

FIBRAS TÊXTEIS SINTÉTICAS E A LIBERAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS: UMA REVISÃO

SYNTHETIC TEXTILE FIBERS AND THE RELEASE OF MICROPLASTICS: A REVIEW

ANDRÉIA MESACASA, DRa | INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
CARLA CAROLINA DEOLA DEMINSKI | INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL

RESUMO

O aumento do uso de têxteis sintéticos nas últimas décadas contribuiu para a acumulação de microplásticos em rios e oceanos, prejudicando a vida aquática e os seres humanos. Assim, este estudo tem como objetivo apresentar um conjunto de artigos publicados em periódicos que integrem os temas microplásticos, fibras têxteis sintéticas e lavagem doméstica do vestuário. O presente estudo busca apresentar argumentos de discussão a partir de uma revisão bibliográfica do conjunto de temas citados. Para tanto, utilizou-se o método de revisão bibliográfica sistemática proposto por Conforto, Amaral e da Silva (2011). A base de dados utilizada foi o Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Após a filtragem de informações proposta pelo método, foram selecionados treze artigos para a leitura integral. Na sequência, os artigos foram agrupados por similaridade e analisados de acordo com os temas norteadores. Como resultado, foi evidenciado que a presença dos microplásticos nos mares e oceanos é provocada principalmente pelo processo de lavagem doméstica de vestuário de fibras sintéticas. Outrossim, infere-se que a quantidade de microplásticos presente nos rios e oceanos tende a aumentar, dado o grande consumo de materiais sintéticos em curso.

PALAVRAS CHAVE

Microplásticos; Fibras têxteis sintéticas; Lavagem doméstica.

ABSTRACT

The increased use of synthetic textiles in recent decades has contributed to the accumulation of microplastics in rivers and oceans, harming aquatic life and humans. Thus, this study aims to present a set of papers published in journals that integrate the topics of microplastics, synthetic textile fibers and domestic washing of clothing. The present study seeks to present arguments for discussion based on a bibliographic review of the set of themes mentioned. For that, we used the method of systematic literature review proposed by Conforto, Amaral and da Silva (2011). The database used was the Portal de Periódicos CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel). After filtering information proposed by the method, thirteen articles were selected for full reading. Subsequently, the papers were grouped by similarity and analyzed according to the guiding themes. As a result, it was evidenced that the presence of microplastics in the seas and oceans is mainly caused by the domestic washing process of synthetic fiber clothing. Furthermore, it is inferred that the amount of microplastics present in rivers and oceans tends to increase, given the large consumption of synthetic materials in progress.

KEY WORDS

Microplastics; Synthetic textile fibers; Domestic washing.



1. INTRODUÇÃO

As matérias-primas têxteis são essenciais para as ideias de sustentabilidade, são a síntese tangível de fluxos de recursos, uso de energia e trabalho. Desse modo, conectam-se a questões como: mudanças climáticas, geração de resíduos, escassez de água, (FLETCHER e GROSE, 2011).

O setor têxtil é considerado um dos setores mais significativo do mercado de consumo de produção química, tanto na fabricação de fibras sintéticas e artificiais quanto na utilização de produtos auxiliares.

As fibras sintéticas respondem por aproximadamente 60% da produção global total de fibras têxteis (DALLA FONTANA, MOSSOTTI, E MONTARSOLO, 2020).

O aumento do uso de têxteis sintéticos nas últimas décadas, aliado à recente ênfase na acumulação de microplásticos em rios e oceanos, prejudicando a vida aquática e também os seres humanos, despertou o interesse a respeito das fontes de liberação de fibras microplásticas oriundas de materiais têxteis no meio ambiente.

Dado o exposto, essa pesquisa tem como objetivo apresentar um estudo de avaliação de artigos publicados em periódicos que integrem os temas: microplásticos, fibras têxteis e processos de lavagem doméstica. Concomitante ao delineamento do objetivo, foram elencadas três perguntas de pesquisa fundamentais para nortear o estudo, sendo elas: a) Quais estudos contemplam os temas microplásticos, fibras têxteis e processos de lavagem e como estes se relacionam? b) Qual a ideia central presente nos estudos sobre os temas citados? c) Quais temáticas secundárias estão presentes nos estudos sobre os temas citados?

A pesquisa foi conduzida pelo método de revisão bibliográfica sistemática proposto por Conforto, Amaral e da Silva (2011), que sistematizam uma estrutura de busca por meio de uma sequência de três fases: a entrada, o processamento e a saída.

Sendo assim, a estrutura deste artigo foi definida para apresentar um desencadeamento lógico de informações. Inicia-se na seção 1 com a introdução, expondo a contextualização, objetivo e perguntas de pesquisa. A seção 2 apresenta a fundamentação dos temas relacionados por meio da análise de autores que contribuem para o referencial teórico. A seção 3 apresenta o método utilizado e a descrição das etapas realizadas para se obter os artigos que estivessem dentro do escopo de busca. Já a seção 4 mostra os resultados obtidos e as análises das publicações selecionadas. A seção 5 finaliza o artigo, identificando se o objetivo foi atingido e as questões de pesquisa contempladas, organizando assim as abordagens e contribuições encontradas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Impactos ambientais relacionados à produção e manutenção do vestuário

As matérias-primas utilizadas na confecção de vestuário estão associadas a inúmeros impactos ambientais, tais como: mudanças climáticas, efeitos adversos sobre a água e seus ciclos, poluição química, perda da biodiversidade, uso excessivo ou inadequado de recursos não renováveis, geração de resíduos, efeitos negativos sobre a saúde humana, e efeitos sociais nocivos para as comunidades produtoras. Sob este aspecto, todos os materiais afetam de alguma forma os sistemas ecológicos e sociais, (FLETCHER e GROSE, 2011).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil - ABIT (2021), a indústria têxtil no Brasil tem grande valor sócio econômico, faturando R\$185,7 bilhões em 2019. Nas exportações, chegou a US\$ 810,7 milhões em 2020. Emprega diretamente 1,5 milhão de pessoas e 8 milhões indiretamente, dos quais 60% são de mão de obra feminina.

