

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

BRUNA RODRIGUES OTTONI

**Métodos de Reciclagem na Gestão de Resíduos Sólidos Têxteis:
uma revisão sistemática**

Uberlândia

2023

BRUNA RODRIGUES OTTONI

**Métodos de Reciclagem na Gestão de Resíduos Sólidos Têxteis:
uma revisão sistemática**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em

Área de concentração: Engenharia Ambiental

Orientador: Bruna Fernanda Faria Oliveira

Uberlândia

2023

BRUNA RODRIGUES OTTONI

**Métodos de Reciclagem na Gestão de Resíduos Sólidos Têxteis:
uma revisão sistemática**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em

Área de concentração: Engenharia Ambiental

Uberlândia, 07 de dezembro de 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Bruna Fernanda Faria Oliveira – ICIAG

Prof. Dra. Sueli Moura Bertolino – ICIAG

Prof. Dra. Etienne Cardoso Abdala – FAGEN

RESUMO

O Brasil se destaca como um dos principais produtores mundiais do setor têxtil, entretanto a minoria dos resíduos gerados são reciclados ou reutilizados. Diferentes métodos de reciclagem têxtil foram desenvolvidos e são aplicados internacionalmente, especialmente os métodos de reciclagem mecânica e reciclagem química. Este trabalho apresenta uma revisão sistemática, usando metodologia PRISMA, sobre a implementação da reciclagem como alternativa para gestão de resíduos sólidos têxteis, a partir de base de dados de origem, principalmente, europeia, relativa aos métodos mecânico e químico de reciclagem, além de apresentar o atual cenário brasileiro relativo ao desenvolvimento de políticas públicas para regulamentação da gestão de resíduos têxteis.

Palavras-chave: reciclagem têxtil, reciclagem mecânica, reciclagem química, resíduos têxteis.

ABSTRACT

Brazil stands out as one of the world's main producers in the textile sector, however only a minority of the waste generated is recycled or reused. Different textile recycling methods have been developed and are applied internationally, especially mechanical recycling and chemical recycling methods. This paper presents a systematic review, using PRISMA methodology, on the implementation of recycling as an alternative for the management of solid textile waste, through database of ,mainly, European origin, related to mechanical and chemical methods of recycling, in addition to presenting the current brazilian scenario regarding the development of public policies for regulation of textile waste management.

Key-words: textile recycling, mechanical recycling, chemical recycling, textile waste.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. METODOLOGIA	5
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	11
3.1. Métodos de Reciclagem têxtil.....	11
3.1.1. Reciclagem Mecânica	12
3.1.2. Reciclagem Química	14
3.2. Reciclagem Têxtil no Brasil.....	17
3.3. Políticas públicas na gestão de resíduos têxteis.....	18
4. CONCLUSÃO.....	22
5. REFERÊNCIAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

Os efeitos da produção em massa, consumismo e gestão falha dos resíduos sólidos colocaram um estresse sem precedentes nos ecossistemas, levando a poluição generalizada no meio ambiente. O estilo de vida contemporâneo, alimentado pelo atual sistema econômico, são os principais determinantes do elevado número de descartes diários de resíduos sólidos, tanto nas áreas urbanas quanto em ambientes naturais (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014).

Com a propagação de processos de produção e consumo amplamente poluentes, os governos de diversos países passaram a se comprometer em adotar planos de ação sustentáveis em conferências da Organização das Nações Unidas, como a atual Agenda 2030, além de regulamentar as atividades potencialmente poluidoras com diretrizes que visam a preservação do meio ambiente.

Uma questão de grande importância ambiental é a gestão dos resíduos sólidos. Segundo o Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos do ano de 2019, foram coletados 57,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos e apenas 1,67% foram reutilizados, reciclados ou recuperados energeticamente. O Estado de Minas Gerais foi o terceiro estado mais gerador neste ano e foi responsável por 4,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (SINIR, 2019).

Em relação à indústria têxtil, no Brasil são gerados cerca de 300 toneladas de retalhos e aparas de couro por dia e cerca de 170 mil toneladas de resíduos têxteis ao ano (SEBRAE, 2018). O volume vultoso de resíduos é consequência da produção em larga escala de mais de 2,1 milhões de toneladas de têxteis ao ano (ABIT, 2023) e da baixa taxa de reutilização dos produtos.

Esses dados indicam uma curta vida útil aos produtos têxteis, especialmente de vestuário, e popularização de mercadorias de venda rápida. Para BHARDWAJ; FAIRHURST (2010), essas peças podem ser conceituadas como *fast fashion*, que naturalmente são descartadas de forma acelerada devido à alta volatilidade do mercado. Com base na necessidade de reformular a concepção dos produtos têxteis, novas abordagens surgem para reduzir o descarte e promover a sustentabilidade, como o *upcycling* e a reciclagem (MORELLI; ENDER, 2017).

A Lei 12.305/2010, que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), definiu a ordem de prioridade da gestão de resíduos sólidos em: não geração, redução,

reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada. A reciclagem gera diminuição da quantidade de resíduos depositados em aterros sanitários, na redução da necessidade de explorar recursos naturais para fabricar novos materiais, na geração de renda ao longo da cadeia de logística reversa e em diversos benefícios ambientais e sociais (ANCAT, 2018).

Apesar da introdução da PNRS, que norteou o gerenciamento de resíduos de inúmeros setores econômicos, as indústrias de confecção de vestuário ainda têm muito a evoluir no que se refere à reciclagem de seus próprios resíduos e mercadorias. Atualmente a indústria têxtil utiliza, como principal fonte, os recursos não renováveis, somando um total anual de 98 milhões de toneladas de recursos, como água, corantes, fertilizantes e óleo (ELLEN MCARTHUR FOUNDATION, 2017). De acordo com o SEBRAE (2018), são reciclados cerca de 20% dos materiais utilizados na produção têxtil, enquanto o restante é armazenado em aterros sanitários e lixões ou incinerados.

Dessa forma, o presente trabalho visa realizar uma revisão sistemática acerca da implementação da reciclagem como alternativa para gestão de resíduos sólidos têxteis. O estudo busca reunir informações presentes na literatura e conceituar os métodos mecânico e químico de reciclagem, além de apresentar o atual cenário brasileiro relativo ao desenvolvimento da produção de reciclados têxteis.

2. METODOLOGIA

Nesta revisão sistemática, a pesquisa bibliográfica partiu dos questionamentos “Quais são os principais métodos de reciclagem têxtil” e “Quais os possíveis impeditivos deste tipo de reciclagem no Brasil?”. A literatura foi obtida nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), utilizando os termos de busca “Reciclagem têxtil” ou “Mechanical textile recycling” ou “Chemical textile recycling”. A busca foi composta exclusivamente de documentos publicados entre os anos de 2013 e 2023, nos idiomas inglês, português e espanhol. Os artigos foram selecionados a partir do método PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises), que consiste em um *checklist* destinado à elaboração de protocolos de revisões sistemáticas e metassíntese (MOHER *et al.*, 2015). Os artigos foram divididos de acordo com o método, conforme Tabela 1, em 4 etapas: Identificação, Triagem, Elegibilidade e Aprovação.

