

Universidade do Minho

Considerações sobre Sustentabilidade e Economia Circular no Negócio Têxtil e da Moda

Publicação Pedagógica

Setembro de 2023

Índice

1. Introdução 1
2. Volume e Impacto dos Resíduos Têxteis 2
3. Classificação e Composição dos Resíduos Têxteis 7
4. Tendências do Setor Têxtil e Impacto na Gestão de Resíduos 11
5. Estratégias para Redução e Gestão de Resíduos 13
6. Potencial de Criação de Valor 14
7. Recolha e Transporte de Resíduos Têxteis 17
8. Eliminação de Resíduos Têxteis: Métodos e Tecnologias 18
9. Tecnologias Emergentes para Reciclagem de Têxteis 22
10. Políticas e Regulamentação para gestão de Resíduos Têxteis 24

Bibliografia

1. Introdução

O consumo de materiais têxteis e o volume e composição dos resíduos têxteis na União Europeia (UE) e no mundo são um problema crescente, considerando o seu impacto ambiental.

De facto, o setor têxtil e do vestuário é apontado como a terceira fonte de pressão no consumo de água e uso de área na UE e o quinto setor com a maior utilização de matérias-primas e emissão de gases poluentes. Por outro lado, é o terceiro maior empregador mundial (depois do setor da alimentação e habitação).

A UE tem adotado medidas e regulamentações para a redução dos resíduos têxteis, mas ainda há muito a ser feito. Novas medidas, regulamentações e ações de educação e sensibilização dos consumidores, incentivos para a reciclagem e desenvolvimento de novas tecnologias de reciclagem, podem contribuir para a redução dos resíduos têxteis e para a criação de valor para a indústria têxtil.

A reciclagem de resíduos têxteis é claramente uma importante medida para a sustentabilidade da indústria têxtil, tendo um grande impacto ao nível ambiental, económico e social.

A reciclagem de resíduos têxteis tem o potencial de criar valor para a indústria têxtil, reduzindo os custos de produção e aumentando a disponibilidade de matérias-primas sustentáveis, bem como o nível de emprego associado a esta atividade.

Simultaneamente com o reaproveitamento dos resíduos têxteis é necessário também adotar medidas para a redução do seu volume. Para reduzir o volume de resíduos têxteis na UE, é necessário implementar medidas para reduzir o consumo de têxteis, nomeadamente através da promoção do consumo consciente e da durabilidade dos produtos têxteis, aumentar a vida útil dos produtos têxteis, promovendo a reparação e reutilização de produtos têxteis, e melhorar as opções de reciclagem e reutilização, através do desenvolvimento de novas tecnologias de reciclagem e da sensibilização dos consumidores para as opções de reciclagem disponíveis.

Importa por isso compreender os principais desafios e oportunidades para a reciclagem de resíduos têxteis.

2. Volume e Impacto dos Resíduos Têxteis

É importante quantificar e tipificar os resíduos têxteis produzidos anualmente no mundo e no Espaço Europeu, considerando o seu impacto ambiental, económico e social. Não sendo obrigatória a declaração dos resíduos produzidos, a informação recolhida por diversos organismos apresenta por vezes dados bastante dispares, mas apesar disso permitem perceber a magnitude das quantidades envolvidas.

A produção de fibras têxteis passou de 58 milhões de toneladas em 2000 para 109 milhões de toneladas em 2020.

Segundo a Agência Europeia do Ambiente (AEA), a quantidade de resíduos têxteis gerados na Europa é estimada entre 20 e 30 milhões de toneladas por ano. Em 2020, a quantidade de resíduos têxteis foi de 25 milhões de toneladas. Este valor representa um aumento de cerca de 6% em relação a 2010.

No entanto, o Relatório da McKinsey e dados da UE indicam que o volume de resíduos têxteis na União Europeia é estimado em cerca de 12 milhões de toneladas por ano, representando cerca de 7% do total de resíduos sólidos urbanos. Só o vestuário e o calçado são responsáveis por cerca de 5 milhões de toneladas de resíduos, o equivalente a 12 kg de resíduos por pessoa todos os anos (ATP, 2019b). Destes, apenas 1,8 milhões de toneladas são reciclados, o que significa que mais de 90% dos resíduos têxteis são incinerados, exportados ou enviados para aterros sanitários.

Em 2020, cada pessoa na UE consumiu em média 14,8 kg de têxteis, incluindo 6 kg de vestuário total, 6,1 kg de têxteis domésticos e 2,7 kg de calçado. No entanto, segundo a Associação Têxtil de Portugal (ATP), na Europa, todos os anos, as pessoas consomem cerca de 26 kg de produtos têxteis e descartam cerca de 11 kg. Em 2030 estima-se que o nível total de resíduos de vestuário possa chegar aos 148 milhões de toneladas – equivalente ao desperdício anual de 17,5kg per capita em todo o planeta.

Já de acordo com a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI), o volume anual de resíduos têxteis produzidos à escala mundial é estimado em 92 milhões de toneladas. Este é já um volume significativo de resíduos, sendo provável que continue a aumentar ao longo dos anos.

Em média na UE, em 2020, o consumo de têxteis per capita exigiu 9 m3 de água, 400 m2 de terra, 391 kg de matérias-primas e causou uma pegada de carbono de cerca

de 270 kg. A maior parte da utilização de recursos e das emissões ocorreu fora da Europa.

Entre 60 e 70% dos têxteis são constituídos por fibras não naturais (principalmente poliéster), que resulta de petróleo e gás. O restante é constituído por têxteis de base biológica, nomeadamente algodão e lã. [02]

Um estudo da Ellen MacArthur Foundation estima que a *fast fashion* é responsável por cerca de 40% dos resíduos têxteis globais. O estudo também estima que a moda rápida gerará 134 milhões de toneladas de resíduos têxteis em 2030.

Outras fontes de informação indicam que em relação com os números globais de resíduos têxteis, a União Europeia representa cerca de 2,5% do total (1300 milhões de toneladas). A China é o maior produtor de resíduos têxteis do mundo, com cerca de 115 milhões de toneladas por ano. Os Estados Unidos são o segundo maior produtor, com cerca de 35 milhões de toneladas por ano.

Em 2017, estimou-se que menos de 1% de todos os têxteis em todo o mundo foram reciclados em novos produtos, de acordo com a Fundação Ellen MacArthur.

A Europa enfrenta grandes desafios na gestão de têxteis usados, que deverão ser recolhidos separadamente na UE até 2025. Dado que as capacidades de reutilização e reciclagem na Europa são limitadas, uma grande parte do vestuário e de outros produtos têxteis descartados e doados é exportada.

A quantidade de têxteis usados exportados da UE triplicou nas últimas duas décadas, passando de pouco mais de 550 mil toneladas em 2000 para quase 1,7 milhões de toneladas em 2019. Tal significa que a quantidade de têxteis usados exportados em 2019 foi, em média, de 3,8 kg por pessoa, ou 25% dos cerca de 15 kg de têxteis consumidos todos os anos na UE.

Em 2019, 46% dos têxteis usados exportados da UE acabaram em África. Os têxteis vão principalmente para reutilização local, uma vez que existe uma procura de roupas usadas baratas provenientes da Europa. O que não é adequado para reutilização acaba principalmente em aterros abertos e fluxos informais de resíduos.

No mesmo período, 41% dos têxteis usados exportados da UE acabaram na Ásia. A maioria destes têxteis é dirigida para zonas económicas específicas onde são classificados e processados. Os têxteis usados são então, na sua maioria, reciclados em trapos industriais ou enchimento, ou reexportados para reciclagem noutros países

asiáticos ou para reutilização em África. Os têxteis que não podem ser reciclados ou reexportados provavelmente acabam em aterros sanitários.

Além da informação sobre o volume anual de resíduos têxteis produzidos na União Europeia, também é importante considerar os seguintes dados:

- A taxa de reciclagem de têxteis na União Europeia é de apenas 12%.
- O valor de mercado dos têxteis reciclados na União Europeia é de cerca de 1,5 mil milhões de euros.
- A indústria da reciclagem de têxteis na União Europeia emprega cerca de 100 mil pessoas.

Estes dados mostram que existe um grande potencial para aumentar a reciclagem de têxteis na União Europeia. A implementação de estratégias para aumentar a taxa de reciclagem de têxteis pode claramente contribuir para criar valor económico, social e ambiental.

O diagrama da Figura 1 analisa os fluxos de resíduos têxteis em milhões de toneladas, destacando volumes disponíveis para reciclagem e resíduos totais para 2020 e projeções para 2030 em dois cenários: base-case (50%) e upside-case (80%).

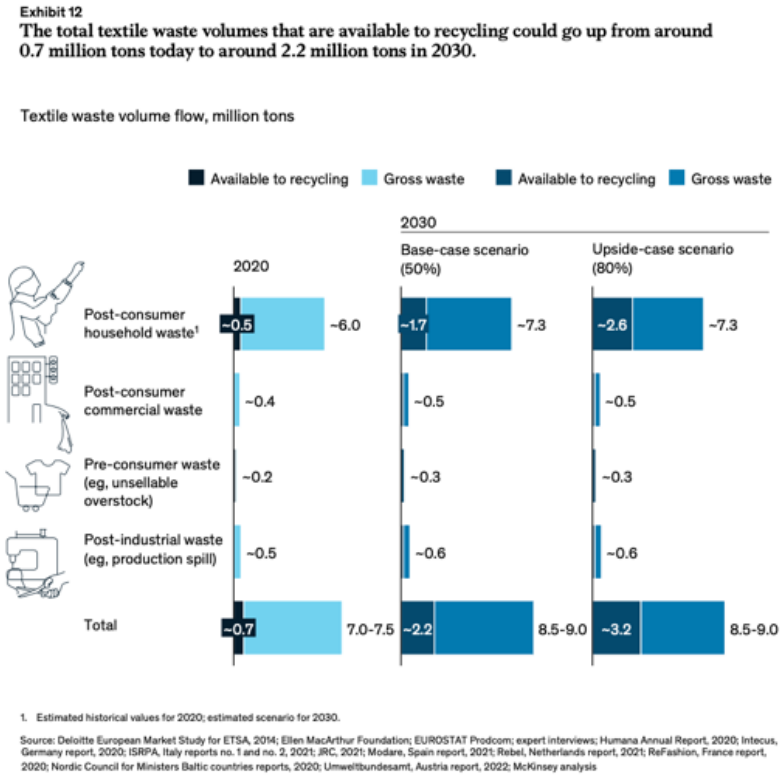


Figura 1

Para 2030, no cenário base, o volume de resíduos disponíveis para reciclagem pode aumentar para 2,0 milhões de toneladas, enquanto no cenário otimista esse número pode chegar a 2,2 milhões.

Os resíduos pós-consumo domésticos (vestuário e têxteis domésticos descartados por famílias) são a principal fonte, representando 85% do total. Os resíduos comerciais, industriais e de pré-consumo contribuem significativamente menos. O diagrama enfatiza o grande potencial de crescimento na reciclagem, com foco na melhoria da recolha e reutilização.

Por outro lado, o diagrama da figura 2 apresenta as projeções do volume total de resíduos têxteis brutos na UE-27 e na Europa, destacando as principais fontes: produção (resíduos industriais), pré-consumo (resíduos do varejo), uso privado (doméstico) e uso comercial. Em 2020, o total de resíduos têxteis foi de 7,0 a 7,5 milhões de toneladas, com a maior parte proveniente de resíduos pós-consumo domésticos (6,0 a 6,3 milhões de toneladas). Para 2030, projeta-se um aumento para 8,5 a 9,0 milhões de toneladas, sendo os resíduos de uso privado a principal fonte, com um aumento de 6,0 - 6,3 milhões em 2020 para 7,3 milhões em 2030.