Durante os processos de produção do vestuário, são consumidos inúmeros recursos naturais, como ar, água e solo, causando danos muitas vezes irreversíveis. Segundo a ABIT (2017), em 2017 foram produzidas 5,9 bilhões de peças de vestuário no Brasil, impulsionando a quantidade de emissões poluentes e geração de resíduos.

A etapa de tinturaria na indústria têxtil é responsável pelo maior consumo de água e recursos naturais, gerando em média cerca de 50 a 100 litros de efluente por quilo de tecido produzido. Do ponto de vista ambiental, a etapa de tingimento é a mais preocupante devido à variedade dos produtos químicos utilizados no processo. Entre todos os compostos químicos utilizados, os corantes têm gerado mais preocupação, devido ao alto potencial de poluição que eles apresentam (ARSLAN-ALATON, GURSOY e SCHMIDT, 2008).

Os corantes sintéticos se enquadram na categoria de poluentes emergentes, isso significa que são substâncias químicas que não foram incluídas em programas de monitoramento, nem em legislações ambientais, mas que estão constantemente sendo introduzidas no ambiente (HORVAT *et al*, 2012).

Além dos processos de beneficiamento têxtil, a produção e consumo de fibras sintéticas também se relaciona à utilização de produtos químicos em larga escala.

Fibras têxteis consistem em unidades de matéria caracterizadas pela flexibilidade, excelência e alta relação dimensional devendo satisfazer a condição geométrica de o comprimento ser no mínimo cem vezes maior que o diâmetro ($l/d > 100$) (CANEVAROLO, 2002).

As fibras encontram-se divididas em dois grandes grupos: naturais e químicas. Fibras naturais podem ser

obtidas de fontes vegetais, animais e minerais. As fibras químicas podem ser subdivididas em fibras artificiais, como o raiom viscosa e o raiom acetato e fibras sintéticas, como poliéster, náilon (poliamida), poliuretano (Spandex), entre outras (CANEVAROLO, 2002).

As primeiras fibras químicas surgiram em 1885 e eram produzidas à base de celulose extraída da madeira. Essa fibra tratava-se do rayon, também conhecido como seda artificial cuja produção industrial iniciou em 1905. Em contrapartida, a primeira fibra sintética, o náilon 6.6, surgiu em 1939. Produzido pela DuPont, rapidamente adquiriu aprovação pública (PEZZOLO, 2009; CANEVAROLO, 2002).

As fibras têxteis sintéticas são formadas por macromoléculas lineares alinhadas ao longo de seu comprimento. São confeccionadas a partir de matérias-primas provenientes do petróleo, enquanto que as artificiais são obtidas a partir de modificações químicas da celulose. Desse modo, as principais fibras têxteis artificiais são: viscosa, modal e acetato. Já entre as sintéticas, destacam-se: poliéster, poliamida e acrílico (PEZZOLO, 2009; ŠARAVANJA, PUŠIĆ, E DEKANIĆ, 2022).

A partir do momento em que os cientistas tomaram conhecimento sobre a estrutura dos polímeros, estes tentaram imitar as fibras naturais. Logo, nas décadas de 1940 e 1950, muitas indústrias químicas se expandiram e passaram a investir em pesquisas na área de fibras sintéticas (SENAI, 2015).

A produção das fibras sintéticas não depende das oscilações das colheitas, bem como o volume de produção pode ser aumentado à vontade ao passo que o preço dos artigos têxteis pode ser mantido na mesma faixa.

Ademais, algumas propriedades das fibras sintéticas superam as fibras naturais, como por exemplo, a alta resistência à ruptura, reduzido poder de absorção de umidade e estabilidade dimensional. Também possuem alta solidez à luz, são resistentes à insetos, bolor e bactérias de apodrecimento (SENAI, 2015).

Apesar de apresentarem inúmeras vantagens relacionadas à versatilidade de usos, as fibras químicas geram impactos ambientais, como por exemplo, a utilização de recursos não renováveis como o petróleo, a emissão no ar e na água de metais pesados, sais de cobalto e manganês, brometo de sódio, dióxido de titânio, óxido de antimônio e acetaldeído durante a fabricação de poliéster, a utilização de grandes quantidades de água, bem como a liberação de gases do efeito estufa como o óxido nitroso presente na produção de poliamida (LEE, 2009).

Além disso, as fibras liberadas dos têxteis artificiais e sintéticos são uma das fontes mais importantes de microplásticos presentes em rios e oceanos. Microplásticos são pequenos pedaços de polímeros sintéticos com tamanho entre 1 µm (micron) e 5mm (milímetros) (O'BRIEN *et al*, 2020).

Uma das prováveis responsáveis pela emissão de microplásticos são as lavagens domésticas de roupas sintéticas, sendo que estas foram documentadas pela primeira vez em um estudo realizado em 2011 (VOLGARE *et al*, 2021).

Em 2017, um estudo estimou que os microplásticos liberados dos têxteis durante os processos de lavagem, contribuem em cerca de 35% para a poluição oceânica global desses materiais (VOLGARE *et al*, 2021).

Resíduos plásticos encontrados em solos, rios e oceanos, podem causar a degradação ou até mesmo a destruição de ecossistemas naturais, pois a poluição por microplásticos altera fatores abióticos desses ecossistemas e conseqüentemente afeta a biota local, principalmente a fauna (SOUZA MACHADO *et al*, 2018).

Por sua grande utilização na indústria têxtil, o poliéster é um dos microplásticos mais encontrados em forma de fibra nos mares e oceanos (DALLA FONTANA, MOSSOTTI e MONTARSOLO, 2020).

Conforme a Ecycle (2017), estima-se que por ano cerca de 500 mil toneladas de microfibras plásticas são liberadas durante a lavagem de roupas. Quando comparado com outros produtos, é 16 vezes maior do que as micropartículas plásticas liberadas pelos cosméticos nos efluentes. Desse modo, estima-se que até 2050 sejam liberadas até 22 milhões de toneladas de microfibras plásticas nos mares e oceanos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse artigo busca apresentar uma revisão bibliográfica de um conjunto de temas. Para isso, utilizou-se o método de revisão bibliográfica sistemática proposta por Conforto, Amaral e da Silva (2011). Esse método utiliza uma estrutura de busca por meio de uma sequência de três fases: a entrada, o processamento e a saída. Cada uma dessas fases possui um conjunto de etapas que devem ser seguidas em sequência, de acordo com a Figura 01.



