	Estudos nacionais	0	—	—	—
USO DE ENERGIA (MJ/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	2	1.800,00	312,8	1.118,8
	Estudos nacionais	1	250,0	142,9	196,4
Berço ao portão	Estudos internacionais	3	125,0	95,0	105,3
	Estudos nacionais	0	—	—	—

Fonte: Elaboração própria

A TABELA H apresenta os dados identificados sobre o perfil ambiental de uma peça de poliéster, obtido por meio da sistematização e padronização dos resultados da revisão de literatura.

Neste relatório, foram considerados 11 artigos sobre ACV da fibra de poliéster. Apenas um estudo nacional – conduzido por VASCONCELOS et al. (2012) – foi encontrado. Esse estudo considera o escopo do berço ao túmulo e detalha o consumo de água e energia durante o ciclo de vida de camisetas de algodão, poliamida e poliéster. Para a fibra de poliéster, o consumo de água é de 2.321,4 L/kg fibra e o uso de energia varia de 250,0 a 142,9 MJ/kg de fibra.

Outros estudos internacionais apontam para um consumo de água, do berço ao portão, variando de 4 a 200,0 L/kg fibra. Já o consumo de energia apresenta valor médio variando de 1.118,8 MJ/kg fibra (berço ao túmulo) a 105,3 MJ/kg fibra (berço ao portão).

Quando avaliado do berço ao túmulo, percebe-se um incremento nas emissões relacionado principalmente ao consumo de energia na fase de uso da peça...

Os dados de literatura relacionados aos impactos sobre o clima indicam que a produção de uma peça têxtil de poliéster pode emitir, em média, entre 1,7 e 21,3 kg CO₂eq/kg fibra, considerando o escopo do berço ao portão. Quando avaliado do berço ao túmulo, percebe-se um incremento nas emissões relacionado principalmente ao consumo de energia na fase de uso da peça – com valores médios variando de 20,0 a 115,4 kg CO₂eq/kg fibra.

Dados sobre outras categorias de impacto além do consumo de água, uso de energia e mudanças climáticas são raramente relatados para fibras sintéticas (SANDIN; ROOS; JOHANSSON, 2019). Neste estudo, apenas SHEN

& PATEL (2010) apresentaram resultados para a categoria de toxicidade. Nenhum artigo avaliou o impacto de uso da terra, uma vez que esse impacto é pouco característico de processos majoritariamente industriais.

Dados sobre outras categorias de impacto além do consumo de água, uso de energia e mudanças climáticas são raramente relatados para fibras sintéticas.



TABELA I - Principais impactos ambientais no ciclo de vida de uma peça de viscose

FRONTEIRAS DO SISTEMA	ESTUDOS	NÚMERO	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÉDIO
MUDANÇAS CLIMÁTICAS (KG CO ₂ EQ/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	1	30,1	30,1	30,1
	Estudos nacionais	0	—	—	—
Berço ao portão	Estudos internacionais	7	11,3	1,6	4,6
	Estudos nacionais	0	—	—	—
CONSUMO DE ÁGUA (L/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	0	—	—	—
	Estudos nacionais	0	—	—	—
Berço ao portão	Estudos internacionais	7	700,0	11,0	348,7
	Estudos nacionais	0	—	—	—
TOXICIDADE (KG 1,4-DBEQ/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	0	—	—	—
	Estudos nacionais	0	—	—	—
Berço ao portão	Estudos internacionais	1	1,5	0,6	1,1
	Estudos nacionais	0	—	—	—
USO DA TERRA (M²*A/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	0	—	—	—
	Estudos nacionais	0	—	—	—
Berço ao portão	Estudos internacionais	2	8,0	3,3	6,1
	Estudos nacionais	0	—	—	—
USO DE ENERGIA (MJ/KG FIBRA)					
Berço ao túmulo	Estudos internacionais	2	324,0	252,0	277,0
	Estudos nacionais	0	—	—	—
Berço ao portão	Estudos internacionais	3	185,0	19,0	91,5
	Estudos nacionais	0	—	—	—

Fonte: Elaboração própria

Na revisão bibliográfica conduzida por este estudo, nenhum artigo nacional foi encontrado para a fibra de viscose. A TABELA I apresenta os dados identificados sobre o perfil ambiental de uma peça de viscose, considerando os 11 artigos internacionais estudados pela literatura.

Analisando a TABELA I, verifica-se que a maioria dos estudos apresentam fronteiras do sistema do berço ao portão, sendo as categorias de mudanças climáticas e consumo de água as mais estudadas.

Para o impacto de mudanças climáticas, observa-se que uma peça têxtil de viscose pode emitir de 1,6 a 11,3 kg CO₂eq/kg de viscose, com valores médios girando em torno de 4,6 kg CO₂eq/kg de viscose. THOMAS et al. (2012) relataram emissões de 30,1 kg CO₂eq/kg de viscose ao longo de seu ciclo de vida (berço ao túmulo).

Para o impacto de consumo de água, os estudos consideram que a produção florestal é não irrigada e apontam para um consumo médio de 348,7 L/kg de fibra, do berço ao portão. Já o consumo de energia apresenta valores médios variando de 277 MJ/kg fibra (berço ao túmulo) a 91,5 MJ/kg fibra (berço ao portão).

... o impacto de uso da terra é influenciado pela produtividade da madeira (principal matéria-prima para a produção de viscose) e, portanto, varia de região para região.

De forma similar à fibra de algodão, o impacto de uso da terra é influenciado pela produtividade da madeira (principal matéria-prima para a produção de viscose) e, portanto, varia de região para região. Por exemplo, SHEN; WORRELL & PATEL (2010) relata valores que oscilam entre 0,33 e 0,70 ha*a/t viscose, considerando a produção na Ásia e Áustria, respectivamente.

Por fim, o impacto de toxicidade varia de 0,6 a 1,5 kg 1,4-DBeq/kg viscose, considerando a produção na Ásia e Áustria, respectivamente (SHEN; WORRELL; PATEL, 2010).



As FIGURA 25 e FIGURA 26 consolidam os dados identificados sobre os impactos ambientais da cadeia têxtil mais relatados pela literatura avaliada neste relatório, considerando os escopos do “berço ao túmulo” e “berço ao portão”, respectivamente.

As figuras elucidam a grande variação entre os resultados apresentados anteriormente. As diferenças entre os estudos de determinada fibra são, em alguns casos, maiores do que as diferenças entre os tipos de fibra. Por exemplo, a diferença no impacto de mudanças climáticas entre o valor máximo e o valor mínimo relatado para a fibra de algodão é maior do que a diferença média desse impacto entre o algodão e o poliéster (FIGURA 25 e FIGURA 26).

... os dados reforçam a importância de documentos como as Regras de Categorias de Produtos (RCP) que procuram estabelecer metodologias e premissas, que permitam uma comparação consistente dos dados e do perfil ambiental entre as fibras.

Além disso, os dados reforçam a importância de documentos como as Regras de Categorias de Produtos (RCP) que procuram estabelecer metodologias e premissas, que permitam uma comparação consistente dos dados e do perfil ambiental entre as fibras.

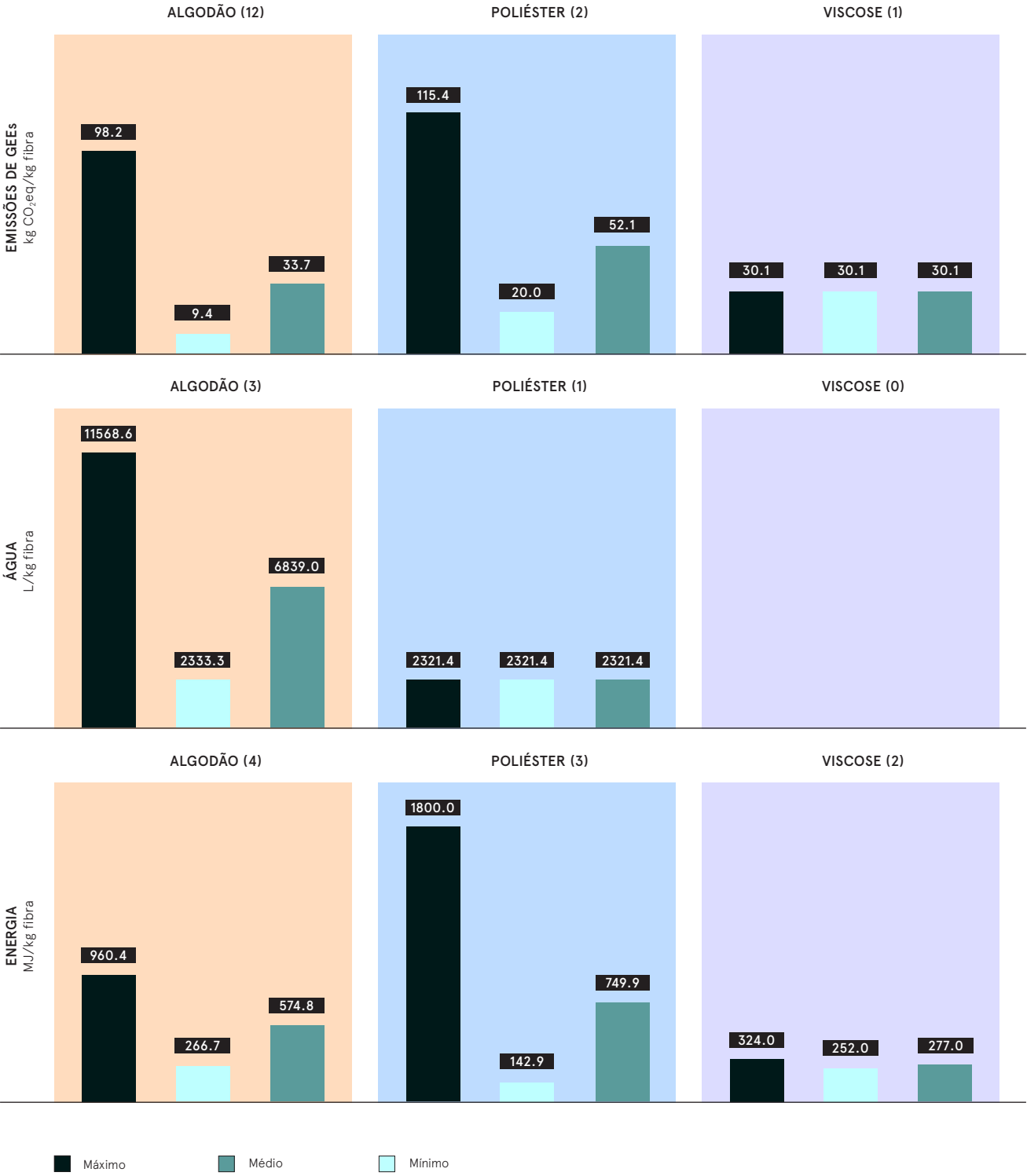
O leitor deve ter observado que todos os dados apresentados até o momento estão relacionados aos impactos ambientais por kg de fibra. Como mencionado na METODOLOGIA, a manipulação dos dados dessa maneira proporcionou uma maior consistência na avaliação e consolidação dos dados encontrados na literatura. No entanto, essa abordagem deixa de considerar algumas características inerentes a cada tipo de fibra, como a gramatura (relação de massa por unidade de área), espessura do fio e o peso do produto final.

Por exemplo, uma camiseta de poliéster tende a ser mais leve que uma camiseta de algodão, o que representa uma vantagem das fibras sintéticas em relação a outros tipos de fibras. Isso acaba sendo desconsiderado quando a comparação é realizada por kg de fibra.

As TABELA J e TABELA K apresentam os dados identificados sobre os impactos ambientais das roupas mais relatados pela literatura avaliada neste relatório, considerando os escopos do “berço ao túmulo” e “berço ao portão”, respectivamente.

Por mais que os resultados apresentados não permitam uma comparação direta entre o desempenho ambiental das fibras de algodão, poliéster e viscose, ainda é possível utilizar os resultados da ACV para compreender onde estão os principais pontos críticos na cadeia, permitindo uma gestão mais eficiente desses impactos. Essa discussão é realizada a seguir.

FIGURA 25 - Principais impactos ambientais no ciclo de vida de uma peça têxtil, do berço ao túmulo.



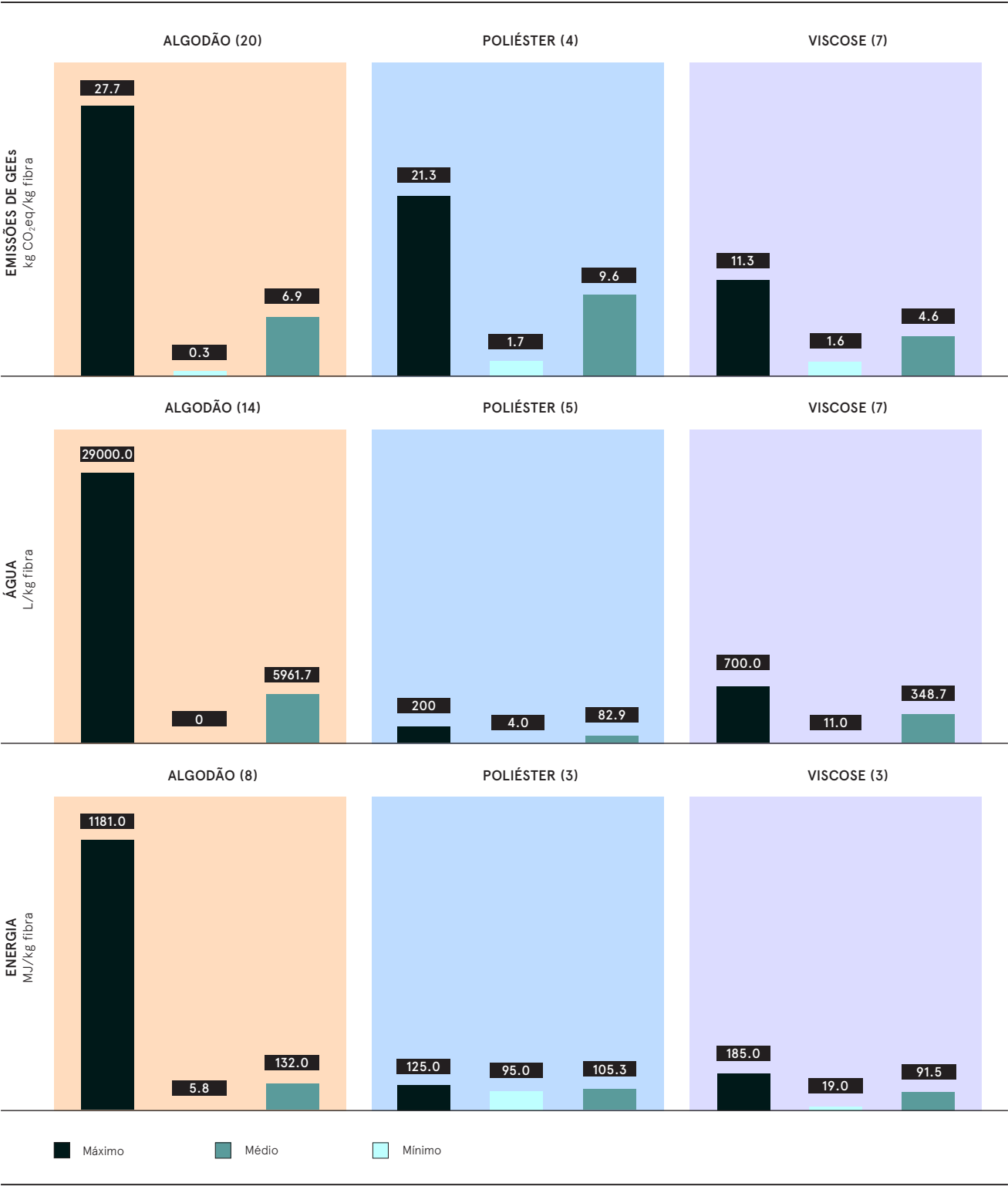
NOTA: A Figura apresenta o impacto ambiental das três fibras estudadas, com valores máximo, mínimo e médio obtidos na revisão da literatura. O número entre parêntesis indica a quantidade de estudos de ACV considerados. O quadro superior apresenta os resultados para a categoria Mudanças Climáticas (em kgCO₂eq/kg fibra); o quadro intermediário, para Consumo de Água (em L/kg fibra); e o quadro inferior, para consumo de energia (em MJ/kg de fibra). Fonte: Elaboração própria

TABELA J - Visão geral dos estudos de ACV de peças de vestuário, do berço ao túmulo.

ESTUDO	PEÇA	FIBRA	PESO (g)	PEGADA DE CARBONO (kg CO ₂ eq/peça)	USO DE ENERGIA (MJ/peça)	CONSUMO DE ÁGUA (L/peça)
Giasson et al. (2015)	Camiseta	Algodão	150.00	3.15	—	—
Vasconcelos et al. (2012)	Camiseta	Algodão	150.00	—	40 – 65	350.00
Allwood et al. (2006)	Camiseta	Algodão	250.00	4.00	109.00	—
Wang et al. (2015)	Camiseta	Algodão	280.00	8.77	—	—
Chapman (2010)	Camiseta	Algodão	250.00	—	194.40	—
Peters et al. (2015)	Camiseta	Algodão	110.00	3.00	—	—
Muthu (2015)	Camiseta	Algodão	N/A	4.00	—	—
Muthu (2015b)	Camiseta	Algodão	N/A	2.34	—	—
Muthu (2015b)	Camiseta	Algodão	250.00	—	240.11	—
Muthu (2015b)	Camiseta	Algodão	215.00	10.75	—	—
Zhang et al. (2015)	Camiseta	Algodão	153.00	6.05	—	1770.00
Vasconcelos et al. (2012)	Camiseta	Poliéster	140.00	—	35 – 20	325.00
Peters et al. (2015)	Camiseta	Poliéster	130.00	15.00	—	—
Muthu (2015)	Camiseta	Poliéster	N/A	5.00	—	—
Chapman (2010)	Blusa	Poliéster	55.00	—	68.40	—
Allwood et al. (2006)	Blusa	Viscose	200.00	—	51.00	—
Chapman (2010)	Blusa	Viscose	200.00	—	50.40	—
Chapman (2010)	Blusa	Viscose	200.00	—	64.80	—
Joner et al. (2016)	Calça jeans	Algodão	447.31	9.1 – 24.8	—	—
Levi Strauss & Co. (2015)	Calça jeans	Algodão	340.00	33.40	—	3781.00
Chapman (2010)	Calça	Poliéster	400.00	—	720.00	—
Muthu (2015b)	Jaqueta	Poliéster	500.00	—	156.39	—
Peters et al. (2015)	Vestido	Poliéster	478.00	10.00	—	—

*N/A = Não apresentado. Fonte: Elaboração própria

FIGURA 26 - Principais impactos ambientais no ciclo de vida de uma peça têxtil, do berço ao portão.



NOTA: A Figura apresenta o impacto ambiental das três fibras estudadas, com valores máximo, mínimo e médio obtidos na revisão da literatura. O número entre parêntesis indica a quantidade de estudos de ACV considerados. O quadro superior apresenta os resultados para a categoria Mudanças Climáticas (em kgCO₂eq/kg fibra); o quadro intermediário, para Consumo de Água (em L/kg fibra); e o quadro inferior, para consumo de energia (em MJ/ kg de fibra).O número entre parêntesis indica a quantidade de estudos de ACV considerados. Fonte: Elaboração própria

TABELA K - Visão geral dos estudos de ACV de peças de vestuário, do berço ao portão.

ESTUDO	PEÇA	FIBRA	PESO (g)	PEGADA DE CARBONO (kg CO ₂ eq/peça)	USO DE ENERGIA (MJ/peça)	CONSUMO DE ÁGUA (L/peça)
Esteve-Turrillas & de la Guardia (2017)	Camiseta	Algodão	300.00	2.3 - 6.9	—	40 - 4478
Chapman (2010)	Camiseta	Algodão	250.00	—	108.00	—
Chapman (2010)	Camiseta	Algodão	253.00	—	298.80	—
Peters et al. (2015)	Camiseta	Algodão	N/A	1.80	—	—
Peters et al. (2015)	Camiseta	Algodão	220.00	2.38	—	—
Muthu (2020b)	Camiseta	Algodão	250.00	5.46	—	—
Peters et al. (2015)	Camiseta	Poliéster	130.00	2.55	—	—
Morita et al. (2017)	Calça jeans	Algodão	940.60	7.61	93.00	184.00
Morita et al. (2020)	Calça jeans	Algodão	940.60	7.86	124.00	—
Bongiovanni & Tuninetti (2018)	Calça jeans	Algodão	550.00	4.65	—	—
Chapman (2010)	Calça jeans	Algodão	660.00	9.15	—	—
Chapman (2010)	Calça jeans	Algodão	640.00	6.96	—	—
Muthu (2020b)	Calça jeans	Algodão	660.00	17.16	—	—

*N/A = Não apresentado. Fonte: Elaboração própria

Análise de Pontos Críticos ao Longo do Ciclo de Vida das Fibras

Essa seção aborda, para cada fibra (algodão, poliéster e viscose), os principais impactos ambientais associados a cada etapa do ciclo de vida (aqui consideradas, de forma geral, como: matérias-primas; fiação e tecelagem; tingimento; corte e costura; transporte; uso; e descarte) em relação a cinco indicadores ambientais (mudanças climáticas; consumo de água; toxicidade; uso da terra e uso de energia). Pretende-se avaliar, portanto, quais fatores influenciam o desempenho ambiental das fibras têxteis, ou seja, quais os principais pontos críticos identificados ao longo do ciclo de vida.

Para as análises das fibras, foi considerado um espectro de cinco graus de impacto muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo.

Grau de impacto das fibras de algodão, poliéster e viscose



Após analisar o grau de impacto de cada fibra em cada uma das etapas do processo produtivo, é feita uma comparação entre as fibras de algodão, poliéster e viscose quanto ao grau de impacto de cada fibra em relação aos cinco indicadores ambientais analisados.

Para a comparação das fibras, essas foram ranqueadas dentro de um espectro de três graus de impacto: maior, médio e menor. Assim, a categorização de cada fibra como maior, médio ou menor impacto ambiental é relativa às demais fibras analisadas, o que não necessariamente implica em baixo impacto ambiental para a fibra de menor impacto ambiental comparativo.

Grau de impacto comparativo entre as fibras de algodão, poliéster e viscose



Considerando tais categorizações, os resultados compilados da literatura foram sistematizados em tabelas, a serem apresentadas na sequência. As células em branco dizem respeito às etapas do ciclo de vida e/ou às categorias de impacto ambiental para as quais não foram encontradas informações na literatura.

Algodão

A TABELA L sistematiza os principais impactos ambientais associados ao algodão, em cada etapa do ciclo de vida, em relação a cinco categorias de impacto ambiental.

Como é possível observar pelo gradual de cores, o algodão possui impactos ambientais significativos em todas as categorias de impacto, com destaque para o consumo de água, toxicidade e uso da terra. A etapa de produção da matéria-prima gera impactos significativos nas categorias relacionadas ao uso da água e ao uso da terra. Já as etapas de fiação e tecelagem e de tingimento tem seus principais impactos ambientais associados ao uso de energia e ao uso de combustíveis fósseis. A etapa de uso pelo consumidor, devido à lavagem e secagem, tem os maiores impactos associados às mudanças climáticas e ao uso de energia, seguido do consumo de água.

No que diz respeito à pegada de carbono (mudanças climáticas), na etapa de produção da matéria-prima, dois pontos destacados pela literatura são a produção de fertilizantes, utilizados na produção de algodão (MUTHU, 2015a), e a energia utilizada na agricultura para irrigação e descaroçamento (BONGIOVANNI; TUNINETTI, 2018; PAUNONEN et

Devido aos processos de transformação microbiana de nutrientes no solo, uma fração do nitrogênio total disponível se torna óxido nitroso inorgânico, com um potencial de aquecimento global quase 300 vezes maior que o dióxido de carbono...

TABELA L - Principais impactos ambientais associados ao algodão

	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	CONSUMO DE ÁGUA	TOXICIDADE	USO DA TERRA	USO DE ENERGIA
MATÉRIAS-PRIMAS					
FIAÇÃO E TECELAGEM					
TINGIMENTO					
CORTE, COSTURA E ACABAMENTO					
TRANSPORTE					
USO					
DESCARTE					

Legenda:

Muito Alto

Alto

Médio

baixo

Muito baixo

Fonte: Elaboração própria

al., 2019). O potencial de aquecimento global (GWP) associado ao estágio de cultivo e colheita do algodão provém, em sua maioria, da produção de fertilizantes e pesticidas, seguido das emissões de óxido nitroso (N2O) da aplicação do fertilizante nitrogeno na terra, e das operações de máquinas agrícolas (BAYDAR; CILIZ; MAMMADOV, 2015).

Devido aos processos de transformação microbiana de nutrientes no solo, uma fração do nitrogênio total disponível se torna óxido nitroso inorgânico, com um potencial de aquecimento global quase 300 vezes maior que o dióxido de carbono (TEXTILE EXCHANGE, 2014). Durante o descaroçamento, as emissões derivam do uso de gás liquefeito de petróleo (GLP) e energia elétrica para obtenção da fibra de algodão.

As etapas de fiação e costura e de tecelagem apresentam alto impacto em relação à pegada de carbono (BEVILACQUA et al., 2014; PERIYASAMY; WIENER; MILITKY, 2017; PETERS et al., 2015). Na etapa de fiação e tecelagem, o consumo de energia de vapor e o consumo de eletricidade são apontados como os principais contribuintes para esse impacto (BEVILACQUA et al., 2014; BONGIOVANNI; TUNINETTI, 2018; WANG et al., 2015). Na etapa de tingimento, o impacto em termos de emissões de gases de efeito estufa é essencialmente conectado a reagentes reativos e pigmentos, energia elétrica e térmica (BEVILACQUA et al., 2014). A etapa de transporte, por sua vez, aparece com impacto médio (WANG et al., 2015) a baixo (QUANTIS, 2018) em relação à pegada de carbono, sendo a distribuição geográfica dos setores de cultivo de algodão e têxteis a principal influência dessa fase (WANG et al., 2015).

Para a fibra de algodão, o maior impacto em relação à pegada de carbono é proveniente da etapa de uso pelo usuário, uma vez que lavar, secar e passar gera emissões de GEE que contribuem para as mudanças climáticas.

Para a fibra de algodão, o maior impacto em relação à pegada de carbono é proveniente da etapa de uso pelo usuário, uma vez que lavar, secar e passar gera emissões de GEE que contribuem para as mudanças climáticas (JONER et al., 2016; PERIYASAMY; WIENER; MILITKY, 2017). Em um ciclo de lavagem e secagem, a temperatura da água e a duração do ciclo são apontados como os principais fatores que determinam a pegada de carbono da fase de uso (WANG et al., 2015). Ainda, análise de cenários de estudos nacionais e internacionais apontam para as ações de secagem elétrica e o passar da roupa apresentando maior consumo de eletricidade do que a lavagem na máquina (JONER et al., 2016; MUTHU, 2020b).

Em geral, a etapa de uso, seguida da etapa de fabricação, são apontadas como as contribuintes mais importantes para as emissões de GEE por causa da alta intensidade de energia. Na sequência encontra-se a etapa de produção de matéria-prima em termos de contribuição para emissões de GEE (PETERS et al., 2015).

Em relação ao consumo de água, o principal impacto encontra-se na etapa de produção do algodão (PAUNONEN et al., 2019; QUANTIS, 2018). O uso intensivo de recursos hídricos é apontado pela literatura como ecologicamente insustentável em diversas áreas de produção de algodão. A nível global, 53% dos campos de algodão, que correspondem a 73% da produção de algodão, são irrigados, sendo que o sistema de irrigação por inundação ou sulco é o mais comum para o cultivo do algodão. Embora mais fácil de instalar, esse sistema tem a menor eficiência hídrica, de no máximo 40%.

Assim, as técnicas utilizadas nessa fase podem contribuir para aumentar ou reduzir o consumo de água, por exemplo: estima-se que a irrigação por gotejamento reduza a quantidade de água utilizada em pelo menos 16 a 30% em comparação com os sistemas de inundação ou sulco (BEVILACQUA et al., 2014). No caso brasileiro, em se tratando de consumo de água, o algodão apresenta menor impacto na fase de produção quando comparado a outras lo-

calidades, uma vez que o país não depende da irrigação para o cultivo do algodão, pois essa técnica é utilizada em áreas em que as quantidades normais de precipitação não correspondem à necessidade da cultura agrícola.