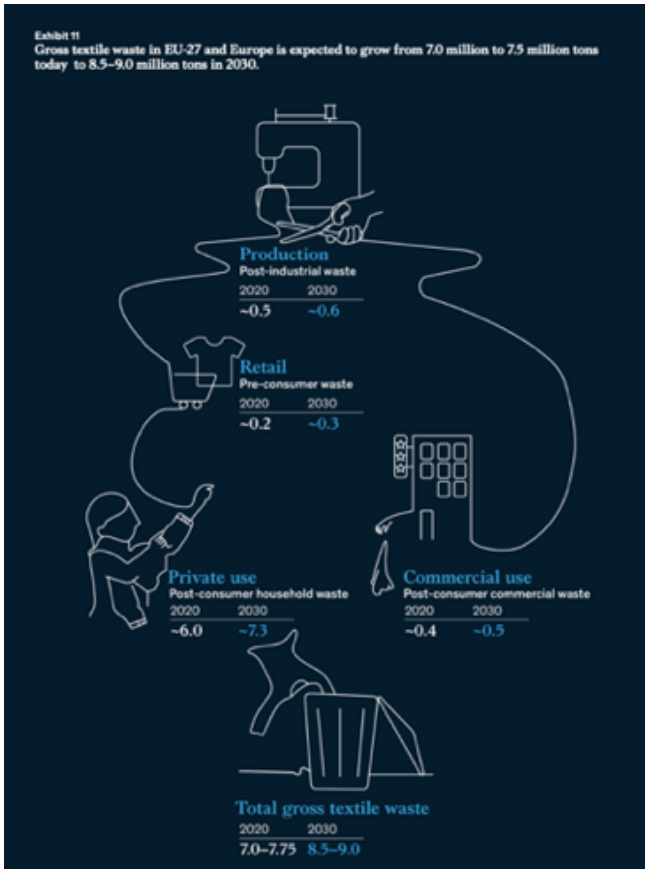


Figura 2

Deve ser destacada a dominância dos resíduos domésticos no total de resíduos têxteis e a importância de intervenções específicas para essa categoria a fim de lidar com o aumento projetado até 2030.

O esquema seguinte (fig. 3) apresenta uma visão geral das dinâmicas de receita para coletores e transformadores de resíduos têxteis, apontando o valor gerado em diferentes mercados.

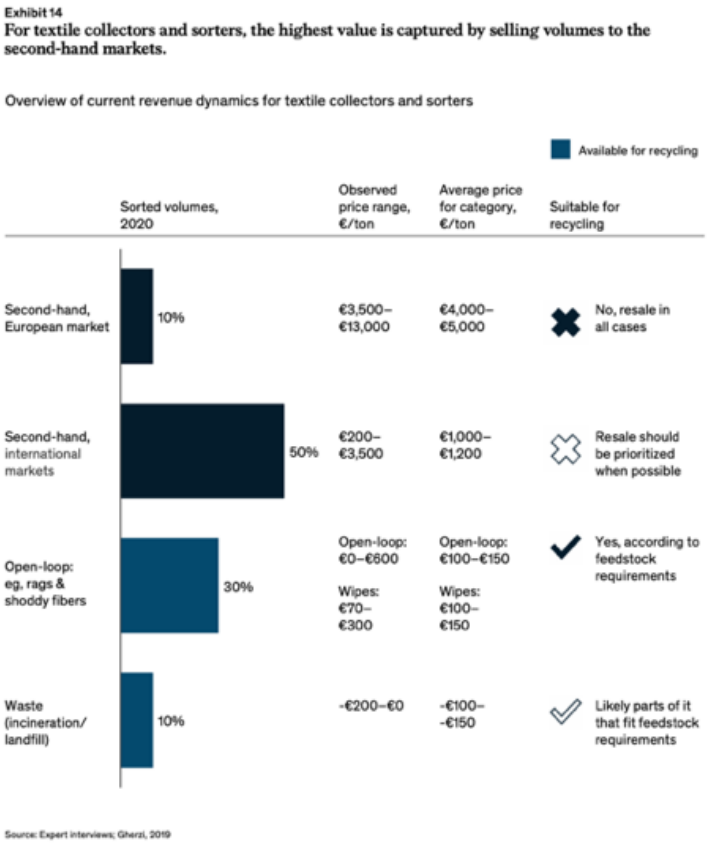


Figura 3

Os dados são categorizados com base nos volumes classificados em 2020, nos preços observados e na adequação para reciclagem. Assim:

- Mercado de segunda mão na Europa (10%): Este segmento gera o maior valor por tonelada (3.500 € – 6.000 €) e não está disponível para reciclagem, pois a revenda é prioritária em todos os casos.

- Mercado de segunda mão fora da Europa (50%): É o segmento mais significativo em termos de volume, com preços entre 200 € – 2.000 € por tonelada. A revenda é recomendada, mas com critérios específicos.

- Ciclo aberto (trapos, enchimentos de baixa qualidade, etc.) (30%): Este segmento gera um valor moderado (60 € – 150 € por tonelada), com parte dos resíduos sendo adequada para reciclagem, dependendo dos requisitos técnicos.

- Resíduos para incineração/aterro (10%): Gera o menor valor, entre -100 € e 0 € por tonelada, mas partes desses resíduos podem ser usadas para reciclagem se atenderem aos requisitos de qualidade.

Verifica-se que o maior valor é obtido por meio da venda de volumes para mercados de segunda mão, enquanto a reciclagem e a eliminação geram retornos significativamente menores.

A região Ásia-Pacífico tem dominado o mercado de reciclagem têxtil, prevendo-se que esta região mantenha a sua posição dominante, devido à presença de grandes países consumidores de produtos têxteis, nomeadamente a Índia e a China que geram uma quantidade significativa de resíduos têxteis. Consequentemente, os projetos de reciclagem têxtil têm aumentado na região, impulsionando o crescimento do mercado.

Atualmente, na União Europeia, estima-se que a taxa de recolha de resíduos têxteis se situe em aproximadamente 25%, apesar de se verificarem disparidades consideráveis entre os diversos Estados-Membros.

3. Principais Fontes de Resíduos Têxteis

A conjugação de diversos fatores contribui para o aumento contínuo de resíduos têxteis, nomeadamente o aumento do consumo de têxteis.

Conforme já foi referido consumo de têxteis na UE tem vindo a aumentar nos últimos anos, devido à *fast fashion* e ao crescente interesse por vestuário desportivo e casual. Além disso, os produtos têxteis estão cada vez mais baratos e com uma duração de vida mais curta, tendo como consequência menor qualidade, sendo mais facilmente descartados do que os produtos têxteis de alta qualidade.

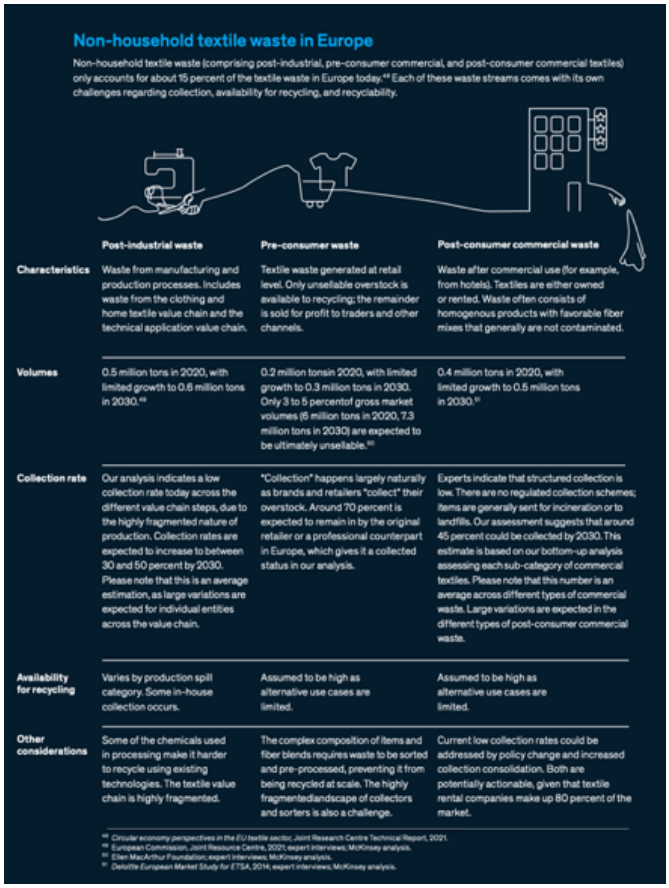
Por outro lado, os produtos têxteis que estão fora de moda são mais propensos a serem descartados, fator agravado devido ao fenómeno da *fast-fashion*.

Constata-se também diferença quanto ao tipo de produto têxtil: alguns produtos têxteis, como roupas de cama e toalhas, tendem a ser mais descartados do que outros, como calças e camisas.

Também a falta de opções de reciclagem e reutilização de produtos têxteis pode levar ao seu descarte, não considerando a sua reutilização ou prolongamento da sua vida útil. A falta de informação e sensibilização para a importância da reciclagem de têxteis conduz a que muitas pessoas não reconheçam a importância da reciclagem de têxteis ou desconheçam como reciclá-los.

A tabela seguinte (fig.4) apresenta uma visão geral dos resíduos têxteis não domésticos na Europa, divididos em três categorias: resíduos pós-industriais, pré-consumo e comerciais pós-consumo. Esses fluxos representam apenas 15% dos resíduos têxteis totais na Europa e enfrentam desafios distintos relacionados com a recolha, reciclabilidade e disponibilidade para reciclagem.

Os resíduos pós-industriais são provenientes de processos de fabricação e incluem resíduos da cadeia de valor de vestuário e aplicações técnicas. Em 2020, totalizaram 0,5 milhões de toneladas, com previsão de aumento para 0,6 milhões em 2030. A taxa de recolha é baixa devido à fragmentação do setor, e a reciclabilidade é limitada por químicos usados nos processos.



Non-household textile waste in Europe

Non-household textile waste (comprising post-industrial, pre-consumer commercial, and post-consumer commercial textiles) only accounts for about 15 percent of the textile waste in Europe today.[48] Each of these waste streams comes with its own challenges regarding collection, availability for recycling, and recyclability.

	Post-industrial waste	Pre-consumer waste	Post-consumer commercial waste
Characteristics	Waste from manufacturing and production processes. Includes waste from the clothing and home textile value chain and the technical application value chain.	Textile waste generated at retail level. Only unsellable overstock is available to recycling; the remainder is sold for profit to traders and other channels.	Waste after commercial use (for example, from hotels). Textiles are either owned or rented. Waste often consists of homogenous products with favorable fiber mixes that generally are not contaminated.
Volumes	0.5 million tons in 2020, with limited growth to 0.6 million tons in 2030.[49]	0.2 million tonsin 2020, with limited growth to 0.3 million tons in 2030. Only 3 to 5 percentof gross market volumes (6 million tons in 2020, 7.3 million tons in 2030) are expected to be ultimately unsellable.[50]	0.4 million tons in 2020, with limited growth to 0.5 million tons in 2030.[51]
Collection rate	Our analysis indicates a low collection rate today across the different value chain steps, due to the highly fragmented nature of production. Collection rates are expected to increase to between 30 and 50 percent by 2030. Please note that this is an average estimation, as large variations are expected for individual entities across the value chain.	"Collection" happens largely naturally as brands and retailers "collect" their overstock. Around 70 percent is expected to remain in by the original retailer or a professional counterpart in Europe, which gives it a collected status in our analysis.	Experts indicate that structured collection is low. There are no regulated collection schemes; items are generally sent for incineration or to landfills. Our assessment suggests that around 45 percent could be collected by 2030. This estimate is based on our bottom-up analysis assessing each sub-category of commercial textiles. Please note that this number is an average across different types of commercial waste. Large variations are expected in the different types of post-consumer commercial waste.
Availability for recycling	Varies by production spill category. Some in-house collection occurs.	Assumed to be high as alternative use cases are limited.	Assumed to be high as alternative use cases are limited.
Other considerations	Some of the chemicals used in processing make it harder to recycle using existing technologies. The textile value chain is highly fragmented.	The complex composition of items and fiber blends requires waste to be sorted and pre-processed, preventing it from being recycled at scale. The highly fragmentedlandscape of collectors and sorters is also a challenge.	Current low collection rates could be addressed by policy change and increased collection consolidation. Both are potentially actionable, given that textile rental companies make up 80 percent of the market.

[48] *Circular economy perspectives in the EU textile sector*, Joint Research Centre Technical Report, 2021.
[49] European Commission, Joint Resource Centre, 2021; expert interviews, McKinsey analysis.
[50] Ellen MacArthur Foundation; expert interviews, McKinsey analysis.
[51] *Deloitte European Market Study for ETSA*, 2014; expert interviews, McKinsey analysis.