Figura 01: Modelo para condução da revisão bibliográfica sistemática.

Fonte: Adaptado de Conforto, Amaral e da Silva (2011).

Nesse sentido, na fase de entrada é realizada a definição do problema ou perguntas de pesquisa que serão abordadas ao longo do estudo. Para esse estudo, foram definidas as seguintes perguntas de pesquisa:

Quais estudos contemplam os temas microplásticos, fibras têxteis e processos de lavagem e como estes se relacionam?

Qual a ideia central presente nos estudos sobre os

temas citados?

Quais temáticas secundárias estão presentes nos estudos sobre os temas citados?

Na etapa seguinte definiu-se o objetivo da análise, que contemplou a apresentação de um estudo de avaliação de artigos publicados em periódicos que integrassem os temas: microplásticos, fibras têxteis e processos de lavagem doméstica.

Seguindo a próxima etapa, definiu-se a base de dados que seria utilizada como fonte primária de busca. Neste caso, optou-se pelo Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), onde foram formuladas oito strings de busca para a posterior pesquisa.

Para Conforto, Amaral e da Silva (2011), strings de busca são definidas como sequências de termos organizados utilizando operadores lógicos e combinando palavras referentes ao escopo de busca. No caso estudado, os temas microplásticos, fibras têxteis e processos de lavagem doméstica geraram as strings de busca utilizando as próprias palavras que representam os temas, além de outras combinações realizadas a partir de palavras correlatas. A Tabela 01 sintetiza as strings de busca pesquisadas:

STRINGS DE BUSCA	
1	Microplastics + textile fiber
2	Microplastics + polyester
3	Microplastics + nylon
4	Microplastics + rayon
5	Microplastics + cotton
6	Microplastics + domestic washing
7	Microplastics + microfiber
8	Microplastics + textile garments

Tabela 01: Strings de busca
 Fonte: As autoras, 2022

Os critérios de inclusão de artigos foram definidos antes da busca, sendo alinhados ao objetivo. Desse modo, foram pesquisados somente artigos publicados nos últimos cinco anos, em língua inglesa, revisados por pares e que tivessem as strings de busca presentes nos títulos. Todas as buscas foram realizadas no mês de junho de 2022, conforme cronograma previamente definido, finalizando a fase de entrada.

Ao término da busca de artigos, os mesmos foram organizados, iniciando-se assim a fase de processamento. Com a leitura dos títulos, palavras-chave e resumos, foram eliminados artigos que não se enquadravam nos temas buscados. Desse modo, realizou-se uma filtragem, reduzindo a quantidade de resultados. Durante a filtragem procedeu-se a verificação da correlação com o escopo de busca para verificar se os trabalhos estavam alinhados ao objetivo da pesquisa, removendo os que não possuíam relação com os temas.

Os dados referentes ao processo de pesquisa das strings e sua filtragem estão apresentados na Tabela 02.

BUSCA	STRINGS	ARTIGOS	LEITURA DO TÍTULO/PALAVRAS CHAVES	LEITURA DO RESUMO	LEITURA DA INTRODUÇÃO E CONCLUSÃO	LEITURA COMPLETA
1	Microplastics + textile fiber	0	0	0	0	0
2	Microplastics + polyester	16	3	4	0	9
3	Microplastics + nylon	10	9	1	0	0
4	Microplastics + rayon	1	0	0	0	1
5	Microplastics + cotton	0	0	0	0	0
6	Microplastics + domestic washing	3	0	1	0	2
7	Microplastics + microfiber	14	7	6	0	1
8	Microplastics + textile garments	1	1	0	0	0

Tabela 02: Resultados da busca e filtragem.
 Fonte: As autoras, 2022.

Após a filtragem, foram selecionados treze artigos para a realização da leitura completa e sua referida análise, finalizando a fase de processamento. A Tabela 03 apresenta os treze artigos selecionados.

Título	Autores	Periódico	Ano
Systematic Study of the Presence of Microplastic Fibers during Polyester Yarn Production	Barbora Pinlova, Rudolf Hufenus, and Bernd Nowack	Journal of Cleaner Production	2022
Microplastics in Wastewater by Washing Polyester Fabrics	Ana Šaravanja, Tanja Pušić, and Tihana Dekanić	Materials	2022
Characterization of Microplastics Released Based on Polyester Fabric Construction during Washing and Drying	Sola Choi, Myeong Kwon, Myungja Park, and Juhea Kim	Polymers	2021
Washing Load Influences the Microplastic Release from Polyester Fabrics by Affecting Wettability and Mechanical Stress	Michela Volgare, Francesca De Falco, Roberto Avolio, Rachele Castaldo, Maria Emanuela Errico, Germano Gentile, Veronica Ambrugi, and Mariacristina Cocca	Scientific Reports	2021
The origin of microplastic fiber in polyester textiles: The textile production process matters	Yaping Cai, Denise M. Mitrano, Manfred Heuberger, Rudolf Hufenus and Bernd Nowack	Journal of Cleaner Production	2020
Assessment of microplastics release from polyester fabrics: The impact of different washing conditions	Giulia Dalla Fontana, Raffaella Mossotti and Alessio Montarsolo	Environmental Pollution	2020
Systematic Study of Microplastic Fiber Release from 12 Different Polyester Textiles during Washing	Yaping Cai, Tong Yang, Denise M. Mitrano, Manfred Heuberger, Rudolf Hufenus and Bernd Nowack	Environmental Science & Technology	2020
Airborne Emissions of Microplastic Fibres from Domestic Laundry Dryers	Stacey O'Brien, Elvis D Okoffo, Jake W O'Brien, Francisca Ribeiro, Xianyu Wang, Stephanie L Wright, Saer Samanipour, Cassandra Rautert, Tania Vessena Alajo Toapanta, Rizza Albarracin, and Kevin V Thomas	The Science of the Total Environment	2020
Microplastics' Emissions: Microfibers' Detachment from Textile Garments	Francisco Belagui, Martí Crespi, Antonio Álvarez, Carmen Gutiérrez-Bouzán, and Mercedes Vilaseca	Environmental Pollution	2019
Importance of Water-Volume on the Release of Microplastic Fibers from Laundry	Max R. Kelly, Neil J Lant, Martyn Kurr, and J. Grant Burgess	Environmental Science & Technology	2019
Mechanistic Understanding of Microplastic Fiber Fate and Sampling Strategies: Synthesis and Utility of Metal Doped Polyester Fibers	Michael Schmedgruber, Rudolf Hufenus, and Denise M Mitrano	Water Research (Oxford)	2019
On the Identification of Rayon/Viscose as a Major Fraction of Microplastics in the Marine Environment: Discrimination between Natural and Manmade Cellulosic Fibers Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy	Comnea-Stancu, Ionela Raluca, Karin Wieland, Georg Ramer, Andreas Schwaighofer, and Bernhard Lendl	Applied Spectroscopy	2017
Polyester Textiles as a Source of Microplastics from Households: A Mechanistic Study to Understand Microfiber Release During Washing	Edgar Hernandez, Bernd Nowack and Denise M. Mitrano	Environmental Science & Technology	2017