As etapas de fiação e tecelagem e de tingimento também apresentam certo grau de impacto por consumirem quantidades consideráveis de água, especialmente o tingimento.

As etapas de fiação e tecelagem e de tingimento também apresentam certo grau de impacto por consumirem quantidades consideráveis de água, especialmente o tingimento (QUANTIS, 2018). A etapa de uso é a segunda principal contribuinte em termos de consumo de água. Nessa etapa, a lavagem é o principal processo contribuinte para esse impacto (BEVILACQUA et al., 2014). Em análises de cenários, estima-se que máquinas de lavar eficientes consomem 30% menos água durante a lavagem do que máquinas de lavar convencionais (PERIYASAMY; WIENER; MILITKY, 2017).

Ainda, a literatura aponta que a coloração do produto (ex.: camisa) apresenta diferenças substanciais no consumo de água no processo de lavagem, apesar de pouca diferença no consumo de energia (WANG et al., 2015). Assim, a etapa de produção da matéria-prima, seguida da etapa de uso pelo consumidor, apresenta os maiores impactos em relação ao consumo hídrico (PERIYASAMY; WIENER; MILITKY, 2017).

Apesar de não fazer parte do escopo deste relatório, a literatura relata outros impactos associados à água. A fase de produção da matéria-prima é responsável pelo maior impacto, devido ao uso de fertilizantes, pesticidas e herbicidas que contaminam os corpos hídricos (PAUNONEN et al., 2019; QUANTIS, 2018). O cultivo de algodão consome quantidades consideráveis de produtos químicos agrícolas: enquanto os fertilizan-

tes sintéticos contribuem principalmente para a eutrofização aquática, os pesticidas aumentam o efeito do cultivo de algodão na água doce e na toxicidade terrestre (PAUNONEN et al., 2019). A eutrofização, gerada pela lixiviação e erosão do solo com alta concentração de nutrientes (PERIYASAMY; WIENER; MILITKY, 2017; QUANTIS, 2018), pode ser reduzida com o uso de técnicas de agricultura orgânica (TEXTILE EXCHANGE, 2014).

As etapas de fiação e tecelagem e de tingimento também possuem impactos relacionados ao uso de produtos químicos aplicados ao fio, consumo de água e seu descarte (BEVILACQUA et al., 2014). A etapa de uso novamente aparece na segunda posição em termos de contribuição para o impacto ambiental da categoria, que pode ser relacionado com o uso de produtos de limpeza não biodegradáveis e/ou baseados em componentes sintéticos, especialmente compostos fosforados (CARVALHO, 2004).

Os produtos químicos usados no cultivo de algodão têm efeitos adversos à saúde humana, e mesmo com o conhecimento de seus efeitos negativos, pesticidas tóxicos e ambientalmente persistentes ainda são amplamente utilizados em países do Sul.

Em termos de toxicidade, a literatura aponta para a fase de cultivo da matéria-prima como a de maior impacto, devido aos diversos produtos químicos utilizados durante esse estágio para auxiliar no crescimento do algodão (CHAPMAN; HOLLINS, 2010). Os produtos químicos usados no cultivo de algodão têm efeitos adversos à saúde humana, e mesmo com o conhecimento de seus efeitos negativos, pesticidas tóxicos e ambientalmente persistentes ainda são amplamente utilizados em países do Sul (PAUNONEN et al., 2019).

Em relação à saúde humana, os estágios de tingimento e acabamento, preparação de fios e produção de fibras são mencionados na literatura como os de maiores impactos. Os principais fatores estão ligados ao uso de combustível fóssil para alimentar processos como tricô, tingimento e fiação, além da produção de fibra sintética, sendo que os impactos tóxicos do tingimento de águas residuais são apontados como um tópico de tendência, mas de difícil caracterização devido à falta de dados (QUANTIS, 2018).

Após a etapa de fabricação da matéria-prima, a etapa de tingimento aparece com o maior impacto em termos de toxicidade, devido a reagentes reativos e pigmentos, energia elétrica e térmica, água e efluentes utilizados e gerados no processo de tingimento. Em relação à toxicidade, a literatura aponta que os altos valores são essencialmente relacionados à demanda por eletricidade nas diversas etapas do ciclo de vida (BEVILACQUA et al., 2014).

No que diz respeito ao uso da terra, a literatura aponta que o cultivo do algodão abrange grandes áreas de terra e atividades de produção devido ao número de processos na formação de fios e tecidos. Além do cultivo, a ocupação da terra pode ocorrer na floresta para cortar árvores e produzir energia, prática essa ainda realizada em muitos países de base extrativista (PERIYASAMY; WIENER; MILITKY, 2017). O estabelecimento de novos campos de algodão em terras vulneráveis é relacionado na literatura com o desmatamento, sendo mencionado também o trade-off entre a utilização de terras aráveis que poderiam ser utilizadas para a produção de alimentos (PAUNONEN et al., 2019).

A fiação é apontada, dentre a etapa de produção, como o processo que mais utiliza energia.

Por fim, em relação ao uso de energia, a etapa de uso, que envolve lavar, secar e passar o produto, representa a maior con-

tribuição para o uso de energia primária e para as emissões associadas ao uso de energia (CHAPMAN; HOLLINS, 2010). A fiação é apontada, dentre a etapa de produção, como o processo que mais utiliza energia. A fiação é relacionada na literatura com o uso de energia elétrica, enquanto o tingimento é associado ao uso de gás natural para produção de vapor, energia para motores e calor direto, o acabamento é relacionado ao consumo de energia para finalização dos fios, e a lavagem e secagem são associadas ao consumo de energia elétrica e térmica (BEVILACQUA et al., 2014). O transporte de fibras de algodão aparece com resultados variados em relação ao consumo de energia, enquanto a etapa de descarte apresenta resultados negativos decorrentes da recuperação energética (CHAPMAN; HOLLINS, 2010).

Considerando o ciclo de vida da fibra de algodão, a literatura aponta que as fases de cultivo, tingimento, confecção e uso do algodão são os principais contribuintes para os impactos ambientais.

Considerando o ciclo de vida da fibra de algodão, a literatura aponta que as fases de cultivo, tingimento, confecção e uso do algodão são os principais contribuintes para os impactos ambientais. Em particular, uso de fertilizantes, pesticidas e água no cultivo de algodão; carvão, corantes e auxiliares utilizados no tingimento; uso de eletricidade na finalização; uso de água e detergente na lavagem; e o uso de eletricidade na fiação foram os pontos críticos identificados com base nos resultados das avaliações de impacto do ciclo de vida. O consumo de energia, o uso de produtos químicos e o uso de água aparecem como contribuintes relevantes para a maioria das categorias de impacto analisadas (MUTHU, 2020b).

Poliéster

A TABELA M sistematiza os principais impactos ambientais associados ao poliéster, em cada etapa do ciclo de vida, em relação a cinco categorias de impacto ambiental.

Como é possível observar pelo gradual de cores, o poliéster tem seus principais impactos ambientais associados ao uso de energia e ao uso de combustíveis fósseis. Há também significativos impactos ambientais associados às mudanças climáticas, consumo de água e toxicidade nas etapas de produção da matéria-prima, fiação e tecelagem e tingimento.

... o poliéster tem seus principais impactos ambientais associados ao uso de energia e ao uso de combustíveis fósseis.

No que diz respeito à pegada de carbono (mudanças climáticas), um dos pontos destacados pela literatura é a produção do poliéster (MUTHU, 2015a), que tem como precursor em sua formação o ácido tereftálico (conhecido por seu acrônimo em inglês, PTA). As etapas de fiação e tecelagem e tingimento também aparecem com alto impacto ambiental em termos de emissões de GEE. Já a etapa de uso foi considerada com um menor impacto ambiental relativo ao sugerido na literatura clássica (VAN DER VELDEN; PATEL; VOGTLÄNDER, 2014), da mesma forma que a etapa de transporte, listada com um impacto relativamente baixo em relação à mudança do clima (QUANTIS, 2018).

Em relação ao consumo de água, foi encontrado apenas um estudo na literatura com informações abrangendo todo o ciclo de vida da fibra (VASCONCELOS et al., 2012). O

impacto na etapa de produção da fibra se dá pela retirada de água do ecossistema. Já o impacto da etapa de fiação e tecelagem é relacionado à preparação do fio, que requer uma quantidade significativa de água devido aos processos de fiação úmida usados para diferentes materiais de fibra, sejam elas sintéticas ou naturais. Da mesma forma, a etapa de tingimento, juntamente com o acabamento do produto, é um processo que consome quantidades consideráveis de água (QUANTIS, 2018).

Já em relação a outros impactos na qualidade da água, a produção de resina sintética para fibras sintéticas, como o poliéster, afeta a qualidade do ecossistema.

Já em relação a outros impactos na qualidade da água, a produção de resina sintética para fibras sintéticas, como o poliéster, afeta a qualidade do ecossistema. Após retirar água do ecossistema para a produção da fibra, ocorre seu processamento, retornando a água poluída ao ecossistema (QUANTIS, 2018). A fase de uso, apesar de não apresentar informações na literatura compilada, implica na liberação de uma grande quantidade de microfibras de plástico no meio ambiente (BBC NEWS, 2019).

... há impactos tóxicos relacionados à emissão de compostos orgânicos voláteis durante a produção do poliéster e geração de efluentes contendo antimônio, que prejudicam a saúde humana.

Em termos de toxicidade, as etapas de produção da matéria-prima, fiação e tecelagem e tingimento apresentam os maiores impactos. O principal ponto crítico está no uso de combustível fóssil para a

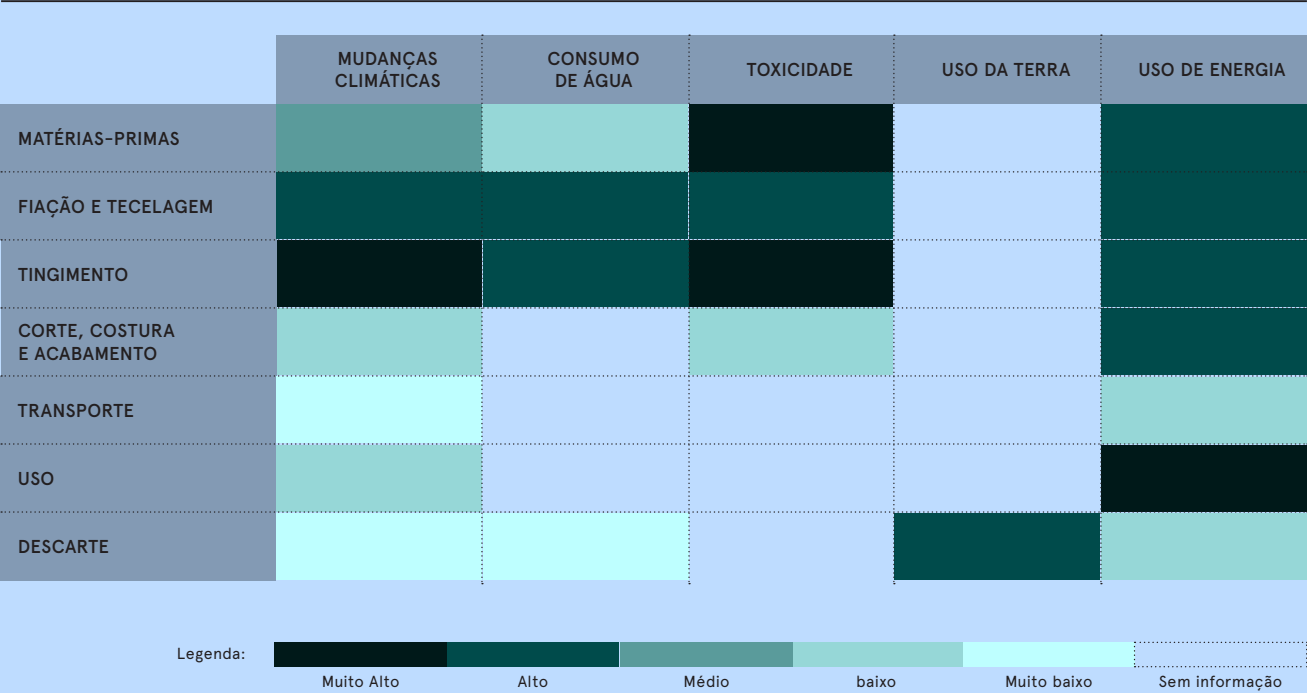
produção da fibra sintética e para alimentar os processos de fiação e tingimento. Além disso, há impactos tóxicos relacionados à emissão de compostos orgânicos voláteis durante a produção do poliéster e geração de efluentes contendo antimônio, que prejudicam a saúde humana. A etapa de tingimento também gera águas residuais tóxicas (QUANTIS, 2018).

A categoria de uso da terra não é explorada com detalhes para o poliéster na literatura, não sendo possível discorrer quanto aos impactos ambientais associados a cada etapa do ciclo de vida.

Por fim, quanto ao uso de energia, o maior impacto se encontra na etapa de uso do consumidor, com contribuição estimada na proporção de 2:1 para lavagem e secagem, respectivamente (CHAPMAN; HOLLINS, 2010). Na sequência, tem-se a etapa de tingimento, junto ao acabamento, mencionada na literatura como principal impulsionadora do impacto das mudanças climáticas na indústria global de vestuário. A etapa de fiação e tecelagem também é um dos principais contribuintes, embora em menor grau que o tingimento (QUANTIS, 2018).

De forma geral, de acordo com a literatura consultada, percebe-se que as fases de produção da matéria-prima e fábrica (fiação, tecelagem e tingimento) são potenciais contribuintes para os impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida do poliéster, principalmente associados às mudanças climáticas e ao uso intensivo de energia.

TABELA M - Principais impactos ambientais associados ao poliéster



Fonte: Elaboração própria

Viscose

A TABELA N sistematiza os principais impactos ambientais associados à viscose, em cada etapa do ciclo de vida, em relação a cinco categorias de impacto ambiental.

Como é possível observar na TABELA N, não há muita informação disponível na literatura em relação à fibra viscose, sendo que as análises de impacto encontradas são focadas na parte de produção da matéria-prima. Dessa forma, não foi possível analisar com detalhes as demais etapas do ciclo de vida da viscose em relação às cinco categorias de impacto ambiental propostas.

Em relação à pegada de carbono, a produção de fibras de viscose, apesar de ter menos emissões de GEE associadas do que o poliéster, tem emissão estimada em aproximadamente 50% maior que a produção de fibras de algodão (DIBDIAKOVA; TIMMERMANN, 2014).

Em relação à pegada de carbono, a produção de fibras de viscose, apesar de ter menos emissões de GEE associadas do que o poliéster, tem emissão estimada em aproximadamente 50% maior que a produção de fibras de algodão.

No que diz respeito ao consumo de água, as fases intensivas em água da produção de fibras de viscose a partir de polpa virgem são a dissolução de celulose e a lavagem de fibras de viscose (SHEN; WORRELL; PATEL, 2010). A produção da matéria-prima, isto é, a dissolução da polpa, envolve grandes quantidades de água. No entanto, nenhuma água

de irrigação é necessária na silvicultura. É utilizada água também para resfriamento (PAUNONEN et al., 2019).

Em relação aos impactos na qualidade da água, por ser uma fibra artificial, o processo de produção da viscose é intensivo no uso de químicos, uma vez que a polpa da madeira extraída das árvores passa por transformação química para gerar a fibra de celulose e então os fios de viscose. Os produtos químicos utilizados, muitos deles compostos tóxicos (DIBDIAKOVA; TIMMERMANN, 2014), podem ser despejados no ecossistema sem tratamento prévio, gerando impactos em relação à qualidade hídrica (MODEFICA, 2017).

Quanto à toxicidade, o processo de produção da viscose libera como gases os químicos dissulfeto de carbono (CS₂) e sulfeto de hidrogênio (H₂S). O CS₂, em particular, é altamente tóxico e inflamável, sendo considerado um risco ocupacional (PAUNONEN et al., 2019).

No que diz respeito ao uso da terra, a fibra de viscose é produzida por meio da extração da celulose encontrada principalmente na madeira de árvores de rápido crescimento, pobres em resíduos e facilmente transformadas em polpa. Apesar de outras fibras artificiais, como o liocel, também dependerem da extração da celulose, a

produção da viscose é considerada mais crítica, sendo estimado que cerca de 30% da viscose é proveniente de árvores de florestas nativas e ameaçadas de extinção, incluindo a Amazônia (MODEFICA, 2017).

... cerca de 30% da viscose é proveniente de árvores de florestas nativas e ameaçadas de extinção, incluindo a Amazônia.

Por fim, em termos de uso de energia, estima-se que aproximadamente 50% da energia consumida na produção de viscose é de origem renovável – ou seja, proveniente da madeira básica para alimentação animal, portanto a fase de produção da matéria-prima consome menos energia (ALLWOOD et al., 2006). Na fase de uso, as roupas produzidas a partir da viscose possuem necessidade de passagem a ferro, o que implica em alto consumo de energia elétrica (LEGNAIOLI, 2020).

Assim, apesar do pequeno número de estudos sobre os impactos ambientais da viscose, percebe-se que a fase de produção da celulose solúvel apresenta contribuições significativas para os impactos de mudanças climáticas, toxicidade e uso de energia.

TABELA N - Principais impactos ambientais associados à viscose

	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	CONSUMO DE ÁGUA	TOXICIDADE	USO DA TERRA	USO DE ENERGIA
MATÉRIAS-PRIMAS					
FIAÇÃO E TECELAGEM					
TINGIMENTO					
CORTE, COSTURA E ACABAMENTO					
TRANSPORTE					
USO					
DESCARTE					

Legenda:

Muito Alto

Alto

Médio

baixo

Muito baixo

Sem informação

Fonte: Elaboração própria



Visão Geral

A fim de fornecer uma visão geral qualitativa das fibras de algodão, poliéster e viscose, são apresentadas duas tabelas.

A TABELA O ranqueia as três fibras em relação ao grau de impacto ambiental comparativo (maior, médio ou menor do que as demais) associado a cada uma das cinco categorias de impacto ambiental analisadas. Esse ranking toma como base as informações quantitativas apresentadas anteriormente na revisão bibliográfica.

Já a TABELA P traz um ranking das fibras em relação aos seus impactos ambientais associados com base nos resultados qualitativos apresentados na seção da revisão bibliográfica.

Ao comparar a tabela baseada nos dados quantitativos com a tabela baseada nos dados qualitativos da revisão bibliográfica,

verifica-se que há convergência em três categorias de impacto (consumo de água, toxicidade e uso da terra) e divergência em duas categorias de impacto (mudanças climáticas e uso de energia). Para as categorias de mudanças climáticas e uso de energia, ao considerar os resultados quantitativos da literatura, a fibra de algodão apresenta um maior impacto em relação à fibra de viscose. Já ao considerar os resultados qualitativos da literatura, a fibra de viscose apresenta um maior impacto em relação à fibra de algodão.

Tal divergência pode ser explicada, em partes, pelo fato de que os estudos nacionais sobre fibras têxteis são em sua maioria focados na fibra de algodão, e, portanto, tal fibra foi melhor representada na amostra quantitativa. Já na amostra qualitativa, apesar de ainda não equitativa, há um pouco mais de variedade nos estudos, trazendo mais infor-

TABELA O - Ranqueamento quantitativo das fibras de algodão, poliéster e viscose em relação aos impactos ambientais associados

	ALGODÃO	POLIÉSTER	VISCOSE
MUDANÇAS CLIMÁTICAS			
CONSUMO DE ÁGUA			
TOXICIDADE			
USO DA TERRA			
USO DE ENERGIA			

Legenda:

Maior

Médio

Menor

Fonte: Elaboração própria

TABELA P - Ranqueamento qualitativo das fibras de algodão, poliéster e viscose em relação aos impactos ambientais associados

	ALGODÃO	POLIÉSTER	VISCOSE
MUDANÇAS CLIMÁTICAS			
CONSUMO DE ÁGUA			
TOXICIDADE			
USO DA TERRA			
USO DE ENERGIA			

Legenda:

Maior

Médio

Menor

Fonte: Elaboração própria

mações sobre a fibra de viscose. Além disso, os resultados obtidos pelos estudos podem variar bastante de acordo com as premissas adotadas e as fronteiras consideradas.

Ressalta-se também que a análise apresentada na TABELA O e na TABELA P não tem o objetivo de serem considerados de forma generalizada, uma vez que o impacto ambiental de uma fibra pode variar de acordo com as melhores práticas adotadas em seu processo de produção.

... poliéster possui o maior impacto ambiental relativo à mudança do clima por ter como base de sua produção o petróleo.

De forma geral, em relação às mudanças climáticas, há um consenso na literatura (TURLEY ET AL., 2010) de que, dentre as três fibras analisadas, o poliéster possui o maior impacto ambiental relativo à mudança do clima por ter como base de sua produção o petróleo. Como já mencionado anteriormente, há divergências quanto aos impactos relativos do algodão e da viscose.

Uma explicação para isso está no fato que os valores podem variar se forem consideradas apenas as emissões de GEE ou se forem consideradas também as emissões derivadas da mudança do uso da terra ocasionadas pela expansão da cotonicultura e silvicultura (DIBDIAKOVA E TIMMERMANN, 2014).

Se comparado com outras fibras que não foram o foco do presente estudo, tanto o algodão como o poliéster não ocupam as primeiras posições no ranking das fibras consideradas como maiores contribuintes para a mudança do clima (KERR; LANDRY, 2017). Entretanto, se considerarmos o volume de produção, o algodão e o poliéster passam a ser significativos (MODEFICA, 2019b), representando, respectivamente, 51 e 24% de todas as fibras produzidas a nível global (TEXTILE EXCHANGE, 2018).

Em relação ao consumo de água, a literatura aponta para um decrescimento do impacto ambiental, respectivamente, do algodão, passando pela viscose, e chegando ao poliéster (SHEN; WORRELL; PATEL, 2010; TERINTE et al., 2014; TURLEY et al., 2010). Estima-se que o uso da água relacionado à produção de fibra de algodão é um fator mais de 50 a

200 vezes mais alto do que para fibras de viscose e mais alto do que para o poliéster e fibras sintéticas (TERINTE et al., 2014). Apesar desses apontamentos discutidos na literatura, reitera-se novamente o fato da produção de algodão brasileira ser predominantemente não irrigada. A viscose, uma fibra artificial, possui valores de consumo intermediários entre os das fibras naturais e sintéticas. A fabricação de viscose depende de uma fonte renovável de celulose que requer água, mas também requer processamento sintético em sua fabricação, o que requer energia.

Em termos de toxicidade, a literatura aponta para um decrescimento do impacto ambiental, respectivamente, do algodão, passando pelo poliéster, e chegando na viscose (SHEN; WORRELL; PATEL, 2010).

No que diz respeito ao uso da terra, a literatura aponta para um decrescimento do impacto ambiental, respectivamente, do algodão, passando pela viscose, e chegando no poliéster (TURLEY et al., 2010). Isso porque, comparado com as demais fibras, o algodão consome uma quantidade maior da terra para o cultivo e a produção (PERIYASAMY; WIENER; MILITKY, 2017). Enquanto o algodão usa terras agrícolas, a viscose usa terras florestais (CHAPMAN; HOLLINS, 2010).

Para ambos os casos, tanto a matéria-prima virgem baseada na agricultura quanto a baseada em silvicultura, a literatura aponta para a competição pelo uso da terra produtiva. No caso da viscose, não há competição pelo uso de terras agrícolas ou florestais, mas a literatura menciona que plantas industriais antigas estão localizadas em áreas povoadas devido ao rápido crescimento das cidades (PAUNONEN et al., 2019). Há ainda a ligação com o desmatamento, mencionada anteriormente.

O indicador de impacto ambiental relativo ao uso da terra tem relação com o impacto na biodiversidade, indicador esse ainda pouco explorado na literatura, mas apontado como relevante (EGOROVA et al., 2014; SHEN; WORRELL; PATEL, 2010; TEXTILE EXCHANGE, 2014). Da literatura considerada, apenas um estudo explora o impacto na biodiversidade, tendo

... a etapa de produção de matéria-prima é o principal ponto crítico, sendo responsável por 99% do impacto total da biodiversidade e ocupação do solo...

constatado que a etapa de produção de matéria-prima é o principal ponto crítico, sendo responsável por 99% do impacto total da biodiversidade e ocupação do solo pelas camisetas de algodão. Esse resultado é atribuído ao fato de que o algodão exige uma quantidade muito grande de terras agrícolas com rendimentos consideravelmente mais baixos. Portanto, esse têxtil precisa de mais terra por unidade do que fibras com processos de fabricação industrial, como o poliéster (MUTHU, 2015a).

Em relação ao uso de energia, há um consenso na literatura de que o poliéster apresenta o maior impacto ambiental (TURLEY et al., 2010). Como mencionado anteriormente, há divergências quanto aos impactos relativos do algodão e da viscose. Os têxteis de ocorrência natural, como é o caso do algodão, requerem consideravelmente menos energia por quilograma para produzir do que o poliéster têxtil sintético, uma vez que é necessário pouco ou nenhum processamento sintético intensivo em energia em sua produção (CHAPMAN; HOLLINS, 2010).

No caso da viscose, o processo de fabricação é de fios de filamentos e não de fibras, portanto, não é necessário um adicional estágio de fabricação, o que pode reduzir o consumo de energia nesta etapa (ALLWOOD et al., 2006). A fase de uso é a principal contribuinte em termos de consumo de energia para a maioria dos têxteis, como foi constatado na revisão de literatura. Apesar de um dos estudos compilados apontar como exceção as blusas de viscose, para as quais observou-se impactos de lavagem excepcionalmente baixos (CHAPMAN; HOLLINS, 2010), as roupas produzidas a partir da viscose possuem necessidade de passagem a ferro, o que implica em alto consumo de energia.

Lacunas Encontradas

Após a leitura e sistematização dos estudos, foi possível identificar lacunas presentes na literatura existente, sobretudo no contexto nacional.

... a maior parte dos estudos é focada na fibra de algodão, com uma menor quantidade explorando também o poliéster, e uma quantidade ainda menor abordando a fibra de viscose.

Quanto às fibras, a maior parte dos estudos é focada na fibra de algodão, com uma menor quantidade explorando também o poliéster, e uma quantidade ainda menor abordando a fibra de viscose. Para os estudos sobre o poliéster e a viscose, há menos informações disponíveis em maior nível de detalhe, ou seja, distribuindo os impactos ambientais ao longo das diversas etapas do ciclo de vida da fibra. Por ser a fibra com menos informação disponível na literatura acadêmica, foi necessário complementar a análise com informações da literatura não acadêmica. Chama a atenção também a ausência de estudos de ACV nacionais para a produção de viscose.

Quanto às etapas do ciclo de vida, a maioria dos estudos concentra-se em avaliar os impactos com o escopo do berço ao portão e existe uma lacuna de informações que considerem todas as etapas do ciclo de vida, principalmente das fibras de viscose e poliéster. Além disso, pouca informação foi encontrada na literatura sobre a etapa de corte e costura, a qual não é mencionada em diversos artigos.

Dos estudos que abordam a fase de uso, a maioria é focada em produtos feitos de algodão. Pouca informação está disponível também em relação à etapa de descarte e fim de vida dos produtos. Não foram encontrados dados da literatura ou estudos empíricos sobre o comportamento do consumidor brasileiro e seus hábitos de uso e descarte de roupas.

Quanto às categorias de impacto ambiental, além de mudanças climáticas, consumo de água e uso de energia, dados sobre outras categorias de impacto são raramente relatados na literatura. As categorias de geração de resíduos e depleção de recursos fósseis, inicialmente selecionadas para este estudo, tiveram que ser excluídas da sistematização dos resultados relativos aos impactos ambientais das fibras, pois não foram encontradas informações específicas para cada uma das fibras avaliadas.

... categorias de impacto ambiental, além de mudanças climáticas, consumo de água e uso de energia, dados sobre outras categorias de impacto são raramente relatados na literatura.