Figura 4

Os resíduos pré-consumo são gerados no comércio, como stocks não vendidos. Apenas 3–5% dos resíduos totais podem ser reciclados, enquanto o restante é vendido. Em 2020, foram 0,2 milhões de toneladas, com expectativa de crescimento para 0,3 milhões em 2030. A recolha ocorre maioritariamente no local de geração, mas enfrenta desafios devido à complexidade de classificação.

Os resíduos comerciais pós-consumo são provenientes de setores como a hotelaria. São geralmente homogêneos e mais adequados para reciclagem. Representaram 0,4 milhões de toneladas em 2020, podendo alcançar 0,5 milhões em 2030. A recolha estruturada é limitada, mas políticas podem aumentar a taxa para 45% até 2030.

O gráfico destaca a necessidade de estratégias específicas para cada tipo de resíduo, incluindo melhorias na recolha, consolidação e tecnologias de triagem para aumentar a eficiência da reciclagem.

3.1. Classificação dos Materiais nos Resíduos Têxteis

De acordo com um relatório da Ellen MacArthur Foundation, os resíduos têxteis representam cerca de 8% do total de resíduos sólidos urbanos. Destes resíduos, cerca de 60% são compostos por algodão e poliéster. A composição dos resíduos têxteis tem vindo a mudar, com um aumento da participação das fibras sintéticas.

Os resíduos têxteis de vestuário representam cerca de 70% do total de resíduos têxteis, os resíduos têxteis com origem em artigos domésticos cerca de 20% e os resíduos têxteis de artigos industriais cerca de 10%.

A composição dos resíduos têxteis na UE é dominada por fibras naturais, como algodão (60%) e lã (10%). As fibras sintéticas, como poliéster (25%) e poliamida (5%), também são uma parte importante dos resíduos têxteis.

Em termos de cores, os resíduos têxteis são predominantemente de cores escuras, como preto, cinza e castanho (70%). As cores claras, como branco e bege, representam cerca de 30% dos resíduos têxteis.

Considerando o estado de conservação, os resíduos têxteis estão geralmente em bom estado (70%). Os resíduos têxteis em mau estado, como roupas rasgadas ou manchadas, representam cerca de 30%.

A composição dos resíduos têxteis varia entre os diferentes países da UE. Os países com maior consumo de têxteis, como a Alemanha e o Reino Unido, tendem a ter uma maior proporção de fibras sintéticas nos resíduos têxteis.

Para cada tipo de material têxtil, os artigos e produtos específicos que constituem a maior parte dos resíduos são:

- Algodão, em produtos de vestuário (roupas, camisas, calças, saias, vestidos, etc.), artigos domésticos (toalhas, lençóis, cobertores, etc.) e artigos industriais (filtros, cordas, etc.).

- Poliéster, em produtos de vestuário (roupas, como roupas esportivas, roupas de cama, etc.), artigos domésticos (carpetes, tapetes, estofados, etc.) e artigos industriais (embalagens, cordas, etc.)

- Lã, em vestuário (roupas, como suéteres, casacos, meias, etc.), artigos domésticos (tapetes, almofadas, etc.), e artigos industriais (isolamento, feltro, etc.).

- Outros materiais têxteis, em viscose (roupas, como roupas íntimas, roupas de cama, etc.), nylon (roupas, como meias, roupas esportivas, etc.) e acetato (roupas, como roupas de noite, roupas de festa, etc.).

3.2. Composição de resíduos têxteis

A composição dos resíduos têxteis varia de acordo com a região ou país da Europa, principalmente em função de fatores como o clima, em que os países com climas mais frios tendem a gerar mais resíduos têxteis de vestuário, como casacos, gorros e luvas , o nível de vida, em que os países com maior nível de vida tendem a gerar mais resíduos têxteis de vestuário de alta qualidade, que são descartados após um curto período de uso e os hábitos de consumo..

Em geral, os resíduos têxteis de vestuário representam a maior parte dos resíduos têxteis na Europa, sendo que nas zonas urbanas tendem a gerar mais resíduos têxteis do que as zonas rurais, pois as pessoas nas zonas urbanas têm maior acesso a lojas de roupas e tendem a trocar de roupas com mais frequência.

Também a composição dos resíduos têxteis varia de acordo com a região ou país da Europa: os países escandinavos tendem a gerar mais resíduos têxteis de vestuário de alta qualidade, pois as pessoas têm um maior poder aquisitivo, enquanto os países do

sul da Europa: tendem a gerar mais resíduos têxteis de vestuário de baixa qualidade, pois as pessoas têm um poder aquisitivo menor.

Nos países da Europa Central a tendência é gerar uma proporção maior de resíduos têxteis de artigos domésticos, pois as pessoas têm uma cultura mais tradicional de costura e artesanato, enquanto nos países da Europa Oriental a tendência é gerar uma proporção maior de resíduos têxteis de artigos industriais, pois a indústria têxtil é uma importante fonte de emprego.

4. Tendências no Setor Têxtil e Impacto na Gestão de Resíduos

Como já foi referido, a quantidade de resíduos têxteis gerados na Europa tem vindo a aumentar nos últimos anos. Esta tendência é atribuível a vários fatores, nomeadamente a *fast fashion*, a diminuição da vida útil do vestuário e a falta de informação e sensibilização para a importância da reciclagem de têxteis:

No entanto, existem alguns sinais de que os esforços de sustentabilidade estão a começar a ter um impacto positivo na redução dos resíduos têxteis. Por exemplo, alguns países têm implementado políticas para promover a reciclagem de têxteis, e algumas empresas têxteis estão a adotar práticas mais sustentáveis, como a utilização de materiais reciclados.

Há, no entanto, alguns aspetos que importa considerar, nomeadamente o impacto de certos modelos de negócio, como a *fast-fashion* e a falta de informação e sensibilização para a reciclagem dos resíduos têxteis.

Verifica-se que os artigos e produtos têxteis que constituem a maior parte dos resíduos são aqueles que são frequentemente descartados após um curto período de uso. A moda rápida é um dos principais fatores que contribuem para o aumento dos resíduos têxteis, pois é um modelo de negócio que visa produzir e vender vestuário de forma rápida e barata. Esse modelo de negócio leva ao consumo excessivo de vestuário, que é muitas vezes descartado após um curto período de utilização.

Isso ocorre porque as tendências da moda mudam rapidamente, o que leva ao descarte de roupas que estão desatualizadas após um curto período de utilização. Além disso, muitas roupas são feitas com materiais de baixa qualidade que se desgastam rapidamente e também sendo baratas, incentiva as pessoas a comprar novas roupas com frequência.

Um estudo da McKinsey estima que a vida útil média de um artigo de vestuário diminuiu 33% entre 2000 e 2015. Esse estudo também estima que a vida útil média de um artigo de vestuário diminuirá para 2,5 anos em 2030.

A situação atrás descrita resulta em parte devido à falta de informação e sensibilização para a importância da reciclagem de têxteis é outro fator que contribui para o aumento dos resíduos têxteis. Muitas pessoas não reconhecem a importância da reciclagem de têxteis ou desconhecem como reciclá-los.

Um estudo da Ipsos MORI estima que apenas 17% dos consumidores europeus reciclam o seu vestuário usado. Esse estudo também estima que apenas 10% dos consumidores europeus sabem como reciclar o seu vestuário usado.

Apesar dos aspetos negativos mencionados acima, existem alguns sinais de que os esforços de sustentabilidade estão a começar a ter um impacto positivo na redução dos resíduos têxteis.

Por exemplo, considerando as Políticas Públicas, verifica-se que alguns países têm implementado políticas públicas para promover a reciclagem de têxteis. Por exemplo, a União Europeia aprovou uma diretiva que exige que os países membros implementem sistemas de recolha de têxteis.

Quanto às práticas empresariais, é visível já o esforço de algumas empresas têxteis na adoção de práticas mais sustentáveis, como a utilização de materiais reciclados. Por exemplo, a Nike anunciou que irá utilizar apenas poliéster reciclado em todos os seus produtos até 2025.

Outra alternativa poderá passar pela adoção prioritária de produtos de fibra de base biológica. As fibras de base biológica utilizadas em vestuário e outros produtos têxteis são frequentemente consideradas alternativas mais sustentáveis, mas um relatório técnico do Centro Temático Europeu de Economia Circular e Utilização de Recursos da AEA demonstra que esta alternativa requer alguma cautela. Embora as fibras de base biológica ofereçam potencial para substituírem os têxteis sintéticos (derivados principalmente do petróleo e do gás), causam outras pressões ambientais, incluindo a utilização da água e do solo relacionada com atividades agrícolas, a desflorestação e o processamento de fibras. Além disso, o relatório destaca que a sua origem biológica não as isenta de preocupações ambientais relacionadas com microfibras, resíduos e reciclabilidade.

5. Estratégias para Redução e Gestão de Resíduos Têxteis

Os resíduos têxteis provocam um impacto negativo no meio ambiente, pois conduzem à poluição da água e do ar e também ao desperdício de recursos naturais. A União Europeia está a promover a redução, reutilização e reciclagem de resíduos têxteis, tendo a Comissão Europeia estabelecido como objetivo que, até 2030, 50% dos resíduos têxteis sejam reciclados.

Para atingir esse objetivo, é necessário tomar medidas para reduzir a quantidade de resíduos gerados, bem como para aumentar a reciclagem e a reutilização de têxteis. A redução dos resíduos têxteis é uma importante forma de proteger o meio ambiente e promover a sustentabilidade.

Para além das medidas e regulamentações em vigor, há uma série de medidas que podem ser adotadas para contribuir para a redução dos resíduos têxteis. Algumas estratégias podem ser implementadas para reduzir os resíduos têxteis na Europa, nomeadamente promover uma maior durabilidade do vestuário, devendo as pessoas ser incentivadas a comprar vestuário de qualidade que dure mais tempo, pois quanto mais tempo uma peça de roupa durar, menos resíduos serão gerados.

É também necessário melhorar a infraestrutura de reciclagem, aumentando o número de pontos de reciclagem de têxteis e melhorando a sua eficiência.

Complementarmente, é preciso aumentar a sensibilização para a importância da redução do consumo de vestuário, devendo as pessoas devem ser informadas sobre o impacto ambiental do consumo excessivo de vestuário, fomentando a redução da superprodução e do consumo excessivo. Deve ser incentivada a extensão da vida útil do produto, nomeadamente através da reparação de roupas danificadas, da doação ou venda de roupas que não são mais usadas, ou a aquisição de roupas de segunda mão.

Também na sua conceção, os produtos devem ser projetados para aumentar a circularidade.

A implementação destas estratégias pode contribuir para a redução do impacto ambiental da indústria têxtil e para a criação de uma economia circular para os têxteis.

Outras estratégias que podem ser implementadas para aumentar a reciclagem de têxteis incluem desenvolver novos processos de reciclagem que sejam mais eficientes e rentáveis, estando as empresas a desenvolver novas tecnologias de reciclagem que permitem reciclar materiais têxteis que anteriormente não eram recicláveis. Nesta

vertente da reciclagem, em concreto, é também importante educar os consumidores sobre os impactos ambientais da indústria têxtil e sobre as opções de reciclagem disponíveis, complementado com incentivos para a reciclagem. Os governos podem, por exemplo, oferecer incentivos financeiros para a reciclagem de resíduos têxteis, como sistemas de depósito-reembolso ou redução de impostos e estabelecer regulamentação para o aumento da reciclagem de resíduos têxteis.

6. Potencial de criação de valor

A reciclagem de materiais têxteis é uma medida importante para reduzir o impacto ambiental da indústria têxtil. A implementação de estratégias para aumentar a reciclagem de têxteis pode contribuir para criar valor ambiental, económico e social.

Considerando o impacto ambiental, a indústria têxtil é uma das maiores consumidoras de recursos naturais, incluindo água, terra e energia. A reciclagem de resíduos têxteis pode ajudar a reduzir a pressão sobre estes recursos, contribuindo para a redução da poluição e dos impactos ambientais da indústria têxtil, ao reduzir a necessidade de recursos naturais e energia, produzindo novas matérias-primas.

Além disso, a reciclagem de resíduos têxteis tem o potencial de criar valor para a indústria têxtil, reduzindo os custos de produção e aumentando a disponibilidade de matérias-primas sustentáveis.