Tabela 03 - Artigos selecionados.
 Fonte: As autoras, 2022.

Por meio da busca foi possível verificar que o termo "microplastics" é bastante comum em pesquisas das áreas de Engenharia Ambiental, Biologia e Química, ao passo que o termo "microfibers" se associa à área do vestuário. Quando estes são associados ao termo "têxtil fiber" geralmente estão relacionados ao tema fibras têxteis sintéticas, em especial ao poliéster, bem como processos de lavagem doméstica.

Na fase de saída referente ao método de revisão bibliográfica sistemática, foram realizadas a análise e

síntese dos treze artigos selecionados.

4. RESULTADOS

4.1. Análise das publicações

Após a realização da busca na plataforma definida, foram selecionados para leitura integral treze artigos.

Dos treze artigos, oito abordaram diretamente a liberação de microplásticos por meio da lavagem doméstica, enquanto dois relacionaram a liberação de microplásticos com os processos de fiação, dois retrataram soluções preventivas para evitar a emissão e também filtrar esses materiais nas estações de tratamento de efluentes, e um artigo versou sobre a identificação e classificação de fibras microplásticas em ambientes marinhos.

A seguir estão dispostas as descrições individuais de cada um dos treze artigos.

No estudo de Cai *et al* (2020a), foram realizados testes com doze amostras têxteis de fibra de poliéster submetidas a dez ciclos de lavagem. Seis amostras eram de tecido plano e seis de malha. Os tecidos planos são formados por dois conjuntos de fios – trama e urdume que, entrelaçados, formam ângulos de 90°. Os tecidos de malha são construídos a partir de laçadas, o que garante elasticidade e maleabilidade (PEZZOLO, 2009).

Os ciclos de lavagem duraram 45 minutos a uma temperatura de 40°C. Os doze têxteis demonstraram grande variabilidade na liberação de microplásticos. O número de microplásticos liberado foi influenciado pelo método de corte, onde amostras cortadas com tesoura liberaram de 3 a 21 vezes mais microplásticos do que amostras cortadas a laser. Para todos os têxteis, a liberação de microplásticos diminuiu após o quinto e o sexto ciclo de lavagens.

O artigo de Kelly *et al* (2019), analisou a importância do volume de água, da agitação, da temperatura e da duração do ciclo na liberação de fibras microplásticas em lavagens domésticas. O estudo comprovou que ciclos de lavagem delicados aumentam a liberação de microplásticos, pois utilizam um maior volume de água, o que aumenta a liberação desses materiais. Após quatro ciclos de lavagem, a liberação de microplásticos diminuiu. Nesse estudo, a agitação mecânica e a temperatura não foram os fatores mais relevantes que afetam a liberação de microplásticos, assim como os sabões.

O objetivo da pesquisa de Belzagui *et al* (2019) foi avaliar as taxas de descolamento de microfibras de peças do vestuário durante a lavagem. Foi constatado que entre o quarto e o quinto ciclos de lavagem, a liberação de microplásticos é estabilizada. Além disso, o tamanho dos microplásticos diminui gradativamente ao longo dos ciclos de lavagem. Transformando os resultados em unidades de massa, foi estimada uma perda entre 23 e 73 miligramas de microplásticos por quilo de vestuário durante a lavagem.

Hernandez *et al* (2017) buscaram fornecer dados quantitativos sobre o tamanho e a massa de fibras microplásticas liberadas de tecidos sintéticos (poliéster) durante a lavagem caseira. Foram consideradas a estrutura do tecido e as condições de lavagem (uso de sabões, temperatura, duração da lavagem e lavagens sequenciais). Entre todas as variáveis testadas, o uso de sabão pareceu afetar a massa total de fibras liberadas, mas a composição do sabão (líquido ou em pó) ou a superdosagem não influenciaram significativamente a liberação de microplásticos. O perfil geral do comprimento das fibras microplásticas permaneceu semelhante, independentemente da condição de lavagem ou da estrutura do tecido, com a grande maioria das fibras variando entre 100 e 800 µm (microns) de comprimento, independentemente do número do ciclo de lavagem.

O estudo de Dalla Fontana, Mossotti e Montarolo (2020), buscou determinar a quantidade de microfibras liberadas em tecidos de poliéster em diferentes condições de lavagem, e ainda comparar o uso de diferentes tipos de sabões e alvejantes. Foram utilizados para o teste três ciclos de lavagem, entre eles o ciclo tira manchas e o ciclo roupas delicadas. Em todos os ciclos foi possível identificar a liberação de microplásticos. Foi constatado que a duração da lavagem, a agitação da água e a rotação do tambor são aspectos que influenciam bastante, já a utilização de alvejantes/removedores de manchas não resultou em diferenças significativas na liberação dos microplásticos.

O trabalho de Volgare *et al* (2021) visou identificar a relação entre a liberação de microfibras e a carga de lavagem utilizada. A partir dos resultados ficou evidente que a carga de lavagem afeta a liberação de microplásticos, desse modo, a liberação diminui com o aumento da carga de lavagem.