A etapa de identificação consistiu na busca dos termos definidos anteriormente nas bases de dados científicas. Na Triagem, os critérios de seleção foram divididos em duas etapas: a leitura dos títulos e, em seguida, a leitura dos resumos dos artigos nos quais os títulos foram selecionados, excluindo registros duplicados. A Elegibilidade compôs a leitura das metodologias, com o intuito de eliminar documentos que focavam no reuso têxtil através do *upcycling*, reciclagem de produtos PET em produtos têxteis, reciclagem de outros elementos da produção têxtil, reciclagem têxtil que o produto final não seja outro produto têxtil utilizado na indústria do vestuário. A etapa de Aprovação se fundamentou na leitura dos documentos por completo, foram excluídos os documentos que não tinham foco nos métodos de reciclagem ou em discussões diretamente ligadas a estes. Foram considerados apenas estudos que discorreram sobre os processos de reciclagem mecânica têxtil ou reciclagem química têxtil. Foram excluídos documentos específicos para reciclagem térmica têxtil e reciclagem de materiais não têxteis, como PET e borracha, em produtos finais têxteis.

A busca da revisão sistemática resultou em 2.358 artigos potenciais (Tabela 1). Após a leitura dos resumos, a Triagem resultou em 287 artigos. Assim, o processo de exclusão foi baseado na análise bibliométrica da leitura do título, resumos e material e métodos, e resultou em 87 artigos deixados para a Elegibilidade. Após a leitura completa dos textos, restaram 25 artigos, que foram analisados e interpretados nesta revisão.

Foram consultados manualmente, também, trabalhos citados na literatura escolhida, legislações, normativas e informações disponibilizadas por órgãos do setor têxtil e órgãos de gestão de resíduos.

Tabela 1. Dados da metodologia empregada na revisão sistemática.

Etapas	<i>Web of Science</i>	<i>Scielo</i>	<i>Scopus</i>	Total
Identificação	1.272	9	1.077	2.358
Triagem	135	2	131	268
Elegibilidade	70	0	38	107
Aprovação	12	0	13	25

Fonte: A autora

A partir dos artigos aprovados, foi montado a Tabela 2 e Tabela 3, referentes aos dados, tecnologia de reciclagem, metodologias abordadas e país de origem das pesquisas.

Tabela 2. Categorização dos artigos aprovados pela base de dados *Web of Science*.

Autor	Título	País de pesquisa	Ano	Tecnologia	Método de processamento
AMARAL <i>et al.</i>	Industrial textile recycling and reuse in Brazil: case study and considerations concerning the circular economy	Brasil	2018	Reciclagem mecânica e química	Diversos
BALOYI <i>et al.</i>	Recent advances in recycling technologies for waste textile fabrics: a review	África do Sul	2023	Reciclagem mecânica e química	Diversos
DAMAYANTI <i>et al.</i>	Possibility Routes for Textile Recycling Technology	Taiwan, Indonésia	2021	Reciclagem mecânica e química	Diversos
DISSANAYAKE, K; WEERASINGHE, D.	Fabric Waste Recycling: a Systematic Review of Methods, Applications, and Challenges	Sri Lanka, Austrália	2021	Reciclagem mecânica e química	Diversos
KUMAR <i>et al.</i>	Challenges for Waste in Fashion and Textile Industry	Índia	2020	Reciclagem mecânica	Problemáticas gerais do processo mecânico
LEONAS, K. K.	Fiber-to-Fiber Textile Recycling	Estados Unidos	2023	Reciclagem mecânica	Fibra a fibra
LOO <i>et al.</i>	Tackling critical challenges in textile circularity: A review on strategies for recycling cellulose and polyester from blended fabric	Cingapura	2023	Reciclagem mecânica e química	Diversos

PIRIBAUER, B; BARTL, A.	Textile recycling processes, state of the art and current developments: A mini review	Áustria	2019	Reciclagem mecânica e química	Diversos
RIBUL <i>et al.</i>	Mechanical, chemical, biological: Moving towards closed-loop bio-based recycling in a circular economy of sustainable textiles	Reino Unido	2021	Reciclagem mecânica e química	Diversos
SISKOVÁ <i>et al.</i>	Circulatory Management of Polymer Waste: Recycling into Fine Fibers and Their Applications	Eslováquia, República Tcheca, Macedônia do Norte, Polônia	2021	Reciclagem mecânica	Fiação de fibras
WANG, S; SALMON, S.	Progress toward Circularity of Polyester and Cotton Textiles	Estados Unidos	2022	Reciclagem química	Decomposição de polímeros em monômeros
ZONATTI <i>et al.</i>	Reciclagem de resíduos do setor têxtil e confeccionista no Brasil: panorama e ações relacionadas	Brasil	2015	Reciclagem mecânica e química	Diversos

Fonte: A autora

Tabela 3. Categorização dos artigos aprovados pela base de dados *Scopus*.

Autor	Título	País de pesquisa	Ano	Tecnologia	Método de processamento
BECKER <i>et al.</i>	Current challenges and solutions for the recycling of (mixed) synthetic textiles	Alemanha	2022	Reciclagem mecânica e química	Diversos
CAO <i>et al.</i>	Textile and Product Development from End-of-Use Cotton Apparel: A Study to Reclaim Value from Waste	Estados Unidos	2022	Reciclagem mecânica	Rasgamento e cardamento de fibras de algodão e confecção de novos tecidos
HERMSEN <i>et al.</i>	Textiles for circular fashion: The logic behind recycling options	Holanda	2021	Reciclagem mecânica e química	Reciclagem por fibra, polimérica e monomérica
HIRSCHBERG, V; RODRIGUE, D.	Recycling of polyamides: Processes and conditions	Alemanha	2023	Reciclagem mecânica e química	Diversos
LINDSTRÖM <i>et al.</i>	Improving mechanical textile recycling by lubricant pre-treatment to mitigate length loss of fibers	Suécia	220	Reciclagem mecânica	Rasgamento de fibras (tearing)
LU <i>et al.</i>	Current recycling strategies and high-value utilization of waste cotton	China, Malásia, Dinamarca, Irã, Índia	2022	Reciclagem mecânica e química	Diversos
PETERS <i>et al.</i>	Environmental Prospects for Mixed	Suécia	2019	Reciclagem química	Hidrólise alcalina da