Do ponto de vista económico, a reciclagem de têxteis pode criar oportunidades económicas, ao gerar novos produtos e serviços. Por exemplo, os materiais têxteis reciclados podem ser utilizados para produzir novos artigos de vestuário, têxteis-lar e outros produtos. A reciclagem de resíduos têxteis pode contribuir para a redução dos custos de produção de novos produtos têxteis, uma vez que permite utilizar materiais reciclados em vez de matérias-primas virgens.

Quanto ao impacto social, a reciclagem de têxteis pode ajudar a reduzir a pobreza e a desigualdade, ao proporcionar oportunidades de emprego e de rendimento para as pessoas que trabalham na indústria da reciclagem.

Estima-se que a reciclagem fibra-a-fibra poderá gerar, apenas na Europa, entre 2 e 3 mil milhões de euros em receitas até 2030.

A indústria da reciclagem poderá – uma vez amadurecida e dimensionada – tornar-se uma indústria autónoma e rentável, com um lucro anual de 1,5 a 2,2 mil milhões de

euros até 2030, podendo atingir 3,5 a 4,5 mil milhões de euros em impacto holístico anual total até 2030 – significando um retorno sobre o investimento de 55-70 por cento (fig. 5).

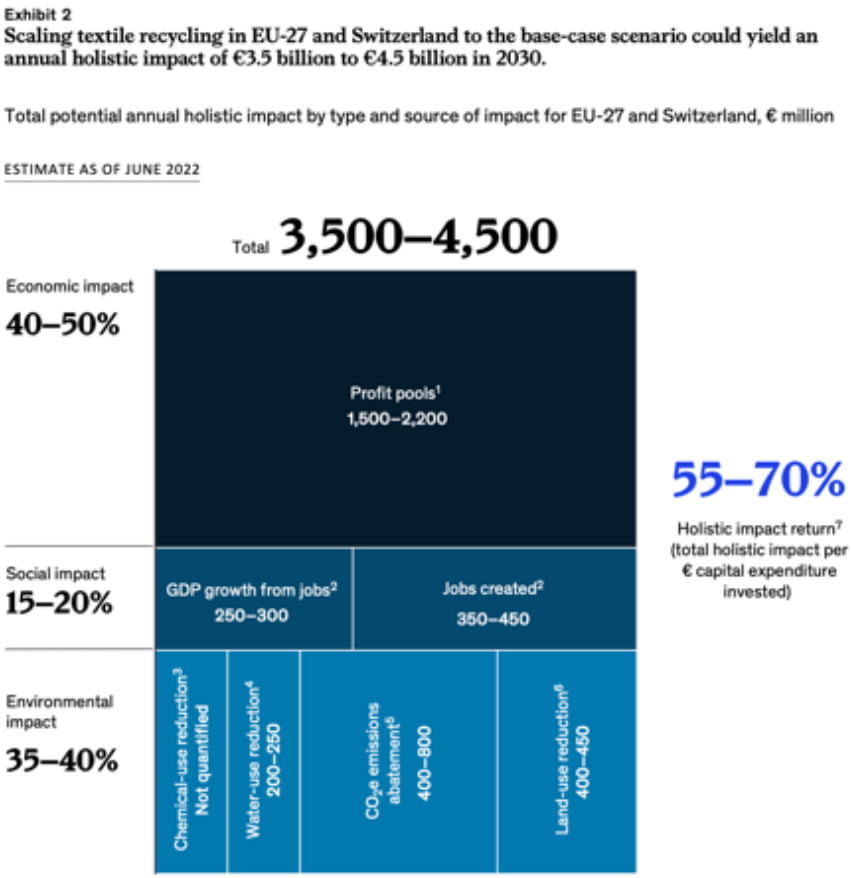


Figura 5

Assim, a cadeia de valor da reciclagem têxtil poderia criar uma matéria-prima valiosa que permitiria alimentar mais produção de vestuário na Europa (fig. 6).

Este estudo apresenta a evolução estimada dos volumes de resíduos têxteis na UE-27 e na Suíça, com projeções para 2030 em dois cenários: "base-case" e "upside-case". Em 2020, o volume total de resíduos têxteis era de 7 a 7,5 milhões de toneladas, com uma taxa de reciclagem "fiber-to-fiber" abaixo de 1%. Para 2030, o cenário base prevê um aumento do volume de resíduos para 8,5 a 9 milhões de toneladas, com 18% disponíveis para reciclagem "fiber-to-fiber". No cenário otimista, estima-se que 26% dos resíduos têxteis sejam reciclados nesse modelo, devido a melhorias na recolha, reutilização e exportação. A análise destaca os desafios e potenciais da reciclagem têxtil,

enfatizando a importância de avanços na recolha e triagem para alcançar metas mais ambiciosas.

A análise projeta o impacto total potencial anual da reciclagem têxtil na UE-27 e na Suíça até 2030, com um valor holístico estimado entre 3,5 e 4,5 mil milhões de euros no cenário base. Este impacto está distribuído em três dimensões principais: impacto económico (40–50%), que inclui pools de lucro estimados entre 1,5 e 2,2 mil milhões de euros, impacto social (15–20%), com contribuições para o crescimento do PIB através da criação de 260 a 300 mil empregos e 350 a 450 mil postos de trabalho gerados e impacto ambiental (35–40%), com benefícios como redução de 400 a 500 mil toneladas de emissões de CO_2, economia de 200 a 300 mil toneladas de recursos químicos e conservação de 420 a 460 mil hectares de terra. O retorno holístico do investimento está projetado entre 55 e 70%, destacando o potencial de transformação económica, social e ambiental da reciclagem têxtil.

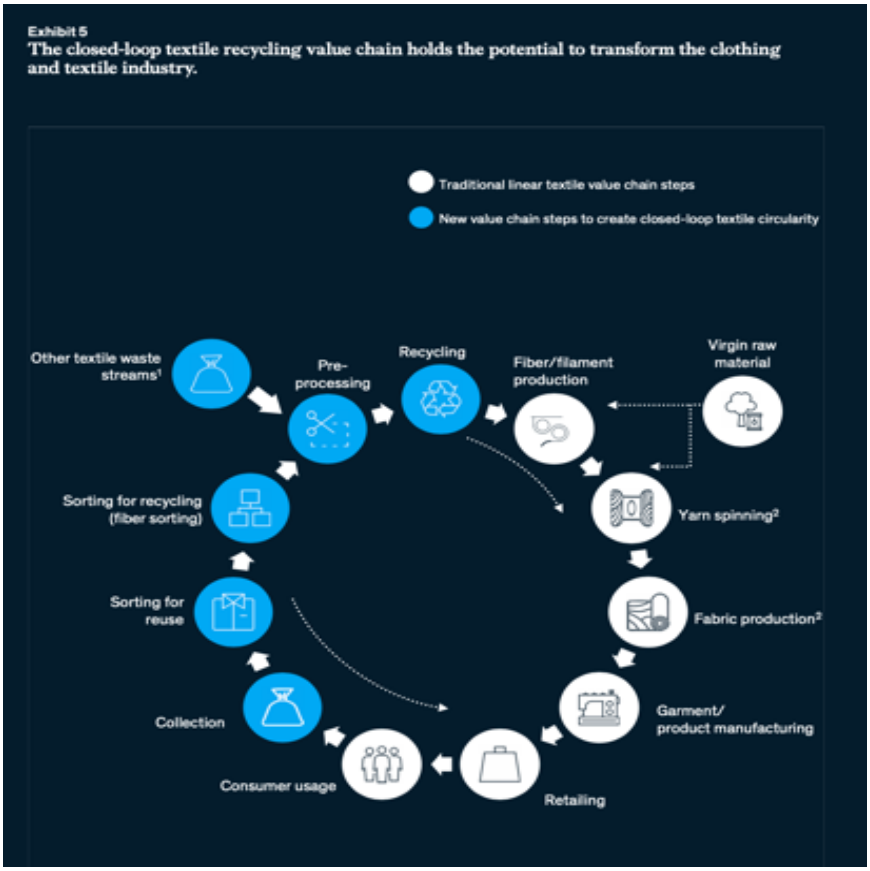


Figura 6

O diagrama apresenta a cadeia de valor de reciclagem têxtil em circuito fechado, destacando seu potencial para transformar a indústria de vestuário e têxteis. A cadeia

combina etapas tradicionais de produção têxtil com novos processos necessários para fechar o ciclo da circularidade têxtil. Inclui a coleta de resíduos têxteis, triagem para reutilização e reciclagem, pré-processamento, reciclagem de fibras e produção de novos produtos a partir de fibras recicladas. As etapas adicionais, como a triagem avançada e o reaproveitamento, complementam o ciclo tradicional de fiação, produção de tecidos, confeção e distribuição. O modelo enfatiza a integração de novos processos e tecnologias para alcançar a sustentabilidade e reduzir a dependência de matérias-primas virgens.

7. Recolha e Logística de Transporte de Resíduos Têxteis

Um aspeto essencial é um sistema eficaz na recolha e transporte dos resíduos têxteis, atendendo ao seu volume, características e dispersão.

De facto, considerando o seu volume elevado, cerca de 10% dos resíduos sólidos urbanos, sendo estimado que em todo o mundo sejam gerados cerca de 100 milhões de toneladas de resíduos têxteis por ano, esse grande volume representa um desafio para a sua recolha e transporte, exigindo uma infraestrutura adequada e recursos financeiros significativos.

Por outro lado, trata-se de um tipo de resíduos com características complexas. De facto, os resíduos têxteis são compostos por uma variedade de materiais, como algodão, poliéster, lã, acrílico, entre outros. Esses materiais têm propriedades físicas e químicas diferentes, o que dificulta a sua reciclagem, pelo que é necessário separar os diferentes materiais para que possam ser reaproveitados.

Além disso, os resíduos têxteis são gerados em uma grande variedade de locais, como residências, comércios, hospitais, indústrias, etc. Esta dispersão dificulta a sua recolha e transporte. Em residências, por exemplo, os resíduos têxteis são misturados com outros tipos de resíduos, dificultando a sua separação.

Em função desses desafios, a recolha e transporte de resíduos têxteis são atividades complexas e dispendiosas. Torna-se por isso imperioso também desenvolver sistemas logísticos otimizados, considerando a localização e tipo de resíduos e a criação de estruturas adequadas ao seu armazenamento, triagem e processamento.

A figura 7 mostra a provável evolução na recolha e tratamento dos resíduos.

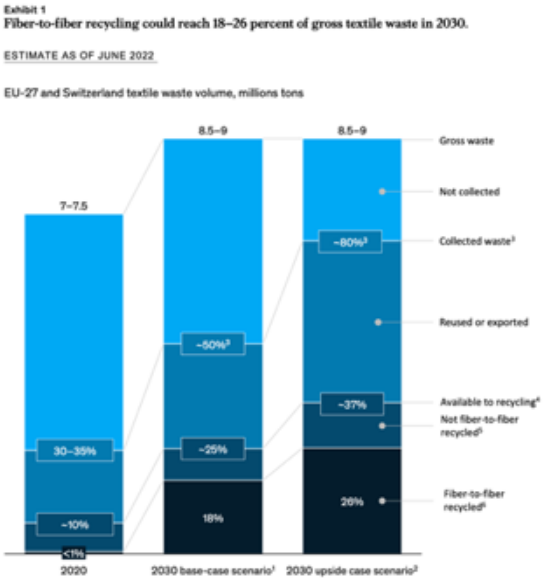


Figura 7

8. Eliminação de resíduos têxteis: Métodos e Tecnologias

Os métodos predominantes de eliminação de resíduos têxteis na Europa são a incineração, o depósito em aterros sanitários ou a reciclagem. A incineração e o aterro sanitário são métodos de eliminação de resíduos, enquanto a reciclagem é um método de valorização de resíduos.

A incineração é o método mais comum de eliminação de resíduos têxteis na Europa. Estima-se que, em 2022, cerca de 40% dos resíduos têxteis europeus tenham sido incinerados, que é um método de eliminação de resíduos que envolve a queima dos resíduos a altas temperaturas. A incineração de resíduos têxteis tem como vantagens a redução do volume dos resíduos, a geração de energia e a destruição de patógenos. No entanto, a incineração tem como desvantagens a emissão de gases poluentes para a atmosfera e a produção de cinzas que podem conter metais pesados e outros contaminantes.