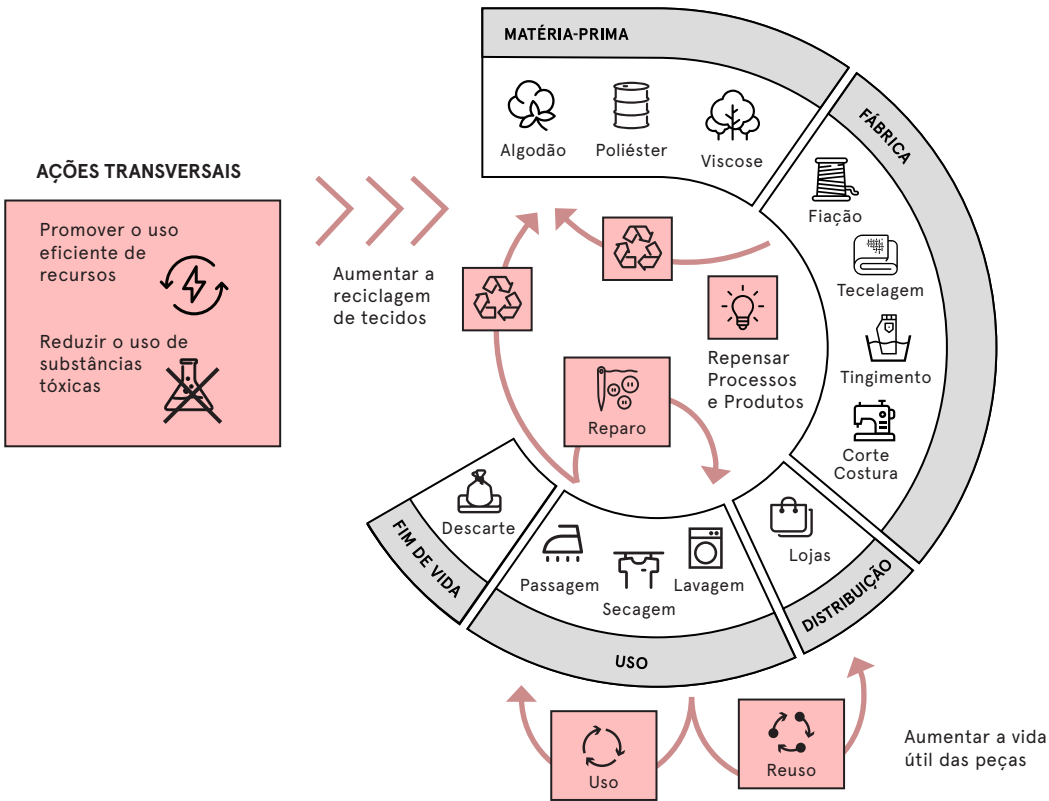
Por fim, percebe-se uma grande variação dos dados e informações, evidenciando uma ausência de padrão metodológico, o que dificulta uma comparação consistente dos dados e do perfil ambiental entre as fibras.

Análise do Potencial de Circularidade das Fibras

Como apresentado anteriormente, o conceito de moda circular está intimamente relacionado com um sistema de produção e consumo de ciclo fechado, que tem como base a reciclagem, reparação e reutilização dos materiais e insumos utilizados durante todo o processo produtivo por diversas vezes.

O processo de transição para esse conceito circular envolverá a criação de novos modelos de negócios e sistemas que minimizem a extração de recursos naturais e os impactos socioambientais ao longo de toda a cadeia têxtil. O uso eficiente de recursos, a eliminação de substâncias tóxicas, a reutilização e reciclagem, o au-

FIGURA 27 - Rumo à moda circular: estratégias para a cadeia de valor



Fonte: Elaboração Própria

TABELA Q - Atributos ambientais de circularidade das fibras

ATRIBUTO DE CIRCULARIDADE	ALGODÃO	POLIÉSTER	VISCOSE
GERAÇÃO DE RESÍDUOS	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
POTENCIAL DE RECICLAGEM	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
TOXICIDADE	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
USO EFICIENTE DE RECURSOS	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
Legenda: POTENCIAL DE CIRCULARIDADE ☆☆☆☆☆ Baixo ☆☆☆☆☆ Alto			

Fonte: Elaboração Própria

... o conceito de moda circular está intimamente relacionado com um sistema de produção e consumo de ciclo fechado, que tem como base a reciclagem, reparação e reutilização dos materiais e insumos utilizados durante todo o processo produtivo por diversas vezes.

mento da vida útil dos produtos e a redução na geração de resíduos são estratégias fundamentais para o avanço da economia circular. A FIGURA 27 apresenta algumas estratégias em direção à moda circular, considerando todo o ciclo de vida de uma peça, desde a obtenção de matérias-primas até o seu descarte.

ATRIBUTOS AMBIENTAIS DE CIRCULARIDADE

Para acompanhar a evolução desse processo, uma série de indicadores podem ajudar a medir o desempenho e avaliar o potencial

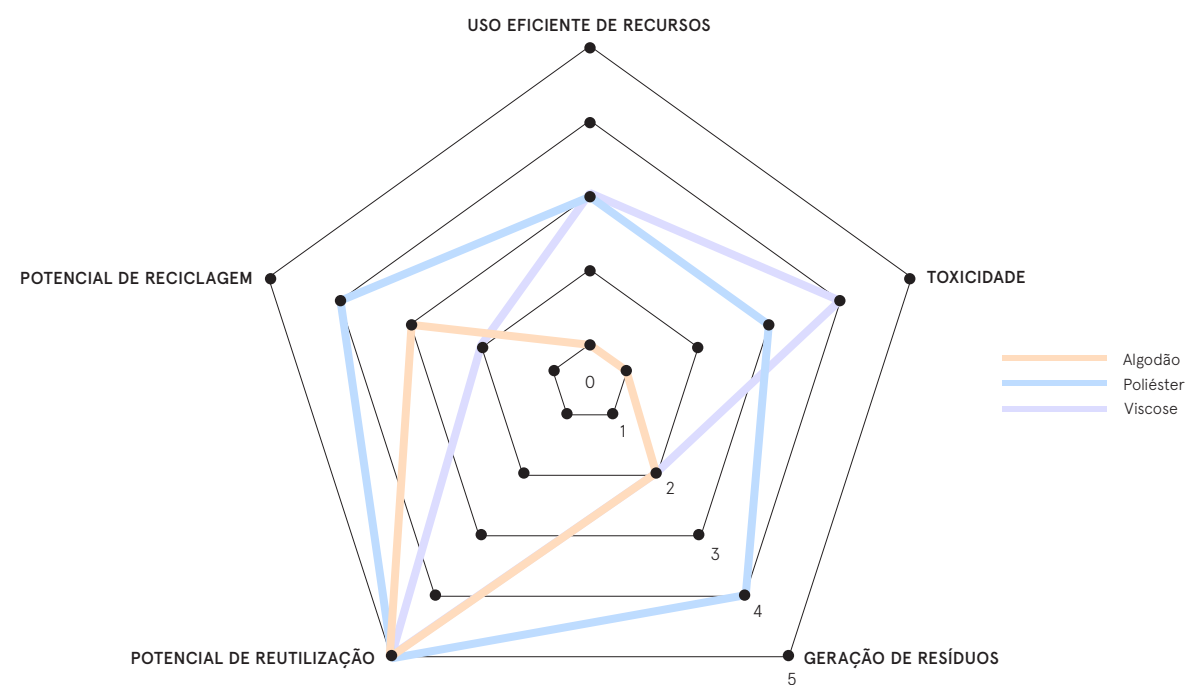
de circularidade dos sistemas. Nesse sentido, as autoras deste trabalho selecionaram cinco atributos e indicadores para avaliação do potencial de circularidade das fibras têxteis (VER: ANÁLISE DAS FIBRAS).

A avaliação qualitativa do potencial de circularidade das fibras foi realizada por meio de notas para os atributos de circularidade, que variaram de 0 a 5. A TABELA Q e a FIGURA 28 apresentam os resultados dessa avaliação.

O atributo “Geração de resíduos” teve como indicador de avaliação a porcentagem de perdas nos processos. As fibras sintéticas apresentam um menor potencial de geração de resíduos (VASCONCELOS et al., 2012), e consequentemente, um maior potencial de circularidade para esse atributo.

O “Potencial de reciclagem” levou em consideração a porcentagem de reciclagem das fibras têxteis. Existem duas formas de reciclar tecidos: a mecânica e a química. A primeira envolve a desfibragem das fibras, que retornam para o processo de fiação ou são utilizadas pelas indústrias para produzir enchimentos para sofás, edredons, carpetes e outros produtos. A segunda é apenas aplicada a fibras sintéticas e envolve uma

FIGURA 28 - Análise do potencial de circularidade das fibras



Fonte: Elaboração Própria

série de reações químicas para a regeneração das fibras, que por meio do processo de extrusão são transformadas novamente em fios ou filamentos têxteis (DO AMARAL et al., 2018). Um exemplo da via química é a produção de fios de poliéster de garrafas PET.

Para as fibras artificiais, existem poucas tecnologias de reciclagem, sendo atualmente produzidas a partir de algodão reciclado (TEXTILE EXCHANGE, 2019). Existe uma lacuna de informação sobre a porcentagem de reciclagem das fibras no Brasil. A pesquisa “Possibilidades Para Moda Circular no Brasil – Padrões de Consumo, Uso e Descarte de Roupas” realizada no âmbito deste projeto mostrou que 56,8% dos brasileiros entrevistados estariam dispostos a reciclar suas peças de roupas se soubessem que elas, de fato, estão sendo recicladas. Ao mesmo tempo, 49,9% nunca ouviram falar sobre reciclagem de roupas no Brasil (MODEFICA, 2020).

Vale destacar também que outros aspectos importantes impactam o potencial de reciclagem das fibras têxteis, como por exemplo a composição do material reciclado, a tecnologia empregada e a qualidade do produto reciclado. O uso de fibras mistas e metais (zíper, botões, etc) geralmente dificultam o processo de reciclagem e diminuem a qualidade das fibras recicladas, que se tornam mais curtas, perdendo valor financeiro (REGENERATE FASHION, 2020).

Para este relatório, as autoras estimam que a viscose, algodão e poliéster apresentam um potencial de reciclagem crescente, nessa ordem. No entanto, pesquisas mais aprofundadas sobre o cenário brasileiro de reciclagem, por fibra, precisam ser realizadas.

O atributo “Potencial de reutilização” teve como indicador de avaliação a porcentagem de reutilização das peças têxteis. Esse

percentual depende de muitos fatores que vão além do tipo de fibra, como por exemplo: o tipo de vestimenta, o design do produto, a qualidade do produto, a vida útil, os hábitos e cuidados do usuário, entre outros. A pesquisa “Possibilidades Para Moda Circular no Brasil – Padrões de Consumo, Uso e Descarte de Roupas” revela ainda que 78,2% dos 1683 entrevistados mantêm suas roupas por 3 anos ou mais (MODEFICA, 2020). As autoras entendem que, idealmente, todas as fibras/peças são capazes de atingir o seu potencial de reutilização máximo e, por isso, apresentam nota 5 para esse atributo.

A “Toxicidade” foi avaliada considerando os resultados dos estudos de ACV em relação à categoria de impacto toxicidade. De acordo com os resultados, a fibra de algodão apresenta o maior impacto nessa categoria, seguido pelo poliéster e viscose. Consequentemente, o maior potencial de circularidade para esse atributo é conferido à viscose e o menor, ao algodão.

Finalmente, o “Uso eficiente de recursos” foi avaliado diretamente pelos resultados dos estudos de ACV em relação às categorias de impacto: consumo de água, uso da terra e uso de energia e indiretamente pela categoria de mudanças climáticas. De acordo com os resultados, a fibra de algodão apresenta o maior impacto na maioria dessas categorias, e o menor potencial de circularidade para esse atributo.

Conforme discutido neste capítulo, avaliar o potencial de circularidade das fibras têxteis é uma tarefa bastante complexa. Considerando apenas cinco esferas de avaliação, e desconsiderando-se as esferas econômica e social, percebe-se que existem trade-offs importantes. Por exemplo, a viscose pode ser uma boa alternativa em relação à toxicidade e uso eficiente de recursos, mas, por outro lado, apresenta baixo potencial de circularidade em relação à geração de resíduos e potencial de reciclagem. O poliéster também se mostra como uma boa alternativa, apesar de ser uma fibra de origem fóssil e seu potencial impacto na vida marinha devido às fibras de microplásticos.

Outra análise importante sobre os atributos de circularidade está relacionada com a eficiência dos processos circulares. Nesse sentido, para garantir que os resíduos gerados no sistema fluam de forma circular, além do design de produto, é imprescindível a adoção de modelos eficientes de logística reversa que aumentem o potencial de reciclagem e reutilização – desde sistemas de devolução de roupas que contribuam para a reciclagem pós-consumo até sistemas de doação ou revenda que contribuam para a reutilização das roupas.

... para garantir que os resíduos gerados no sistema fluam de forma circular, além do design de produto, é imprescindível a adoção de modelos eficientes de logística reversa que aumentem o potencial de reciclagem e reutilização – desde sistemas de devolução de roupas que contribuam para a reciclagem pós-consumo até sistemas de doação ou revenda que contribuam para a reutilização das roupas.

Quanto à toxicidade e o uso eficiente de recursos, vias alternativas de produção – como a agricultura agroecológica, a rotação de culturas, processos industriais mais eficientes, produtos menos tóxicos – podem ser utilizadas para melhorar a circularidade das fibras.

Conclui-se, portanto, que cada fibra possui suas particularidades e inúmeras oportunidades de melhorias em direção à circularidade.

ATRIBUTOS SOCIAIS DE CIRCULARIDADE

Como apresentado acima, a criação de novos sistemas e modelos de negócios na indústria têxtil que adotem modelos da economia circular resultará em impactos socioambientais positivos. Para entender como tais mudanças podem impactar dire-

TABELA R - Análise do potencial de circularidade das fibras

ATRIBUTOS SOCIAIS DE CIRCULARIDADE	INDICADORES SOCIAIS DO POTENCIAL DE CIRCULARIDADE	ALGODÃO	POLIÉSTER	VISCOSE
Apoia a Economia Local	Políticas que facilitam a reciclagem			
	Políticas que facilitam a agricultura orgânica			
	Importação e exportação da matéria-prima, fibras, têxteis ou produto acabado			
	Potencial de adoção pelo consumidor			
Cria Emprego	Número e taxa de crescimento de novos empregos a partir de práticas circulares			
	Potencial da fibra de obter certificações sociais			
Promove a Justiça Social	Diversidade e inclusão dentro da indústria, especialmente mulheres não-brancas			
	Porcentagem de produção em áreas de conflito			
	Programas para emprego informal (coletores e cooperativas)			

Legenda:

0

1 – Menor

2

3 – Médio

4

5 – Maior

N / A

Fonte: Elaboração Própria

tamente nas pessoas e suas condições de vida, foi feita uma avaliação qualitativa para o potencial de circularidade por meio de uma escala de menor à maior.

A avaliação se baseou nos três atributos sociais de circularidade e seus respectivos indicadores. A TABELA R apresenta os resultados dessa avaliação com detalhes para cada um dos indicadores.

APOIA A ECONOMIA LOCAL

Esse atributo social teve como indicadores de avaliação a existência de políticas públicas que facilitam a reciclagem e políticas que facilitam a agricultura agroecológica ou sem petroquímicos. Além disso, inclui as porcentagens de importação e exportação da matéria-prima, fibras, têxteis ou produto acabado, assim como o potencial da fibra de ser adotada pelo consumidor.

No Brasil, o algodão é a quarta cultura que mais consome agrotóxicos

Um dos impactos sociais negativos nas etapas iniciais do ciclo de vida da fibra do algodão está no cultivo. Isso é influenciado pelo Projeto de Lei 4576/16, que atinge pequenos produtores orgânicos, pois aumenta o uso de agrotóxicos (COSTA, A. M., ET AL, 2018). No Brasil, o algodão é a quarta cultura que mais consome agrotóxicos (BOMBARDI, 2017), com destaque para o glifosato, que corresponde a mais da metade do volume de agrotóxicos comercializados no país (BOMBARDI, 2017), um produto de alta toxicidade com evidência de carcinogenicidade e outros malefícios à saúde humana. Apenas o estado do Mato Grosso consumiu cerca de 38 mil toneladas de glifosato em 2014 (BOMBARDI, 2017). Em 2018, um estudo feito com

Estima-se que se aplica, em média, 28 litros de pesticidas por hectare de algodão, o que corresponde a cerca de 42% do custo de produção da fibra. Culturas como soja, arroz e milho consomem, respectivamente, 12 L/ha, 10 L/ha e 6 L/ha.

mulheres expostas ao glifosato em Uruçuí, no sul do Piauí, região de cultivo de soja, milho e algodão, estimou que uma em cada quatro grávidas da cidade sofreu aborto espontâneo e que 83% das mães tenham o leite materno contaminado (FELIZARDO, 2018). Estima-se que se aplica, em média, 28 litros de pesticidas por hectare de algodão, o que corresponde a cerca de 42% do custo de produção da fibra. Culturas como soja, arroz e milho consomem, respectivamente, 12 L/ha, 10 L/ha e 6 L/ha.

... as culturas de eucalipto e algodão utilizam de 7 a 10 tipos dos agrotóxicos mais vendidos no Brasil, respectivamente.

Apesar do grande destaque ao glifosato, é importante ressaltar que as culturas de eucalipto e algodão utilizam de 7 a 10 tipos dos agrotóxicos mais vendidos no Brasil, respectivamente (TOOGE, 2019). Em especial, o acefato, na 4º posição, com alto potencial carcinogênico atestado em vários estudos em roedores e em um estudo em cães (CAMPANHA PERMANENTE CONTRA OS AGROTÓXICOS E PELA VIDA, 2019). A exposição crônica a doses baixas é uma preocupação ainda não endereçada pela ANVISA. Já o Imidacloprido, na 7ª posição, é considerado um dos mais fatais para abelhas, polinizadoras importantes, o que gera preocupação tanto do ponto de vista econômico, quanto socioambiental (TOOGE, 2019). O uso continuado deste produtos e de forma

cumulativa devem ser considerados visto que alguns compostos amplamente utilizados podem permanecer presentes em organismos, água e solo por muitos anos.

Avaliando a fibra de algodão em seu fim de vida, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) pode ser um catalisador para a reciclagem, mas a partir das entrevistas com recicladores e pesquisas sobre o tema, fica claro que principalmente os materiais 100% algodão podem ser reciclados com mais facilidade (em comparação com fibras de algodão mistas). Para isto, será necessário um melhor sistema de coleta de resíduos têxteis pré e pós-consumo. A PNRS também pode facilitar a reciclagem de garrafas PET, para fibras de poliéster. No entanto, de uma perspectiva global, tanto os signatários do Compromisso Circular 2020, quanto o recém-lançado projeto Accelerating Circularity (ACCELERATING CIRCULARITY, 2020), estão focando na reciclagem de têxteis, e excluíram outros materiais, como redes de pesca ou garrafas PET, o que enfatiza a necessidade para reciclagem não da garrafa para a fibra, mas de fibra para fibra (GLOBAL FASHION AGENDA, 2020). No caso das fibras de viscose, mesmo se houvesse políticas públicas de reciclagem, sua reciclagem tem mais desafios, pois essa fibra é comumente tecida em tecidos mistos, o que representa uma dificuldade para as empresas recicladoras e faz com que a viscose seja reciclada como material para outras indústrias (AMARAL, M.C. ET AL, 2017).

De acordo com a Associação Brasileira de Comércio Exterior (ABECE), em 2019, o Brasil exportou 14 vezes mais o volume importado das categorias Fios de algodão, Tecidos de algodão, e Algodão em bruto (ABECE, 2020), o que mostra que a produção nacional trabalha em grande capacidade. Isso pode representar um desafio para reintegrar essas fibras exportadas em um sistema circular nacional.

No caminho oposto, nesse mesmo ano, a porcentagem de importação de tecidos de fibras têxteis sintéticas estava quase 16 vezes acima do volume das exportações da mesma fibra (ABECE, 2020). Esse

Cerca de 30% da viscose vem de árvores de florestas nativas e ameaçadas de extinção, incluindo a Amazônia, que põe em risco não só o ecossistema natural nativo, mas também as etnias dessas regiões.

alto volume de fibras importadas reforça a necessidade de desenvolver sistemas de coleta de têxteis e permitir investimentos e desenvolvimento de tecnologias de reciclagem de fibra a fibra. Em 2019, a porcentagem de exportação de celulose era 46 vezes o volume das importações do mesmo material (ABECE, 2020). Isso aponta para os imensos volumes de produção de materiais à base de celulose, muitos dos quais são provenientes de florestas ameaçadas de extinção ou estão relacionados com conflitos de terra e pressão sobre comunidades. Cerca de 30% da viscose vem de árvores de florestas nativas e ameaçadas de extinção, incluindo a Amazônia (MODEFICA, 2017), que põe em risco não só o ecossistema natural nativo, mas também as etnias dessas regiões.

A pesquisa com consumidores mostrou que 56,8% das pessoas estariam dispostas a reciclar suas peças de roupas se soubessem que elas, de fato, estão sendo recicladas enquanto 26,3% se sentiram motivadas por terem um ponto de coleta por perto. Ao mesmo tempo, 49.9% das pessoas nunca ouviram falar sobre reciclagem de roupas no Brasil.

A pesquisa com consumidores mostrou que 56,8% das pessoas estariam dispostas a reciclar suas peças de roupas se soubessem que elas, de fato, estão sendo recicladas enquanto 26,3% se sentiram motivadas por terem um ponto de coleta por perto. Ao mesmo tempo, 49.9% das pessoas nunca

ouviram falar sobre reciclagem de roupas no Brasil (MODEFICA, 2020). Se a educação ambiental acerca do tema reciclagem têxtil fosse desenvolvida e incentivada pelos diversos atores de interesse da indústria têxtil e marcas e varejistas oferecessem um ponto de coleta em suas lojas, o setor teria a garantia de insumos adequados para a reciclagem. Isso é particularmente importante porque, a partir das conversas e pesquisa sobre reciclagem de têxteis, fica claro que as empresas de reciclagem não podem processar resíduos têxteis molhados, afetados por mofo ou qualquer outro tipo de contaminação (RENOVAR TÊXTEL, 2019).

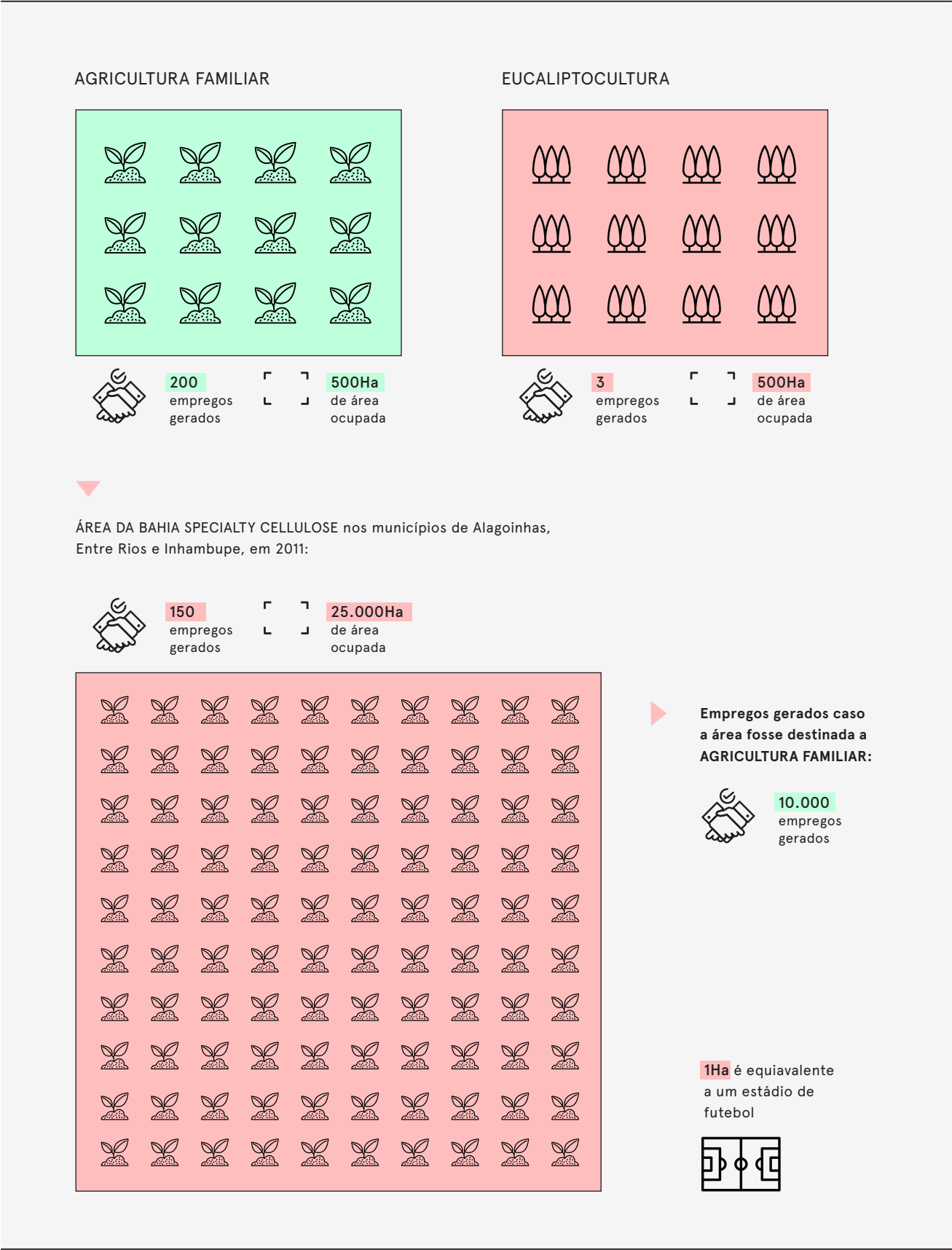
CRIA EMPREGO

O atributo foi avaliado pelos indicadores relativos à criação de novos empregos a partir das práticas circulares, bem como ao potencial da fibra para obter certificações sociais capazes de garantir que estes novos empregos excedam as condições mínimas estipuladas por legislações locais e tratados internacionais, garantindo não um salário mínimo, mas uma renda digna e incentivos ao desenvolvimento da economia local.

Baseado nas informações de reciclagem têxtil, há potencial de geração de empregos relacionados à separação de resíduos de algodão pré-consumo dos fornecedores. Em relação ao poliéster, a geração de empregos está potencialmente relacionada à coleta, classificação, agregação e pré-processamento (remoção de partes difíceis, remoção de impressão, sanitização/lavagem industrial, etc) de garrafas PET. Ademais, serão necessários conhecimentos técnicos para o desenvolvimento da reciclagem química de têxteis sintéticos.

No lado agrícola, certificações como Fair Trade, GOTs, BCI e IBD podem garantir empregos decentes para os trabalhadores do campo. Empresas têxteis com foco em sintéticos, como poliéster, podem buscar certificações sociais, acima de legislações obrigatórias (Saúde e Segurança ou gestão de produtos químicos). A produção nacional de viscose pode ainda alinhar seu enfoque no emprego com padrões da

FIGURA 29 - Empregos gerados por área ocupada: agricultura familiar versus eucaliptocultura.



Fonte: Elaboração Própria

indústria global, como por exemplo Textile Exchange Man Made Cellulosic Fibers. Dentro de suas 5 principais áreas de ação, a estrutura promove “a criação de prosperidade: distribuição de valor econômico de maneira equitativa, aplicação de salários dignos e igualdade, acesso universal à educação e saúde, e Defesa de Direitos: empoderamento da comunidade e direitos de acesso, proteção dos direitos dos povos indígenas e outras comunidades” (TEXTILE EXCHANGE, 2020).

Enquanto uma fazenda de 500 hectares de agricultura familiar oferece cerca de 200 vagas de emprego, a de eucaliptocultura oferta apenas três.

Tais certificações são necessárias visto que o algodão e madeiras são responsáveis por conflitos de terra e deslocamento de populações do campo para a cidade – muitas vezes provocadas pela diminuição de oferta de trabalho (OLIVEIRA, 2014). Enquanto uma fazenda de 500 hectares de agricultura familiar oferece cerca de 200 vagas de emprego, a de eucaliptocultura oferta apenas três. A concentração fundiária também se alinha nesse contexto, fortalecendo o deslocamento das famílias para os centros urbanos. Para se colocar em número: a eucaliptocultura chegou no nordeste da Bahia no início de 1990, com a promessa de gerar emprego, renda e atrair novas indústrias para a região. Mas, o que aconteceu foi o oposto, tendo em vista que hoje a Bahia Specialty Cellulose detém mais de 60% dos territórios produtores de eucalipto, concentrados em 15 municípios do nordeste baiano (OLIVEIRA, 2014). Somente nas três principais cidades produtoras – Alagoinhas, Entre Rios e Inhambupe – a empresa possuía, em 2011, 25 mil hectares para o cultivo do eucalipto (OLIVEIRA, 2014). Tendo em vista que a empresa não disponibiliza dados para fazer o cálculo de forma precisa, a relação emprego por hectare pode variar.