Textile Recycling in Sweden				celulose	
REIKE <i>et al.</i>	Understanding circular economy transitions: The case of circular textiles	Holanda	2022	Reciclagem mecânica e química	Reciclagem por fibra, polimérica e monomérica
RUUTH <i>et al.</i>	Reclaiming the Value of Cotton Waste Textiles: A New Improved Method to Recycle Cotton Waste Textiles via Acid Hydrolysis	Suécia	2022	Reciclagem química	Decomposição de polímeros de celulose em glucose
SEBASTIÁ <i>et al.</i>	Novel sustainable alternatives for the fashion industry: A method of chemically recycling waste textiles via acid hydrolysis	Suécia	2020	Reciclagem química	Hidrólise ácida da celulose
SHERWOOD, J.	Closed-loop Recycling of Polymers Using Solvents	Reino Unido	2020	Reciclagem química	Decomposição de polímeros em monômeros
TONSI <i>et al.</i>	Nylon Recycling Processes: a Brief Overview	Itália	2023	Reciclagem mecânica e química	Diversos
YOUSEF <i>et al.</i>	A new strategy for using textile waste as a sustainable source of recovered cotton	Lituânia	2019	Reciclagem química	Dissolução utilizando dimetilsulfóxido (DMSO)

Fonte: A autora

Foram contabilizados 14 artigos originários de países europeus, 3 artigos de países asiáticos, 3 artigos da América do Norte (Estados Unidos), 2 artigos de países de diferentes continentes, 2 artigos da América do Sul (Brasil) e 1 artigo do continente africano (África do Sul).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Métodos de Reciclagem têxtil

A reciclagem de materiais têxteis pode ser categorizada com base nas matérias-primas a serem reprocessadas, o que implica na utilização de distintas linhas de produção e procedimentos específicos para a obtenção dos produtos finais. Essas categorias incluem: reciclagem mecânica, reciclagem química, reciclagem térmica e mix de tecnologias (ZONATTI, 2016).

Para Le (2018), as tecnologias de reciclagem podem ser divididas em quatro categorias e incluem abordagens primárias, secundárias, terciárias e quaternárias, resumidas a seguir:

1. Primária: recicla o material em sua forma original para recuperação de igual valor. Para Voncina (2010), essa reciclagem ocorre dentro da linha de produção original com produtos fora do padrão;
2. Secundária: processamento de produtos pós-consumo, geralmente, por meios mecânicos, em materiais com diferentes propriedades físicas e/ou químicas (reciclagem mecânica);
3. Terciária: processos como pirólise e hidrólise, nos quais os resíduos são convertidos em compostos químicos básicos, monômeros ou combustíveis (reciclagem química);
4. Quaternária (recuperação): processos de conversão de resíduos em energia, como incineração de resíduos sólidos ou utilização de calor gerado (reciclagem térmica).

Este trabalho tem enfoque nos métodos de reciclagem que tem como material inicial e final um produto têxtil, dessa forma, a reciclagem química de PET e reciclagem térmica não são abordadas. Um termo presente neste trabalho é o conceito de reciclagem em “*closed loop*” ou “circuito fechado”, que pode ser definida como um tipo de reprocessamento de materiais que preserva as propriedades e valor para reutilização dos produtos, dentro da mesma cadeia de valor. Embora este tipo de reciclagem em produção comercial seja comum em outros materiais, a reciclagem em circuito fechado de resíduos têxteis pós-consumo tem limitações quanto ao método de reciclagem e aos avanços tecnológicos e logísticos (WANG; SALMON, 2022).

3.1.1. Reciclagem Mecânica

Os métodos mecânicos são categorizados como uma abordagem de reciclagem secundária. Esse tipo de reciclagem é um método baseado em forças físicas, que pode ser utilizado isoladamente para reciclagem de tecidos ou fibras ou como pré-processamento para métodos termomecânicos ou químicos e bioquímicos (ISO DIS 5157, 2023). É uma tecnologia estabelecida no mercado há décadas, principalmente na Europa — que possui destaque no uso para lã e fibras vegetais (como algodão, juta, sisal e linho) na região de Prato, na Itália; e no uso para fibras sintéticas (como poliéster, poliamida, acrílico, viscose, propileno) na Bélgica, França, Alemanha e Suécia (DUHOUX *et al.*, 2021).

Todos os tipos de resíduos têxteis, tipo de material (natural, sintético ou misturas), tipos de produtos têxteis (fios, tecidos, peças de vestuário usadas, tapetes) e estruturas (malha, tecido ou não tecido) podem ser processados através de reciclagem mecânica. No entanto, o tipo de fibra (sintética, natural ou misturas) em combinação com a estrutura têxtil (torção do fio e construção do tecido) determina a maquinaria necessária e o produto potencial (DUHOUX *et al.*, 2021).

Em geral, quanto mais uniforme, não tratado, não danificado e não contaminado for o material de entrada, maior será a quantidade e a qualidade da fibra resultante do processo de reciclagem mecânica. Os têxteis são preferencialmente classificados por material e cor, uma vez que este processo não consegue separar misturas ou filtrar corantes (ELLEN MCARTHUR FOUNDATION, 2017).

O método de reciclagem mecânica pode ser dividido em duas técnicas com base no mecanismo de reciclagem aplicado. A primeira técnica é aplicada a materiais naturais e sintéticos e envolve cortar, rasgar e cardar tecidos para abrir as fibras mecanicamente. A segunda técnica utiliza processos iniciais similares de corte e rasgamento, adicionados à moagem dos resíduos. Em seguida, há um tratamento térmico de fusão e extrusão para obtenção de um produto que pode ser refiado em novas fibras. Essa técnica é usada exclusivamente em tecidos sintéticos, como o poliéster e nylon (DISSANAYAKE; WEERASINGHE, 2021).

Na execução de ambas as técnicas, há um processo de pré-tratamento, em que o produto têxtil passa pela separação por cor e tipo de fibra, pela remoção manual ou automática de acessórios indesejados e pela desinfecção. Para têxteis contaminados por impregnações, manchas ou apenas pelo uso do consumidor, a etapa de pré-tratamento também

pode incluir higienização através de um processo de lavagem industrial (DUHOUX *et al.*, 2021).

Na primeira técnica de reciclagem mecânica, primeiramente, o material é cortado em retalhos de tamanhos pré-determinados, de acordo com as especificidades do maquinário e o produto final desejado. Em seguida, os retalhos são alimentados em uma máquina de rasgamento, por meio de uma série de cilindros ou tambores rotativos de alta velocidade, cobertos com fios de serra ou pinos de aço que rasgam o tecido, fazendo com que a estrutura se abra e liberte as fibras individuais (GRANDO *et al.* 2022). Em seguida, pode ocorrer o processo de fiação do material, prensagem e produção de matéria prima, que podem ser usadas em novos produtos de vestuário, forros de roupas, componentes automotivos, estofados de móveis, materiais de isolamento, carpetes e brinquedos (VONCINA, 2010).

Para a segunda técnica de reciclagem mecânica, o corte dos materiais têxteis segue um processo semelhante ao que ocorreria com outros tipos de materiais têxteis, naturais ou artificiais. No entanto, após essa etapa, há a introdução de um procedimento térmico no qual o material a ser processado é fundido e extrudido para criar filamentos reciclados. Quando há uma mistura de diferentes fibras sintéticas no mesmo resíduo, o processo de fusão do material leva em conta que cada tipo de fibra possui um ponto de fusão específico, o que resulta na separação dos componentes em fases distintas, que são consolidadas em grânulos plásticos e posteriormente extrudados separadamente para criar novos filamentos (ZONATTI, 2016).