O aterro sanitário é outro método comum de eliminação de resíduos têxteis na Europa. Em 2022, cerca de 30% dos resíduos têxteis europeus foram depositados em aterros sanitários. É um método relativamente barato de eliminação de resíduos, mas tem como desvantagens a ocupação de espaço, a geração de lixiviados e a emissão de gases poluentes para a atmosfera.

A reciclagem é um método de eliminação de resíduos que envolve a transformação dos resíduos em novos produtos. É um método de eliminação de resíduos têxteis que está a ganhar importância na Europa, estimando-se que, em 2022, cerca de 20% dos

resíduos têxteis europeus tenham sido reciclados. A reciclagem de resíduos têxteis tem como vantagens a redução do consumo de recursos naturais, a redução da poluição e a geração de emprego. No entanto, apresenta como desvantagens a necessidade de separar os diferentes materiais têxteis, a dificuldade de reciclar alguns materiais têxteis e a baixa qualidade da maioria dos produtos reciclados.

De acordo com um estudo da Eurostat, em 2022, os países europeus com as taxas mais elevadas de reciclagem de resíduos têxteis foram a Dinamarca (58%), a Suécia (51%) e a Finlândia (48%). Os países europeus com as taxas mais elevadas de incineração de resíduos têxteis foram a Alemanha (46%), a Itália (44%) e a Espanha (42%). Os países europeus com as taxas mais elevadas de aterro sanitário de resíduos têxteis foram a Roménia (65%), a Bulgária (64%) e a Turquia (57%).

As práticas de gestão de resíduos têxteis diferem entre países europeus devido a uma variedade de fatores, nomeadamente a cultura e hábitos de consumo, pois alguns países têm uma cultura de consumo mais sustentável, o que se reflete nas práticas de gestão de resíduos têxteis, a legislação, onde leis mais rigorosas sobre a gestão de resíduos têxteis podem levar a práticas de gestão mais eficientes e o nível de desenvolvimento das infraestruturas para a gestão de resíduos têxteis existentes em cada país que influenciará a implementação de práticas de gestão mais sustentáveis.

Alguns dos custos e benefícios associados a cada método de eliminação ou reciclagem de resíduos têxteis são apresentados na tabela 1:

Método	Custos	Benefícios
Incineração	- Investimento inicial em infraestrutura e equipamentos - Custos de operação e manutenção - Custos de transporte dos resíduos até a incineradora	- Redução do volume dos resíduos - Geração de energia - Destruição de patógenos
Aterro sanitário	- Investimento inicial em infraestrutura e equipamentos - Custos de operação e manutenção - Custos de transporte dos resíduos até o aterro sanitário - Ocupação de espaço - Geração de lixiviados - Emissão de gases poluentes para a atmosfera	- Método relativamente barato de eliminação de resíduos
Reciclagem	- Investimento inicial em infraestrutura e equipamentos - Custos de operação e manutenção - Custos de transporte dos resíduos até a unidade de reciclagem - Custos de separação dos diferentes materiais têxteis - Custos de transformação dos resíduos em novos produtos	- Redução do consumo de recursos naturais - Redução da poluição - Geração de emprego

Tabela 1

A reciclagem de resíduos têxteis é um método que está a ganhar importância, pois é aquele que permite reduzir mais o impacto ambiental da indústria têxtil. A União Europeia tem como objetivo que, até 2030, 50% dos resíduos têxteis sejam reciclados.

8.1. Processos de Reciclagem

Os resíduos têxteis constituem um dos maiores problemas a resolver para a implementação de estratégias de economia circular. É necessário promover drástica atividades de reciclagem para reduzir a poluição e também métodos de produção mais eficientes que reduzam o consumo de água e consequente contaminação dos efluentes, em simultâneo com a educação dos consumidores para a adoção de hábitos de consumo mais conscientes. Além disso, as empresas de reciclagem de resíduos têxteis estão a adotar processos inovadores, como reciclagem de circuito fechado (fibra para fibra) ou reciclagem de mistura de fibras, para reduzir a pressão na gestão dos resíduos.

O poliéster, o algodão, as fibras celulósicas artificiais e a poliamida são hoje as fibras dominantes na cadeia de valor do vestuário e dos têxteis-lar e, em conjunto, estima-se que representem cerca de 90 por cento do volume de resíduos têxteis.

Além do fator do tipo de fibra dos resíduos, existem outros fatores que influenciam a reciclabilidade de uma peça de vestuário ou têxtil, nomeadamente as características do produto (por exemplo, camadas simples versus multicamadas), a existência de componentes rígidos (por exemplo, botões e zíperes) ou flexíveis (por exemplo, etiquetas e linhas), revestimentos ou acabamentos pesados, impressões ou cores (principalmente relevantes para reciclagem mecânica), a construção do substrato têxtil (por exemplo, malhas são mais fáceis de reciclagem mecânica do que tecidos) ou manchas de mofo ou óleo.

Como as tecnologias de reciclagem estão prontas para aumentar a sua capacidade de processamento, elas exigem volumes maiores de matérias-primas bem selecionadas para serem eficazes, pelo que aumentar as taxas de recolha e melhorar a qualidade e a eficiência da triagem e do pré-processamento é fundamental para aumentar a reciclagem de têxteis na Europa.

Atualmente, as empresas de reciclagem lutam para ter acesso a resíduos têxteis de alta qualidade e bem separados devido á alta fragmentação do cenário de coleta,

classificação e pré-processamento, a exportação de resíduos indiferenciados e a falta de triagem de fibra de alta qualidade e pré-processamento em escala.

A procura de materiais têxteis reciclados está gradualmente a aumentar em indústrias como a automóvel, a moda, a construção e outras. Os materiais têxteis reciclados podem oferecer propriedades similares às fibras têxteis virgens, nomeadamente resistência, leveza e flexibilidade, que aliadas ao seu custo atrativo e natureza amigável para o ambiente, tornam-nos apropriados para produtos como coberturas de assentos automóveis, carpetes, roupas e muitos outros produtos, por exemplo na área da construção ou agrícola.

Há diferentes paradigmas de tecnologias de reciclagem na gestão de resíduos têxteis na Europa, nomeadamente recuperação de energia, reciclagem termoquímica, reciclagem termomecânica e reciclagem mecânica.

No quadro a seguir apresentado (fig. 8), cada tecnologia é analisada em termos de eficiência energética, tipo de saída/reutilização e capacidade de retorno à qualidade original dos materiais.

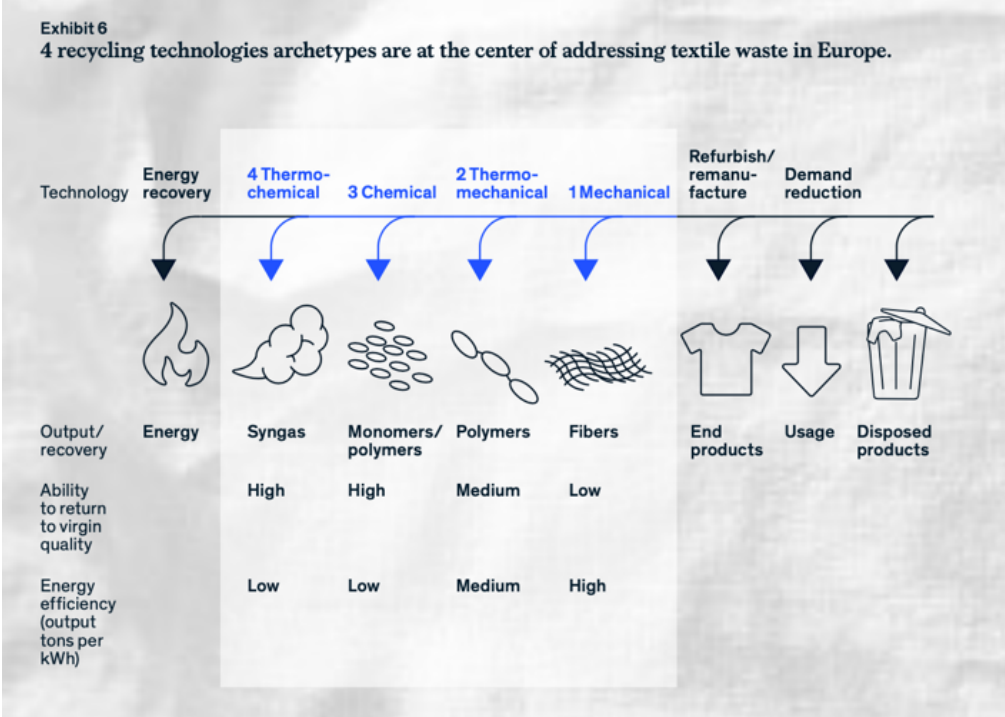


Figura 8

O paradigma de recuperação de energia gera energia a partir de resíduos têxteis, com baixa eficiência energética e sem retorno à qualidade original.

A abordagem termoquímica produz gás de síntese (*syngas*) ou monómeros/polímeros, oferecendo alta recuperação de materiais, mas com eficiência energética baixa a média.

O processo termomecânico converte resíduos em polímeros ou fibras, com recuperação de qualidade média e eficiência energética intermediária.

Pelo processo mecânico, o foco é na reciclagem de fibras, permitindo alta eficiência energética, mas com baixa capacidade de retorno à qualidade original.

O processo mecânico domina claramente o setor da reciclagem na atualidade. Os equipamentos de reciclagem podem ser facilmente instalados, não sendo necessário nenhum processo químico para produzir fibras a partir dos resíduos. Além disso, a manutenção e custos de exploração são mais baratos que os custos dos outros processos. Por exemplo, a reciclagem de produtos 100% algodão já está bem consolidada.

A reciclagem de outros materiais, como por exemplo o poliéster, é efetuada por processo químico, existindo um grande esforço de investigação e desenvolvimento para colocar este tipo de tecnologia no mercado.

De uma forma geral, processos avançados e automatizados de separação de fibras e tecnologias de pré processamento estão ainda em desenvolvimento.

9. Tecnologias Emergentes para Reciclagem de Têxteis

Para o processamento de resíduos têxteis existem diferentes métodos e tecnologias de reciclagem, que conduzem a diferentes produtos reciclados.

Uma das possibilidades é a reciclagem fibra a fibra, que transforma resíduos têxteis em novas fibras que são então usadas para criar roupas ou outros produtos têxteis. Atualmente, menos de 1% dos resíduos têxteis são reciclados fibra a fibra.

Algumas tecnologias, como a reciclagem mecânica de produtos 100% algodão, já estão consolidadas. Outras tecnologias, como a reciclagem química do poliéster, têm sido sujeitas a intensa investigação e desenvolvimento e estão próximo da comercialização.

Uma vez o processo de reciclagem totalmente maduro (recolha e triagem), as estimativas indicam que 70% dos resíduos têxteis poderiam ser reciclados fibra a fibra.

Os restantes 30% exigiriam reciclagem em circuito aberto ou outras soluções, como a produção de gás de síntese através da reciclagem termoquímica.

Para que a reciclagem fibra a fibra seja maximizada, existem barreiras de escala que precisam ser superadas, pois a recolha, a triagem e o pré-processamento ainda limitam a quantidade de resíduos têxteis disponibilizados para reciclagem fibra a fibra (30-35%, sendo uma grande parte dos itens indiferenciados exportados para África).

A maioria das tecnologias de reciclagem fibra a fibra tem requisitos rigorosos de entrada para a composição e pureza da fibra – por exemplo, o elastano é problemático para várias destas tecnologias.

Os resíduos têxteis precisam de ser digitalizados e separados de acordo com os requisitos de entrada relevantes. No entanto, a classificação e o pré-processamento avançados, precisos e automatizados de fibras ainda não foram desenvolvidos.

Por outro lado, as tecnologias de reciclagem fibra a fibra devem expandir ainda mais a sua capacidade de lidar com misturas de fibras, reduzir os seus custos e melhorar a qualidade dos seus resultados.

Para atingir a escala desejada, será necessário um forte investimento em despesas de capital na ordem dos 6 a 7 mil milhões de euros até 2030 em toda a cadeia de valor.