PROMOVE A JUSTIÇA SOCIAL

Este atributo teve como indicadores de avaliação o potencial da fibra de incluir práticas de diversidade e inclusão ao longo de seu ciclo de vida; o potencial da fibra ter produção em áreas de conflito; e o potencial de criar ou fomentar programas para o emprego informal (coletores e cooperativas).

Na produção de algodão, deve ser dado foco maior de treinamento e capacitação às mulheres e meninas, especialmente em fazendas agroecológicas familiares, como acesso à educação, aos direitos do trabalho e à tecnologia. Para promover a diversidade de gênero, mais mulheres devem ser incluídas no escopo da ciência e tecnologia e em cargos de liderança.

Em relação à produção de fibras de algodão e viscose em áreas de conflito, será importante alinhar-se às políticas e normas que protejam os direitos de posse da terra, e evitem o fornecimento de florestas antigas e ameaçadas de extinção para exploração extrativista; por exemplo, como as políticas que a Canopy cria com as empresas com as quais trabalha (CANOPY, 200-?).

O Cerrado, região onde está a maior concentração de fazendas algodoeiras no Brasil (93,6%), tem particularmente sofrido com os conflitos territoriais e desmatamento constante há cinco décadas, perdendo 50 mil quilômetros quadrados de vegetação nativa nos últimos 10 anos.

O Cerrado, região onde está a maior concentração de fazendas algodoeiras no Brasil (93,6%) (CONAB, 2017), tem particularmente sofrido com os conflitos territoriais e desmatamento constante há cinco décadas, perdendo 50 mil quilômetros quadrados de vegetação nativa nos últimos 10 anos – área maior do que o estado do Rio de Janeiro.

No Mapa de Conflitos da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) são encontrados conflitos com empresas monocultoras de algodão em todas as regiões do país, salvo a região Norte (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2010a).

Eles acontecem de forma direta ou indireta, ou seja, são o causador principal do distúrbio socioambiental ou parte da composição do mesmo. Tais conflitos são datados de 1960 a anos mais recentes, como 2013. Os conflitos se concentram na Bahia, Mato Grosso, Minas Gerais e Goiás, atingindo trabalhadores rurais, quilombolas, agricultores familiares, ribeirinhos, comunidades indígenas e até mesmo comunidades urbanas.

As atividades geradoras de conflito também são diversas, como: uso de agrotóxicos, cultivos em grandes extensões de terra, implantação em áreas protegidas e atividades de entidades governamentais; insegurança alimentar; piora na qualidade de vida; acidentes; doenças respiratórias; violências e ameaças como coação física e lesão corporal.

As atividades geradoras de conflito também são diversas, como: uso de agrotóxicos, cultivos em grandes extensões de terra, implantação em áreas protegidas e atividades de entidades governamentais; insegurança alimentar; piora na qualidade de vida; acidentes; doenças respiratórias; violências e ameaças como coação física e lesão corporal. O mapa também lista entre os impactos socioambientais: alteração no regime tradicional de uso e ocupação do território, falta/irregularidade na demarcação de território tradicional, desmatamento e/ou queimada, invasão/danos à área protegida ou unidade de conservação e poluição do solo e de recursos hídricos.

Um exemplo que chamou atenção da mídia, após ser denunciado pela ONG Repórter

Brasil (REIMBERG, 2009) em 2009, foi a Fazenda Estrondo, no oese da Bahia, por casos de escravidão moderna, desmatamento ilegal e suspeita de grilagem. A empresa, que cultivava soja, milho e algodão, entrou na Lista Suja. Segundo a Comissão de Direitos Humanos e Minorias da Câmara dos Deputados (CDHM) (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2016), a região é um dos territórios mais conflituosos do oeste da Bahia, pois a localidade era ocupada por comunidades tradicionais, conhecidas como Geraizeiros, descendentes de povos indígenas e quilombolas. A comissão também apontou que existem inúmeras denúncias de fraudes que envolvem desde servidores públicos a políticos, empresários e outros atores sociais que buscavam fortalecer as atividades ligadas ao agronegócio na região.

Em se tratando da produção de celulose, a Jari aparece no Mapa de Conflitos em um conflito com moradores de um bairro da Zona Rural de Almeirim (PA) (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2010b). A instalação da empresa no local desencadeou o que é considerado o "maior conflito fundiário da Amazônia". O cultivo da monocultura asso-reou e poluiu igarapés da região e destruiu a vegetação nativa, precarizando a condição de vida dos moradores locais, que tiram seus sustento da agricultura familiar e extrativismo. Com o apoio da Secretaria de Meio Ambiente do Pará (Sema), a Jari Celulose passou a extrair, no final de 2014, madeira de uma região próxima da comunidade Repartimento dos Pilões, onde vivem 46 famílias que reivindicam a terra ocupadas desde a era da borracha.

A expedição da autorização da SEMA contraria um acordo firmado em 2013, que afirma que até a resolução da questão fundiária da comunidade, não seria permitido que a empresa atuasse na região. Em janeiro de 2015, o Grupo Jari foi proibido de extrair madeira do território pela Vara Agrária de Santarém, mas no mesmo mês a empresa apresentou documentos comprovando a posse da terra, e a liminar foi suspensa.

Ainda em 2015, os extrativistas da comunidade Repartimento dos Pilões realizaram

manifestação para que o Grupo deixasse o território. O caso elenca os impactos socioambientais como: desmatamento e/ou queimada, falta/irregularidade na autorização ou licenciamento ambiental, contaminação ou intoxicação por substâncias nocivas, entre outros. Já os danos à saúde elencados são: desnutrição, insegurança alimentar e violência do tipo ameaça.

Por fim, as três fibras apresentam potencial para construir sistemas com cooperativas para reaproveitar resíduos têxteis que não são adequados para a reciclagem fibra a fibra. Os atuais sistemas informais de coleta de PET conferem ao poliéster um maior potencial neste atributo.

Para visualizar as 3 fibras de forma mais geral em relação aos três atributos sociais da circularidade, os resultados de cada indicador da tabela anterior foram atribuídos a um número de 1 a 5 e depois calculada a média, como pode ser visto na TABELA S. É importante ressaltar que esta avaliação é de caráter demonstrativo e subjetivo e, portanto, não exaustiva.

Com base nessa análise qualitativa, pode-se concluir que o algodão é a fibra que pode ter o maior impacto positivo no desenvolvimento social (em comparação com as demais fibras estudadas de poliéster e viscose). No entanto, o impacto social das fibras pode ser melhorado com políticas

... o impacto social das fibras pode ser melhorado com políticas públicas de incentivo à agricultura familiar e agroecológica, sistemas de gestão de resíduos mais fortalecidos, geração de empregos técnicos e desenvolvimento de tecnologias de reciclagem para processar produtos vendidos no mercado interno.

públicas de incentivo à agricultura familiar e agroecológica, sistemas de gestão de resíduos mais fortalecidos (por exemplo, incluindo o setor informal e implementando a PNRS para o setor têxtil), geração de empregos técnicos e desenvolvimento de tecnologias de reciclagem para processar produtos vendidos no mercado interno. Além disso, as três fibras estudadas têm o potencial de impactar positivamente o desenvolvimento social à medida que tecnologias e sistemas de produção e varejo circular se desenvolvem.

TABELA R - Atributos sociais de circularidade das fibras

ATRIBUTO DE CIRCULARIDADE	ALGODÃO	POLIÉSTER	VISCOSE
APOIA ECONOMIA LOCAL	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
cria emprego	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
PROMOVE A JUSTIÇA SOCIAL	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
Legenda:	☆☆☆☆☆		
POTENCIAL DE CIRCULARIDADE	Baixo	Alto	

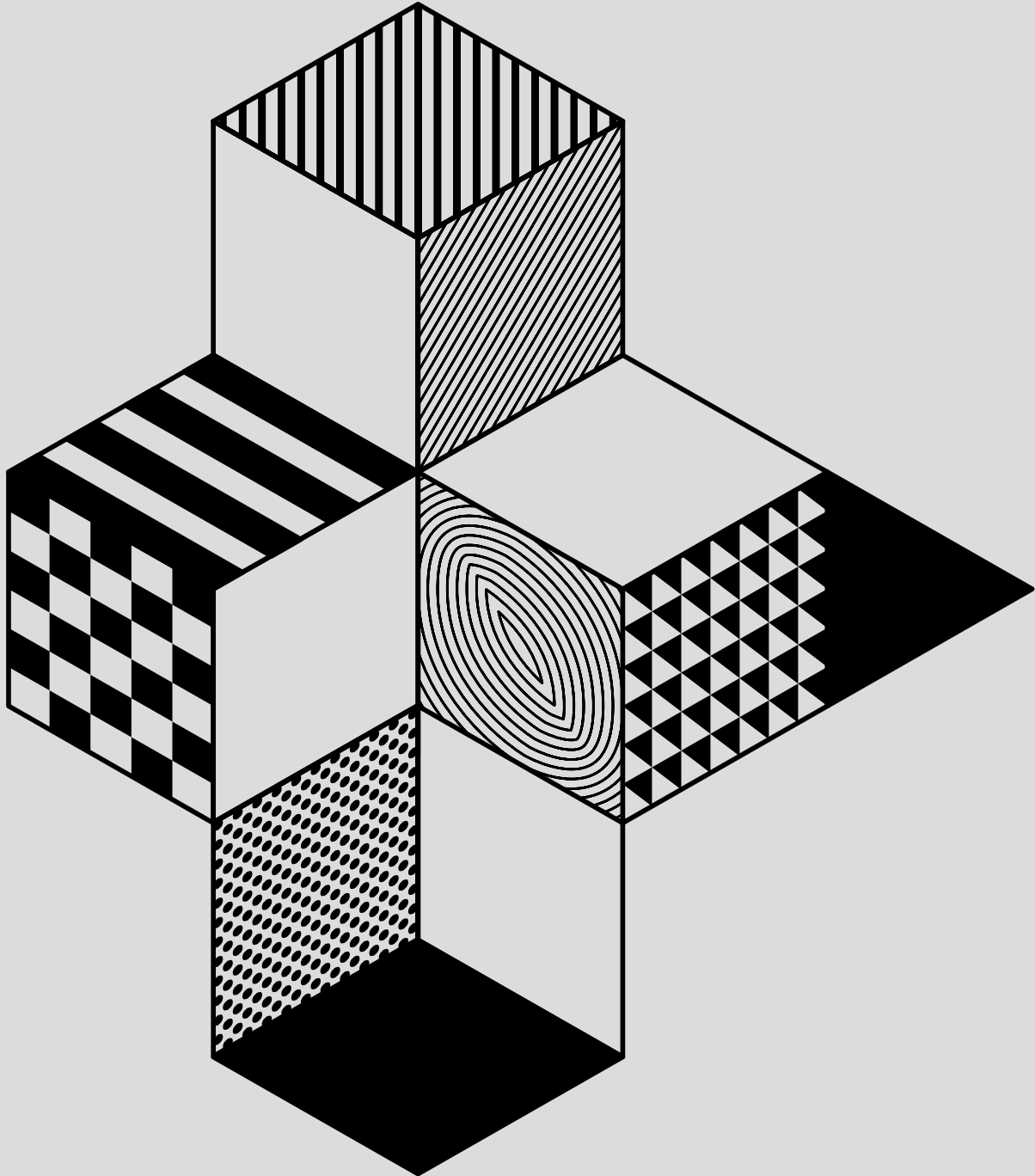
Fonte: Elaboração Própria

Plásticos Verdes x Biodegradáveis

O plástico verde é o polietileno produzido a partir do etanol. A diferença do polietileno produzido a partir do etanol para o polietileno produzido a partir do petróleo está na matéria-prima utilizada para a produção do etileno. Com a utilização de catalisador e processo adequados, o etileno produzido a partir do etanol é a mesma molécula com a mesma pureza que o proveniente do processo petroquímico. Portanto, o polietileno produzido a partir deste etileno é também idêntico, com as mesmas características físico-químicas e as mesmas aplicações que as do polietileno produzido a partir do petróleo. Embora a matéria-prima do plástico verde seja de fonte renovável, isso não implica biodegradabilidade como característica do material.

Já os plásticos biodegradáveis podem ser decompostos por micróbios e convertidos em biomassa, água e dióxido de carbono (ou na ausência de oxigênio, metano, em vez de CO₂). Alguns deles são compostáveis, porém a maior parte deles é apta apenas para a compostagem industrial. Os plásticos biodegradáveis também podem se comportar como os plásticos tradicionais quando vão parar nos oceanos, onde há ausência de luz e oxigênio, não se decompondo e sim se desintegrando em partes menores. Note, então, que plásticos biodegradáveis dependem do meio para se degradarem.





Cenários Para a Circularidade de Fibras Têxteis Alternativas

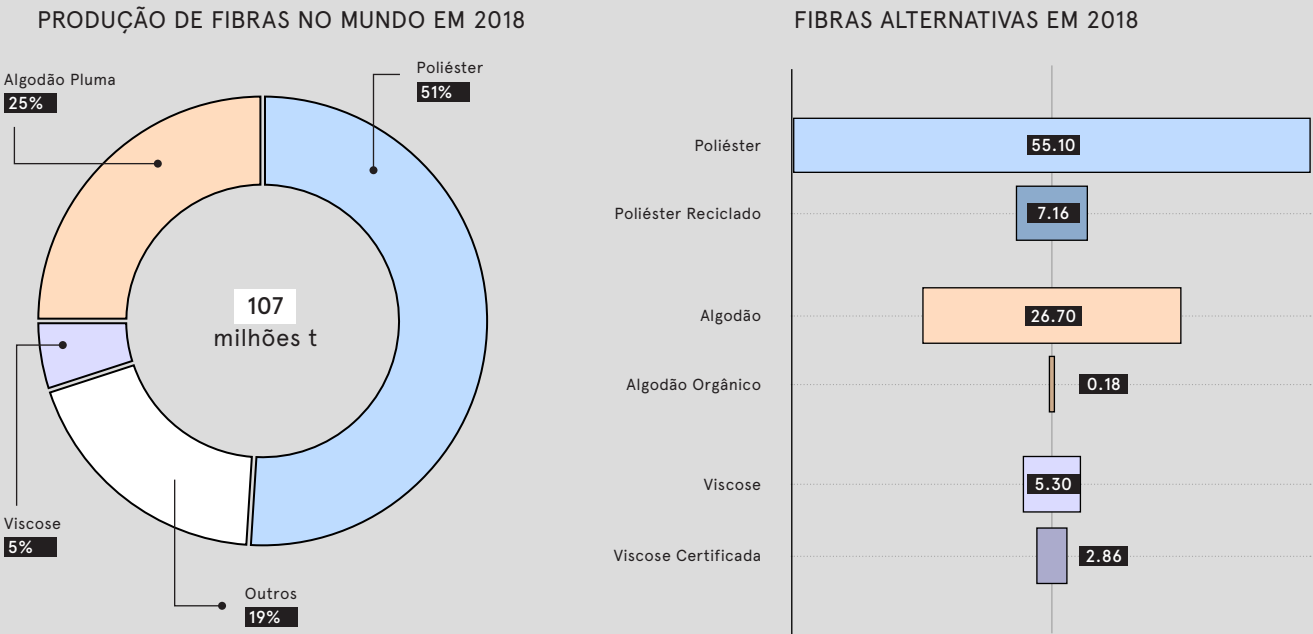
A Demanda por Matérias-Primas Mais Sustentáveis

Como foi apresentado nos capítulos anteriores, a demanda por produtos têxteis vem aumentando constantemente. Também se observa um crescente interesse do setor têxtil por opções de matérias-primas mais sustentáveis, principalmente devido às preocupações socioambientais relacionadas à indústria da moda. Apesar disso, a produção de fibras alternativas ainda é modesta em comparação com a produção tradicional.

O presente capítulo traz detalhes sobre a produção de fibras alternativas às três fibras mais utilizadas no setor têxtil mundialmente: algodão agroecológico, poliéster de garrafas PET recicladas e viscose produzida via processos alternativos.

A FIGURA 30 apresenta a produção mundial de fibras têxteis em 2018 e seu mercado alternativo em comparação com a produção global.

FIGURA 30 - Produção mundial de fibras têxteis e alternativas, em milhões de toneladas



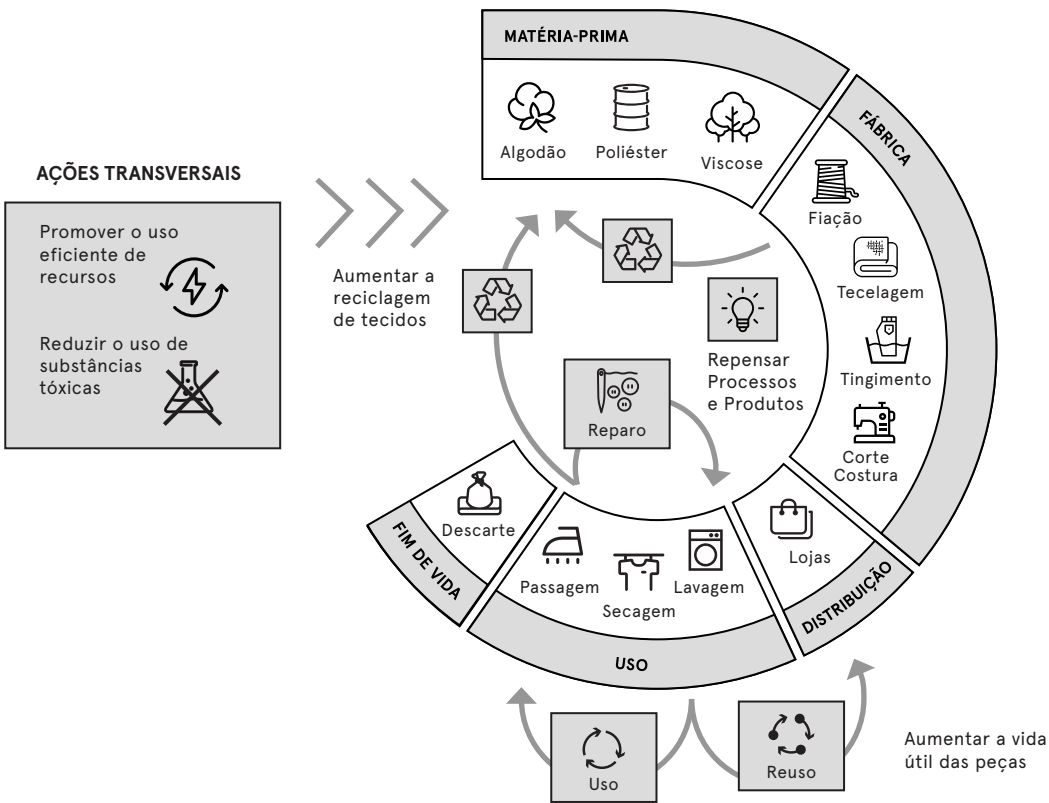
Fonte: adaptado de TEXTILE EXCHANGE (2019a)

Produtos Têxteis Alternativos

A fim de reduzir os impactos ambientais e aumentar a circularidade das fibras têxteis, tecnologias e sistemas de produção alternativos podem ser adotados ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos têxteis (FIGURA 31). Para saber mais sobre o ciclo de vida dos produtos têxteis, consulte a PARTE 2 deste documento.

A seguir, encontram-se as principais alterações empregadas na etapa de “Produção de matéria-prima” para a produção das fibras alternativas estudadas neste relatório: algodão agroecológico, poliéster de garrafas PET recicladas e processos alternativos de produção de viscose.

FIGURA 31 - Ciclo de vidas das fibras têxteis: sistemas de produção alternativos



Fonte: Elaboração Própria

Algodão Agroecológico

PANORAMA DO MERCADO

A produção de algodão em sistema de monocultura, em geral, é bastante danosa ao ambiente, pois reduz a biodiversidade dos agroecossistemas, tornando-os vulneráveis aos ataques de pragas e doenças, assim como à perda de fertilidade dos solos. Isso implica a necessidade de usar uma quantidade cada vez maior e mais perigosa de pesticidas e fertilizantes químicos, os quais, além de poderem impactar a saúde humana, podem também poluir as águas e o solo, causando perda de biodiversidade e dos seus serviços ecossistêmicos (SAMBUICHI et al., 2017).

Uma alternativa à cotonicultura é a produção de algodão orgânico em bases agroecológicas. Nesse sistema, o cultivo é realizado de forma a manter a saúde dos

solos, ecossistemas e pessoas. Baseia-se em processos agroecológicos, biodiversidade e ciclos adaptados às condições locais, com o emprego de sistemas de rotação de culturas (que contribuem para a restauração da qualidade do solo) e sem o uso de agrotóxicos sintéticos tóxicos e persistentes (pesticidas e fertilizantes) e de sementes geneticamente modificadas (TEXTILE EXCHANGE, 2019b).

A TABELA 5 apresenta os maiores produtores de algodão orgânico⁶, segundo o Relatório da Textile Exchange “Organic Cotton – Market Report 2019”.

Segundo o relatório, a produção de algodão orgânico representa cerca de 0,7% da oferta mundial de algodão, com mais de 356 mil ha certificados. Na safra de 2017/2018, foram produzidas 180.871 toneladas de

⁶ Segundo TEXTILE EXCHANGE (2019b), algodão orgânico é o algodão produzido de acordo com os Princípios de Agricultura Orgânica da IFOAM, certificado pela Família de Padrões IFOAM em nível de fazenda. Além disso, também é considerado orgânica a produção de algodão certificada por Sistemas Participativos de Garantia (PGS).

TABELA 5 - Maiores produtores mundiais de algodão orgânico e a posição do Brasil, em 2018

RANKING	PAÍS	PRODUÇÃO (TONELADAS)	PRODUÇÃO (PORCENTAGEM)
1	Índia	85.530	47%
2	China	38.586	21%
3	Quirguistão	22.309	12%
4	Turquia	11.652	6%
5	Tajiquistão	8.999	5%
6	E.U.A	5.082	3%
7	Tanzânia	4.890	3%
8	Grécia	850	0,5%
9	Uganda	765	0,4%
10	Benin	713	0,4%
16	Brasil	22	0,01%

Fonte: TEXTILE EXCHANGE, 2019b

algodão orgânico, o que representa um crescimento de 56% em relação à safra de 2016/2017 (TEXTILE EXCHANGE, 2019b).

O Brasil ocupa a 16ª posição no ranking, com 22 toneladas de algodão orgânico, o equivalente a apenas 0,01% da produção mundial e menos de 0,1% da produção nacional.

Como pode ser observado na TABELA 5, cerca de 98% da produção está concentrada em 7 países. O Brasil ocupa a 16ª posição no ranking, com 22 toneladas de algodão orgânico, o equivalente a apenas 0,01% da produção mundial e menos de 0,1% da produção nacional. A produção brasileira se concentrou em 930 fazendas que somaram 619 hectares certificados via Sistemas Participativos de Garantia por intermédio dos Organismos de Averiguação da Conformidade Orgânica (OPAC) (TEXTILE EXCHANGE, 2019b).

É importante considerar que a maior parte da produção brasileira de algodão orgânico está concentrada na região semiárida do país, principalmente nos estados de Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Pernambuco (ABRAPA, 2017). O sistema produtivo opera na forma de consórcios agroecológicos, e está suscetível aos efeitos da seca que historicamente afeta a região (MATTOS et al., 2020). Por outro lado, essa região destaca-se por apresentar condições climáticas favoráveis à redução da incidência de pragas do algodoeiro e tem, de certa forma, viabilizado o cultivo com bases agroecológicas (BASTOS et al., 2006).

Atualmente, as iniciativas envolvendo o cultivo de algodão na forma de consórcios agroecológicos vêm sendo desenvolvidas com apoio de entidades de cooperação internacional e de projetos sociais, como por exemplo: Associação para o Desenvolvimento Educacional e Cultural do Município de Tauá/CE (ADEC), Embrapa Algodão, Esplar, Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA), Instituto C&A, entre outros (MATTOS et al., 2020).

A demanda por algodão orgânico no Brasil também está aumentando, tanto de compradores existentes (como *Vert*, *Organic Cotton Colors*, *Justa Trama* e *Natural Cotton Color*) quanto de novas empresas comprometidas com a sustentabilidade (TEXTILE EXCHANGE, 2019b). Recentemente, cresce também o interesse pelo cultivo do algodão orgânico de fibra colorida na região Nordeste do Brasil. Nessas condições, além de evitar o uso de fertilizantes sintéticos e pesticidas, a produção dispensa o tingimento artificial e contribui para o meio ambiente.

CICLO DE VIDA

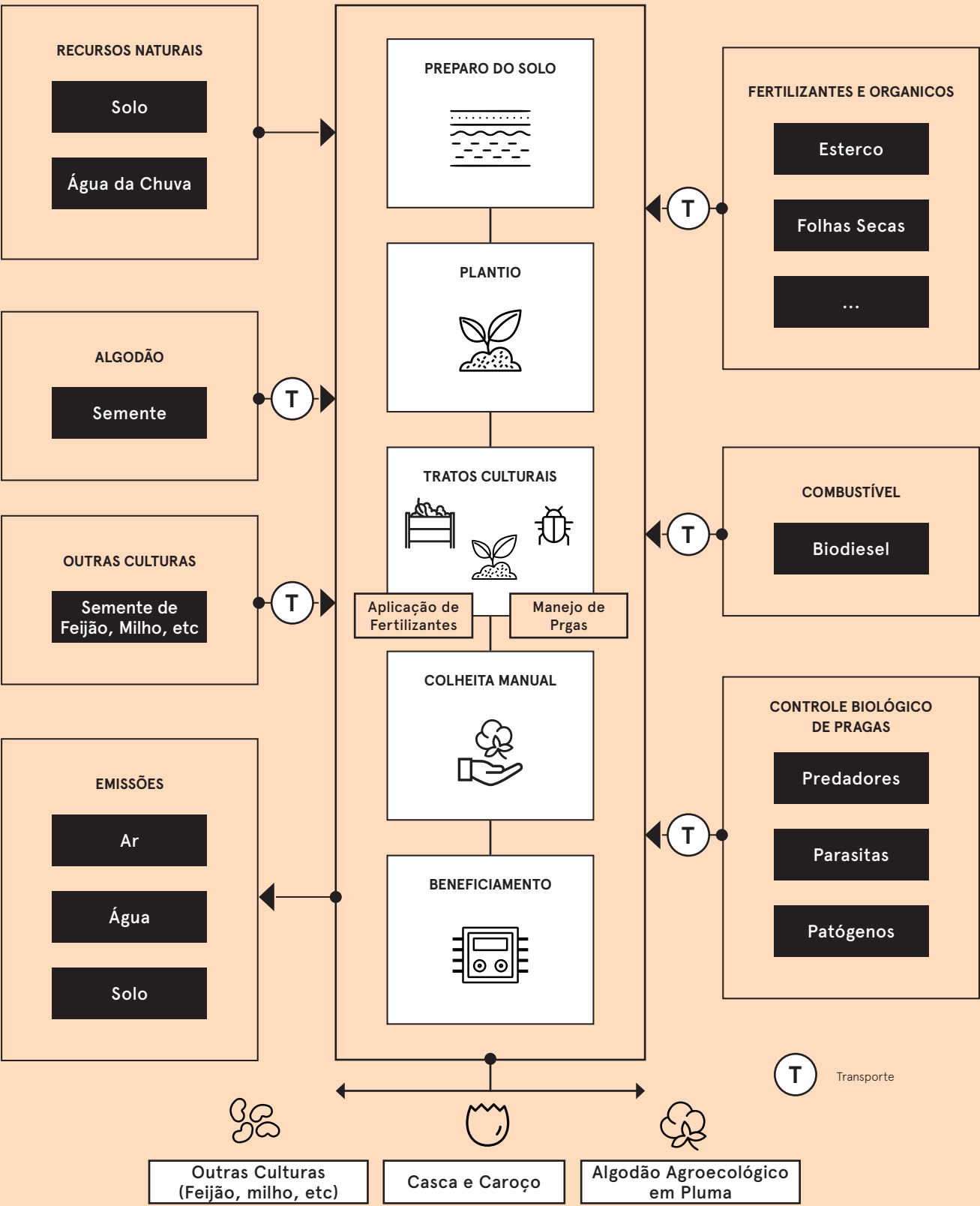
Dentre a ampla gama de problemas advindos do cultivo convencional do algodoeiro, o uso excessivo de pesticidas é talvez o mais sério e a principal motivação para que muitas pessoas e organizações procurem por processos alternativos de produção (BASTOS et al., 2006). No Brasil, o algodão é responsável por aproximadamente 10% do volume total de pesticidas utilizado no país (BOMBARDI, 2017).