Um problema comum é a má qualidade de parte dos resíduos de tecidos pós-consumo, que ao passarem pela lavagem e manutenção, podem estar demasiado fracos para resistir ao processo de reciclagem mecânica, o que resulta no descarte de muito material em forma de pó, especialmente no caso do algodão (DUHOUX *et al.*, 2021). Isto se tornou mais acentuado com algodão proveniente de tecidos utilizados no setor hoteleiro, hospitalar, e de equipamentos, e não tão acentuado com resíduos de no setor de vestuário doméstico. Outra desvantagem observada por Voncina (2010) na reciclagem mecânica de tecidos sintéticos, feitos de polímeros termoplásticos, é que o reprocessamento por meio da introdução de calor altera as propriedades do material original e dificulta o uso repetido da técnica para a mesma aplicação.

Os produtos finais de ambas as técnicas de reciclagem mecânica são as fibras fiáveis, plumas, materiais de enchimento e pó. A fração de fibras fiáveis, que são fibras longas o suficiente para serem transformadas em fio, é de 5 a 20% da entrada de material têxtil no caso

de fibras naturais, como algodão, e de 25 a 55% da entrada de matéria têxtil no caso de polialgodão ou poliéster. Foi observado que a poliamida, apesar de também ser um material sintético proveniente do plástico, praticamente não é reciclada por meio de reciclagem mecânica (DUHOUX *et al.*, 2021).

Além disso, as fibras fiáveis obtidas regressam à condição de fios com uma redução de aproximadamente 20% do seu comprimento original relativo às fibras virgens usadas no processo inicial de fabricação, devido às operações de corte e desfibragem (ZONATTI, 2016). Ainda para Zonatti (2016), os fios reciclados podem ser utilizados com ou sem a adição de fibras virgens, entretanto, de acordo com o relatório realizado pela Ellen McArthur Foundation (2017), esta reciclagem não oferece atualmente a qualidade das fibras recicladas necessárias para produzir uma peça de roupa 100% reciclada a partir da produção, com exceção da lã reciclada pela primeira vez.

Esses dados implicam que, apesar da aproveitabilidade dos outros produtos finais têxteis, a produção de novos fios através da reciclagem mecânica não gera uma fonte infinita de novas matérias primas através de uma única entrada de resíduo, ou seja, este método de reciclagem reduz substancialmente o volume de novos fios a cada novo processo, caso não haja a alimentação de mais resíduos a serem reciclados. Adicionalmente, os dados mostram que ainda não há um consenso sobre as informações da reciclagem mecânica, sendo necessário o aprofundamento em cada tipo de maquinário.

3.1.2. Reciclagem Química

A reciclagem química é definida pela ISO DIS 5157 (2023) como um processo que utiliza dissolução química na reciclagem de polímeros e monômeros. Apesar de ser uma categoria ampla de tecnologias distintas, há um consenso que as tecnologias podem ser categorizadas de acordo com a estrutura molecular de seus produtos, em dois tipos principais: reciclagem de polímeros e reciclagem de monômeros (MCKINSEY & COMPANY, 2022; ELLEN MCARTHUR FOUNDATION, 2017; RIBUL *et al.*, 2021).

A reciclagem química pode ser aplicada à maioria das fibras têxteis (RIBUL *et al.*, 2021), uma vez que a reciclagem de monômeros utiliza um processo de decomposição de materiais têxteis poliméricos em seus monômeros constituintes (ISO DIS 5157, 2023), através de processos de metanólise, glicólise, hidrólise e reação enzimática. Normalmente, esse tipo

de reciclagem é aplicada em fibras sintéticas, como o poliéster e a poliamida (MCKINSEY & COMPANY, 2022).

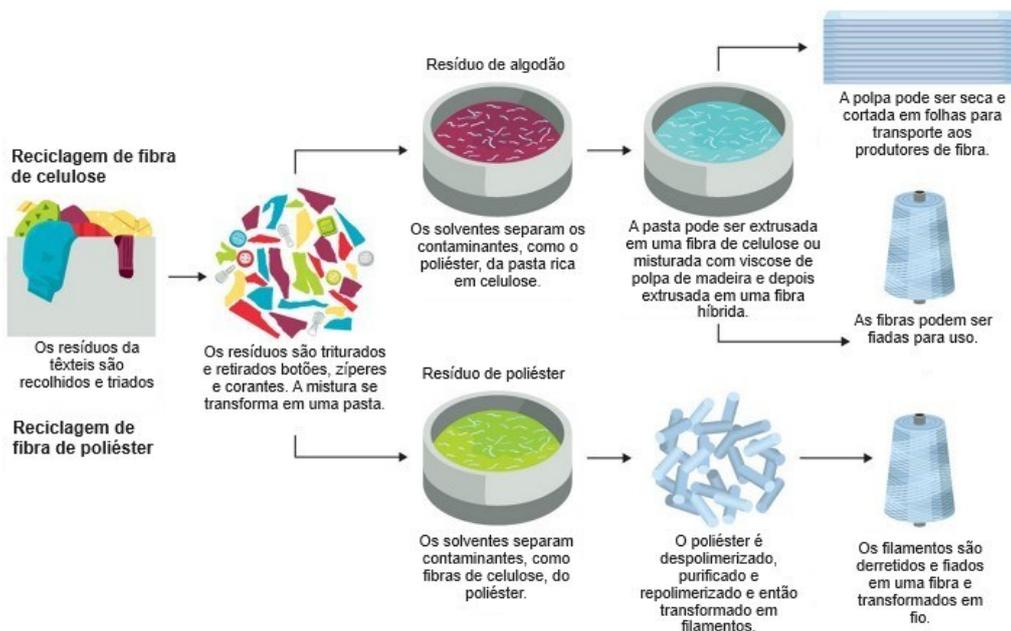
A reciclagem de polímeros envolve um processo de dissolução das fibras, através da separação, filtração e regeneração dos polímeros para refiá-los para novos usos (DISSANAYAKE; WEERASINGHE, 2021). A reciclagem de polímeros pode ser feita tanto em fibras à base de celulose, como o algodão, liocel e viscose, quanto em fibras à base de plástico, como o poliéster (ELLEN MCARTHUR FOUNDATION, 2017).

A reciclagem polimérica de fibras naturais envolve a degradação da celulose por meio de hidrólise enzimática ou hidrólise ácida. Esse processo converte a celulose em glucose e sacarídeos (ZONATTI, 2016). Inicialmente, os resíduos passam por um pré-tratamento para a remoção mecânica de materiais não têxteis e para o retalhamento dos tecidos em pedaços menores. Em seguida, as fibras entram em contato com o solvente escolhido, resultando em um material chamado de polpa solúvel, que pode ser submetido em mais etapas para atingir a viscosidade desejada da celulose ou para remover corantes presentes na fibra. Por fim, a polpa é fiada em novas fibras celulósicas, podendo ou não, ser misturada com matéria virgem ou polpa de madeira (DUHOUX *et al.*, 2021).