As tecnologias de reciclagem química de têxteis encontram-se em diferentes estágios de desenvolvimento, abrangendo desde a investigação laboratorial até à implementação de projetos-piloto. Um exemplo ilustrativo é a reciclagem de algodão através da desfibração para a obtenção de pasta celulósica, a qual atingiu um Nível de Prontidão Tecnológica (Technology Readiness Level – TRL) elevado, permitindo substituir entre 40% a 50% da pasta de madeira utilizada na produção de fibras celulósicas.

A empresa sueca Renewcell, especializada em reciclagem química, converte resíduos têxteis em novas fibras designadas por Circulose®. Em 2023, inaugurará a primeira unidade industrial à escala comercial do mundo dedicada à produção de pasta reciclada para têxteis, representando um marco relevante no avanço da circularidade no setor.

Em outro exemplo, a Eastman's Polyester Renewal Technology (PRT) utiliza methanolysis para converter polyester nos seus monómeros básicos e criar materiais com baixa emissão de gases poluentes. Mas a maioria das tecnologias ainda não atingiu uma escala industrial devido aos custos elevados de adaptação de processos e à complexidade da integração com os sistemas existentes.

A empresa Reju desenvolveu o processo VolCat, um método de reciclagem química catalítica orgânica aplicado a têxteis de poliéster. Este processo permite regenerar resíduos de forma circular, com uma pegada de carbono 50% inferior à do poliéster virgem. A sua aplicabilidade estende-se aos setores industrial, automóvel e aeronáutico.

Por sua vez, a empresa australiana de tecnologia ambiental Samsara Eco desenvolveu uma tecnologia patenteada que utiliza enzimas biodegradadoras de plásticos — denominadas EosEco — para produzir nylon 6,6 infinitamente reciclável a partir de resíduos têxteis, contribuindo para uma abordagem inovadora e sustentável na reciclagem de polímeros sintéticos.

Os processos de reciclagem termoquímica, como a gaseificação, apresentam potencial para o tratamento de fluxos de resíduos complexos, incluindo misturas de fibras e têxteis contaminados com substâncias não conformes ao regulamento REACH. Estes processos permitem a produção de gás de síntese (syngas), que pode ser utilizado em aplicações de síntese química.

O processo Resyntex recorre a técnicas de processamento bioquímico para reciclar algodão, poliamida, poliéster e lã, convertendo-os em monómeros de PET (para nova produção de poliéster), glucose (para bioetanol), hidrolisado proteico (para resinas e adesivos) e oligómeros de poliamida (para aplicações na indústria química).

O impacto ambiental associado aos processos de reciclagem termoquímica é, previsivelmente, superior ao da reciclagem mecânica, devido ao elevado consumo energético envolvido. Contudo, apresenta-se como ambientalmente menos gravoso quando comparado com os processos convencionais baseados em recursos fósseis, podendo constituir uma alternativa intermédia na hierarquia de valorização de resíduos têxteis

10. **Políticas e Regulamentações para Gestão de Resíduos Têxteis**

A União Europeia está a promover a transição para uma economia circular, o que implica a redução da geração de resíduos e o aumento da reciclagem. Nesse contexto, a gestão de resíduos têxteis é uma área de importância crescente e por isso a EU tem um conjunto de regulamentos e políticas que visam promover a gestão sustentável dos resíduos têxteis. O Regulamento (UE) 2018/852, relativo aos resíduos, estabelece metas para a reciclagem de resíduos têxteis, incluindo um objetivo de 50% para 2030.

Além disso, está a desenvolver uma Estratégia da UE em prol da Sustentabilidade e Circularidade dos Têxteis, definindo políticas e regulamentos relativos à gestão de resíduos têxteis estão focados na redução da produção de resíduos, na promoção da reutilização e da reciclagem, e no desenvolvimento de alternativas sustentáveis para a produção e consumo de têxteis.

Esta Estratégia, aprovada em 2020, estabelece um conjunto de objetivos para a gestão de resíduos têxteis na UE até 2030. Os objetivos da estratégia pretendem reduzir a produção de resíduos têxteis em 50%, aumentar a reciclagem de resíduos têxteis para 70%, promover a reutilização e a reparação de têxteis e desenvolver alternativas sustentáveis para a produção e consumo de têxteis.

A nível da União Europeia, a regulamentação específica em matéria de resíduos têxteis inclui as seguintes Diretivas e Regulamentos para enquadramento dessa Estratégia:

- Diretiva-Quadro dos Resíduos (DQR, 2008/98/CE), aprovada em 2008, estabelece os princípios gerais para a gestão de resíduos na União Europeia. A DQR exige que os Estados-Membros tomem medidas para prevenir a produção de resíduos, promover a reutilização e a reciclagem, e reduzir a deposição em aterro. Esta diretiva estabelece objetivos de reciclagem de resíduos sólidos urbanos, incluindo resíduos têxteis. O objetivo para 2025 é de reciclar 50% dos resíduos têxteis.

- Diretiva sobre Resíduos de Embalagens (DRRE), aprovada em 1994, estabelece objetivos de reciclagem para os resíduos de embalagens. A DRRE exige que os Estados-Membros reciclem pelo menos 50% dos resíduos de embalagens até 2025.

- Regulamento da responsabilidade alargada do produtor (REP) é um sistema em que os produtores de determinados produtos são responsáveis pela recolha e tratamento dos resíduos desses produtos após o seu consumo.

- Regulamento sobre Produtos Têxteis (RPT), aprovado em 2019, exige que os produtos têxteis colocados no mercado da UE sejam duráveis, reparáveis, recicláveis e feitos a partir de fibras recicladas. O RPT também exige que os produtos têxteis sejam livres de substâncias perigosas. Além disso, o RPT estabelece um sistema de REP para os produtos têxteis. O sistema de REP para os produtos têxteis exige que os produtores de produtos têxteis coloquem no mercado um sistema de recolha e tratamento de resíduos têxteis. O RPT exige que os produtos têxteis sejam rotulados com informações sobre a composição dos têxteis, incluindo a percentagem de fibras recicladas.

- Regulamento sobre Etiquetagem Energética de Produtos Domésticos (REEPD): O REEPD exige que os produtos têxteis sejam rotulados com informações sobre a eficiência energética dos têxteis

- Diretiva sobre Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (2012/19/UE): Esta diretiva aplica-se a uma ampla gama de produtos eletrónicos, incluindo roupas e têxteis com componentes eletrónicos. A diretiva exige que os fabricantes de produtos eletrónicos assumam a responsabilidade de recolher e reciclar os seus produtos no final da vida útil.

- Diretiva sobre os Embalagens e Resíduos de Embalagens (94/62/CE): Esta diretiva aplica-se a todas as embalagens utilizadas na UE. A diretiva exige que os produtores de embalagens assumam a responsabilidade de recolher e reciclar as suas embalagens no final da vida útil.

A nível nacional, Portugal transpôs a DQR, a DRRE e o RPT para a legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, que estabelece o novo regime geral da gestão de resíduos. Este decreto-lei estabelece, entre outras medidas, a obrigação de os sistemas municipais de recolha seletiva de resíduos urbanos recolherem os resíduos têxteis.

Além disso, Portugal aprovou o Plano Nacional de Gestão de Resíduos Têxteis (PNGRT), que estabelece um conjunto de medidas para promover a gestão sustentável de resíduos têxteis no país. O PNGRT prevê, entre outras medidas, a criação de uma rede de pontos de entrega de resíduos têxteis, o desenvolvimento de programas de sensibilização para a reutilização e a reciclagem de têxteis, e a promoção de alternativas sustentáveis para a produção e consumo de têxteis.

Além das leis de responsabilidade alargada do produtor (REP) e dos requisitos de etiquetagem dos têxteis, a União Europeia também aprovou regulamentação específica para os resíduos têxteis. Essa regulamentação específica inclui as seguintes medidas:

Objetivos de reciclagem: A União Europeia estabeleceu objetivos de reciclagem para os resíduos têxteis. O objetivo de reciclagem para os resíduos têxteis é de 70% até 2030.

Recolha seletiva: Os Estados-Membros da União Europeia são obrigados a garantir a recolha seletiva de resíduos têxteis. A recolha seletiva de resíduos têxteis deve ser disponibilizada a todos os consumidores.

Promoção da reutilização e da reparação: A União Europeia está a promover a reutilização e a reparação de têxteis. A reutilização e a reparação de têxteis são uma forma de reduzir a produção de resíduos têxteis.

Transposição para a legislação nacional

Portugal transpôs a regulamentação específica da União Europeia em matéria de resíduos têxteis para a legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, que estabelece o novo regime geral da gestão de resíduos. Este decreto-lei estabelece, entre outras medidas, a obrigação de os sistemas municipais de recolha seletiva de resíduos urbanos recolherem os resíduos têxteis.

Além disso, Portugal aprovou o Plano Nacional de Gestão de Resíduos Têxteis (PNGRT), que estabelece um conjunto de medidas para promover a gestão sustentável de resíduos têxteis no país. O PNGRT prevê, entre outras medidas, a criação de uma rede de pontos de entrega de resíduos têxteis, o desenvolvimento de programas de sensibilização para a reutilização e a reciclagem de têxteis, e a promoção de alternativas sustentáveis para a produção e consumo de têxteis.

A regulamentação específica da União Europeia em matéria de resíduos têxteis visa contribuir para a redução da produção de resíduos têxteis, a promoção da reutilização e da reciclagem, e o desenvolvimento de alternativas sustentáveis para a produção e consumo de têxteis.

Bibliografia

A. Colasante, I. D'Adamo, The circular economy and bioeconomy in the fashion sector: emergence of a "sustainability bias", J. Clean. Prod., 329 (2021), Article 129774

A. de Aguiar Hugo, J. de Nadae, R. da Silva Lima, Can fashion be circular? A literature review on circular economy barriers, drivers, and practices in the fashion industry's productive chain, Sustainability, 13 (21) (2021), p. 12246

A. E. Krauklis, C.W. Karl, A.I. Gagani, J.K. Jørgensen, Composite material recycling technology—state-of-the-art and sustainable development for the 2020s, J. Compos. Sci., 5 (2021), p. 28, 10.3390/jcs5010028

A. Emin, How composite materials influence sustainable development, Entrep. Perspect., 40 (2021), pp. 7-16

A. Fischer, S. Pascucci, Institutional incentives in circular economy transition: the case of material use in the Dutch textile industry, J. Clean. Prod., 155 (2017), pp. 17-32

A. K. Bledzki, H. Seidlitz, K. Goracy, M. Urbaniak, J.J. Rösch, Recycling of carbon fiber reinforced composite polymers—review—part 1: volume of production, recycling technologies, legislative aspects, Polymers, 13 (2) (2021), p. 300, 10.3390/polym13020300

A. Kohler, et al., Circular Economy Perspectives in the EU Textile sector, EUR 30734 EM, Publications Office of the European Union, Luxembourg (2021), 10.2760/858144, JRC125110.

A. Paco, W. Leal Filho, L.V. Ávila, K. Dennis, Fostering sustainable consumer behavior regarding clothing: assessing trends on purchases, recycling and disposal, Text. Res. J., 91 (3-4) (2021), pp. 373-384, 10.1177/004051752094

A. Payne, Open-and closed-loop recycling of textile and apparel products, Handbook of life cycle assessment (LCA) of textiles and clothing, Woodhead Publishing (2015), pp. 103-123, 10.1016/B978-0-08-100169-1.00006-X

A. Perry, L. Malinin, E. Sanders, Y. Li, K. Leigh, Explore consumer needs and design purposes of smart clothing from designers' perspectives, Int J. Fash. Des. Technol. Educ., 10 (3) (2017), pp. 372-380, 10.1080/17543266.2016.1278465

A. Salmi, R. Kaipia, Implementing circular business models in the textile and clothing industry, J. Clean. Prod., 378 (2022), Article 134492

A. Vecchi, The Circular Fashion Framework-The Implementation of the Circular Economy by the Fashion Industry. Curr. Trends Fashion Technol. Textile Eng. 2020, 6, 31–35.