Ao invés das técnicas convencionais de produção, o algodão agroecológico é cultivado com o uso de fertilizantes orgânicos, controle biológico de pragas e rotação de culturas. A colheita é geralmente manual.

Ao invés das técnicas convencionais de produção, o algodão agroecológico é cultivado com o uso de fertilizantes orgânicos, controle biológico de pragas e rotação de culturas. A colheita é geralmente manual (BASTOS et al., 2006). Estas práticas substituem o elevado uso de pesticidas, fertilizantes sintéticos e combustíveis fósseis empregados na monocultura convencional e possibilitam um melhor aproveitamento dos recursos naturais.

Após o preparo do solo, plantio em consórcio com outras culturas, seguido pelos tratos culturais e colheita manual, ocorre o processo de beneficiamento do algodão. Nessa

FIGURA 32 - Mapa de processos da etapa de produção do algodão agroecológico



Fonte: Elaboração Própria

etapa, as plumas são separadas por meio de máquinas beneficiadoras e acondicionadas em fardos (SEMEAR INTERNACIONAL, 2020).

A FIGURA 32 apresenta os principais processos e insumos envolvidos no ciclo de vida da produção do algodão agroecológico.

A produtividade média mundial de algodão orgânico é de 321,3 kg/ha de pluma, cerca de cinco vezes menor que a média nacional de produção de algodão convencional (1.685 kg/ha de pluma) (ABRAPA, 2017). Outro estudo brasileiro indica uma produção de algodão branco (pluma + caroço) em consórcio agroecológico de 800 kg/ha contra 3.000 kg/ha do algodão branco convencional produzido no cerrado da Bahia. (MATTOS et al., 2020). Dados médios das quantidades de fertilizantes empregadas pelos principais países produtores de algodão orgânico estão na ordem de 44 kg N/ha e 56 kg P₂O₅/ha. Além disso, não há aplicação de pesticidas (TEXTILE EXCHANGE, 2014).

Apesar da menor produtividade do algodão cultivado nos sistemas agroecológicos, diversos estudos indicam benefícios econômicos, sociais e ambientais dessa produção (MATTOS et al., 2020; SHAH; BANSAL; SINGH, 2018; TEXTILE EXCHANGE, 2014). Por exemplo, o algodão agroecológico, uma vez certificado, pode ser comercializado a preços até duas vezes maiores que o algodão convencional, fato que compensa sua menor produção por área plantada (MATTOS et al., 2020).

IMPACTOS AMBIENTAIS

Como visto no relatório anterior, muitos estudos de ACV têm apontado que a produção de algodão convencional causa danos consideráveis ao meio ambiente, principalmente devido ao alto uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos.

Todos esses riscos ambientais e à saúde levam para a necessidade do fortalecimento da produção do algodão agroecológico, cultivado de forma orgânica – sem o uso de produtos químicos tóxicos e fertilizantes sintéticos. Alguns estudos de ACV foram

conduzidos a fim de conhecer os impactos ambientais dessa produção alternativa e para confirmar se, de fato, a produção orgânica possui vantagens ambientais quando comparada à convencional. Apesar do algodão orgânico apresentar vantagens pela não utilização de pesticidas no seu processo produtivo, poucos estudos de ACV quantificaram o impacto da categoria toxicidade.

Em 2014, a ACV de algodão orgânico dos principais produtores mundiais – Índia, China, Turquia, Tanzânia e Estados Unidos – foi encomendada pela Textile Exchange. De acordo com o estudo, o algodão cultivado organicamente apresenta um melhor desempenho ambiental quando comparado com o algodão convencional. Os resultados por 1000 kg de fibra de algodão foram: 978 kg CO₂ eq para mudanças climáticas (46% de redução), 182 m³ para o consumo de água (91% de redução) e 5800 MJ para o consumo de energia (62% de redução) (TEXTILE EXCHANGE, 2014). A produtividade média relatada é de 1835 kg/ha.

Em outro estudo, ESTEVE-TURRILLAS; DE LA GUARDIA (2017) realizaram uma ACV comparativa da produção de algodão reciclado, obtido de peças usadas, e algodão virgem, cultivado em lavouras tradicionais e orgânicas. De acordo com o estudo, o impacto de mudanças climáticas para o algodão convencional é um pouco maior (0,62–5,5 kg CO₂ eq/kg de fio de algodão colorido) do que o relatado para o algodão orgânico (0,98–2,40 kg CO₂ eq/kg de fio de algodão colorido). Dados de consumo de água também foram observados, com variações na faixa de 0,177–14,74 e 0,106–2,79 m³/kg de fio de algodão colorido para culturas convencionais e orgânicas, respectivamente. Considerando os valores médios de cada categoria por unidade funcional, o uso de estratégias de agricultura orgânica resultou em reduções dos impactos ambientais estimadas em: 0,53 kg CO₂ eq/kg de fio de algodão colorido para mudanças climáticas (26%) e 4,332 79 m³/kg de fio de algodão colorido para consumo de água (79%).

De acordo um estudo conduzido na Índia em 2018, a produção de algodão orgânico oca-

siona emissões no ciclo de vida na ordem de: 0.295 kg CO₂ eq/kg de algodão em caroço para mudanças climáticas (redução de 60%); 0.392 m₃/kg de algodão em caroço para consumo de água (redução de 27%) e 1351 MJ para o consumo de energia (75% de redução). De acordo com os autores, o rendimento de cada tipo de algodão por hectare teve um papel importante no desempenho ambiental (SHAH; BANSAL; SINGH, 2018).

Em relação ao cultivo de algodão convencional, o cultivo de algodão orgânico reduziu as emissões de GEE em 58%. Essa melhora na categoria de mudanças climáticas é causada por várias razões, como, por exemplo, a substituição do uso de fertilizante químico por fertilizante orgânico, a não utilização de herbicidas, inseticidas e fungicidas e a diminuição do uso de operações mecanizadas. Além disso, quando alterada a fonte de energia nas fábricas por painéis fotovoltaicos, a redução pode chegar a até 70% das emissões de GEE.

Mais recentemente, KAZAN; AKGUL; KERC (2020) conduziu um estudo sobre ACV de camisetas de algodão e cenários alternativos de fabricação. Esses cenários incluíram a produção de algodão convencional; algodão orgânico com uso de energia renovável na fabricação; tingimento natural no processo de fabricação e, por último, utilização do algodão reciclado como matéria-prima. Em relação ao cultivo de algodão convencional, o cultivo de algodão orgânico reduziu as emissões de GEE em 58%. Essa melhora na categoria de mudanças climáticas é causada por várias razões, como, por exemplo, a substituição do uso de fertilizante químico por fertilizante orgânico, a não utilização de herbicidas, inseticidas e fungicidas e a diminuição do uso de operações mecanizadas. Além disso, quando alterada a fonte de energia nas fábricas por painéis fotovoltaicos, a redução pode chegar a até 70% das emissões de GEE.



Poliéster de Garrafas PET Recicladas

PANORAMA DO MERCADO

O poliéster é a fibra mais usada em todo o mundo. Apesar de ser oriundo do petróleo, fonte não renovável e poluente, uma das aparentes vantagens dessa fibra é o fato de ser reciclável.

Com uma produção anual de cerca de 55 milhões de toneladas de poliéster, a fibra sintética teve uma participação de cerca de 52% da produção global de fibras em 2018 (TEXTILE EXCHANGE, 2019a). Deste total, a produção de poliéster reciclado⁷ foi de 7,16 milhões de toneladas, o equivalente a cerca de 13% da produção mundial da fibra (TEXTILE EXCHANGE, 2019a). O poliéster reciclado é feito principalmente de garrafas de polietileno tereftalato, uma vez que as garrafas de água, refrigerantes e outras bebidas constituem cerca de 84% da demanda global e 90% da demanda brasileira de resina PET (ABIPET, 2020; SARIOGLU; KAYNAK, 2016). O segmento têxtil é o segundo com melhores perspectivas de crescimento para a aplicação do PET reciclado com 25% e só perde para o *bottle-to-bottle* (garrafa-em-garrafa), com 46%.

... no Brasil, foram recicladas 311 mil toneladas de PET em 2016 (55% da produção total). Desse total, 22% foi destinado à indústria têxtil e empregado na produção de tecidos, malhas, cordas e monofilamentos. Um dos usos mais difundidos é o de revestimentos automotivos: 100% dos carros nacionais usam carpetes de PET reciclado.

No Brasil, apesar da indústria têxtil ser uma das maiores usuárias de PET reciclado (ABI-

PET, 2020), o uso de poliéster de garrafas PET recicladas ainda está longe de ser representativo. Segundo o último levantamento do Censo da Reciclagem do PET no Brasil, foram recicladas 311 mil toneladas de PET em 2016 (55% da produção total). Desse total, 22% foi destinado à indústria têxtil (ABIPET, 2020) e empregado na produção de tecidos, malhas, cordas e monofilamentos. Um dos usos mais difundidos é o de revestimentos automotivos: 100% dos carros nacionais usam carpetes de PET reciclado.

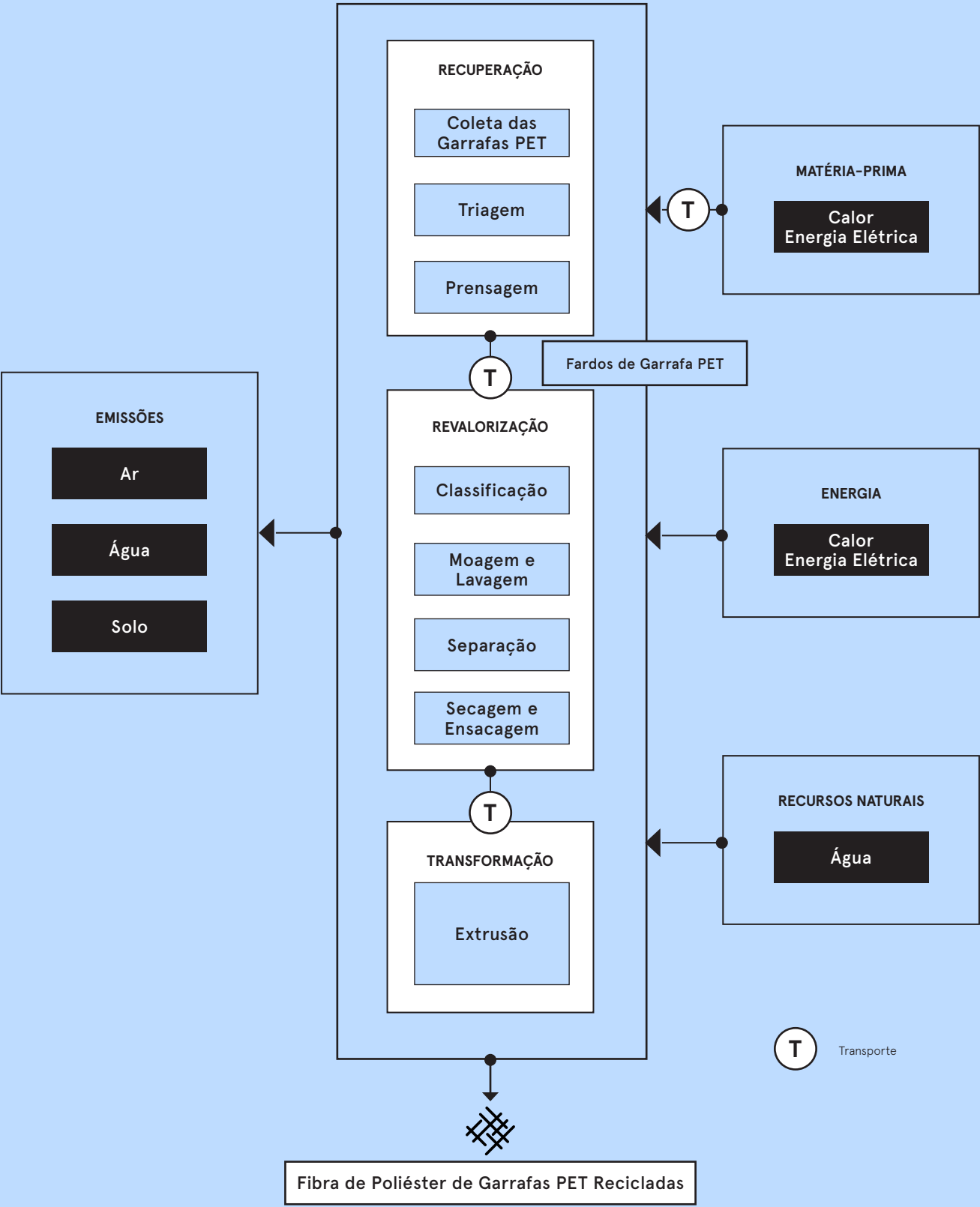
CICLO DE VIDA

A reciclagem de garrafas PET para fibras de poliéster ou *“bottle-to-fibre”* é classificada como uma reciclagem do tipo *open loop*, ou seja, ao invés do material reciclado ser reintroduzido no processo para produzir novas garrafas PET (*closed loop bottle-to-bottle*), ele é inserido em outro processo para produzir um produto diferente e um novo ciclo de vida é criado a partir do fim de vida da garrafa PET. Em termos de economia circular, o que ocorre neste processo é o *upcycling* das garrafas PET descartadas em fibras têxteis de poliéster, com um novo ciclo de vida sendo criado.

Esse novo ciclo de vida da fibra de poliéster de garrafas PET recicladas se inicia com a coleta das garrafas pelos comerciantes de recicláveis, catadores, cooperativas ou sistemas de coleta seletiva. As embalagens passam então por processos de separação (por cor, tamanho, origem), triagem e prensagem e são levadas para as recicladoras em forma de fardos de PET (ABIPET, 2012).

Na reciclagem mecânica, os fardos são desfeitos e todo o material é colocado em esteiras para a etapa de lavagem e remoção de contaminantes (como pedras, metais, tampas soltas, etc). As garrafas seguem então para a moagem para a produção dos

FIGURA 33 - Mapa de processos da etapa de produção de poliéster de garrafas PET recicladas mecanicamente



Fonte: Elaboração Própria

⁷ O poliéster reciclado é feito principalmente de garrafas de plástico PET, mas também pode ser feito a partir de materiais pós-consumo – como produtos têxteis de poliéster descartados – ou pré-consumo – como aparas de tecidos de poliéster.

flocos de PET. O material moído passa pelos tanques de separação, onde é feita a separação dos rótulos e tampas, e logo depois é encaminhado para a secagem e ensacagem (ABIPET, 2012).

Os flocos passam por um processo de extrusão, gerando os grãos, que são transformados em fios de poliéster reciclado que finalmente são enviados às fábricas têxteis e seguem o seu ciclo de vida (ABIPET, 2012). Cerca de duas garrafas PET de 2 litros são suficientes para produzir uma camiseta, cinco para uma calça comprida e sete um casaco (SEBRAE, 2014).

A FIGURA 33 apresenta os principais processos e insumos envolvidos no ciclo de vida da produção do poliéster produzido a partir de garrafas PET recicladas mecanicamente.

A reciclagem de garrafas PET possibilita a conservação de fontes naturais como combustíveis fósseis e energia, o que diminui a demanda por terra (aterros) e reduz emissões de gases de efeito estufa.

A reciclagem de garrafas PET possibilita a conservação de fontes naturais como combustíveis fósseis e energia, o que diminui a demanda por terra (aterros) e reduz emissões de gases de efeito estufa (SARIOGLU; KAYNAK, 2016). A produção de poliéster reciclado requer 59% menos energia do que a fibra de poliéster convencional. Além disso, as emissões de GEE são reduzidas de 25 a 75%, dependendo do tipo de tecnologia empregada (PERIYASAMY; MILITKY, 2020). Muitos estudos revelam que as propriedades do poliéster virgem e reciclado são semelhantes, exceto pela resistência que se reduz no caso do poliéster reciclado devido ao processo de reciclagem. Para a reciclagem mecânica e semimecânica, a qualidade da fibra reciclada depende fortemente da pureza da matéria-prima e as garrafas devem ser devidamente limpas e classificadas e as impurezas cuidadosamente removidas (SHEN; WORRELL; PATEL, 2010).

IMPACTOS AMBIENTAIS

Conforme apresentado anteriormente, muitos estudos de ACV indicam as mudanças climáticas e o uso intensivo de energia como os principais problemas ambientais relacionados à produção de poliéster.

Uma forma de mitigar esses impactos é através da reciclagem de garrafas PET (*"bottle-to-fibre"*). A reciclagem das garrafas PET aumenta o potencial de circularidade da fibra de poliéster, dando uma nova (e mais nobre) destinação ao resíduo plástico. Do ponto de vista do ciclo de vida, o benefício da reciclagem é a melhoria da eficiência de utilização do material, evitando a extração de recursos e o gerenciamento de resíduos.

Como dito anteriormente, apenas um estudo sobre a reciclagem de poliéster a partir de garrafas PET foi encontrado. Shen; Worrell; Patel (2010) estudaram a ACV do poliéster reciclado de garrafas PET. Os autores escolheram a abordagem *"cut-off"* para alocar os impactos da produção das garrafas PET. Nessa abordagem, o primeiro ciclo de vida e o segundo ciclo de vida são divididos em dois sistemas de produtos independentes e as garrafas PET usadas no primeiro ciclo são consideradas resíduos; e portanto, isentas de carga ambiental.

Em comparação com o PET virgem, as fibras recicladas economizam cerca de 45-85% do consumo de energia não renovável. Consequentemente, o poliéster reciclado também apresenta redução significativa na categoria mudanças climáticas. Os resultados mostram que há uma redução de 76% na reciclagem mecânica, 54% na reciclagem semimecânica, 36% - 24% na reciclagem química do PET. Portanto, conclui-se que esse processo de reciclagem reduziu significativamente os impactos ambientais em relação à produção do poliéster virgem, apesar de exigir um maior uso de água na etapa de limpeza das garrafas. Por fim, salienta-se novamente a necessidade de considerar os impactos da liberação de microplásticos e suas consequências para a saúde humana e a vida marinha.

NOTE A DIFERENÇA

Reciclado x Reciclável x Reciclar

Reciclar é "reaproveitar (algo) para a produção de novos produtos, ou recuperá-los para sua reutilização". Um produto ser reciclável não significa que ele será reciclado. Para a reciclagem acontecer é preciso um sistema de logística reversa estabelecido e financeiramente viável. Igualmente, ser reciclável ou reciclado não é sinônimo de menor impacto socioambiental, sendo necessário qualificar e quantificar os impactos da logística reversa e reciclagem para ter informações precisas sobre impacto socioambiental do produto em questão. Um produto reciclado tem como matéria-prima é composto integralmente ou em partes por matérias-primas recicladas.



Processos Alternativos de Produção de Viscose

PANORAMA DO MERCADO

Representando 79% do mercado de fibras artificiais (TEXTILE EXCHANGE, 2019a), a viscose apresenta características semelhantes à fibra do algodão, versatilidade e alta gama de aplicações e vem ganhando espaço no mercado têxtil. A viscose pode ser produzida de forma responsável, mas infelizmente alguns fabricantes ainda não adotaram as melhores práticas de rastreabilidade da matéria-prima e gerenciamento de produtos químicos tóxicos e corrosivos, tornando os processos de produção florestal e industrial (celulose solúvel) altamente impactantes (CHANGING MARKETS FOUNDATION, 2017).

Iniciativas que buscam atestar os fornecedores que utilizam adequadamente os recursos naturais e tem compromisso com a não exploração predatória das florestas, como *Forest Stewardship Council®* (FSC) e *Canopy* são alternativas para garantir a origem e rastreabilidade da matéria-prima.

Segundo o Relatório da Textile Exchange, a participação de mercado dos produtores de viscose certificada aumentou de cerca de 35% da produção global em 2015 para cerca de 80% em 2018.

Segundo relatório da Textile Exchange, a participação de mercado dos produtores de viscose certificada aumentou de cerca de 35% da produção global em 2015 para cerca de 80% em 2018 (TEXTILE EXCHANGE, 2019a). Ainda segundo o relatório, a auditoria *CanopyStyle* se tornou a mais adotada entre os fornecedores de matérias-primas para a produção de fibras artificiais. Cerca de 54% da capacidade de produção global de viscose existente passou pela auditoria de verificação independente *CanopyStyle*

em 2018, com 28% tendo um baixo risco de desmatamento de florestas ameaçadas de extinção (TEXTILE EXCHANGE, 2019a).

... uma alternativa para a produção de celulose solúvel é a adoção de práticas e tecnologias mais modernas para a redução e otimização do uso de produtos químicos no processo industrial.

Na fase industrial, uma alternativa para a produção de celulose solúvel é a adoção de práticas e tecnologias mais modernas para a redução e otimização do uso de produtos químicos no processo industrial, conforme aponta o Relatório “*Roadmap towards responsible viscose & modal fibre manufacturing*” produzido pela Changing Markets Foundation (CHANGING MARKETS FOUNDATION, 2017).

CICLO DE VIDA

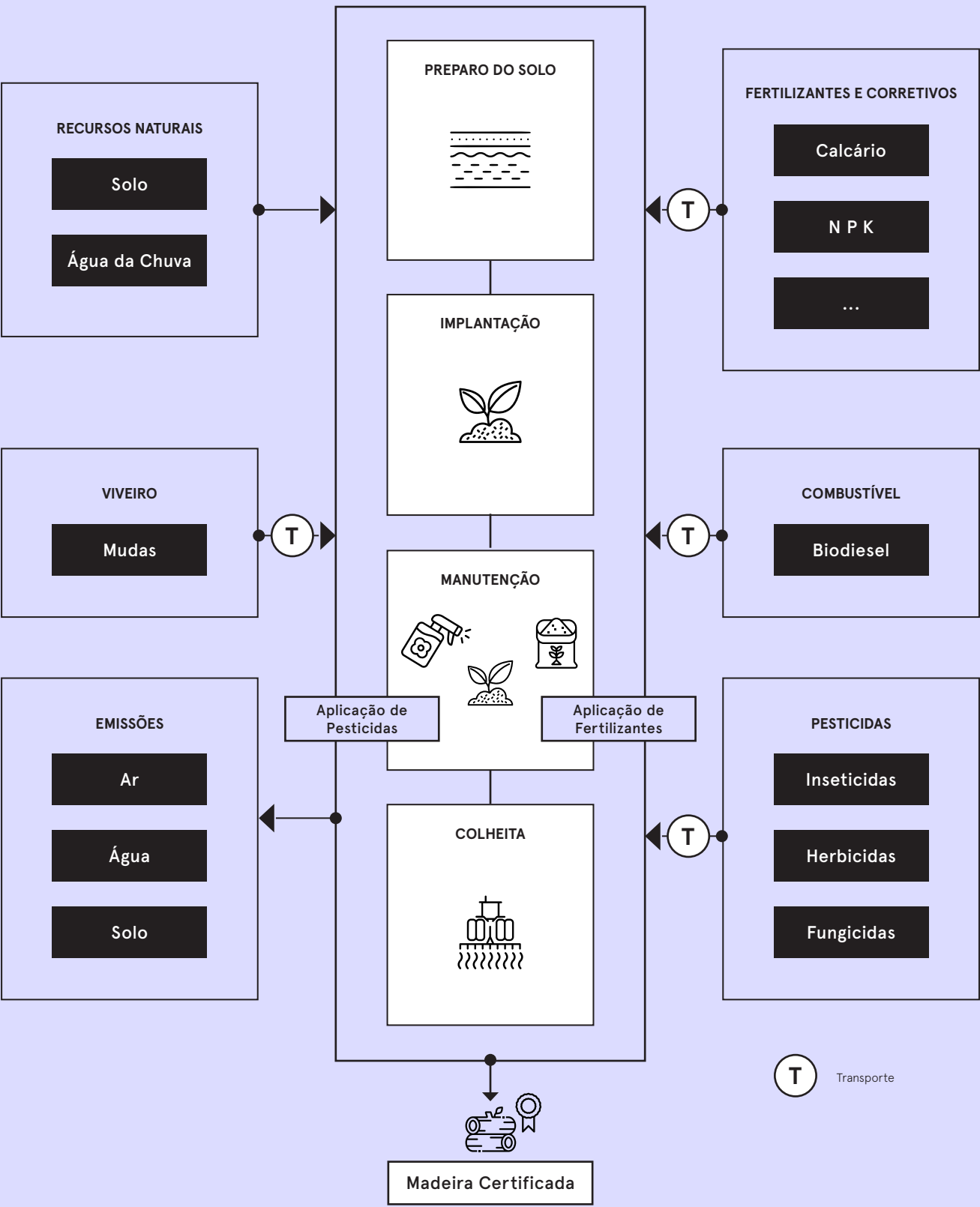
Os processos alternativos de produção de viscose incluem a certificação da matéria-prima e o uso responsável de produtos tóxicos, com tecnologias para sua recuperação e otimização.

A FIGURA 34 apresenta os principais processos e insumos envolvidos no ciclo de vida da produção de viscose via processos alternativos.

IMPACTOS AMBIENTAIS

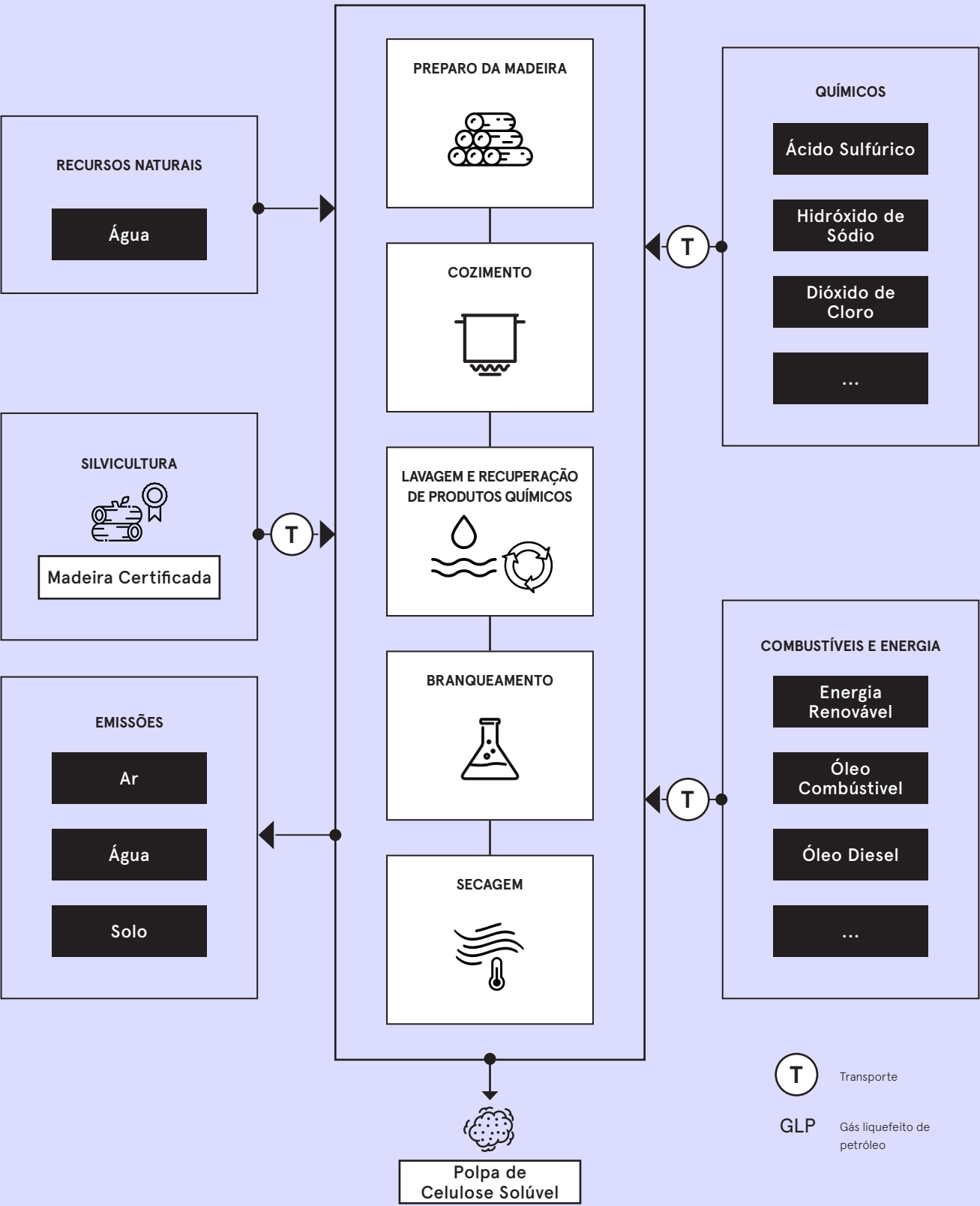
Assim como na análise de ACV das fibras têxteis (PARTE 2), uma grande lacuna de informações também é observada para processos alternativos de produção de viscose. Isso mostra que o conhecimento sobre os impactos ambientais de fibras alternativas, apesar de crescente, ainda precisa avançar. O cenário mais desafiador é o da produção de viscose, já que nenhum artigo foi encontrado para essa fibra.