Já na reciclagem dos materiais sintéticos de polipropileno puro, a reciclagem ocorre através da dissolução das fibras em xileno, seguida de filtração, limpeza e precipitação do polipropileno em acetona. Esse material é filtrado, a acetona é transformada em grânulos e, por fim, o material é novamente submetido ao processo de fiação (ZONATTI, 2016). Grande parte dos produtos têxteis é composto por uma mistura de fibras, que é um limitante para os processos químicos focados em um único tipo de fibra (DISSANAYAKE; WEERASINGHE, 2021), o que evidencia a necessidade de incentivo a pesquisa mais aprofundada da separação das fibras compostas.

A seguir, é ilustrado na Figura 1 as etapas do processo de reciclagem química das fibras de celulose e das fibras de poliéster.

Figura 1. Etapas da reciclagem química de fibras naturais e sintéticas.



Fonte: Adaptado de C&EN, 2022.

Os processos de reciclagem química requerem maior gasto de energia em relação à reciclagem mecânica, mas têm a principal vantagem de resultar fibras de propriedades equivalentes às fibras virgens (MCKINSEY & COMPANY, 2022). Diferentemente do método mecânico, a reciclagem química de têxteis ainda não é distribuída em escala comercial, entretanto algumas empresas patentearam seus processos de reciclagem, como a empresa brasileira H3 Polímeros – Logística Reversa, com seu processo de reciclagem da poliamida 6 e 6.6 (ZONATTI, 2016; MCKINSEY & COMPANY, 2022). Devido a utilização de diferentes tipos de processamento químico das fibras, a análise orçamentária de implementação de um processo de reciclagem química se torna dificultada.

O processo de recuperação da fibra é teoricamente repetível infinitamente, entretanto as tecnologias atuais degradam a cadeia polimérica a cada repetição. Além disso, a utilização do têxtil também causa deteriorização do produto ao longo do tempo, o que sugere que, em algum momento, o produto reciclado não apresentará mais qualidade necessária para aplicação no vestuário (ELLEN MCARTHUR FOUNDATION, 2017).

A reciclagem química ainda não é competitiva financeiramente em relação à produção convencional das fibras, uma vez que a separação dos corantes, revestimentos e outros contaminantes é dispendiosa e consome muita energia. Além disso, há desvantagens

econômicas de se escolher a reciclagem química em comparação com o método mecânico (DUHOUX *et al.*, 2021). De acordo com Ellen McArthur Foundation (2017), estudos mostram que o poliéster reciclado quimicamente pode ser até 30% mais caro em comparação com o poliéster virgem.

3.2. Reciclagem Têxtil no Brasil

No Brasil, iniciativas de reciclagem têxtil existem como projetos sociais e individuais a certa região. O projeto Retalho Fashion, que atua no bairro Bom Retiro na cidade de São Paulo, realiza uma gestão de resíduos têxteis provenientes do próprio bairro, em vista de ser um grande polo de confecção de vestuário da cidade. O projeto visa à criação de um programa de coleta específico para os resíduos têxteis e envio dos resíduos para cooperativas, que se responsabilizam pela separação e encaminhamento do material para indústrias recicladoras (ZONATTI, 2016).

Na fase operativa da reciclagem, a pesquisa de Amaral *et al.* (2018) quantificou 21 indústrias recicladoras têxteis brasileiras e visitou 5 unidades, divididas em tipo de matéria-prima utilizada. Sendo as primeiras indústrias utilizadoras de matéria-prima de sobras pós-industriais e as demais utilizadoras da combinação de sobras pós-industriais e de resíduos pós-consumo. Dentre as 5 indústrias, uma coleta os resíduos diretamente das ruas das fábricas de vestuário e as demais compram ou recebem os resíduos de outras empresas. Uma desvantagem apontada pelos representantes das indústrias foi os custos de logística e transporte dos resíduos, que são agravados pela falta de armazéns próximos aos centros de triagem de resíduo têxtil (AMARAL *et al.*, 2018).

Além de indústrias independentes, empresas de vestuário são importantes aliados na coleta de resíduos têxteis. Em 2017, a empresa holandesa C&A fundou o movimento ReCiclo, que visa o incentivo ao descarte de artigos do vestuário em urnas dispostas em 175 lojas, para o posterior envio das peças em bom estado para instituições de caridade, envio das demais peças para indústrias de reciclagem. Entre os anos de 2017 e 2021, o movimento recolheu, aproximadamente, 34 toneladas de resíduos têxteis, dos quais 70% foram destinados ao reuso e 30% foram reciclados (NASCIMENTO, 2022).

Ainda em 2017, a empresa brasileira Lojas Renner expandiu a coleta do programa de logística reversa Ecoestilo, criado em 2011, para incluir também peças de vestuário pós-consumo. As peças passam por um processo de triagem, para serem, então, enviadas a

instituições sociais ou indústrias de reciclagem. Os produtos têxteis originários das peças coletadas formam enchimentos, forros automotivos e matéria-prima para outros produtos. Entre os anos de 2017 e 2021, o programa recolheu 10,9 toneladas de resíduos têxteis que foram destinados ao reuso e reciclagem (NASCIMENTO, 2022).

Outras formas de reutilização da matéria-prima têxtil também surtem efeito para a gestão de resíduos têxteis, como os trabalhos realizados pela cooperativa Tecendo Novos Caminhos – Formação e Inclusão Social: Cooperativa de Resíduos Têxteis, que busca a reutilização do resíduo descartado para a produção de novas peças, nos bairros centrais da cidade de São Paulo. Uma cooperativa similar é a COOPA-ROCA – Cooperativa de Trabalho Artesanal e de Costura da Rocinha Ltda., que envolve o trabalho de moradoras da comunidade da Rocinha, no Rio de Janeiro, na confecção de peças de vestuário (ZONATTI, 2016).

Uma percepção relatada na pesquisa de Amaral *et al.* (2018) foi que custo relativo à logística e ao transporte, combinados à ausência de incentivos fiscais, tornam o custo das fibras têxteis recicladas igual ao custo das matérias-primas virgens, em muitos casos. Isso leva à compra de resíduos têxteis importados por algumas indústrias brasileiras, por ser economicamente mais viável e por apresentar diferenciação no mercado de reciclados com esses resíduos (AMARAL *et al.*, 2018). Essa evidência pode ser parte do porquê o resíduo têxtil ainda não é amplamente reciclado no Brasil.