Amato, et al., Sustainability analysis of innovative technologies for the rare earth elements recovery, Renew. Sustain. Energy Rev., 106 (2019), pp. 41-53, 10.1016/j.rser.2019.02.029

B. Dhonde, C.R. Patel, Implementing circular economy concepts for sustainable urban freight transport: case of textile manufacturing supply chain, Acta logistica, 7 (2), (2020), pp. 131-143

B. Piribauer, A. Bartl, Textile recycling processes, state of the art and current developments: a mini review, Waste Manag. Res, 37 (2) (2019), pp. 112-119, 10.1177/0734242X18819

B. Resta, P. Gaiardelli, R. Pinto, S. Dotti, Enhancing environmental management in the textile sector: An Organisational-Life Cycle Assessment approach, J. Clean. Prod., 135 (2016), pp. 620-632, 10.1016/j.jclepro.2016.06.135

B. T. Wondmagegnehu, V. Paramasivam, K.S. Senthil, Fabricated and analyzed the mechanical properties of textile waste/glass fiber hybrid composite material, ISSN 2214-7853,, Mater. Today.: Proc., 46 (Part 17) (2021), pp. 7297-7303, 10.1016/j.matpr.2020.12.984

B. Wang, W. Luo, A. Zhang, Z. Tian, Z. Li, Blockchain-enabled circular supply chain management: A system architecture for fast fashion, Comput. Ind., 123 (2020), Article 103324, 10.1016/j.compind.2020.103324

B. Xu, Q. Chen, B. Fu, R. Zheng, J. Fan, Current situation and construction of recycling system in China for post-consumertextile waste, Sustainability, 14 (24) (2022), p. 16635, 10.3390/su142416635

C. W. Ki, S. Park, J.E. Ha-Brookshire, Toward a circular economy: Understanding consumers' moral stance on corporations' and individuals' responsibilities in creating a circular fashion economy, Bus. Strategy Environ., 30 (2) (2021), pp. 1121-1135

D. Adamo Idiano, Adopting circular economy current practices and future perspectives, Soc. Sci., 8 (2019), p. 328, 10.3390/socsci8120328,

D. Awgichew, S. Sakthivel, M. Gedlu, M. Bogale, A comparative study on physical and comfort properties of yarns and hand-woven fabrics produced from virgin and recycled fibers, J. Mod. Mater., 8 (1) (2021), pp. 52-66, 10.21467/jmm.8.1.52-66

D. Damayanti, L.A. Wulandari, A. Bagaskoro, A. Rianjanu, H.-S. Wu, Possibility routes for textile recycling technology, Polymers, 13 (2021), p. 3834, 10.3390/polym13213834

D. Reike, M.P. Hekkert, S.O. Negro, Understanding circular economy transitions: the case of circular textiles, Bus. Strat. Environ., 32 (3) (2023), pp. 1032-1058

E. Durham, A. Hewitt, R. Bell, S. Russell, Technical design for recycling of clothing In Sustainable apparel, Woodhead Publishing (2015), pp. 187-198, 10.1016/B978-1-78242-339-3.00007-8

E. Eppinger, Recycling technologies for enabling sustainability transitions of the fashion industry: status quo a, Sustain.: Sci. Pract. Policy, 18 (2022), pp. 114-128, 10.1080/15487733.2022.2027122

E. Pakdel, S. Kashi, R. Varley, X. Wang, Recent progress in recycling carbon fibre reinforced composites and dry carbon fibre wastes, Resour., Conserv. Recycl., 166 (2021), Article 105340, 10.1016/j.resconrec.2020.105340

Ellen MacArthur Foundation, A new textiles economy: Redesigning fashion's future., https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/A-New-Textiles-Economy.pdf, (2017).

Ellen MacArthur Foundation, Keeping Clothing in Use to Reduce Waste: thredUP, (2021 b), https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/keeping-clothing-in-use-to-save-us-money-and-reduce-waste-thredup

Ellen MacArthur Foundation, Toxin-free, recyclable clothing: Napapijri Circular Series (2021), https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/ napapijri-circular-series

European Commission. 2016. Smart wearables: reflection and orientation paper https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/feedback-stakeholders-smart-wearables-reflection-and-orientation〉

European Commission. 2022. EU strategy for sustainable and circular textiles. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/txt/html/?uri=celex:52022dc0141〉

F. Jia, S. Yin, L. Chen, X. Chen, The circular economy in the textile and apparel industry: a systematic literature review, J. Clean. Prod., 259 (2020), Article 120728, 10.1016/j.jclepro.2020.120728

F. Ş. Fidan, E.K. Aydoğan, N. Uzal, An integrated life cycle assessment approach for denim fabric production using recycled cotton fibers and combined heat and power plant, J. Clean. Prod., 287 (2021), Article 125439

Fashion for good. 2019. The future of circular fashion, a collaborative report by accenture strategy and fashion for good assessing the viability of circular business models. 〈 https://fashionforgood.com/wp-content/uploads/2019/05/The-Future-of-Circular-Fashion-Report-Fashion-for-Good.pdf〉

G. Bressanelli, F. Visintin, N. Saccani, Circular Economy and the evolution of industrial districts: a supply chain perspective, Int. J. Prod. Econ., 243 (2022), Article 108348

G. Hole, A.S. Hole, Improving recycling of textiles based on lessons from policies for other recyclable materials: a minireview, Sustain. Prod. Consum., 23 (2020), pp. 42-51

G. Sandin, G.M. Peters, Environmental impact of textile reuse and recycling – a review, J. Clean. Prod., 184 (2018), pp. 353-365, 10.1016/j.jclepro.2018.02.266

G. Xia, W. Han, Z. Xu, J. Zhang, F. Kong, J. Zhang, X. Zhang, F. Jia, Complete recycling and valorization of waste textiles for value-added transparent films via an ionic liquid, J. Environ. Chem. Eng., 9 (2021), Article 106182, 10.1016/j.jece.2021.106182

H. I. Stål, H. Corvellec, Organizing means–ends decoupling: core–compartment separations in fast fashion, Bus. Soc., 61 (4) (2022), pp. 857-885

I. Kazancoglu, Y. Kazancoglu, E. Yarimoglu, A. Kahraman, A conceptual framework for barriers of circular supply chains for sustainability in the textile industry, Sustain. Dev., 28 (5) (2020), pp. 1477-1492

I. Kim, H.J. Jung, Y. Lee, Consumers' value and risk perceptions of circular fashion: Comparison between secondhand, upcycled, and recycled clothing, Sustainability, 13 (2021), p. 1208, 10.3390/su13031208

I. M. Sandvik, W. Stubbs, Circular fashion supply chain through textile-to-textile recycling, J. Fash. Mark. Manag, 23 (3) (2019), pp. 366-381, 10.1108/JFMM-04-2018-0058

J. Camacho-Otero, I.N. Pettersen, C. Boks, Consumer engagement in the circular economy: exploring clothes swapping in emerging economies from a social practice perspective, Sustain. Dev., 28 (1) (2020), pp. 279-293

J. Daystar, L.L. Chapman, M.M. Moore, S.T. Pires, J. Golden, Quantifying apparel consumer use behavior in six countries: addressing a data need in life cycle assessment modeling, J. Text. Appar., Technol. Manag., 11 (1) (2019)

J. E. DeVoy, E. Congiusta, D.J. Lundberg, S. Findeisen, S. Bhattacharya, Post-consumer textile waste and disposal: differences by socioeconomic, demographic, and retail factos, Waste Manag., 136 (2021), pp. 303-309, 10.1016/j.wasman.2021.10.009

J. Holtström, C. Bjellerup, J. Eriksson, Business model development for sustainable apparel consumption: the case of Houdini Sportswear, Journal of Strategy and Management, 12 (4) (2019), pp. 481-504, 10.1108/JSMA-01-2019-0015

J. J. Lu, H. Hamouda, Current status of fiber waste recycling and its future, AMR, 878 (2014), pp. 122-131, 10.4028/www.scientific.net/AMR.878.122

J. P. Juanga-Labayen, I.V. Labayen, Q. Yuan, A review on textile recycling practices and challenges, Textiles, 2 (1) (2022), pp. 174-188, 10.3390/textiles2010010

K. Alhola, S.O. Ryding, H. Salmenperä, N.J. Busch, Exploiting the potential of public procurement: opportunities for circular economy, J. Ind. Ecol., 23 (1) (2019), pp. 96-109

K. Bailey, A. Basu, S. Sharma, The environmental impacts of fast fashion on water quality: a systematic review, Water, 14 (7) (2022), p. 1073

K. K. Hvass, Unfolding challenges of business model innovation towards circular economy: the case of fashion industry, Exploring a Changing View on Organizing Value Creation, vol. 26 (2013)

K. Saha, P.K. Dey, E. Papagiannaki, Implementing circular economy in the textile and clothing industry, Bus. Strat. Environ., 30 (4) (2021), pp. 1497-1530

K. Shirvanimoghaddam, Motamed, B.; Ramakrishna, S.; Naebe, M. Death by Waste: Fashion and Textile Circular Economy Case. Sci. Total Environ. 2020, 718, 137317.

K. Subramanian, S.S. Chopra, E. Cakin, X. Li, C.S.K. Lin, Environmental life cycle assessment of textile bio-recycling – valorizing cotton-polyester textile waste to PET fiber and glucose

syrup, Resour. Conserv. Recycl., 161 (2020), Article 104989, 10.1016/j.resconrec.2020.104989

K. Wong, C. Rudd, S. Pickering, X. Liu, Composites recycling solutions for the aviation industry, Sci. China Technol. Sci., 60 (2017), pp. 1-10

L. Alves, E. Ferreira Cruz, S.I. Lopes, P.M. Faria, A.M. Rosado da Cruz, Towards circular economy in the textiles and clothing value chain through blockchain technology and IoT: a review, Waste Manag. Res., 40 (1) (2022), pp. 3-23

L. G. Galatti, J. Baruque-Ramos, Circular economy indicators for measuring social innovation in the Brazilian textile and fashion industry, J. Clean. Prod., 363 (2022), Article 132485

L. V. Haule, C.M. Carr, M. Rigout, Preparation and physical properties of regenerated cellulose fibres from cotton waste garments, J. Clean. Prod., 112 (2016), pp. 4445-4451, 10.1016/j.jclepro.2015.08.086

M. A. Bukhari, R. Carrasco-Gallego, E. Ponce-Cueto, Developing a national programme for textiles and clothing recovery, Waste Manag. Res., 36 (2018), pp. 321-331, 10.1177/0734242X187591

McKinsey – report Scaling textile recycling in Europe–turning waste into value

M. Alnajem, M.M. Mostafa, A.R. ElMelegy, Mapping the first decade of circular economy research: a bibliometric network analysis, Journal of Industrial and Production Engineering, 38 (1) (2021), pp. 29-50

M. Bodenheimer, J. Schuler, T. Wilkening, Drivers and barriers to fashion rental for everyday garments: an empirical analysis of a former fashion-rental company, Sustain. Sci. Pract. Pol., 18 (1) (2022), pp. 344-356

M. Colucci, A. Vecchi, Close the loop: evidence on the implementation of the circular economy from the Italian fashion industry, Bus. Strat. Environ., 30 (2) (2021), pp. 856-873

M. Islam, M. Shamsuzzaman, H.M.R.U. Hasan, M.A.R. Atik, Environmental sustainability of fashion product made from post-consumer waste: Impact across the life cycle, Sustainability, 17 (5) (2025), p. 1917, 10.3390/su17051917

M. Koszewska, Circular economy — challenges for the textile and clothing industry, Autex Res. J., 18 (4) (2018), pp. 337-347, 10.1515/aut-2018-0023

M. M. Alom, Effects on environment and health by garments factory waste in Narayanganj city, Dhaka 2016, Am. J. Civ. Eng., 4 (3) (2016), pp. 80-83, 10.11648/j.ajce.20160403.13

M. M. Islam, P. Perry, S. Gill, Mapping environmentally sustainable practices in textiles, apparel and fashion industries: a systematic literature review, J. Fash. Mark. Manag., 25 (2) (2021), pp. 331-353

M. M. Rahman, M. Mashud, M.M. Rahman (Eds.), Advanced Technology in Textiles. Textile Science and Clothing Technology, Springer, Singapore (2023), 10.1007/978-981-99-2142-3_10

M. M.K. Akter, U.N. Haq, M.M. Islam, M. Abbas Uddin, Fashion manufacturing and material waste management in the circular economy: a conceptual model to achieve sustainable development goals, Clean. Environ. Syst., 4 (2022), 10.1016/j.cesys.2022.100070

M. M.R. Khan, M.M. Islam, Materials and manufacturing environmental sustainability evaluation of apparel product: knitted T-shirt case study, Text Cloth Sustain, 1 (8) (2015), 10.1186/s40689-015-0008-8

M. P. Todor, C. Bulei, I. Kiss, V. Alexa, Recycling of textile wastes into textile composites based on natural fibres: the valorisation potential, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 477 (2019), Article 012004, 10.1088/1757-899X/477/1/012004

M. Shamsuzzaman, M.A. Al. Mamun, H.M.R.U. Hasan, R. Hassan, A. Zulkernine, M.A.R. Atik, M. Islam, Fashion circularity: potential of reusing and recycling remnant fabric to create sustainable products, Sustainability, 17 (5) (2025), p. 2010, 10.3390/su17052010

M. Shamsuzzaman, M.A. Kashem, A.S.M. Sayem, A.M. Khan, S.M. Shamsuddin, M.M. Islam, Quantifying environmental sustainability of denim garments washing factories through effluent analysis: A case study in Bangladesh, ISSN 0959-6526, J. Clean. Prod., 290 (2021), pp. 1-13, 10.1016/j.jclepro.2020.125740

M. Shamsuzzaman, M.M. Islam, H.M. Rakib Ul Hasan, A.M. Khan, A.S.M. Sayem, Mapping environmental sustainability of knitted textile production facilities, ISSN 0959-6526, J. Clean. Prod., 405 (2023), Article 136900, 10.1016/j.jclepro.2023.136900

M. Shiferaw, A. Tegegne, A. Asmare, Utilization of textile fabric waste as reinforcement for composite materials in car body applications: a review, Mater. Eng. Res., 5 (1) (2023), pp. 279-290, 10.25082/MER.2023.01.004

M. Subramanium Muthu. 2018. Circular Economy in Textile and Apparel, Textile institute book series. Machine manual of China Daoshang Group Wenzhou Plastic Machinery Co., Ltd. ISBN:97800810263042.