FIGURA 34 - Mapa de processos alternativos da etapa de produção de viscose - parte 1



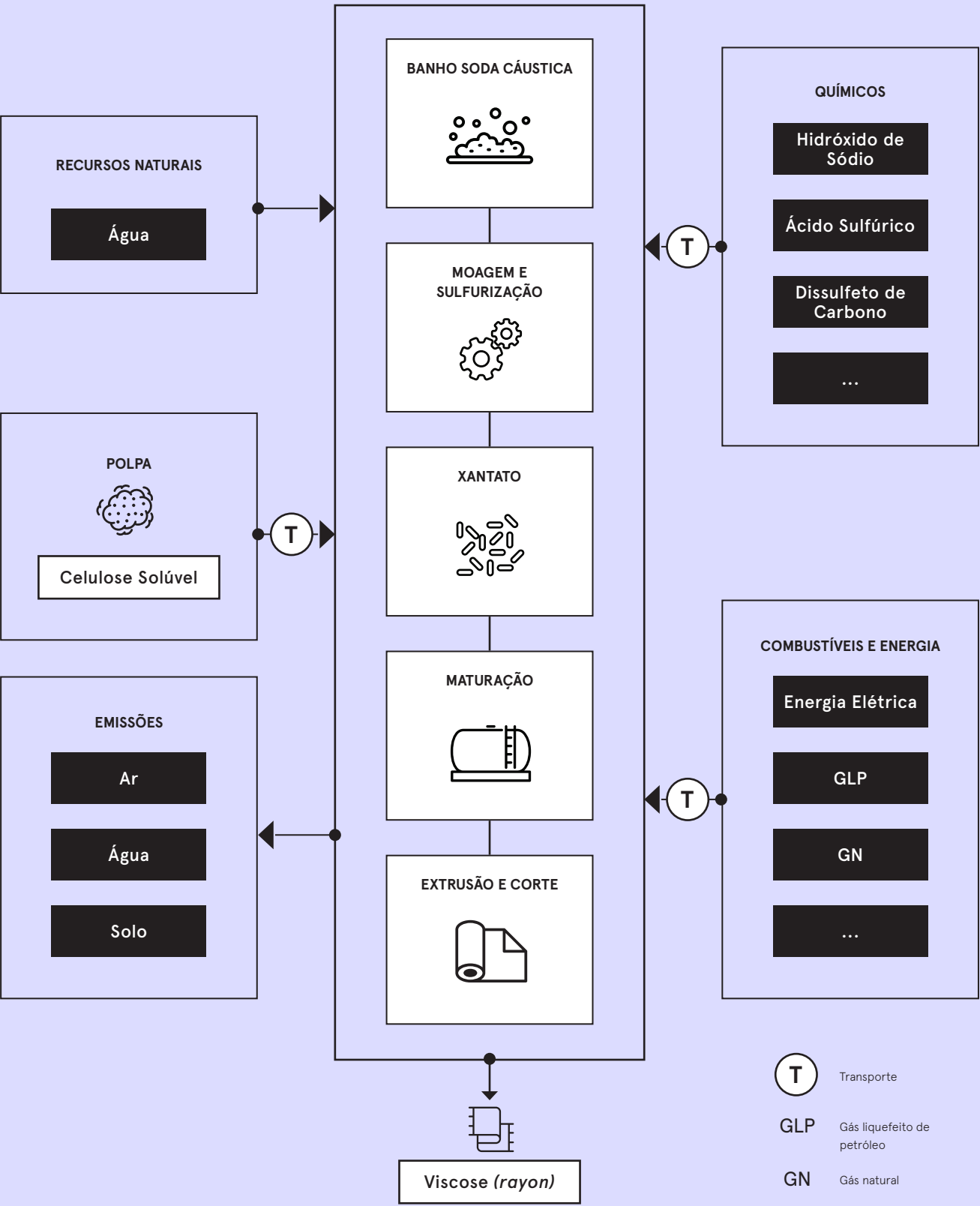
Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 34 - Mapa de processos alternativos da etapa de produção de viscase - parte 2



Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 34 - Mapa de processos alternativos da etapa de produção de viscase - parte 3



Fonte: Elaboração Própria

NOTE A DIFERENÇA

Renovável x Não Renovável

Os recursos naturais não renováveis abrangem todos os elementos que são usados nas atividades antrópicas, e que não têm capacidade de renovação, pelo menos não dentro de um futuro próximo como é o caso do petróleo, ouro, alumínio, ferro, etc. Neste caso, quanto mais se extrai, mais as reservas diminuem.

Já os recursos naturais renováveis detêm capacidade de renovação num futuro próximo. Os recursos com tais características são florestas, água, solo, etc. No entanto, é preciso que o uso de tais recursos seja ponderado para garantir que estes não se esgotem. É importante notar que um recurso renovável não significa menos ou mais sustentabilidade visto que há fatores importantes para serem considerados como: desmatamento, impactos da produção, da extração, etc.

Cenários para a Circularidade das Fibras: Uma Visão para o Futuro

Neste relatório, a avaliação dos cenários para a circularidade das fibras é realizada de forma qualitativa, por meio de uma extensa revisão da literatura que compila resultados de estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de produtos têxteis alternativos. Os cenários avaliados focam na

produção de algodão agroecológico, poliéster de garrafas PET recicladas e viscose via processos alternativos. É importante reiterar que os cenários para as três fibras alternativas representam recomendações (ou uma visão para o futuro) das autoras com base nessa revisão da literatura.



Algodão Agroecológico

Do ponto de vista da moda circular, a produção de algodão agroecológico aumenta a circularidade do sistema em comparação às práticas convencionais, na medida que promove o uso eficiente dos recursos naturais e reduz o uso de substâncias tóxicas, o que leva a menores impactos ambientais, permitindo uma melhor regeneração do sistema produtivo.

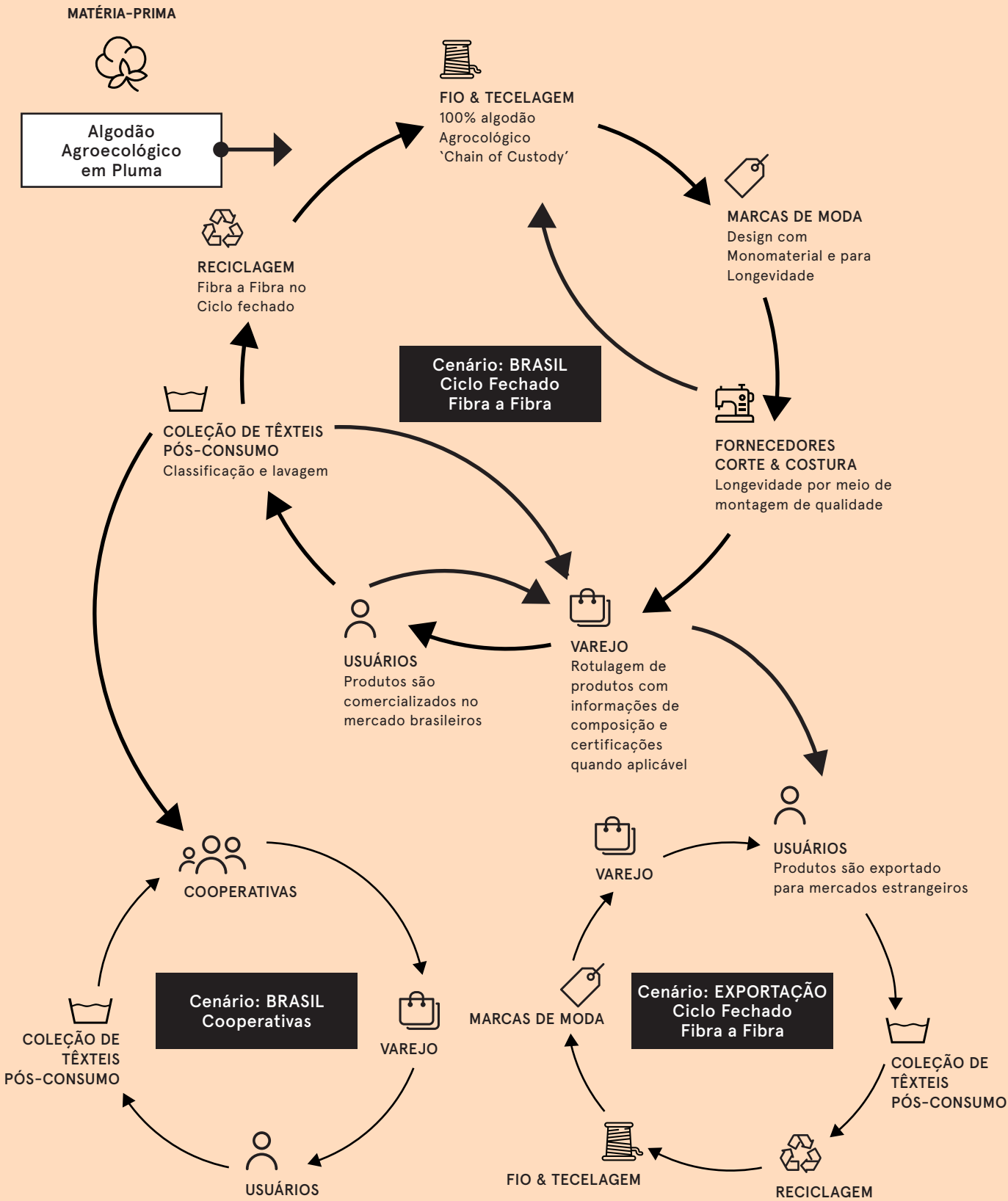
O uso do algodão agroecológico como matéria-prima na indústria da moda brasileira pode facilitar três cenários circulares diferentes (FIGURA 35). O cenário ideal ocorre dentro do contexto nacional e requer a reciclagem de 'fibra-a-fibra' em ciclo fechado. Neste cenário, as empresas que já utilizam algodão orgânico, como Vert, Justa Trama e Natural Cotton Color (TEXTILE EXCHANGE, 2019b), podem ser os atores pioneiros na abordagem circular. Para isso, as marcas de moda podem utilizar estratégias como o design monomaterial e também dar muita atenção à qualidade da construção de seus produtos. Além disso, os varejistas precisarão de serviços comerciais adequados para oferecer aos consumidores sistemas de devolução capazes de reinserir as roupas recolhidas no varejo, além de investimento em pesquisa e tecnologia para fomentar a reciclagem têxtil dos seus produtos.

... o algodão agroecológico reduz em até 46% as emissões de GEE, 91% o consumo de água e 62% no consumo de energia.

... uma das grandes vantagens da produção do algodão agroecológico é o fortalecimento da agricultura familiar no campo, logo é necessário integrar as famílias produtoras nesse ciclo fechado e manter um equilíbrio entre produção e reciclagem.

Como foi mencionado anteriormente, o algodão agroecológico reduz em até 46% as emissões de GEE, 91% o consumo de água e 62% no consumo de energia (TEXTILE EXCHANGE, 2014). Ao manter este algodão em um ciclo de reciclagem fechado fibra-a-fibra, os impactos ambientais negativos da fase de produção das fibras podem cair ainda mais, pois reduzirão os volumes de cultivo da matéria-prima virgem. No entanto, é importante salientar que uma das grandes vantagens da produção do algodão agroecológico é o fortalecimento da agricultura familiar no campo, logo é necessário integrar as famílias produtoras nesse ciclo fechado e manter um equilíbrio entre produção e reciclagem.

FIGURA 35 - Cenários para a circularidade - Algodao Agroecológico



Fonte: Elaboração Própria

Poliéster de Garrafas PET Recicladas

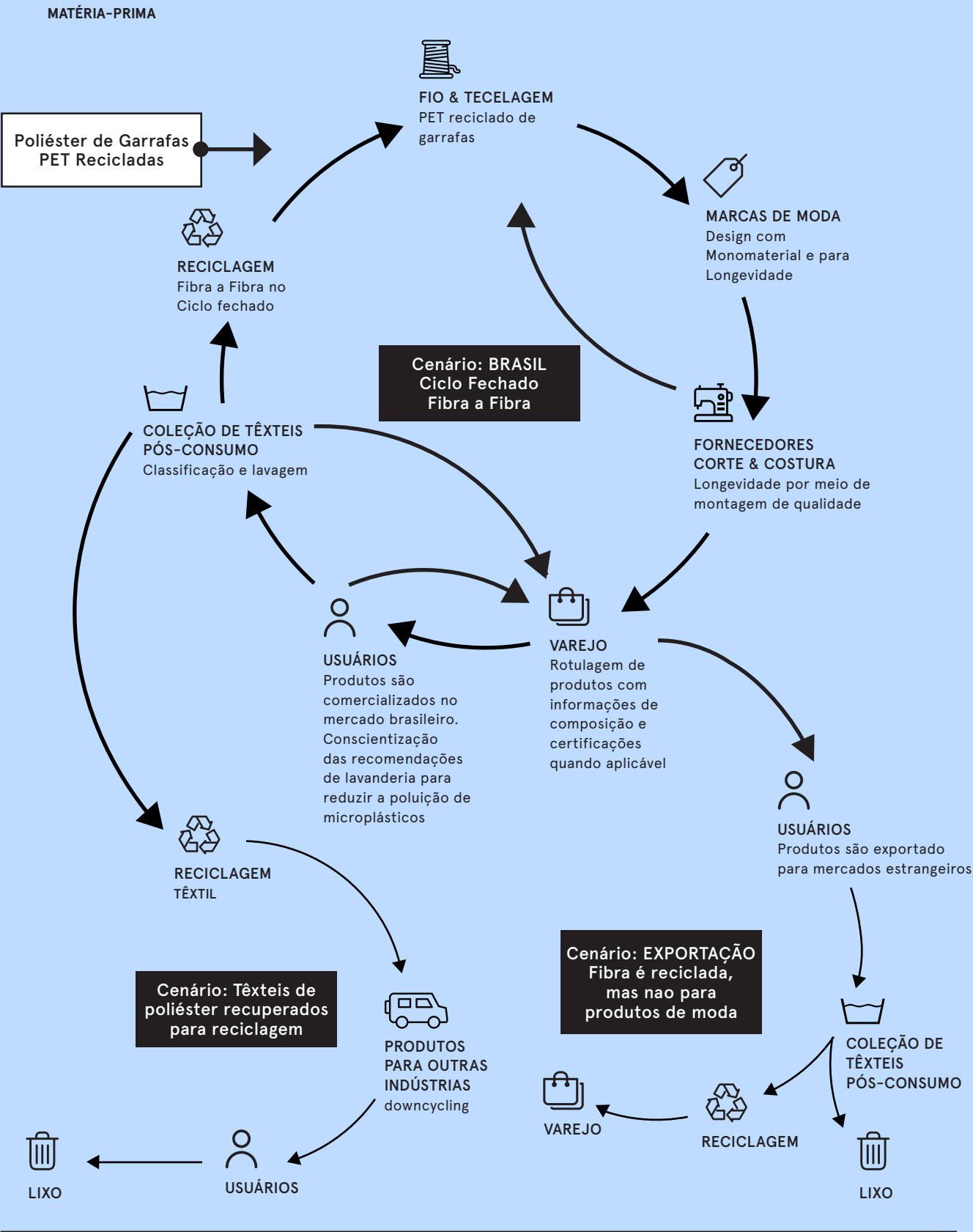
No primeiro passo para a criação de fibras de poliéster recicladas, vários atores tais como comerciantes de recicláveis, catadores, cooperativas ou sistemas de coleta seletiva coletam garrafas PET para inserir no novo ciclo de vida (ABIPET, 2012). No modelo circular, esses mesmos sistemas coletores podem ser expandidos para a coleta de produtos têxteis em final de vida.

Para aumentar a taxa de reciclagem no Brasil, no entanto, é preciso investimento na etapa inicial do processo de coleta do material descartado pelo consumidor.

Com base nas práticas atuais da indústria, os cenários circulares de poliéster baseiam-se no uso de fibras de poliéster feitas de garrafas PET recicladas. Dado o grande volume de fibras sintéticas importadas, incluindo o poliéster, o cenário ideal seria reciclar tanto garrafas PET quanto produtos têxteis de poliéster (conforme é mostrado na FIGURA 36). Para aumentar a taxa de reciclagem no Brasil, no entanto, é preciso investimento na etapa inicial do processo de coleta do material descartado pelo consumidor. A construção de grandes centros de triagem para separar materiais recicláveis, aumento da coleta seletiva, aumento do número de cooperativas de catadores e educação ambiental são exemplos de como impulsionar essa cadeia circular.

Para endereçar o problema da liberação de microplásticos, uma série de recomendações têm sido feitas por cientistas e pesquisadores com destaque para investimento em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias tanto para melhor compreensão dos impactos socioambientais dos microplásticos como para o desenvolvimento de soluções capazes de tratar esse problema, e ampliação do sistema de saneamento básico no país.

FIGURA 36 - Sugestao: Cénarios para a circularidade - Poliéster de Garrafas PET Recicladas



Fonte: Elaboração Própria

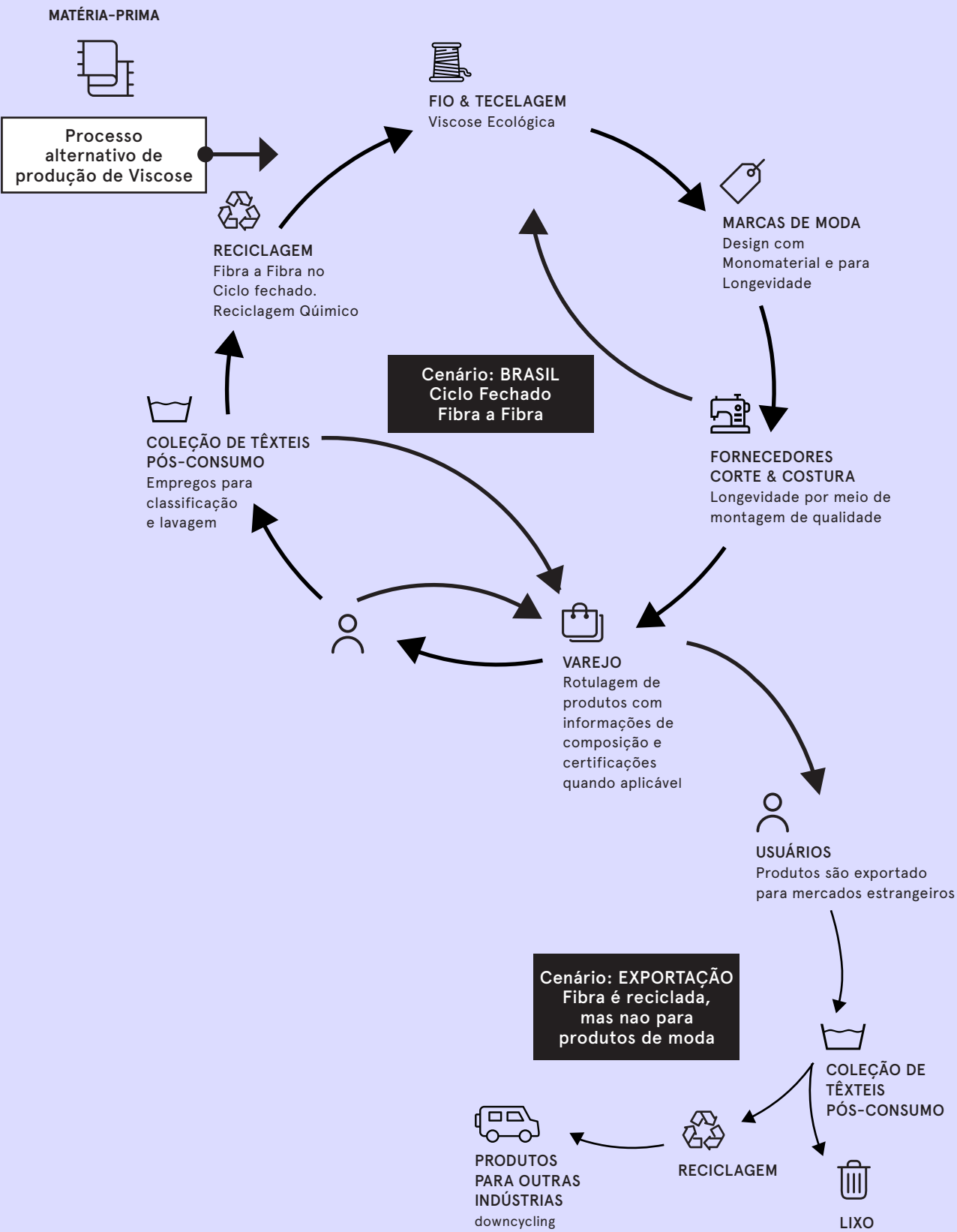
Processos Alternativos de Produção de Viscose

O cenário circular para fibras e produtos de viscose se mostrou o mais desafiador entre as três fibras. Para ter um sistema circular de viscose, antes de mais nada, é preciso maiores informações abertas e disponíveis sobre o processo de produção da fibra e seus impactos. Depois, a fibra deve vir de fontes certificadas que comprovem práticas mais sustentáveis (FIGURA 37). Nesse sentido, iniciativas como *Forest Stewardship Council®* (FSC) e *Canopy* podem garantir a origem e certificação das matérias-primas. Dada a natureza desta fibra, as práticas sustentáveis e alternativas de produção de viscose devem incluir não só o cuidado ambiental com a floresta nativa, mas também a inclusão das comunidades que vivem e trabalham nestas regiões particulares, com especial atenção às comunidades ribeirinhas, quilombolas e indígenas.

... as práticas sustentáveis e alternativas de produção de viscose devem incluir não só o cuidado ambiental com a floresta nativa, mas também a inclusão das comunidades que vivem e trabalham nestas regiões particulares...

O cenário ideal seria manter os produtos de viscose no contexto nacional e garantir a reciclagem fibra a fibra. A falta de tecnologias para sua recuperação e otimização, e os enormes volumes de celulose exportados, tornam o cenário ideal também o mais desafiador.

FIGURA 37 - Cénarios para a circularidade - Processos Alternativos de Produção de Viscose

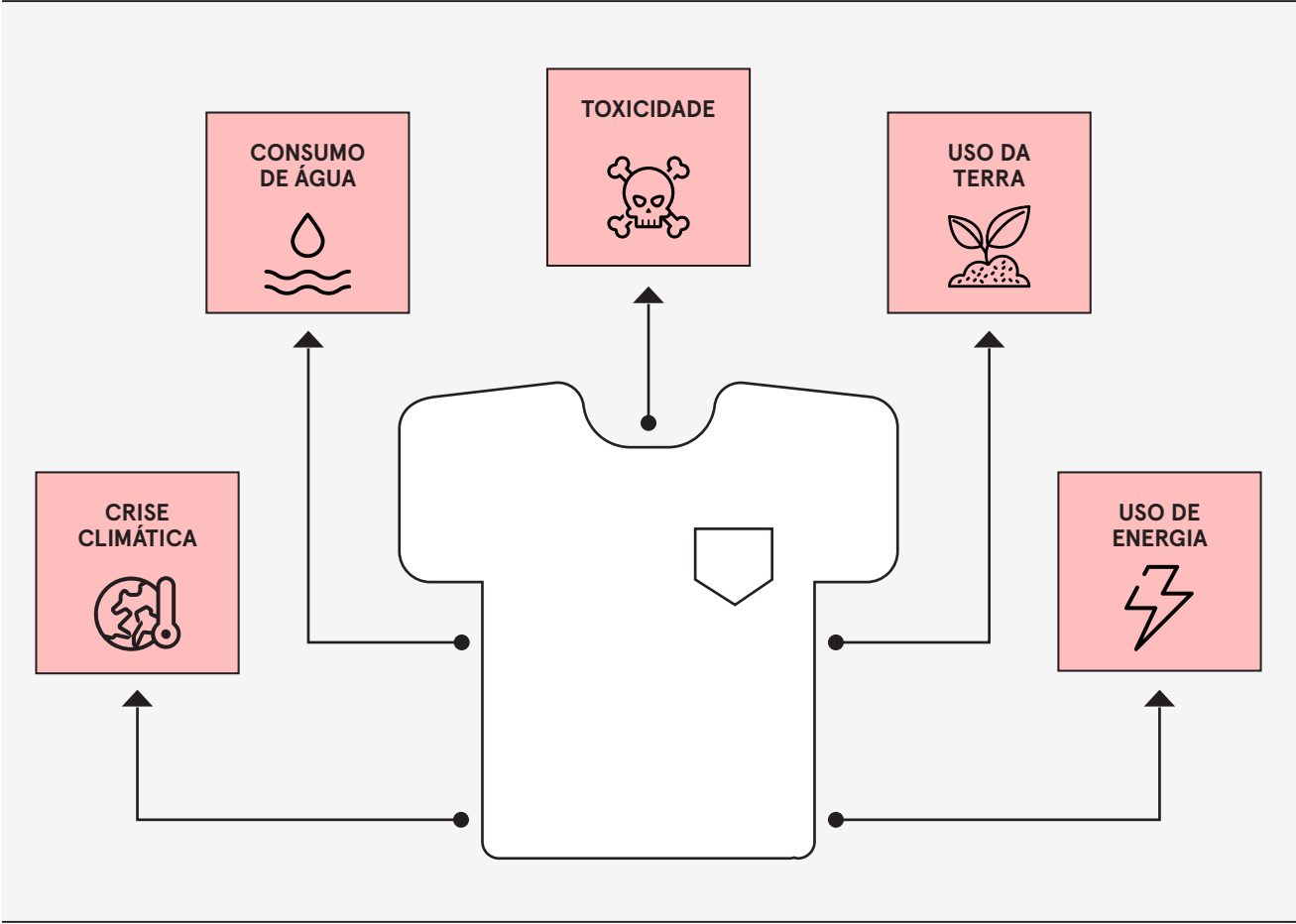


Fonte: Elaboração Própria

Considerações Finais e Recomendações

Este relatório deve ser visto como uma primeira análise capaz de sistematizar e agrupar informações sobre os impactos ambientais e o potencial de circularidade das fibras têxteis. Os resultados apresentados indicam o estado da arte sobre as questões ambientais na indústria da moda e visam contribuir para o avanço nas discussões sobre essa agenda. Esses resultados não são exaustivos e oferecem elementos para futuros aprofundamentos e discussões com o setor têxtil e os demais setores da sociedade.

FIGURA 38 - 5 Pontos Críticos das Fibras Têxteis no Meio Ambiente



Fonte: Elaboração própria

Como conclusão, fica evidente que gerenciar os impactos socioambientais ao longo do ciclo de vida dos produtos têxteis – desde a extração de recursos naturais, passando pelo design, fabricação e uso, até o fim de vida – é essencial para a implementação de processos e produtos mais sustentáveis e faz parte da trajetória rumo à economia circular. Nesse sentido, reforça-se a importância da visão sistêmica oferecida pela ACV como uma ferramenta científica robusta para avaliar as estratégias para uma economia circular, verificando se determinadas soluções circulares são efetivamente favoráveis em termos dos impactos associados.

Cabe ressaltar também que conceitos, como a economia circular, e ferramentas, como a ACV, fazem parte de um objetivo maior para o desenvolvimento de sistemas econômicos sustentáveis e devem atuar em sinergia com outras estratégias para um resultado mais assertivo. Diversas soluções circulares possíveis em teoria ainda não são viáveis na prática devido à ausência de tecnologias, inviabilidade econômica e falta de incentivo à circularidade. Também não podemos desconsiderar o fato que a sustentabilidade econômica e os lucros imediatos têm ofuscado a implementação de uma agenda robusta de sustentabilidade, capaz de considerar em pé de igualdade questões sociais, culturais e ambientais (ELKINGTON, 2018).