3.3. Políticas públicas na gestão de resíduos têxteis

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305, surge em 02 de agosto de 2010, e representa um marco significativo para a regulamentação das questões relacionadas à gestão de resíduos sólidos no Brasil. A legislação estabeleceu a distinção entre resíduos, passíveis de reutilização por meio de reaproveitamento ou reciclagem, e rejeitos, que não podem mais ser reaproveitados ou reciclados. O seu escopo abrange desde definições sobre resíduos sólidos até instrumentos legais de intervenção, gestão, responsabilidades da sociedade, entre outros tópicos relacionados à abordagem dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A PNRS tem como objetivo a promoção da não geração, redução, reutilização e tratamento adequado dos resíduos sólidos, além da destinação ambientalmente correta dos rejeitos. Também propõe o incentivo à indústria da reciclagem, a fim de fomentar o uso de

matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados. A reciclagem se alia ao conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, que envolve a atuação de responsáveis pela fabricação e distribuição, com os consumidores e com os responsáveis pelo manejo dos resíduos sólidos, para reduzir o volume de resíduos sólidos gerados (BRASIL, 2010). Apesar dos avanços significativos na reciclagem de resíduos como papel, plástico e vidro, os resíduos têxteis ainda têm reciclagem pouco difundida, principalmente, no Brasil (ZONATTI, 2016).

Na Europa, iniciativas governamentais de melhoria na gestão de resíduos têxteis são seguidas desde, pelo menos, 2020, com a adoção do novo Plano de Ação de Economia Circular da União Europeia e se consolidou com a criação da Estratégia para Têxteis Sustentáveis e Circulares na União Europeia, com objetivos baseados no conceito de *EPR*, *Extended Producer Responsibility* ou Responsabilidade Estendida do Produtor, que define que os fabricantes são responsáveis por todo o ciclo de vida de seus produtos (EUROPEAN COMMISSION, 2023). Este conceito pode ser considerado equivalente ao conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida, trazido pela PNRS.

A França foi o primeiro país a adotar leis independentes das normativas da União Europeia, com a criação do Decree 2022-748, relativo a Lei ° 2020-105 – AGEC, de 10 de fevereiro de 2020, que estabelece regras de classificação de rastreabilidade, materiais e porcentagem de reciclagem nos produtos, exibição de informações de ciclo de vida, definição de gestão de resíduos pós-consumo e de estoque não vendido, aplicação da *EPR* em itens de vestuário, calçados, toalhas e roupas de cama, tecidos decorativos, tecidos de uso descartável, embalagens e papéis relacionados aos produtos têxteis produzidos (RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 2022).

A Suécia foi o segundo país a implementar as práticas de *EPR*, a partir do Relatório do Inquérito de Responsabilidade Estendida do Produtor para têxteis, SOU: 2020:72, de 10 de dezembro de 2020, em que foi traçada a meta de que a partir de 2028, pelo menos, 90% dos resíduos têxteis coletados pelo sistema de coleta de resíduos seja preparado para reuso ou enviado para reciclagem. Além disso, é requerido dos produtores têxteis que estejam inscritos em sistemas de coleta licenciados pelo governo, para que possa ocorrer uma supervisão clara dos resíduos reciclados (STATENS OFFENTLIGA TREDNINGAR, 2020).

Outros países também passaram a adotar práticas similares, como a Holanda, que desde julho de 2023, executa as práticas de *EPR* com resíduos têxteis do vestuário, roupas de

cama, forros de mesa, toalhas e outros produtos têxteis domésticos (GOVERNMENT OF THE NETHERLANDS, 2023). Além disso, o *Policy Programme for Circular Textile* estabeleceu uma meta para 2025 que 30% de todos os produtos têxteis vendidos no mercado holandês sejam reciclados após o recolhimento, e a meta para 2030 pode chegar a até 50% de todos os têxteis reciclados (GOVERNMENT OF THE NETHERLANDS, 2020).

É aparente que a adoção de legislações que regulamentem o reuso e reciclagem na gestão de resíduos têxteis está ligada a uma boa estruturação da Logística Reversa e práticas de economia circular. Ademais, o envolvimento da população se torna essencial para que as metas determinadas pelos governos sejam atingidas e para que as empresas sejam pressionadas à mudança de modelo de negócios. Também é possível pontuar que os países pioneiros na adoção de políticas públicas são nações desenvolvidas, que possuem vantagem econômica em relação ao investimento em infraestrutura, coleta seletiva, educação ambiental e regulamentações ambientais diversas.

O Brasil, inegavelmente, possui limitações na gestão de resíduos sólidos quando comparado aos países europeus. Atualmente, a meta definida pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES é de eliminar os lixões e aterros controlados até 2024, uma vez que estes recebiam cerca de 39% da massa total de resíduos sólidos urbanos em 2022 (ABRELPE, 2022). Além disso, segundo os dados do Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos, a massa total coletada no Brasil, em 2019, foi de 57 milhões de toneladas de resíduos sólidos, que se dividia em 97,19% de resíduos provenientes da coleta indiferenciada e 2,18% de resíduos derivados da coleta seletiva. Adicionalmente, o Índice Nacional de Recuperação de Resíduos – IRR, calcula que apenas 1,67% dos resíduos são reutilizados, reciclados ou recuperados energeticamente (SINIR, 2019).

Ainda que haja limitações no pleno funcionamento da gestão de resíduos sólidos no Brasil, é interessante pontuar que a reciclagem já é praticada em abrangência com diversos materiais (CEMPRE, 2023). Isto implica na possibilidade da implementação da reciclagem têxtil nacional, desde que ocorra o mapeamento dos principais impeditivos para a popularização do processo. De acordo com a pesquisa de Jia *et al.* (2020), alguns dos principais motivos para a dificuldade em adoção de práticas de economia circular em indústrias têxteis de diversos países são: falta de métricas de desempenho; falta de capacitação técnica; falta de incentivo financeiro; relutância de fornecedores; distribuidores e vendedores para fornecer suporte; falta de regulamentação e de leis.

Essas motivações são reforçadas pelas pesquisas de Zonatti (2016) e Amaral *et al.* (2018). De acordo com Zonatti (2016), uma empresa não identificada de reciclagem têxtil relatou que a escassez de informação técnica, carência de mão de obra qualificada e inexistência de incentivos fiscais são algumas dificuldades do setor. Além disso, há um alto custo tributário na aquisição de maquinários de reciclagem, que em sua maioria, são fabricados internacionalmente (ZONATTI, 2016). Amaral *et al.* (2018) pontua, adicionalmente, o custo da logística e transporte dos resíduos até o centro de reciclagem e a falta de armazéns próximos aos centros de triagem, que tornam o processo de reciclagem pouco atrativo economicamente.

É evidente que o papel do Estado é de extrema relevância na facilitação da implementação de ferramentas de gestão de resíduos têxteis. Iniciativas como o Projeto de Lei 270/22, que visa a criação de um sistema nacional de logística reversa para resíduos têxteis, são notoriamente importantes para o desenvolvimento legislativo do setor (BRASIL, 2022). Com a aprovação de leis como esta, seria possível elaborar objetivos para o gerenciamento de resíduos têxteis e quantificar a geração desses resíduos, na intenção de promover a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e facilitar a fiscalização ambiental (ZONATTI *et al.*, 2015).