O artigo de Choi *et al* (2021), analisou a liberação de microplásticos durante a lavagem e secagem em diferentes tecidos com fibra de poliéster: dois tecidos planos, um com armação sarja, um com armação tela e uma malha com ligamento jersey.

Tela é menor das armações de tecidos planos, formada por apenas dois fios de urdume e trama, apresenta direito e avesso idênticos. Sarja é a mais resistente das armações, caracterizada pela formação de diagonais em sua superfície. O ligamento jersey também conhecido como meia malha, possui direito e avesso facilmente identificável, caracterizado por ser maleável (PEZZOLO, 2009).

O número de microplásticos liberados tanto na lavagem quanto na secagem diminuiu depois do primeiro ciclo. Comparando as emissões de fibras durante a lavagem e secagem, os microplásticos liberados foram menores durante a secagem. Entre os tecidos, a quantidade de microplásticos liberados pela amostra com armação sarja foi menor do que a liberada pela amostra com armação tela e pela malha jersey. Isso sugere que uma maior densidade e compactação do tecido tende a liberar menos

microplásticos (CHOI *et al*, 2021).

O estudo de O'Brien *et al* (2020) avaliou as emissões aéreas de fibras microplásticas em secadoras de roupas domésticas. O estudo confirmou que essa é uma fonte de emissão aérea de fibras microplásticas. Ademais, caso o equipamento de secagem esteja localizado próximo a cozinha, poderá afetar a saúde humana, pois os microplásticos tendem a se acumular na poeira e podem ser disseminados nos alimentos e nas superfícies de preparo dos alimentos.

O artigo de Pinlova *et al* (2002), buscou examinar a presença de fibras microplásticas durante os processos de fiação a anel e a rotor. Na fiação a anel, o fio produzido é forte e de boa qualidade, já a fiação a rotor se concentra na quantidade de produção.

Nesse sentido, o processo de fiação a rotor apresentou alto teor de fibras microplásticas, enquanto que o processo de fiação a anel apresentou menor quantidade.

Buscando identificar processos pelos quais os têxteis liberam microfibras plásticas, o estudo de Cai *et al* (2020b), analisou dezoito amostras têxteis de fibra de poliéster. Nesse sentido, os processos de fiação foram estudados, bem como instrumentos de corte utilizados na indústria do vestuário. Como resultado, observou-se que o processo de fiação a rotor e que o corte realizado com tesoura libera maior quantidade de microplásticos.

O artigo de Schmiedgruber, Hufenus e Mitrano (2019) abordou a remoção de fibras microplásticas em efluentes residuais utilizando lodo. No experimento realizado em laboratório utilizando o lodo ativado, a maioria das fibras recuperadas nas amostras foram encontradas anexas a esse material, atestando sua eficácia quando aplicado no tratamento de efluentes.

Comnea-Stancu *et al* (2017) propôs a identificação de fibras celulósicas artificiais (rayon/viscose) encontradas em meio marinho através de microscopia e espectroscopia, o que foi possível devido à comparação das fotos das amostras com um banco de imagens pré-existente.

No estudo de Šaravanja, Pušić e Dekanić (2022), são expostas algumas formas para diminuir a liberação dos microplásticos por meio da lavagem, como por exemplo: utilizar roupas feitas de fibras naturais, arejar as roupas após cada uso evitando a lavagem, evitar o uso de tecidos acabados mecanicamente, como peles ou lãs, utilizar sabões menos alcalinos (em forma de líquido ou gel).

4.2 Síntese das publicações

Posteriormente à leitura integral, os artigos foram agrupados por similaridade. Para que o agrupamento fosse possível, foram elencados quatro temas norteadores oriundos dos materiais analisados (Figura 02).

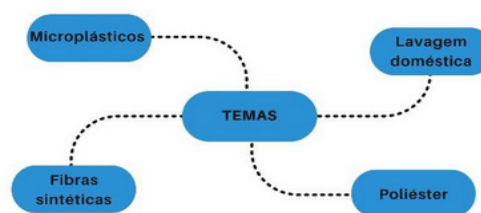


Figura 02 : Temas norteadores.

Fonte: As autoras, 2022.

Na sequência foi realizado o desencadeamento lógico dos conteúdos, tendo como base os quatro temas norteadores.

4.2.1. Microplásticos

A produção em massa de plásticos iniciada na década de 1940, otimizou técnicas de fabricação, resultando em uma infinidade de plásticos resistentes responsáveis por originar produtos leves, duráveis e anticorrosivos. Esses atributos contribuíram para o uso extensivo de plásticos em aplicações quase inesgotáveis (HERNANDEZ, NOWACK E MITRANO, 2017).

Entretanto, atrelada ao uso intensivo dos materiais plásticos, está a poluição ambiental provocada por seus resíduos.

Conforme Hernandez, Nowack e Mitrano (2017), somente a partir da virada do século XXI é que fragmentos minúsculos de plástico, fibras e grânulos, denominados como microplásticos (fragmentos de polímero menores que 5 mm), passaram a ser considerados cada vez mais poluentes.

Em relação ao conceito de microplásticos, existe uma distinção entre microplásticos grandes, que possuem tamanho entre 1 e 5 mm, microplásticos pequenos, com tamanho menor que 1 mm, e nanoplásticos, com tamanho entre 1 e 100 nm (nanômetros) (DALLA FONTANA, MOSSOTTI, E MONTARSOLO, 2020).

Em relação à classificação dos microplásticos, existem duas categorias predominantes: microplásticos primários, feitos de partículas de polietileno, polipropileno e poliestireno, encontrados em produtos de limpeza e cosméticos, e microplásticos secundários, oriundos da degradação da lavagem de poliéster ou outros têxteis sintéticos como acrílico e poliamida (HERNANDEZ, NOWACK E MITRANO, 2017).

A poluição plástica é um dos mais problemáticos impactos antropogênicos sobre o meio ambiente.

De acordo com Kelly *et al* (2019), as maiores fontes de poluição microplástica incluem pneus de carros e vestuário de origem sintética, que podem entrar no ambiente através das águas residuais utilizadas nas lavagens domésticas desses tecidos.