Através da análise de cenários, também foi possível verificar que o uso de fibras alternativas ajuda a reduzir as emissões *upstreams*, por exemplo, por meio de processos de produção menos poluentes ou uso de materiais reciclados em vez de materiais virgens. Destaca-se que a produção de algodão agroecológico e poliéster de garrafas PET recicladas apresentam, em geral, um melhor desempenho ambiental do que as fibras convencionais.

Recomendações Para os Diversos Atores de Interesse

DO PONTO DE VISTA DE ESTUDOS CIENTÍFICOS SOBRE O TEMA, recomenda-se uma análise mais aprofundada para a melhor compreensão e comparação dos impactos ambientais das fibras estudadas, com a realização de um estudo quantitativo de ACV específico para cada uma das fibras avaliadas, sobretudo dentro do contexto brasileiro de produção, uso e descarte. Recomenda-se também: a inclusão das categorias de impactos mais relevantes (como mudanças climáticas, consumo de água, toxicidade, uso da terra e uso de energia), a ampliação das fronteiras do sistema em estudo para uma avaliação do berço ao túmulo e o uso de metodologias e premissas de forma mais padronizada.

... recomenda-se: Transparência (principalmente na comunicação dos impactos e no fornecimento de dados) e Rastreamento das cadeias de suprimentos (principalmente para verificar os impactos ambientais e sociais e engajar os atores para o uso de melhores práticas/tecnologias).

DO PONTO DE VISTA DA GESTÃO EMPRESARIAL, verifica-se que a escolha da fibra e o design de produtos é importante, mas o modo como fibras e peças têxteis são produzidas é igualmente importante. Implementar as melhores práticas de produção e consumo em toda a cadeia de produ-

ção e medir os avanços nessa direção é primordial. Nesse sentido, recomenda-se: Transparência (principalmente na comunicação dos impactos e no fornecimento de dados) e Rastreamento das cadeias de suprimentos (principalmente para verificar os impactos ambientais e sociais e engajar os atores para o uso de melhores práticas/tecnologias). Também fica claro a necessidade de implementação de modelos de negócios para circularidade, onde a lógica linear, expansionista e extrativista, que regem os negócios da indústria da moda hoje, sejam desafiadas.

DO PONTO DE VISTA DE POLÍTICAS PÚBLICAS BRASILEIRAS, há espaço para uma sinalização mais clara de políticas e incentivos na direção da economia circular, fomentando assim melhores práticas, investimento em inovação, e tornando as soluções circulares mais competitivas. Nesse sentido, destacamos: a ampliação das regras da PNRS para indústria da moda; e a aprovação do Projeto de Lei 6670/16, da Comissão de Legislação Participativa, que institui a Política Nacional de Redução de Agrotóxicos (PNaRA).

DO PONTO DE VISTA DO MERCADO, se observa um crescente interesse do setor têxtil por opções de matérias-primas mais sustentáveis, principalmente devido às preocupações socioambientais relacionadas à indústria da moda. Apesar disso, os dados encontrados demonstram que a produção de fibras alternativas ainda é modesta em comparação à tradicional. Para entender quais são os desafios na integração das ma-

CONSIDERAÇÃO FINAIS
E RECOMENDAÇÕES

térias-primas mais sustentáveis e os modelos circulares no seus negócios, é necessário maior diálogo e disposição para cooperação e colaboração entre diferentes atores do setor, além de maior investimento de recursos das empresas têxteis e varejistas na pesquisa e produção das fibras alternativas.

DO PONTO DE VISTA SOCIAL, consideramos importante, que a indústria têxtil desenvolva indicadores de impacto social (por exemplo: baseados nos pilares e atributos sociais de circularidade falados neste relatório), para medir o impacto que a mudança rumo à circularidade pode ter no desenvolvimento social do país. Nesse sentido, a avaliação do ACV Social (SLCA) será chave para entender os impactos específicos das fibras de algodão, poliéster e viscose, assim como as fibras alternativas.

DO PONTO DE VISTA DOS USUÁRIOS, recomenda-se uma mudança de comportamento buscando informações sobre os impactos ambientais e sociais dos produtos, melhores hábitos e cuidados e descarte e, principalmente, prolongando a vida útil e evitando o consumo exacerbado e desnecessário de roupas. Entretanto, reconhecemos que a publicidade tem um papel crucial em moldar hábitos de consumo e, portanto, varejistas e marcas de moda têm responsabilidade compartilhada com a conscientização do consumidor e devem focar esforços de marketing, comunicação e investimento em projetos sociais para educação ambiental. Juntas, Renner, C&A e Riachuelo somam um público de 20.2 milhões de seguidores em uma única rede

Do ponto de vista da sociedade civil, é imprescindível o reconhecimento sobre os impactos socioambientais da indústria da moda. Entendemos que apenas por meio da organização social e da pressão exercida em lideranças políticas e empresariais haverá avanço na agenda de circularidade no país.

⁸ Foram consultados os perfis do Instagram das marcas no dia 04/02/2021.

social, demonstrando assim a alta capacidade que estas marcas têm de influenciar pessoas⁸.

DO PONTO DE VISTA DA SOCIEDADE CIVIL, é imprescindível o reconhecimento sobre os impactos socioambientais da indústria da moda. Entendemos que apenas por meio da organização social e da pressão exercida em lideranças políticas e empresariais haverá avanço na agenda de circularidade no país. Organizações da sociedade civil podem criar campanhas e ações de *advocacy* com objetivo de levar à criação, aprovação e implementação de políticas públicas que a) exijam maior transparência de informações nas redes produtivas nacionais e b) incentivam o uso de matérias-primas recicladas e de menor impacto.

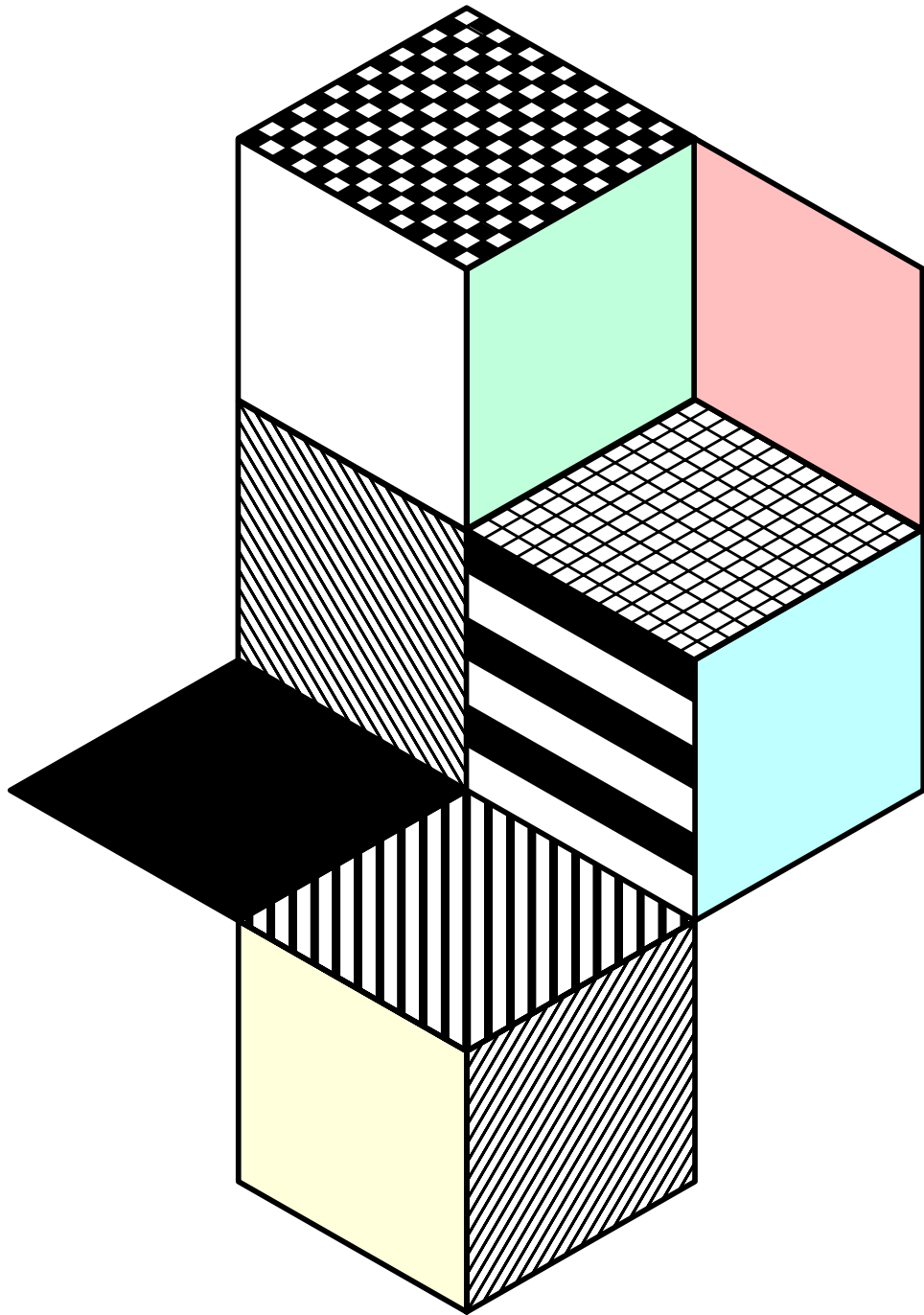
Finalmente, as seguintes recomendações do centro de pesquisa sueco, Mistra Future Fashion (LJUNGKVIST et al., 2018), podem ser aplicadas no contexto brasileiro: desenvolver sistemas para melhorar as estatísticas sobre coleta, reutilização e reciclagem de usados têxteis; introduzir transparência mínima, padrões ambientais e sociais para a coleta e classificação de atores; fornecer suporte econômico para coletores e/ou classificadores; regulamentos estendidos de responsabilidade do produtor, suporte salarial para trabalhadores, pagamentos de municípios ou outros meios (LJUNGKVIST et al., 2018).

Contextualizar as iniciativas circulares desenvolvidas na União Europeia (por exemplo, Ellen MacArthur Foundation e Mistra Future Fashion) e nos Estados Unidos (por exemplo, Accelerating Circularity) para o contexto brasileiro pode, portanto, tornar os produtores têxteis e a indústria da moda no Brasil líderes na economia circular.

FIGURA 39 - Recomendações para os diversos atores de interesse.



Fonte: Elaboração própria



Lista de Siglas e Abreviações

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil	ICM	Indicador de Circularidade de Materiais
ABIPET	Associação Brasileira da Indústria do PET	ICV	Inventário do Ciclo de Vida
ABRAFAS	Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas	LALCA	Revista Latino Americana em Avaliação do Ciclo de Vida
ABRAPA	Associação Brasileira dos Produtores de Algodão	MEG	Monoetilenoglicol
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida	PCV	Pensamento do Ciclo de Vida
ADEC	Associação para o Desenvolvimento Educacional e Cultural	PET	Politereftalato de etileno
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida	PTA	Ácido Tereftálico
BCI	Better Cotton Initiative	RCP	Regras de Categorias de Produtos
DMT	Dimetil Tereftalato	CO₂	Dióxido de carbono
EC	Economia Circular	CS₂	Dissulfeto de carbono
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	H₂S	Sulfeto de hidrogênio
FGVCS	Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getulio Vargas	K₂O	Óxido de potássio
FIDA	Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola	N	Nitrogênio
GCV	Gestão do Ciclo de Vida	N₂O	Óxido nitroso
GEE	Gases de Efeito Estufa	P₂O₅	Pentóxido de fósforo
GWP	Global Warming Potential (Potencial de Aquecimento Global)	P-XILENO	Para-xileno

Bibliografia

ABECE Associação Brasileira de Empresas de Comércio Exterior. **Importação Brasileira-Produtos Ordinários Decrescente. 2020.** Disponível em: <[http://abece.org.br/multimedia/Exporta%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20Por%20ISIC%20\(Setores\)-Mensal%20e%20Acumulado%20-%20Jan.-Dez.%202020-2019.xlsx](http://abece.org.br/multimedia/Exporta%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20Por%20ISIC%20(Setores)-Mensal%20e%20Acumulado%20-%20Jan.-Dez.%202020-2019.xlsx)> Acesso: 15 jan 2021.

ABIPET. **Censo da reciclagem do pet no Brasil: 10ª edição.** São Paulo: [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria=id=3>>. Acesso: 15 jan 2021.

ABIPET. **Censo da reciclagem do PET no Brasil: 11ª edição.** [s.l.: s.n.] 2020. Disponível em: <<https://ci-clovivo.com.br/inovacao/negocios/brasil-recicla-311-mil-toneladas-de-garrafas-pet-em-2019/#:~:text=De acordo com o 11o,acima do registrado em 2018.>>>. Acesso em: 15 jan 2021.

ABIPET. **Reciclagem – Como acontece.** Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=68>>. Acesso em: 5 jan 2021.

ABIT. **O Setor Têxtil e de Confecção e os Desafios da Sustentabilidade. Brasília,** 2017. p. 23.

ABIT. **Perfil do Setor.** 2018. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <www.abit.org.br>. Acesso em: 14 jan 2021.

ABNT. **ABNT NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a.

ABNT. **ABNT ISO/TS 14067: Gases de efeito estufa – Pegada de carbono de produtos – Requisitos e orientações sobre quantificação e comunicação.** Rio de Janeiro: 2015.

ABRAFAS. **ABRAFAS – Estatísticas, 2019.** [S.l.], 2019. Disponível em: <<http://www.abrafas.org.br/site/vitrine/noticias/index/materia/estatisticas-/c/b6e>>. Acesso em: 14 jan 2021.

ABRAFAS. **Fibras manufaturadas.** 2020. Disponível em: <<http://www.abrafas.org.br/site/vitrine/noticias/index/materia/fibras-manufaturadas/c/b6f>>. Acesso em: 1 jun 2020b.

ABRAPA. **Algodão no Brasil.** 2020. Disponível em: <[https://www.abrapa.com.br/Paginas/Dados/Algodão no Brasil.aspx](https://www.abrapa.com.br/Paginas/Dados/Algodao no Brasil.aspx)>.

ABRASCO. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde.** EPSJV, Exp ed. Rio de Janeiro, São Paulo: [s.n.], 2015.

ACCELERATING CIRCULARITY. **Textile-to-textile circularity: Circular Supply Chain Potential in the U.S. East Coast.** [S.l.], 2020. Disponível

em: <<https://www.acceleratingcircularity.org/research>>. Acesso em: 14 jan 2021.

ACOSTA, A.; BRAND, U. **Pós-Extrativismo e Decrescimento.** São Paulo: Autonomia Literária, 2018.

ALLWOOD, J. et al. **Well dressed?.** Cambrigde: University of Cambridge, 2006. Disponível em: <[282249347_Well_Dressed_The_Present_and_Future_Sustainability_of_Clothing_and_Textiles_in_the_United_Kingdom](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/6132087/101_Textil.pdf/96bf5a85-2f64-43cf-2885-e603fc83f2db)>. Acesso em: 15 jan 2021.

AMARAL, A. C. **Brasil está entre países que mais perdem dinheiro com mudanças climáticas.** 2018. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2018/12/brasil-esta-entre-paises-que-mais-perdem-dinheiro-com-mudancas-climaticas.shtml>>. Acesso em: 14 jan 2021.

AMARAL, M. C., et al. **Reciclagem industrial e reuso têxtil no Brasil: estudo de caso e considerações referentes à economia circular.** Gest. Prod. [online]. 2018, vol.25, n.3, pp.431-443.

AMARAL, M. C., et al. **A política nacional de resíduos sólidos e a logística reversa no setor têxtil e de confecção nacional.** Contextmod. 2014, pp.6-7

AMARAL, W. A. N. et al. **Moda circular no Brasil.** Piracicaba: [s.n.], 2019. Dis-

ponível em: <<https://www.laudesfoundation.org/pt/results/publicacoes-pdf/moda-circular-no-brasil.pdf>>. Acesso: 14 jan 2021.

BAESSO, R. C. E.; RIBEIRO, A.; SILVA, M. P. Impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto na região norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Ciência Florestal.** 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277123683_Impacto_das_mudancas_climaticas_na_produtividade_do_eucalipto_na_regiao_norte_do_Espirito_Santo_e_sul_da_Bahia>. Acesso em: 14 janeiro 2021.

BANCO DO NORDESTE. **A Indústria Têxtil no Nordeste, Norte de Minas e Norte do Espírito Santo: Contextualização e Perspectivas.** 2019. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/6132087/101_Textil.pdf/96bf5a85-2f64-43cf-2885-e603fc83f2db>. Acesso em: 31 de out 2020. p 3.

BAKKER, C. A.; SCHUIT, C. S. C. **A Visão de Longo Prazo – explorando a extensão de vida útil dos produtos.** [s.l.] Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2017.

BAYDAR, G.; CILIZ, N.; MAMMADOV, A. Life cycle assessment of cotton textile products in Turkey. **Resources, Conservation and Recycling,** v. 104, p. 213-223, 2015.

BARBOSA, A. de F. et al. **Living Wage Report.** [S.l.], 2016. Disponível em:<https://www.isealalliance.org/sites/default/files/resource/2017-12/Living_Wage_Benchmark_Report_Brazil.pdf>. Acesso em: 20 jan 2021.

BARBOSA, M. C. et al. **Setor de fibras sintéticas e suprimento de intermediários petroquímicos.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 20, p. 77-125, set. 2004

BARUQUE-RAMOS, J. et al. **Social and economic importance of textile reuse and recycling in Brazil.** IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 254 192003. 2017. Disponível em: <[https://iopscience.iop.org/proxy.library.uu.nl/article/10.1088/1757-899X/254/19/192003](https://iopscience.iop.org/proxy/library.uu.nl/article/10.1088/1757-899X/254/19/192003)>. Acesso em: 20 jan 2021.

BASTOS, C. S. et al. **Cultivo Agroecológico do Algodoeiro e a Convivência com Insetos Fitófagos: Possibilidade ou Realidade?** Campina Grande: [s.n.].

BBC NEWS. **Como reduzir o impacto ambiental de lavar roupas – Época Negócios | Vida.** 2019. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Vida/noticia/2019/07/como-reduzir-o-impacto-ambiental-de-lavar-roupas.html>>. Acesso em: 27 ago 2020.

BCI. **Where is Better Cotton Grown? – Brazil.** 2020. Disponível em: <<https://bettercotton.org/where-is-better-cotton-grown/brazil>>. Acesso em: 1 jun 2020.

BELTRAME, M.J.L.; BELTRAME, K.G.; OLIVEIRA, F.C. **Composting In Brazil.** Emmaus, 2019. Disponível em: <<https://www.biocycle.net/composting-in-brazil>>. Acesso em: 19 jan 2021.

BEVILACQUA, M. et al. Environmental analysis of a cotton yarn supply Chain. **Journal of Cleaner Production,** v. 82, p. 154-165, 2014.

BIANCHI, C.; BIRTWISTLE, G. Sell, give away, or donate: an exploratory study of fashion clothing disposal behaviour in two countries. **The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research,** v. 20, n. 3, p. 353-368, 2010.

BNDES. **Setor de fibras sintéticas e suprimento de intermediários petroquímicos.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2004.

BOF; MCKINSEY&COMPANY. **The State of Fashion 2020** McKinsey&Company. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <[https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Retail/Our Insights/The State of Fashion 2019 A year of awakening/The State-of-Fashion-2019-final.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Retail/Our%20Insights/The%20State%20of%20Fashion%20-%20Final.ashx)>. Acesso em: 20 jan 2021.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia.** FFLCH-US ed. São Paulo: [s.n.].

BONGIOVANNI, R. G.; TUNINETTI, L. Análisis del Ciclo de Vida de un jean producido en Argentina. **LALCA – Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida,** v. 2, n. 1, p. 9-34, 2018.

BRACELL. **Bracell.** Disponível em: <<https://www.bracell.com/>>. Acesso em: 24 ago 2020.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: Lei no 12.305.** Brasília, 2010.

BRASIL. **Comex Stat: Comex Vis.** 2020. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>>. Acesso em: 12 ago 2020.

BRAUNGART. **C2C Design Concept.** 2020. Disponível em: <<http://braungart.epea-hamburg.org/en/content/c2c-design-concept>>. Acesso em: 14 jan 2021.

C&A. **Global Sustainability Report 2018.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://sustainability.c-and-a.com/uk/en/sustainability-report/fileadmin/pdf-sustainability/generate/global-sustainabilityreport2018/en/global-sustainabilityreport2018-en.pdf>>. Acesso em: 20 jan 2021.

CAMPANHA PERMANENTE CONTRA OS AGROTÓXICOS E PELA VIDA. **Anvisa exclui revisão de normas sobre o agrotóxico acefato da**

lista de prioridades para 2019.

2019. Disponível em: <<https://contraosagrototoxicos.org/anvisa-ex-clui-revisao-de-normas-sobre-o-agrotoxico-acefato-da-lista-de-prioridades-para-2019/>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

CANOPY. Policy Development.

[s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://canopyplanet.org/solutions/policy-development/>>. Acesso em: 25 jan 2021.

BENZATO, T.C.; RESENDE, F.B. **Orgânicos**. 2009. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/aces-sar/capa/mercado-de-frutas-e-hortalicas-organicos.aspx>> Acesso em: 29 jan. 2021.

CARVALHO, S. L. **Eutrofização Artificial: Um problema em rios lagos e represas**. 2004. Disponível em: <<https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/ctl28082004.php>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

CASIRAGHI, A. **Systemic Thinking in the Circular Economy (Part I: Design)**. 2020. Disponível em: <<https://medium.com/circularity/systemic-thinking-in-the-circular-economy-part-i-design-e34681256e31>>. Acesso em: 14 jan 2021.

CHANGING MARKETS FOUNDATION. **Roadmap towards responsible viscose & modal fibre manufacturing**. [s.l: s.n.], 2018.

CHAPMAN, A.; HOLLINS, O. **Mistra Future Fashion – Review of Life Cycle Assessments of Clothing**. n. July, p. 32, 2010.

CHOWDHARY, U. **Textile Analysis, Quality Control & Innovative Uses**. Linus Publications. 2009.

CIRAIG. Circular **Economy: a critical literature review of concepts**. Montreal, 2015.

CNI. O setor têxtil e de confecção e os desafios da sustentabilidade.

Confederação Nacional da Indústria, Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Brasília : CNI, 2017. Disponível em: <https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/bb/6f/bb6f-dd8d-8201-41ca-981d-deef4f58461f/abit.pdf>. Acesso: 20 jan 2021.

CONAB. **Investimentos em tecnologia garantem rentabilidade ao produtor de algodão, revela estudo da Conab**. 2017. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>>. Acesso em: 28 de maio 2020.

CONAB. **Perspectivas para a agropecuária – Safra 2019 / 2020**. Brasília, DF: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>.

CONAB. **Série histórica das safras**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 25 maio 2020.

COSTA, A. M.; RIZZOTTO, M. L. F.; LOBATO, L. C. The issue of agrochemicals breaks the limits of the ethics of preservation of health and life. **Saúde em Debate**, vol 42 n 117. Rio de Janeiro:[s.n.], 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-11042018000200346&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 19 jan 2021.

COSTA, K. R. et al. Avaliação do ciclo de vida da produção de algodão no cerrado brasileiro. V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida. **Anais...** 2016

COTTON MOVE. **Sobre Nós**. [2018?]. Disponível em: <<https://www.cotton-move.com.br/>>. Acesso: 14 jan 2021.

DAHLBO, H. et al. Increasing textile circulation—Consequences and

requirements. **Sustainable Production and Consumption**, v. 9, n. July 2016, p. 44–57, 2017.

DIBDIAKOVA, J.; TIMMERMAN, V. **Life Cycle Assessment on Cotton and Viscose fibres for Textile Production**. Innovation application of regenerated wood cellulose fibre. Anais...Bangor: 2014. Disponível em: <<http://www.costfp1205.com/en/events/Documents/BangorWS/Dibdiakova.pdf>>. Acesso em: 14 jan 2021.

DO AMARAL, M. C. et al. Industrial textile recycling and reuse in Brazil: Case study and considerations concerning the circular economy. **Gestao e Producao**, v. 25, n. 3, p. 431–443.

DUARTE, A. **Proposta de integração entre ferramentas de avaliação de ciclo de vida do produto e Indústria 4.0 (Indústria 4.0): estudo de caso da indústria têxtil e de confecção**. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2017.

DURATEX. **Duratex e Lenzing anunciam joint venture para construção da maior linha industrial de celulose solúvel do mundo**. 2018. Disponível em: <<https://www.duratex.com.br/pt/noticias/duratex-e-lenzing-anunciam-joint-venture-para-construcao-da-maior-linha-industrial-de-celulose-soluvel-do-mundo>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

EGOROVA, E. et al. **Incorporating Land Use Impacts on Biodiversity into Life Cycle Assessment for the Apparel Industry**. n. April, 2014. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Incorporating-Land-Use-Impacts-on-Biodiversity-into-Egorova-Perry/65a5fb61f662e5dcf74d53b2e4d605ec6290cae5>>. Acesso em: 20 jan 2021.

ECORYS. **The number of Jobs dependent on the Environment and Resource Efficiency improvements**. [S.l.], 2012. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/environment/enveco/jobs/pdf/jobs.pdf>>. Acesso em: 14 jan 2021.

ELKINGTON, J. **25 Years Ago I Coined the Phrase “Triple Bottom Line.” Here’s Why It’s Time to Rethink It**. [S.l.], 2018. Disponível em: <<https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it>>. Acesso em: 5 fev 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Concept**. Reino Unido, 2017. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>>. Acesso em: 20 jan 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Schools of Thought**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/schools-of-thought>>. Acesso em: 14 jan 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **The circular economy in detail**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/the-circular-economy-in-detail>>. Acesso em: 14 jan. 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo À Economia Circular: O racional de negócio para acelerar a transição**. Ellen MacArthur Foundation, p. 22, [s.l.], 2015.

EUROPEAN COMMISSION, **EIP ON RAW MATERIALS, Raw material scoreboard** 2018. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en>> Acesso em: 24 jan. 2021.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Resource-efficient green economy and EU policies EEA Report No 2/2014**. Luxembourg: [s.n.], 2014.

ERIKSSON B. G. Organic textile waste as a resource for sustainable agriculture in arid and semi-arid areas. **Ambio**. 2017;46(2):155–161. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

pmc/articles/PMC5274623/#CR47>. Acesso em: 30 jan 2021.

ESTEVE-TURRILLAS, F. A.; DE LA GUARDIA, M. Environmental impact of Recover cotton in textile industry. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 116, p. 107–115, 2017.

FARO. **Mulheres na Engenharia: reconhecimento e espaço no mercado só crescem**. [2016?] Disponível em: <<https://faro.edu.br/blog/mulheres-na-engenharia-reconhecimento-e-espaco-no-mercado-so-crescem/>> Acesso em: 25 jan 2021.

FAO. FAOSTAT – **Forestry Production and Trade**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#-data/FO/visualize>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

FELIZARDO, N. **Um Aborto a Cada Quatro Grávidas**. 2018. Disponível em: <<https://theintercept.com/2018/09/17/agrotoxico-aborto-leite/>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

FELLET, J. **305 etnias e 274 línguas: estudo revela riqueza cultural entre índios no Brasil**. [S.l.], 2016. Disponível em:<<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2016/07/305-etnias-e-274-linguas-estudo-revela-riqueza-cultural-entre-indios-no-brasil.html>>. Acesso em: 20 jan 2021.

FIBRE2FASHION. **How Regenerative Farming is Cleaning up the Fashion Industry**. Fev 2019. Disponível em: <<https://www.fibre2fashion.com/industry-article/8273/how-regenerative-farming-is-cleaning-up-the-fashion-industry>> Acesso em: 29 jan 2021.