Complementarmente, foi observado na Metodologia deste trabalho, através das Tabelas 2 e 3, que há uma minoria de artigos elaborados no Brasil sobre a reciclagem têxtil. Isso revela uma lacuna de pesquisa no setor nacional, que pode ser explicada tanto pela limitação de ferramentas de gestão de resíduos têxteis quanto pelas altas taxas aduaneiras, que dificultam a importação de maquinário e ferramentas necessárias para parte da reciclagem de nível industrial. Neste sentido, os artigos brasileiros utilizados na revisão sistemática deste trabalho apresentam menor extensão empírica de dados em relação aos trabalhos, principalmente, europeus. Este trabalho buscou a disponibilização de um conjunto de informações apresentadas em diversos artigos em um único documento, para facilitação de trabalhos nacionais futuros.

Devido ao impasse aduaneiro, deve ser pontuado que a reciclagem química pode ser mais vantajosa de ser estudada no Brasil, devido à possibilidade de reprodução de suas etapas sem a necessidade de obtenção de maquinário especializado, como é no caso da reciclagem mecânica. Entretanto, devido à reciclagem mecânica apresentar mais consolidação e pesquisa no mercado internacional, o incentivo de indústrias de maquinário nacionais pode ser uma

estratégia funcional para a popularização do método e promoção da independência da importação de ferramentas fabricadas em outros países.

4. CONCLUSÃO

A reutilização e reciclagem de resíduos têxteis podem representar uma oportunidade de mercado que promove competitividade, avanço tecnológico, economia e melhor aproveitamento da cadeia produtiva da indústria têxtil e de vestuário. O Brasil, enquanto um dos principais fornecedores de algodão, uma fibra com grande impacto relacionado à saúde humana e à qualidade do ecossistema, devido à utilização de fertilizantes (ZONATTI, 2016), tem potencial de reduzir consideravelmente a degradação dos recursos naturais com a adoção da reciclagem para os produtos têxteis, permitindo que uma fibra possa retornar repetidamente ao ciclo produtivo.

A eficiência da reciclagem depende da escolha do método utilizado, das fibras empregadas e de mão de obra especializada. As tecnologias de reciclagem mecânica já se encontram em escala comercial e os maquinários podem ser adquiridos pelas fabricantes ou reproduzidos por profissionais brasileiros. A reciclagem química requer um processo empírico de múltiplas etapas que podem ser individuais a cada tipo de fibra, uma vez que há uma insuficiência de tecnologias disponíveis em escala comercial. Neste trabalho, foi observado a necessidade de incentivo fiscal e econômico ao fortalecimento de indústrias de fabricação de maquinário mecânico, para driblar os impeditivos aduaneiros, além da necessidade de investimento em indústrias de reciclagem química, por ser um método que pode ser reproduzido independente de maquinário internacional.

Para efetivar o modelo de produção da reciclagem, a indústria têxtil brasileira requer estratégias para fortalecer a interação entre cliente e fabricante, visando a implementação de sistemas de logística reversa de resíduos têxteis, considerando as particularidades geográficas, tributárias e logísticas do contexto brasileiro. Induzir uma transformação sistêmica no atual modelo de produção têxtil demanda a criação de políticas públicas com metas e objetivos claros, alinhadas ao envolvimento educacional e participativo da sociedade, a fiscalização ambiental dos órgãos responsáveis e a divulgação dos dados de coleta e reciclagem para construir uma visão de responsabilidade compartilhada em relação aos resíduos gerados.

A necessidade de regulamentação específica para gerenciamento dos resíduos do setor têxtil se faz necessária, principalmente, devido ao demasiado volume gerado anualmente

e à sobrecarga das instalações de destinação final de resíduos sólidos. Entretanto, a alta lucratividade do setor de vestuário, combinado à insuficiência de discussões e trabalhos realizados sobre a reciclagem têxtil no Brasil podem ser alguns dos possíveis motivos para que não haja grande pressão governamental para determinar normativas mais sustentáveis para produção do setor.

Foi observado, nesta revisão sistemática, uma quantidade insuficiente de trabalhos feitos sobre reciclagem têxtil no Brasil: entre 25 artigos aprovados, apenas 2 eram nacionais. Isso implica na existência de limitações para pesquisa do setor, como a insuficiência de mercado de reciclagem têxtil no país, dificuldade de importação de maquinário industrial, altas taxas aduaneiras, escassez de políticas de logística reversa, desconhecimento popular, entre outras. Para melhor compreensão das vantagens e desvantagens do setor brasileiro, é necessário um número maior de trabalhos aprofundados, para mapear possíveis falhas e soluções da perspectiva de reciclagem têxtil.

5. REFERÊNCIAS

ABIT. Perfil do Setor. 2023. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>. Acesso em: 11 ago. 2023.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>. Acesso em: 1 set. 2023.

AMARAL, *et al.* Industrial textile recycling and reuse in Brazil: Case study and considerations concerning the circular economy. 2018. *Gestão & Produção*. <https://doi.org/10.1590/0104-530x3305>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ANCAT. ANUÁRIO DA RECICLAGEM: 2017-2018. 2018. Disponível em: <https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/2-Anu%C3%A1rio-da-Reciclagem.pdf>. Acesso em: 4 set. 2023.

BHARDWAJ, V.; FAIRHURST, A. Fast fashion: response to changes in the fashion industry. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, p. 165-173, 2010. <https://doi.org/10.1080/09593960903498300>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/232964904_Fast_fashion_Response_to_changes_in_the_fashion_industry. Acesso em: 16 ago. 2023.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 270, de 2022. Altera artigos da Lei nº 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Brasília: Câmara dos Deputados, 2022. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2135433. Acesso em: 30 nov. 2023.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei No 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 2 jul. 2023.

CEMPRE. Taxas de Reciclagem. 2023. Disponível em: <https://cempre.org.br/taxas-de-reciclagem/>. Acesso em: 3 set. 2023.

DISSANAYAKE, K., WEERASINGHE, D. Fabric Waste Recycling: a Systematic Review of Methods, Applications, and Challenges. *Materials Circular Economy*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00042-2>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355480420_Fabric_Waste_Recycling_a_Systematic_Review_of_Methods_Applications_and_Challenges. Acesso em: 22 out. 2023.

DUHOUX, *et al.* Study on the technical, regulatory, economic and environmental effectiveness of textile fibres recycling. Bruxelas, 2021. Disponível em:

<https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2022/50030-study-textile-recycling-web.pdf>. Acesso em: 8 set. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, A new textiles economy: Redesigning fashion's future. 2017. Disponível em: https://emf.thirdlight.com/file/24/uiwtaHvud8YIG_uiSTauTIJH74/A%20New%20Textiles%20Economy%3A%20Redesigning%20fashion%E2%80%99s%20future.pdf. Acesso em: 04 set. 2023.