Pesquisas recentes apontam que as instalações de tratamento de águas residuais são incapazes de capturar todos os microplásticos, contribuindo para a sua presença em corpos de água doce (HERNANDEZ, NOWACK E MITRANO, 2017).

Microplásticos estão presentes nos rios, na superfície do oceano e são encontrados até mesmo nas fossas oceânicas mais profundas. Nessas condições, podem ser ingeridos por uma variedade de animais aquáticos tais como peixes, crustáceos, pássaros e vermes. Uma vez ingeridos, esses materiais plásticos podem levar a redução do consumo de alimentos, bem como o aumento da mortalidade desses animais (KELLY *et al*, 2019).

Dados recentes mostram que quase 700 organismos aquáticos em todo o mundo estão ameaçados pela ingestão de microplásticos (ŠARAVANJA, PUŠIĆ, E DEKANIĆ, 2022).

Um dos primeiros relatórios sobre microplásticos em ambientes marinhos foi publicado em 2011 por Browne *et al*. Neste estudo, foram identificadas partículas plásticas de fibras como acrílico, viscose, poliéster e poliamida.

Outros estudos relataram que os microplásticos estão presentes em todos os compartimentos ambientais, incluindo ar atmosférico, praias, superfície dos oceanos, sedimentos marinhos, gelo marinho, lagos de água doce, sedimentos de água doce e solos (O'BRIEN *et al*, 2020).

As fibras microplásticas também foram detectadas em áreas urbanas e regiões remotas, incluindo o Ártico e a Antártica e em altitudes elevadas, o que demonstra a capacidade de transporte atmosférico de longo alcance.

Os microplásticos são comumente identificados nos tratos gastrointestinais da biota em todos os níveis, presentes nos alimentos dos organismos marinhos e também em alimentos destinados ao consumo humano. Fibras microplásticas também foram identificadas no pulmão humano, sendo um risco em potencial para a saúde (O'BRIEN *et al*, 2020).

De acordo com as pesquisas de Belzagui *et al* (2019), a quantidade de microplásticos que chega aos oceanos é de aproximadamente 17.830 toneladas ao ano, número que tende a aumentar devido ao consumo excessivo desse tipo de material, em especial às fibras têxteis sintéticas como o poliéster.

4.2.2. Fibras têxteis sintéticas

As fibras sintéticas representam mais de 60% do consumo mundial de fibras, sendo o poliéster, a poliamida e o acrílico as mais utilizadas. Essas fibras são utilizadas para produzir têxteis sintéticos para diversas aplicações, incluindo vestuário e estofos, bem como têxteis para aplicações agrícolas, médicas ou de proteção (SCHMIEDGRUBER, HUFENUS, MITRANO, 2019).

A primeira fibra química, o rayon, foi apresentada ao mundo em 1889 por dois químicos franceses.

Após a Primeira Guerra Mundial, em 1921, os irmãos suíços Dreyfus desenvolveram uma segunda fibra química chamada de celanese e que ficou conhecida como rayon acetinado. Após esse momento diversas novas fibras químicas foram criadas (PEZZOLO, 2009).

Em 1941, o poliéster foi criado pela ICI, nos Estados Unidos, e foi batizado primeiramente como "Dacron" (AUDACES, 2020).

As matérias-primas para a produção do poliéster consistem no ácido tereftálico e etilenoglicol. As fibras de poliéster possuem alta elasticidade, são termoplásticas, resistentes à rotura e ao desgaste. São bastante versáteis, podem ser utilizadas em tecidos para vestuário, gravataria, mantas, capas para chuva, cortinas, artigos de malha. Dentro dos tecidos técnicos é utilizada em filtros para ar quente, revestimentos de prensas de passar roupa, enxugadores a quente, prensas de engomar, sacos de roupas para lavanderias e tinturarias, cintos, fitas, mangueiras de incêndio, velas, cabos e redes de pescar. (SENAI, 2015).

O poliéster também é conhecido como tergal e é utilizado tanto em malharia quanto em tecido plano, pode ser combinado com outras fibras químicas ou fibras naturais (PEZZOLO, 2009).

O poliéster é um dos polímeros mais mutáveis e isso se deve à grande possibilidade de usos e características, estando presentes em fibras têxteis, não tecidos, plásticos e em filtros (SILVEIRA, 2014).

As fibras descontínuas de poliéster representam 18,5% do mercado total de fibras, o que significa uma produção de 23 milhões de toneladas dessas fibras em 2020 (PINLOVA, HUFENUS E NOVACK, 2022).

A fibra de poliamida também é bastante utilizada. A matéria-prima empregada em sua fabricação é o caprolactama para a Poliamida 6, a hexametilenodiamina e o ácido adípico para a Poliamida 6.6. As poliamidas também são chamadas pelo nome comercial nylon (SENAI, 2015).

As fibras de poliamida se caracterizam pela alta resistência à ruptura, desgaste e abrasão, elevada resistência aos agentes químicos sintéticos e naturais, baixo coeficiente de atrito, alto grau de tingimento, alta cristalinidade, baixa absorção de umidade, rápida secagem e grande poder de resistência contra insetos nocivos e apodrecimento (SENAI, 2015).

A fibra de acrílico é obtida a partir da matéria-prima acrilonitrilo, que pode ser originada do amoníaco, do propileno e do oxigênio, ou por meio de produtos intermediários como o gás acetileno e o ácido cianídrico. Essa fibra é conhecida por ter características semelhantes à lã natural, principalmente no que tange ao conforto térmico. Além disso, possui excelente resistência às intempéries e à degradação por raios ultravioleta (SENAI, 2015).

Além das fibras de poliéster, poliamida, e acrílico, a fibra de elastano apresenta grande consumo no mercado

de têxteis. Esta fibra é conhecida pelos nomes comerciais lycra ou spandex, e trata-se de uma fibra sintética produzida a partir de poliuretano segmentado. Sua propriedade mais importante é o alongamento e recuperação que promovem caimento, conforto e contorno às roupas. A fibra pode ser esticada de quatro a sete vezes o seu comprimento, possui ótima resistência ao sol e a água salgada, além de reter sua flexibilidade durante o uso e com o passar do tempo. É muito utilizada para a produção de meias, fios para malharia, moda praia, lingerie, tecidos canelados e esportivos (SENAI, 2015).