FONTES, S. **China é fundamental na celulose**. 2019. Disponível em: <<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2019/10/24/china-e-fundamental-na-celulose-diz-poyry.gh.html>>. Acesso em: 20 maio 2020.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Mapa de Conflitos envolvendo Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil**. Rio de Janeiro, 2010a. Disponível em: <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/?s=algod%C3%A3o&post_types=conflito>. Acesso em: 11 mar 2020.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Mapa de Conflitos envolvendo Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil**. Rio de Janeiro, 2010b. Disponível em: <<http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/pa-extrativistas-de-repartimento-dos-piloes-lutam-por-seu-territorio-e-o-titulo-da-terra/>>. Acesso em: 11 mar 2020.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **BA – Populações tradicionais resistem ao crescente modelo do agronegócio no município de Formoso do Rio Preto**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/ba-populacoes-tradicionais-resistem-ao-crescente-modelo-do-agronegocio-no-municipio-de-formoso-do-rio-preto/>>. Acesso em: 04 mar. 2020.

GARRIDO, S. R. Social Life-Cycle Assessment: An Introduction. **Encyclopedia of Sustainable Technologies**. p. 253–265, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489100892?via%3Dihub>>. Acesso em: 25 jan 2021.

GIASSON, F. et al. **Estudo da Pegada de Carbono: Camiseta 100% Algodão**. In: Iniciativa Compras Sustentáveis & Grandes Eventos: São Paulo: MMA, PNUMA, FGVces, 2015. p. 55.

GLOBAL FASHION AGENDA. **Final Report Circular Fashion System Commitment**. 2020. Disponível em: <<https://www.globalfashionagenda.com/2020-commitment/>>. Acesso em: 14 jan 2021.

GOMES, A. V. S. et al. Os Tecidos e a Nanotecnologia. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 4, p. 288–296, 2016.

GREENBIZ GROUP. **State of green business 2020**. [s.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://www.greenbiz.com/report/2020-state-green-business-report>>. Acesso: 15 jan 2021.

GREENPEACE. **Fashion at the Cross Roads**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://www.greenpeace.org/static/planet4-international-state-less/2017/09/76e05528-fashion-at-the-crossroads.pdf>>. Acesso: 14 jan 2021.

HORBACH, et al. **Circular Economy and Employment**. 2015. Disponível em: <https://www.sun-institute.org/wc/files/ce_employment_13052015.pdf>. Acesso em: 14 jan 2021.

ICITE. **Policy Priorities for International Trade and Jobs**. 2012. Disponível em: <<https://www.oecd.org/site/tadicite/50286917.pdf>>. Acesso em: 28 jan 2021.

IEMI. **Brasil Têxtil 2019: Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira**. São Paulo, 2019.

ILO. **Equality at work: The continuing challenge**. 2011. Disponível em: <https://www.ilo.org/declaration/info/publications/eliminationofdiscrimination/WCMS_166583/lang--en/index.htm>. Acesso em: 24 jan. 2021.

ILO. **Promoting equity – Ethnic diversity in the workplace: A step-by-step guide**; International Labour Office; International Labour Standards Department; Governance and Tripartism Department – Geneva: ILO, 2014.

ILO.ORG. **C111 – Discrimination**. [s.n.]. Disponível em: <https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NOR-MLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C111>. Acesso em: 29 jan 2021.

IPCC. Glossary. In: **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2014. p. 6–8.

ISEB3. **Glossário ISE B3**. [s.l.: s.n.].

ISO. **ISO 14046: Environmental management – Water footprint – Principles, requirements and guidelines**. Switzerland: 2014.

JONER, S. et al. **Pegada de carbono de uma calça jeans produzida no Brasil e a influência dos cenários da etapa de uso**. V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida. Anais... Fortaleza: 2016.

JORNAL DA USP. **Economia circular será nova área de pesquisa e ensino na USP**. 2020. Disponível em: <<http://jornal.usp.br/universidade/economia-circular-sera-nova-area-de-pesquisa-e-ensino-na-usp/>>. Acesso em: 12 out. 2020.

KAZAN, H.; AKGUL, D.; KERC, A. Life cycle assessment of cotton woven shirts and alternative manufacturing techniques. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 22, n. 4, p. 849–864, 2020.

KERR, J.; LANDRY, J. **Pulse of the fashion industry**. Global Fashion Agenda & The Boston Consulting Group. 2017. Disponível em: <<https://www.globalfashionagenda.com/publications-and-policy/pulse-of-the-industry/>>. Acesso em: 5 fev 2021.

KISS, B.; DINATO, R.; FERNANDES, M. **Experiências e reflexões sobre a gestão do ciclo de vida de produtos nas empresas brasileiras**. 2016. 1a edição ed. São Paulo: [s.n.].

LA ROSA, A. D.; GRAMMATIKOS, S. A. Comparative life cycle assessment of cotton and other natural fibers for textile applications. **Fibers**, v. 7, n. 12, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-6439/7/12/101>>. Acesso em: 5 fev 2021.

LEGNAIOLI, S. **Impactos ambientais das fibras têxteis e alternativas**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/5810-impacto-ambiental-das-roupas.html>>. Acesso em: 27 ago 2020.

LEMILLE, A. **Circular Economy 2.0**. [S.l.], 2016. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/circular-economy-20-alex-lemille>>. Acesso em: 14 jan 2021.

LEGNAIOLI, S. **Impactos ambientais das fibras têxteis e alternativas**. [s.l.], 2020. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/5810-impacto-ambiental-das-roupas.html>>. Acesso em 27 ago 2020.

LEVI STRAUSS & CO. **The Life Cycle Of A Jean. Understanding the environmental impact of a pair of Levi’s 501 jeans Levi Strauss & Co**. [s.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <<http://levistrauss.com/wp-content/uploads/2015/03/Full-LCA-Results-Deck-FINAL.pdf>>. Acesso em: 15 jan 2021.

LUCIETTI, T. J. et al. Upcycling no segmento da moda: Estudo de caso na Recollection Lab. **Ciências Sociais em Perspectiva**, v. 16, n. 31, p. 191 – 203, 2017.

LIN et al. **Soil Functions**. [S.l.], 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soil-functions>>. Acesso: 14 jan 2021.

LJUNGKVIST, H.; WATSON, D.; ELANDER, M. **Developments in global markets for used textiles and implications for reuse and recycling**.

Gothenburg, 2018. Disponível em: <<http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2018/09/Mistra-Future-Fashion-2018.04-M-Elander-D.3.3.4.1.pdf>>. Acesso em: 14 jan 2021.

LOGA. **Operação Brás – Loga estabelece coleta com hora marcada**. São Paulo, [2010?]. Disponível em: <<https://www.loga.com.br/content.asp?CP=LOGA&cod=1155>>. Acesso em: 22 jan 2021.

LOPEZ, A. M. **Brazil: consumers' readiness to pay for eco-friendly products 2019, by wage level**. 2020. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/1132662/willingness-pay-more-eco-friendly-products-brazil-salary>> Acesso em: 28 jan 2021.

MATTOS, L. C. et al. A saga do algodão no semiárido nordestino: histórico, declínio e as perspectivas de base agroecológica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, p. 556–580, 2020.

MENDES JUNIOR, B. O. **A indústria têxtil no Nordeste, Norte de Minas e Norte do Espírito Santo –Contextualização e Perspectivas. Caderno Setorial ETENE**. Fortaleza, 2019. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/211>>. Acesso em: 14 jan 2021.

MODEFICA. **1.2 bilhão de toneladas de CO2: a Contribuição da Moda Para o Colapso Climático**. 2019. Disponível em: <https://www.modefica.com.br/moda-mudancas-climaticas/#.XzLufyJd_IV>. Acesso em: 11 ago 2020b.

MODEFICA. **4 Razões Para Você Pensar Duas Vezes Antes de Optar Pela Viscose**. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.modefica.com.br/4-razoes-viscose-roupa-insustentavel/#.XzLtIijD_IV>. Acesso em: 11 ago 2020.

MODEFICA. **Algodão Orgânico no Brasil: MST, Agroecologia e Justiça Social**. São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://www.modefica.com.br/algodao-organico-mst-justica-social/#.Xz7GVchKjIU>>. Acesso em: 1 jun 2020a.

MODEFICA. **Pesquisa: Possibilidades Para Moda Circular no Brasil: Padrões de Consumo, Uso e Descarte de Roupas**. São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://reports.modefica.com.br/pesquisa-consumo-uso-descarte/descobertas>>. Acesso em: 19 jan 2021.

MODEFICA. **Pesquisa Revela: 97% das Pessoas Acreditam que a Moda Está Relacionada às Alterações Climáticas**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.modefica.com.br/pesquisa-revela-97-das-pessoas-acreditam-que-a-moda-esta-relacionada-as-alteracoes-climaticas/#.X_Nj29hKjIU>. Acesso em: 29 dez 2020.

MORITA, A. M. et al. **Avaliação do Ciclo de Vida da produção de calça jeans**. 6th International workshop advances in cleaner production. Anais... São Paulo: 2017.

MORITA, A. M. et al. **Assessment of potential alternatives for improving environmental trouser jeans manufacturing performance in Brazil**. Journal of Cleaner Production, v. 247, 2020.

MOTTA, F. P. **A teoria geral dos sistemas na teoria das organizações**. São Paulo, 1971. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901971000100003>. Acesso em: 14 jan 2021.

MOURA, A. A. **Algodão orgânico no Brasil e no mundo x Combate ao bicudo-do-algodoeiro**. [S.l.], 2017. Disponível em: <[tos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/algodao/2017/49a-ro/manejo_organico_combate_ao_bicudo_abrapa.pdf>. Acesso em 5 fev 2021.](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assun-</p></div><div data-bbox=)

MURRAY, B. **Embedding environmental sustainability in product design**. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Embedding%20sustainability%20in%20design%20-%20final%20v1.pdf>>. Acesso em: 19 jan 2021.

MUTHU, S. S. **Comparative life cycle assessment of natural and man-made textiles**. In: **Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing**. Hong Kong: Elsevier Ltd, 2015a. p. 275–281.

MUTHU, S. S. **Environmental impacts of the use phase of the clothing life cycle**. In: **Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing**. Hong Kong: Elsevier Ltd, 2015b. p. 93–102.

MUTHU, S. S. Introduction to sustainability and the textile supply chain and its environmental impact. In: **Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2020a. p. 1–32.

MUTHU, S. S. Measuring the environmental impact of textiles in practice. In: **Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2020b. p. 161–179.

NAÇÕES UNIDAS. **OIT diz que sustentabilidade ambiental não acaba com empregos**. [S.l.], 2013. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/audio/2013/02/1057691>>. Acesso em: 13 jan 2021.

NAÇÕES UNIDAS. **Brasil pode liderar criação latino-americana de novos empregos na economia verde**. [S.l.],

2020. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2020/08/1721912>>. Acesso em: 13 jan 2021.

NERY, C. **Extrema pobreza atinge 13,5 milhões de pessoas e chega ao maior nível em 7 anos**. [s.l.], 2019. Disponível em:

<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25882-extrema-pobreza-atinge-13-5-milhoes-de-pessoas-e-chega-ao-maior-nivel-em-7-anos>>. Acesso em: 14 jan 2021.

NIIMIMAKI, K. **Sustainable Fashion in a Circular Economy**. Espoo: Aalto University, 2018.

OLIVEIRA, J. T. **Território do agro-negócio : expansão dos monocultivos do eucalipto e da produção de celulose na Bahia**. 2014.340 f.Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade Federal do Sergipe, São Cristóvão. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFS-2_0815040c569b857b1b3618fcd27278ac>. Acesso em: 5 fev 2021.

ÖSTLUND, Å. et al. **Textile recycling, technical possibilities and challenges**. Stockholm: Naturvårdsverket; 2015.

PAUNONEN, S. et al. Environmental impact of cellulose carbamate fibers from chemically recycled cotton. **Journal of Cleaner Production**, v. 222, p. 871–881, 2019.

PEÑA, C. et al. Using Life Cycle Assessment to achieve a circular economy. **Position Paper of the Life Cycle Initiative**, n. July, p. 1–2, 2020.

PERIYASAMY, A. P.; WIENER, J.; MILITKY, J. **Life-cycle assessment of denim**. [s.l.] :Elsevier Ltd, 2017.

PERIYASAMY, A. P.; MILITKY, J. LCA

(Life Cycle Assessment) on Recycled Polyester. In: MUTHUG, S. S. (Ed.). **Environmental Footprints of Recycled Polyester**. Czech Republic: Springer Nature Singapore, 2020. p. 30.

PETERS, G. et al. **Carbon footprints in the textile industry**. In: **Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing**. [s.l.]: Elsevier Ltd, 2015. p. 3–30.

PIRIBAUER, B.; BARTL, A. **Textile recycling processes, state of the art and current developments: A mini review**. New York: SAGE Publications, 2019. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0734242X18819277>>. Acesso em: 14 jan 2021.

POERNER, B. **Trabalhadores e indústria da moda: um semestre de pandemia no Brasil**. Carta Capital, 2020. Disponível em: <<https://www.cartacapital.com.br/blogs/fashion-revolution/trabalhadores-e-industria-da-moda-um-semester-de-pandemia-no-brasil>>. Acesso em: 01 Fev 2021.

PORTO, M. F. S. et al. **Lixo, trabalho e saúde: um estudo de caso com catadores em um aterro metropolitano no Rio de Janeiro, Brasil**. Rio de Janeiro: Cad. Saúde Pública, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2004000600007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 Fev 2021.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Coleta Domiciliar Seletiva**. São Paulo, 2021. Disponível em:<<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/coleta-seletiva/index.php?p=4623>>. Acesso em: 22 jan 2021.

QUANTIS. **Measuring Fashion: Insights from the Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear**

Industries. [s.l: s.n.], 2018. Disponível em: <https://quantis-intl.com/report/measuring-fashion-report/>. Acesso em: 15 jan 2021.

RÆBILD, U.; HASLING, K.M. **Sustainable Design Cards: A Learning Tool for Supporting Sustainable Design Strategies (Ed.) Sustainable Fashion in a Circular Economy**. Helsinki, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/334041972_Sustainable_Design_Cards_A_Learning_Tool_for_Supporting_Sustainable_Design_Strategies>. Acesso em: 19 jan 2021.

RECICLA SAMPÁ. **Saiba Tudo Sobre a Reciclagem de Resíduos Têxteis no Brasil**. São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://www.reciclasampa.com.br/artigo/saiba-tudo-sobre-a-reciclagem-de-residuos-texteis-no-brasil>>. Acesso em: 12 janeiro 2021.

REGENERATE FASHION. **Moda Circular, Reciclagem Têxtil e Cenários circulares para fibras têxteis no Brasil**. Regenerate Fashion LCC, p.62. 2020.

REIMBERG, M. **Fazenda Estrondo coleciona crimes trabalhistas e ambientais**. [s.l.], 2019. Disponível em: <<https://reporterbrasil.org.br/2009/11/fazenda-estrondo-coleciona-crimes-trabalhistas-e-ambientais>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

REINALES, D. et al. Social Life Cycle Assessment of Product Value Chains Under a Circular Economy Approach: A Case Study in the Plastic Packaging Sector. **Sustainability**, v. 12, p. 6671. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su12166671>>. Acesso em: 30 de jan 2021.

RENOVAR TÊXTIL. **Essa roupa deve ir mesmo para o lixo?**. Ferraz de Vasconcelos, 2019. Disponível em: <<https://www.renovartextil.com.br/>

tecidos-podem-ser-reciclados>. Acesso em: 14 jan 2021.

RENOVAR TÊXTIL. **Tecidos podem ser reciclados?**. Ferraz de Vasconcelos, 2019. Disponível em: <<https://www.renovartextil.com.br/tecidos-podem-ser-reciclados>>. Acesso em: 14 jan 2021.

RHODES, C. J. The Imperative for Regenerative Agriculture. **Science Progress**. 2017. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3184/003685017X14876775256165>>. Acesso em: 5 fev 2021.

RÖCKSTROM et al. A safe operating space for humanity. **Nature** 461, 472–475. 2009. Disponível em: <<https://doi-org.proxy.library.uu.nl/10.1038/461472a>>. Acesso em: 28 jan 2021.

SALÁRIO. **Costureira em Geral – Salário 2021 e Mercado de Trabalho**. [S.l.], 2020. Disponível em: <<https://www.salario.com.br/profissao/costureira-em-geral-cbo-763210/>>. Acesso em: 20 jan 2021.

SAMBUICHI, R. H. R. et al. **A política nacional de agroecologia e produção orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea, 2017.

SANDIN, G.; PETERS, G. M. Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 353–365, 2018.

SANDIN, G.; ROOS, S.; JOHANSSON, M. **Environmental impact of textile fibers – what we know and what we don’t know**. Goteborg: [s.n.], 2019.

SARIOGLU, E.; KAYNAK, H. K. PET Bottle Recycling for Sustainable Textiles. In: **Polyester – Production, Characterization and Innovative Applications Waste**. [s.l.]: Intech, 2016.

SEBRAE. **Retalhos de tecidos: no lugar do desperdício**. 2014. Disponível em: <<https://respostas.sebrae.com.br/retalhos-de-tecidos-no-lugar-do-desperdicio-negocios-sustenta-veis/>>. Acesso em: 20 jul 2020.

SEBRAE. **A utilização do PET na indústria da Moda**. [s.l: s.n.].

SEMEAR INTERNACIONAL. **Produção de algodão agroecológico**. Disponível em: <<http://portalsemear.org.br/boas-praticas/producao-de-algodao-agroecologico/>>. Acesso em: 15 dez 2020.

SHAH, P.; BANSAL, A.; SINGH, R. K. **Life Cycle Assessment of Organic, BCI and Conventional Cotton: A Comparative Study of Cotton Cultivation Practices in India**. In: Designing Sustainable Technologies, Products and Policies. [s.l.]: Springer International Publishing, 2018.

SHEN, L.; PATEL, M. K. Life cycle assessment of man-made cellulose fibres. Lenzinger Berichte, 2010.

SHEN, L.; WORRELL, E.; PATEL, M. K. **Open-loop recycling: A LCA case study of PET bottle-to-fibre recycling**. Resources, Conservation and Recycling, 2010.

SHEN, L.; WORRELL, E.; PATEL, M. K. **Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres**. Resources, Conservation and Recycling, 2010.

SINDITÊXTIL SP. **Retalho Fashion**. São Paulo, [2012?]. Disponível em: <<https://www.sinditextilsp.org.br/cont/retalho-fashion>>. Acesso em: 12 janeiro 2021.

SILVA, T. D. **Impacto das Mudanças Climáticas no Cultivo do Algodão Herbáceo em Sistema de Sequeiro no Nordeste do Brasil**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais,

Campina Grande. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280880149_IMPACTO_DAS_MUDANCAS_CLIMATICAS_NO_CULTIVO_DO_ALGODAO_HERBACEO_EM_SISTEMA_DE_SEQUEIRO_NO_NORDESTE_DO_BRASIL>. Acesso em: 14 jan 2021.

SILVA, T. L. et al. Avaliação do ciclo de vida da produção de fios têxteis. **Revista Química Têxtil**, v. 119, 2015.

SOUZA, L. **Brasil gera 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano**. São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-11/brasil-gera-79-milhoes-de-toneladas-de-residuos-solidos-por-ano>>. Acesso em: 14 jan 2021.

STICHWEH, R. **Systems Theory**. [S.l.], 2005. Disponível em: <https://www.fiw.uni-bonn.de/demokratieforschung/personen/stichweh/pdfs/80_stw_systems-theory-international-encyclopedia-of-political-science_2.pdf>. Acesso em: 14 jan 2021.

TERINTE, N. et al. **Environmental assessment of coloured fabrics and opportunities for value creation: Spin-dyeing versus conventional dyeing of modal fabrics**. Journal of Cleaner Production, v. 72, 2014.

TEXTILE EXCHANGE. **Preferred Fiber & Materials Market Report 2019**. [s.l: s.n.], 2019.

TEXTILE EXCHANGE. **Life Cycle Assessment (LCA) of Organic Cotton**. Echterdingen: [s.n.].

TEXTILE EXCHANGE. **Organic Cotton – Market Report 2019**. [s.l: s.n.].

TEXTILE EXCHANGE. **MMCF Vision**. [s.l: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://www.forumthefuture.org/Handlers/Download.ashx?IDMF=50873503-6769-4ae-4-b06d-9674922e47c5>>. Acesso em: 25 jan 2021.

THE NATIONAL CLIMATE ASSESSMENT. **Fourth National Climate Assessment – Volume II: Impacts, Risks, and Adaptation in the United States.** Washington, 2018. Disponível em: <<https://nca2018.globalchange.gov/>>. Acesso em: 14 jan 2021.

THOMAS, B. et al. **A Carbon Footprint for UK Clothing and Opportunities for Savings – Final Report.** [s.l.: s.n.] 2012. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/306145659_A_Carbon_Footprint_for_UK_Clothing_and_Opportunities_for_Savings>. Acesso em: 14 jan 2020.

TOOGE, R. **LISTA: quais são e para que servem os ingredientes dos agrotóxicos mais vendidos.** 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/10/07/quais-sao-e-para-que-servem-os-principais-ingredientes-dos-agrotoxicos-mais-vendidos.ghtml>>. Acesso em: 10 ago 2020.

TRADING ECONOMICS. **Fossil Fuel Energy Consumption.** [S.l.], 2014. Disponível em: <<https://tradingeconomics.com/brazil/fossil-fuel-energy-consumption-percent-of-total-wb-data.html>>. Acesso em: 14 jan 2021.

TURLEY, D. B. et al. **The role and business case for existing and emerging fibres in sustainable clothing.** Summary report. 2010.

UNEP. **Guidelines for social life cycle assessment of products.** 2009. Disponível em: <<https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2009%20-%20Guidelines%20for%20sLCA%20-%20EN.pdf>> Acesso em: 26 jan 2021.

VALDIVIA, I. H. et al. **Social Life-Cycle Assessment: A Review by Bibliometric Analysis.** Sustainability. 2020.

VALENCIA, E. **Why circular economy business models need LCA.** 2017.

Disponível em: <<https://pre-sustainability.com/articles/why-circular-economy-business-models-need-lca/>>. Acesso em: 12 out. 2020.

VAN DER VELDEN, N. M.; PATEL, M. K.; VOGTLÄNDER, J. G. LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane. **International Journal of Life Cycle Assessment**, 2014.

VASCONCELOS, F. B. et al. Avaliação do consumo de água e energia durante o ciclo de vida de camisetas de algodão, poliamida e poliéster. **Revista Química Têxtil**, n. 1979, 2012.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência.** Campinas: Papyrus, 2002.

VIDAL, A. **O renascimento de um mercado: o setor de celulose solúvel.** BNDES Setorial, v. 38, p. 79–130, 2013.

WANG, C. et al. Carbon footprint of textile throughout its life cycle: A case study of Chinese cotton shirts. **Journal of Cleaner Production**, 2015.

WATTS, Ben. **The Dangers of Monoculture Farming.** 2018. Disponível em: <<https://www.challenge.org/knowledgeitems/the-dangers-of-monoculture-farming/>>. Acesso em: 29 jan 2021.

WEETMAN, C. **A Circular Economy Handbook for Business and Supply Chains.** Londres: Kogan Page, 2016.

ZAMANI, B.; OM, M.; PETERS, G.; RYDBERG, T. A carbon footprint of textile recycling: A case study in Sweden. **Journal of Industrial Ecology**. 2015.

ZHANG, Y. et al. Life cycle assessment of cotton T-shirts in China. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 7, p. 994–1004, 2015.

Anexos

1. Estudos de Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos Têxteis Selecionados para a Análise de Cenários
2. Exportação e Importação de Fibras Têxteis e de Celulose Solúvel
3. Lista de Estudos de Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos Têxteis Selecionados
4. Matriz de Avaliação de Circularidade
5. Resposta LAI (Lei de Acesso à Informação) – Conab
6. Resposta LAI (Lei de Acesso à Informação) – Ministério do Meio Ambiente
6. Resposta Abrelpe
7. Resposta Comex

[Acesse aqui](#) os anexos listados nesse relatório.

FIOS DA MODA:

Perspectiva Sistêmica Para Circularidade

Para perguntas sobre o relatório ou outras discussões, questões editoriais ou comerciais, entre em contato com um membro das instituições envolvidas na construção desse relatório:

PARA QUESTÕES OU DISCUSSÕES SOBRE O RELATÓRIO

Marina Colerato

MODEFICA
marina@modefica.com.br

Larissa Roviezzo

REGENERATE FASHION
larissa@regeneratefashion.com

Melissa O de León

REGENERATE FASHION
melissa@regeneratefashion.com

Juliana Picoli

FGVCES
juliana.picoli@fgv.br

PARA QUESTÕES EDITORIAIS OU COMERCIAIS

Marina Colerato

MODEFICA
marina@modefica.com.br

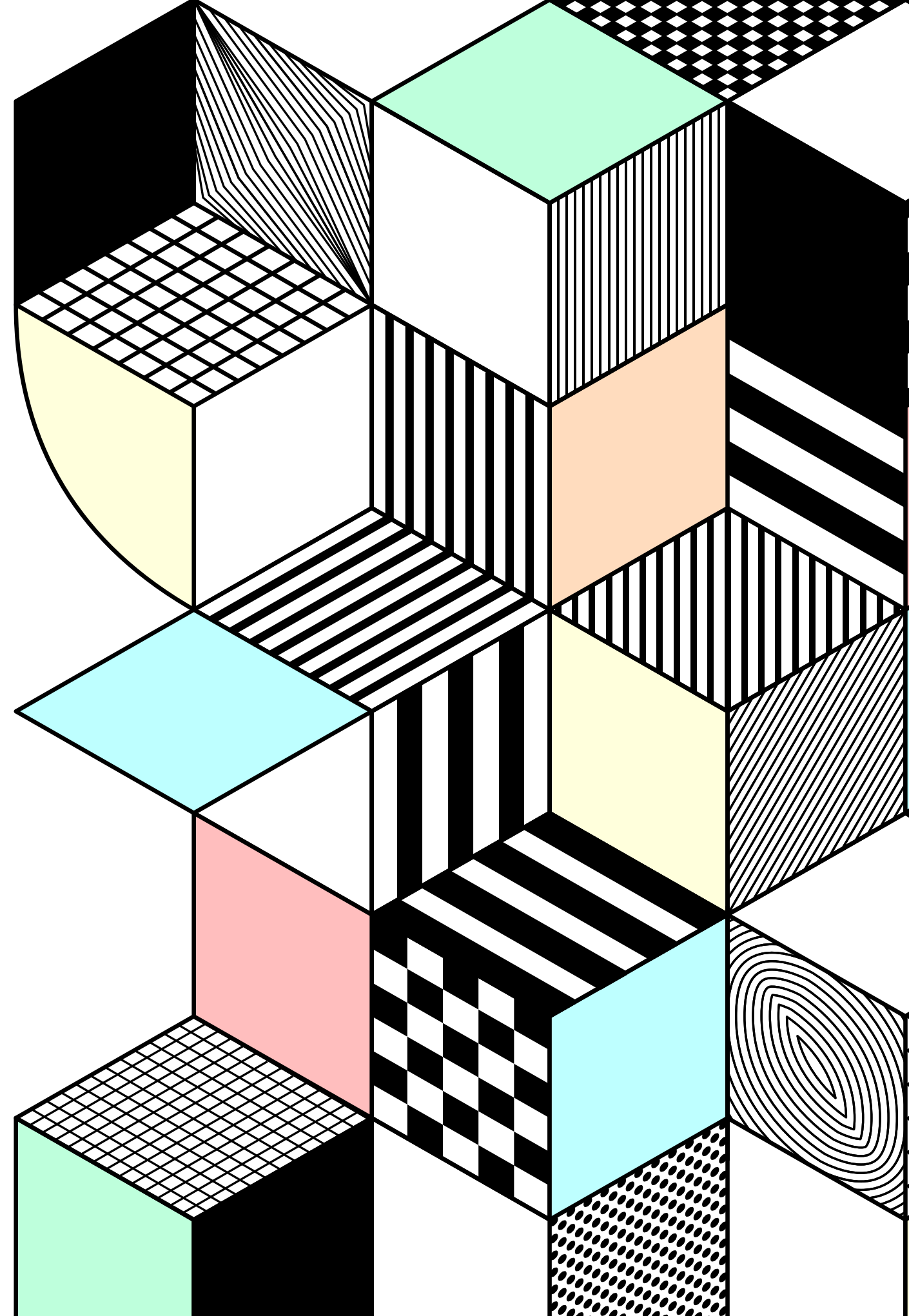
PARA ASSESSORIA DE IMPRENSA

Nathalia Anjos

VOICE 176
nathalia@voice176.com

Larissa Henrici

VOICE 176
larissa.henrici@gmail.com



modifica

INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS



APOIO