EUROPEAN COMMISSION. EU strategy for sustainable and circular textiles. 2023. Disponível em: https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy_en. Acesso em: 24 out. 2023.

EUROPEAN COMMISSION. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on shipments of waste and amending Regulations (EU) No 1257/2013 and (EU) No 2020/1056. 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0709&qid=1642757230360>. Acesso em: 1 nov. 2023.

GOMES, M. C. P. CONSUMO CONSCIENTE: REPENSANDO A SOCIEDADE DE CONSUMO E NOVAS PRÁTICAS SOCIOAMBIENTAIS E CULTURAIS.. Orientador: Prof. Doutora Ivone Ferreira. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação) - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, 2019. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/103273/1/Dissertacao_MCPG_Completa_Final.pdf. Acesso em: 88 ago. 2023.

GOVERNMENT OF THE NETHERLANDS. Appendix - policy programme for circular textile 2020-2025. 2020. Disponível em: <https://www.government.nl/documents/parliamentary-documents/2020/04/14/policy-programme-for-circular-textile-2020-2025>. Acesso em: 24 out. 2023.

GOVERNMENT OF THE NETHERLANDS. Rules for reusing and recycling textiles. 2023. Disponível em: <https://www.government.nl/topics/circular-economy/rules-for-reusing-and-recycling-textiles>. Acesso em: 24 out. 2023.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Cadernos de Educação Ambiental: RESÍDUOS SÓLIDOS. 2. ed. São Paulo: 2014. v. 6. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/cea/2014/11/6-RES%C3%84DUOS-S%C3%93LIDOS.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2023.

GRANDO, *et al.* Reciclagem de resíduos têxteis: uma revisão: Textile waste recycling: a review. 2022. *Brazilian Journal of Development*, 8(8), 57050–57067. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n8-146>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/51120/38381>. Acesso em: 07 set. 2023.

ISO 5157:2023. 2023. ISO 5157:2023: Textiles — Environmental aspects — Vocabulary, [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:5157:ed-1:v1:en>. Acesso em: 8 set. 2023.

JIA, *et al.* Journal of Cleaner Production 259. 22 fev. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620307757>. Acesso em: 28 nov. 2023.

LE, K. Textile Recycling Technologies, Colouring and Finishing Methods. Vancouver. 2018. Disponível em: https://sustain.ubc.ca/sites/default/files/2018-25%20Textile%20Recycling%20Technologies%2C%20Colouring%20and%20Finishing%20Methods_Le.pdf. Acesso em: 6 set. 2023.

MCKINSEY & COMPANY. Scaling textile recycling in Europe: turning waste into value. 2022. Disponível em: <https://vb.nweurope.eu/media/19019/2207-scaling-textile-recycling-in-europe-turning-waste-into-value.pdf>. Acesso em: 7 set. 2023.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO. A Implantação da Educação Ambiental no Brasil. 1998. 166 p. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/educacao_ambiental/A_implanta%C3%A7%C3%A3o_da_EA_no_Brasil.pdf. Acesso em: 1 set. 2023.

MOHER *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. 2015. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>. Disponível em: <https://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/2046-4053-4-1#citeas>. Acesso em: 30 nov. 2023.

MORELLI, G.; ENDER, J. Upcycling: um novo caminho para a moda sustentável. GAMPI Plural, Joinville, 2017. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/gampi2017/12.pdf>. Acesso em: 3 set. 2023.

NASCIMENTO, A. S. PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS DE LOGÍSTICA REVERSA DE PÓS-CONSUMO NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UM ESTUDO MULTICASO NO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO DE SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE. Orientador: Dr. Anderson Tiago Peixoto Gonçalves. 2022. Dissertação (Bacharel em Administração) - Universidade Federal de Pernambuco - Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/50788/1/TCC%20ALINE%20DA%20SILVA%20NASCIMENTO.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

RAMOS, P. TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL. Orientador: Profa. Dra. Célia Regina G. Tavares. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3842/1/000178546.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2023.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, Décret n° 2022-748 du 29 avril 2022 relatif à l'information du consommateur sur les qualités et caractéristiques environnementales des produits générateurs de déchets. 2022. Disponível em: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000045726094>. Acesso em: 24 out. 2023.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, LOI n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire. 2020. Disponível em: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000041553759>. Acesso em: 24 out. 2023.

RIBUL, *et al.* Mechanical, chemical, biological: Moving towards closed-loop bio-based recycling in a circular economy of sustainable textiles. 2021. *Journal of Cleaner Production*. 326. 129325. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129325>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621035101>. Acesso em: 20 out. 2023.

SEBRAE. BOLETIM DE INTELIGÊNCIA: Sustentabilidade. 2018. Disponível em: <https://cms.mt.sebrae.com.br/storage/sites/e50b7e84-deb0-483b-823b-eacbbaa586a/document//ba221b4a-7683-4f15-9efa-7da3e51a466e.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2023.

SINIR. Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos. 2019. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Acesso em: 11 ago. 2023.

STATENS OFFENTLIGA TREDNINGAR. Producentansvar för textil – en del av den cirkulära ekonomin. Betänkande av Utredningen om producentansvar för textil. 2020. Disponível em: <https://www.regeringen.se/contentassets/b6ad93ca7b9a40518355624c010dea7d/producentansvar-for-textil--en-del-av-den-cirkulara-ekonomin-sou-202072/>. Acesso em: 27 out. 2023.

VAFA, A. The Effect of Consumerism and Regulation on Household Solid Waste Management in The United States and Germany: A Comparative Study. Orientador: Professor Mark E. Burbach. 2009. Tese (Master of Science - Natural Resource Sciences) - The Graduate College, University of Nebraska, Lincoln, 2009. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1035&context=natresdiss>. Acesso em: 10 ago. 2023.

VONCINA, B. RECYCLING OF TEXTILE MATERIALS. 2010. Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1HyMKgSXMb7XQQnHr6nZRQe4EfU3pj29DyYpGwOaTHyc/edit>. Acesso em: 9 set. 2023.

WANG, S., SALMON, S. Progress toward Circularity of Polyester and Cotton Textiles. 2022. *Sustainable Chemistry*, . 2022, 3, 376–403. <https://doi.org/10.3390/suschem3030024>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-4079/3/3/24>. Acesso em: 22 out. 2023.

ZONATTI, *et al.* Reciclagem de resíduos do setor têxtil e confeccionista no Brasil: panorama e ações relacionadas. 2015. *Sustainability in Debate*, 6(3), 50–69. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v6n3.2015.15892>. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/15770>. Acesso em: 20 out. 2023.

ZONATTI, W. F.. Geração de resíduos sólidos da indústria brasileira têxtil e de confecção: materiais e processos para reuso e reciclagem. Orientador: Prof^a Dr^a Wânia Duleba. 2016. Tese (Doutorado em Ciências, Programa de Pós Graduação em Sustentabilidade) - Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100136/tde-26042016-192347/publico/CorrigidaWeltonZonatti.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2023.