Durante o ciclo de vida, todos os têxteis têm a possibilidade de libertar fibras microplásticas que podem se desprender durante o uso ou lavagem, seja na água, no solo ou no ar (SCHMIEDGRUBER, HUFENUS, MITRANO, 2019).

Além das fibras sintéticas, as fibras artificiais também podem produzir e liberar microplásticos. Os estudos de Lusher *et al* (2013) e Woodall *et al* (2014), relataram a identificação de fibras de viscose no trato gastrointestinal de peixes, bem como em sedimentos do fundo do mar, o que demonstra que essa categoria de fibras é uma importante fonte de microplásticos.

A quantidade de microplásticos que irão se desprender das fibras depende de uma série de variáveis, incluindo o tipo de tecido (plano, malha ou não tecido), a textura (aberto ou denso), o tipo de fio e a natureza das fibras envolvidas no processo de fabricação.

Durante o processo de fiação, existem inúmeras influências mecânicas que podem contribuir para a fragmentação das fibras. Nesses processos, fibras curtas (fragmentos) são inseridas nos fios, tornando-as possíveis emissoras de microplásticos durante as lavagens domésticas (HERNANDEZ, NOWACK E MITRANO, 2017).

Para Shui e Plastina (2013), as fibras têxteis provavelmente serão uma das principais fontes de microplásticos presentes nos efluentes domésticos no futuro. Mesmo os consumidores podendo escolher comprar roupas feitas de materiais naturais, as fibras sintéticas estão fortemente presentes na indústria do vestuário, e a produção global de fibras sintéticas, principalmente o poliéster, supera a demanda por alternativas naturais.

4.2.3. A lavagem doméstica de artigos do vestuário

As fibras têxteis são o tipo mais comum de resíduos microplásticos encontrados na natureza, seja em rios e oceanos, solo ou ar. São comumente fabricadas de poliamida, poliéster ou polipropileno (ANDRADY, 2011).

A presença dessas microfibras plásticas está associada a liberação de fibras sintéticas de roupas durante a lavagem, seja doméstica ou industrial (CAI *et al*, 2020a).

Segundo o estudo de Dalla Fontana, Mossoti e Montarsole (2020), ciclos de lavagem das máquinas, temperatura da água, velocidade de centrifugação, entre outros, são fatores importantes para maior ou menor

liberação de microplásticos.

Como muitas máquinas de lavar roupa não são equipadas com filtros para capturar fibras microplásticas, elas são enviadas com o fluxo de águas residuais para a estação de tratamento de águas ou diretamente para os rios (SCHMIEDGRUBER, HUFENUS, MITRANO, 2019).

Devido ao seu tamanho, a maioria das microfibras liberadas não podem ser bloqueadas por estações de tratamento de águas residuais e acabam indo parar em mares e oceanos (DALLA FONTANA, MOSSOTTI e MONTARSOLO, 2020).

Globalmente, apenas cerca de 20% das águas residuais passam por tratamento antes de serem lançadas em corpos d'água naturais (PINLOVA, HUFENUS E NOVACK, 2022).

Embora a eficiência da remoção de microplásticos em estações de tratamento de águas residuais pode chegar a 98% ou mais, os fragmentos que não são capturados, contribuem com cerca de 20% da liberação de microplásticos em água doce (CAI *et al*, 2020a).

Os estudos de Hartline *et al* (2016) relataram uma redução na liberação de microplásticos ao lavar em máquinas com abertura/carregamento frontal em comparação com as máquinas de abertura/carregamento superior. Isso acontece devido ao carregamento antecipado da máquina usando um volume de água muito menor.

O consumo médio anual de água para lavagem doméstica é estimado em 19 bilhões de m³, com a América do Norte representando a maior parcela (20%). O uso de altos volumes de água nas máquinas de carregamento/abertura superior na América do Norte pode ser um fator considerável para a liberação de 3 milhões de toneladas de microplásticos ao ano nos EUA (KELLY *et al*, 2019).

Além disso, testes de laboratório simulando as condições de uma lavanderia doméstica, demonstraram que a quantidade e o tamanho dos microplásticos liberados tende a diminuir após o terceiro ciclo de lavagem da mesma peça (KELLY *et al*, 2019).

Apesar de inúmeros estudos identificarem que a lavagem de roupas é uma fonte de emissões de microplásticos, poucos estudos examinaram o processo de secagem mecânica de roupas e têxteis. Contudo, estudos de Pirc *et al* (2016) e Zambrano *et al* (2019) examinaram o processo de secagem mecânica de roupas e têxteis, e puderam comprovar que as secadoras residenciais contribuem para a liberação de fibras microplásticas no ambiente atmosférico circundante (O'BRIEN *et al*, 2020).

De acordo com Kelly *et al* (2019), algumas tecnologias propostas para reduzir a liberação de microplásticos nos processos de lavagem doméstica consistem na implementação de filtros com maior capacidade de retenção de fragmentos. Ademais, a redução do volume de água utilizado nos processos de lavagem também contribuiria

para minimizar a emissão de fragmentos plásticos.

Nesse sentido, de acordo com os autores, a transição para máquinas de lavar de alta eficiência que utilizam aproximadamente 50% menos água na lavagem principal, é um passo para reduzir o consumo de água e energia, reduzindo também a liberação de microplásticos e, conseqüentemente, o impacto ambiental gerado por essa atividade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo apresentar um estudo de avaliação de artigos que integrassem os temas microplásticos, fibras têxteis e processos de lavagem. Para tanto, foi conduzida uma revisão bibliográfica sistemática que compreendeu três fases distintas: entrada, processamento e saída. Foram aplicadas oito strings de busca relacionadas ao tema, contemplando publicações em língua inglesa dos últimos cinco anos revisadas por pares.