M. T. Hossain, M.A. Shahid, M.G.M. Limon, I. Hossain, N. Mahmud, Techniques, applications, and challenges in textiles for sustainable future, J. Open Innov.: Technol., Mark., Complex. (2024), Article 100230

M. X. Ruiz-Caldas, J. Carlsson, I. Sadiktsis, A. Jaworski, U. Nilsson, A.P. Mathew, Cellulose nanocrystals from postconsumer cotton and blended fabrics: a study on their properties, chemical composition, and process efficiency, ACS Sustain. Chem. Eng., 10 (2022), pp. 3787-3798, 10.1021/acssuschemeng.2c00797

N. Malinverno, M. Schmutz, B. Nowack, C. Som, Identifying the needs for a circular workwear textile management–A material flow analysis of workwear textile waste within Swiss Companies, Resour., Conserv. Recycl., 189 (2023), Article 106728, 10.1016/j.resconrec.2022.106728

N. Pensupa, S.Y. Leu, Y. Hu, C. Du, H. Liu, H. Jing, H. Wang, C.S.K. Lin, Recent trends in sustainable textile waste recycling methods: current situation and future prospects, Chem. Chem. Technol. Waste Valoriz. (2017), pp. 189-228, 10.1007/s41061-017-0165-0

P. Centobelli, P.; Abbate, S.; Nadeem, S.P.; Garza-Reyes, J.A. Slowing the fast fashion industry: An all-round perspective. Curr. Opin. Green Sustain. Chem. 2022, 38, 100684.

P. Gazzola, E. Pavione, R. Pezzetti, D. Grechi, Trends in the fashion industry. The perception of sustainability and circular economy: A gender/generation quantitative approach, Sustainability, 12 (2020), p. 2809, 10.3390/su12072809

P. S. Dos Santos, L.M.S. Campos, Practices for garment industry's post-consumer textile waste management in the circular economy context: an analysis on literature, Braz. J. Oper. Prod. Manag., 18 (2021), pp. 1-17, 10.14488/BJOPM.2021.004

P. Veske, E. Ilén, Review of the end-of-life solutions in electronics-based smart textiles, J. Text. Inst., 112 (9) (2021), pp. 1500-1513, 10.1080/00405000.2020.1825176

Patagonia, 2017. Closing the Loop – A Report on Patagonia's Common Threads Garment Recycling Program. http://www.patagonia.com/stories/closing-the-loop-a-report-on-patagonias-common-threads-garment-recycling-program/story-19961.html

R. Aus, H. Moora, M. Vihma, R. Unt, M. Kiisa, S. Kapur, Designing for circular fashion: integrating upcycling into conventional garment manufacturing processes, Fash. Text., 8 (2021), pp. 1-18, 10.1186/s40691-021-00262-9

R. B. Chavan, Environmental sustainability through textile recycling, J. Text. Sci. Eng., s2 (2014), 10.4172/2165-8064.S2-007

R. Blackburn (Ed.), Sustainable apparel: Production, processing and recycling, Woodhead Publishing (2015), eBook ISBN: 9781782423577

R. Earley, Designing fast & slow. Exploring fashion textile product lifecycle speeds with industry designers, Des. J., 20 (sup1) (2017), pp. S2645-S2656, 10.1080/14606925.2017.1352776

R. Gupta, A. Kushwaha, D. Dave, D.N. Mahanta, Chapter 10 - Waste management in fashion and textile industry: Recent advances and trends, life-cycle assessment, and circular economy, Emerging Trends to Approaching Zero Waste, Elsevier (2022), pp. 215-242, 10.1016/B978-0-323-85403-0.00004-9

R. Piippo, K. Niinimäki, M. Aakko, Fit for the future: garment quality and product lifetimes in a CE contexto, Sustainability, 14 (2) (2022), p. 726, 10.3390/su14020726

Reserve Resources, White paper: digitally enhanced circular economy within global fashion supply chains, (2017), 〈https://reverseresources.net/news/white-paper-by-rr〉

S. Abbate, P. Centobelli, R. Cerchione, From fast to slow: an exploratory analysis of circular business models in the Italian apparel industry, Int. J. Prod. Econ., 260 (2023), Article 108824

S. Diddi, R.N. Yan, B. Bloodhart, V. Bajtelsmit, K. McShane, Exploring young adult consumers' sustainable clothing consumption intention-behavior gap: a Behavioral Reasoning Theory perspective, Sustain. Prod. Consum., 18 (2019), pp. 200-209

S. I. Tanvir, E.M.T. Mahmood, Solid waste for knit fabric: Quantification and ratio analysis, J. Environ. Earth Sci., 4 (2014), p. 2014, 〈 https://core.ac.uk/download/pdf/234663506.pdf〉

S. K. Das, A. Chinnappan, W.A.D.M. Jayathilaka, et al., Challenges and potential solutions for 100% recycling of medical textiles, Mater. Circ. Econ., 3 (2021) (2021), p. 13, 〈 https://doi-org.manchester.idm.oclc.org/10.1007/s42824-021-00023-5〉

S. L.C. Han, P.Y.L. Chan, P. Venkatraman, P. Apeagyei, T. Cassidy, D.J. Tyler, Standard vs. Upcycled Fashion Design and Production, Fash. Pr., 9 (2017), pp. 69-94, 10.1080/17569370.2016.1227146

S. Plakantonaki, K. Kiskira, N. Zacharopoulos, I. Chronis, F. Coelho, A. Togiani, K. Kalkanis, G. Priniotakis, A review of sustainability standards and ecolabeling in the textile industry, Sustainability, 15 (15) (2023), p. 11589

S. Thatta, A. Polisetty, The future is circular: a case study on MUD jeans, FIIB Business Review, 11 (2) (2022), pp. 137-146

S. Ü. Çetin, A.E. Tayyar, Physical properties of recycled PET non-woven fabrics for buildings, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 254, IOP Publishing (2017)

S. Wang, X. Yu, X. Chen, W. Hou, M. Niu, Recycling of cotton fibers separated from the waste blend fabric, J. Nat. Fibers, 17 (2020), pp. 520-531, 10.1080/15440478.2018.1503130

S. Yousef, M. Tatariants, M. Tichonovas, L. Kliucininkas, S.I. Lukošiūtė, L. Yan, Sustainable green technology for recovery of cotton fibers and polyester from textile waste, J. Clean. Prod., 254 (2020), Article 120078

T. Brydges, C.E. Henninger, L. Barbu, R. Lupu, Designing for Longevity and Neutrality: Investigating How the Swedish Children's Clothing Industry Implements Circular Economy Principles, Fashion Practice (2022), pp. 1-23

T. Feleke Fera, Y. Zeleke, Y. Girmay, Development of non-woven from recycled fabric selvedge wastes for functional sound absorption, Int. J. Sustain. Eng., 15 (1) (2022), pp. 136-143, 10.1080/19397038.2022.2092230

T. Kim, D. Kim, Y. Park, Recent progress in regenerated fibers for "green" textile products, J. Clean. Prod. (2022), Article 134226, 10.1016/j.jclepro.2022.134226

T. Semba, Y. Sakai, M. Ishikawa, A. Inaba, Greenhouse gas emission reductions by reusing and recycling used clothing in Japan, Sustainability, 12 (19) (2020), p. 8214, 10.3390/su12198214

T. Wagaw, K.M. Babu, Textile Waste Recycling: A Need for a Stringent Paradigm Shift, AATCC J. Res., 10 (6) (2023), pp. 376-385, 10.1177/24723444231188342

View in ScopusGoogle ScholarPlakantonaki et al., 2023

W. Leal Filho, D. Ellams, S. Han, D. Tyler, V.J. Boiten, A. Paço, H. Moora, A.L. Balogun, A review of the socio-economic advantages of textile recycling, J. Clean. Prod., 218 (2019), pp. 10-20

X. Chen, H.A. Memon, Y. Wang, et al., Circular economy and sustainability of the clothing and textile industry, Mater. Circ. Econ., 3 (2021) (2021), p. 12, 10.1007/s42824-021-00026-2

X. Huang, Y. Tan, J. Huang, G. Zhu, R. Yin, X. Tao, X. Tian, Industrialization of open-and closed-loop waste textiles recycling towards sustainability: a review, J. Clean. Prod. (2024), Article 140676, 10.1016/j.jclepro.2024.140676

X. Li, L. Wang, X. Ding, Textile supply chain waste management in China, J. Clean. Prod., 289 (125147) (2021), Article 125147, 10.1016/j.jclepro.2020.125147

X. Liu, S. Wang, Y. Li, S. Ali, Y.A. Khan, S. Salem, X. Huang, Recycling in textile sector: a new circular economy approach towards ecology and environmental sustainability, Front. Environ. Sci., 10 (2022), Article 929710, 10.3389/fenvs.2022.929710

X. Xie, Y. Hong, X. Zeng, X. Dai, M. Wagner, A systematic literature review for the recycling and reuse of wasted clothing, Sustainability, 13 (24) (2021), p. 13732, 10.3390/su132413732

Y. Chae, Hinestroza, J. 2020. Building Circular Economy for Smart Textiles, Smart Clothing, and Future Wearables. Mater Circ Econ 2, 2 (2020). doi-org.manchester.idm.oclc.org/10.1007/s42824-020-00002-2

Y. Wang, Fiber and textile waste utilization, Waste Biomass-.-. Valoriz., 1 (1) (2010), pp. 135-143, 10.1007/s12649-009-9005-y

Z. Kamble, B.K. Behera, Upcycling textile wastes: challenges and innovations, Text. Prog., 53 (2) (2021), pp. 65-122, 10.1080/00405167.2021.1986965

Z. Musova, H. Musa, J. Drugdova, G. Lazaroiu, J. Alayasa, Consumer attitudes towards new circular models in the fashion industry, Journal of Competitiveness, 13 (3) (2021), p. 111

Webgrafia

https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/news/europes-used-textiles-are-an-increasing-waste-and-export-problem

https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-profundidade/textiles

Scaling textile recycling in Europe–turning waste into value – McKinsey – report

https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20201208STO93327/o-impacto-da-producao-e-dos-residuos-texteis-no-ambiente

https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy_en

https://www.publico.pt/2019/11/29/infografia/pegada-roupa-391

https://www.fortunebusinessinsights.com/textile-recycling-market-109273

https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2022/50030-study-textile-recycling-web.pdf

https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy_en

https://www.publico.pt /2019/11/29/infografia/pegada-roupa-391

https://thetextilethinktank.org/textile-recycling-latest-trends-challenges-and-opportunitiesm