Ao longo do processo de busca ficou perceptível a relação entre o termo microplásticos e as pesquisas das áreas de Engenharia Ambiental, Biologia e Química, assim como o termo microfibras associa-se à área do vestuário. Contudo, quando estes são associados ao termo fibra têxtil, geralmente estão relacionados aos temas fibras têxteis sintéticas bem como processos de lavagem doméstica. Nesse sentido, os materiais selecionados para a leitura integral apresentaram como tema recorrentes os microplásticos, a fibra têxtil poliéster e os processos de lavagem doméstica do vestuário. Em virtude do critério de seleção utilizado, que contemplou a presença das strings de busca nos títulos dos artigos, foram lidos integralmente treze artigos.

Esses artigos são oriundos das áreas de: Engenharia Ambiental, Tecnologia Aquática, Biologia e Química, publicados nos periódicos *Journal of Cleaner Production*, *Materials*, *Polymers*, *Scientific Reports*, *Environmental Pollution*, *Environmental Science & Technology*, *The Science of the Total Environment*, *Water Research*, e *Applied Spectroscopy*.

Dos treze artigos selecionados para a leitura integral, oito abordaram diretamente a liberação de microplásticos por meio da lavagem doméstica de artigos do vestuário (CAI *et al* (2020a); CAI *et al* (2020b); KELLY *et al* (2020); BELZAGUI *et al* (2019); HERNANDEZ *et al* (2017); DALLA FONTANA, MOSSOTTI E MONTARSOLO (2020); VOLGARE *et al*, 2017); (CHOI *et al* (2021).

As ideias centrais presentes nesses artigos estão vinculadas à liberação de microplásticos oriundos de materiais compostos por fibras artificiais e sintéticas durante os processos de lavagem domésticas e trazem como resultados as seguintes contribuições:

a) A liberação de microplásticos por meio da lavagem doméstica, geralmente diminui entre o quarto e quinto ciclo de lavagem (CAI *et al* (2020a); KELLY *et al* (2020);

BELZAGUI *et al* (2019).

b) O corte a tesoura libera uma quantidade maior de microplásticos do que o corte a laser (CAI *et al* (2020a), CAI *et al* (2020b).

c) Aspectos como volume de água, agitação mecânica, duração do ciclo, temperatura e uso de sabões foram avaliados por Kelly *et al* (2020), Hernandez *et al* (2017) Dalla Fontana, Mossotti e Montarsole (2020). Dentre todos esses aspectos o volume de água elevado se mostrou como mais relevante durante a liberação de microfibras. Ademais, o uso de sabão pareceu afetar a massa total de fibras liberadas, mas a composição do sabão (líquido ou em pó) ou a superdosagem não influenciaram significativamente a liberação de microplásticos.

d) A carga de lavagem afeta a liberação de microplásticos, desse modo, a liberação diminui com o aumento da carga de lavagem (VOLGARE *et al*, 2017).

e) Uma maior densidade e compactação do tecido tende a liberar menos microplásticos (CHOI *et al* (2021).

f) Os processos de secagem doméstica também liberam microplásticos, evidenciando um risco em potencial para os moradores da residência (CHOI *et al*, 2021) O'BRIEN *et al* (2020).

Além disso, também surgiram ao longo do estudo, outros temas relacionados, tais como:

a) A presença de fibras microplásticas nos processos de fiação a anel e a rotor, com maior liberação no processo a rotor (PINLOVA *et al* (2002), CAI *et al* (2020b).

b) Remoção de fibras microplásticas em efluentes residuais utilizando lodo (SCHMIEDGRUBER, HUFENUS e MITRANO, 2019).

c) Identificação de fibras celulósicas artificiais (rayon/viscose) em meio marinho COMNEA-STANCU *et al* (2017).

d) Medidas paliativas para diminuir a liberação dos microplásticos por meio da lavagem (ŠARAVANJA, PUŠIĆ, DEKANIĆ, 2022).

Dessa forma, conclui-se que a presença dos microplásticos na água doce e no ambiente marinho já vem sendo relatada em vários estudos.

Acredita-se que a liberação de microplásticos das roupas sintéticas seja causada pelo volume de água, pela mecânica e as tensões químicas que os tecidos sofrem durante a lavagem nas máquinas de lavar.

Além das máquinas de lavar roupa não serem capazes de filtrar os microplásticos, as estações de tratamento de água também não conseguem reter esses materiais. Uma solução para isso seria investir em pesquisas para a criação de filtros para as máquinas de lavar que sejam realmente eficazes na filtragem das mesmas.

Há boas razões para considerar os têxteis sintéticos como uma fonte importante de microplásticos que não

diminuirão devido a mudanças nos hábitos de consumo, uma vez que o uso de tecidos de sintéticos, especialmente o poliéster continua a aumentar.

REFERÊNCIAS

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 01 dez. 2021.

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil. **Setor têxtil e de confecção brasileiro fecha 2017 com crescimento**. 2017. Disponível em: < [ANDRADY A. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v.62 p.1596-1605, 2011.](https://www.abit.org.br/noticias/setor-textil-e-de-confeccao-brasileiro-fecha-2017-com-crescimento#:~:text=O%20setor%20t%C3%AAtil%20e%20de,77%20milh%C3%A3o%20de%20toneladas%20produzidas.> Acesso em: 01 dez. 2021.</p></div><div data-bbox=)

ARSLAN-ALATON, I.; GURSOY, B. H.; SCHMIDT, J. E. Advanced oxidation of acid and reactive dyes: Effect of Fenton treatment on aerobic, anoxic and anaerobic processes. **Dyes and Pigments**, v. 78, p. 117-130, 2008.

AUDACES. **Indústria Têxtil: matéria-prima pode ser natural ou química**. Disponível em: <<https://audaces.com/industria-textil-materias-primas-pode-ser-natural-ou-quimica/>>. Acesso em: 24 nov. 2021.

BELZAGUI, F. et al. Microplastics emissions: microfibers detachment from textile garments. **Environmental Pollution**, v. 248, p.1028-035, 2019.

BROWNE, M. A. et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environmental Science Technology**, v. 21, p. 9175–9179, 2011.

CAI, Y. et al. Systematic Study of Microplastic Fiber Release from 12 Different Polyester Textiles during Washing. **Environmental Science & Technology**, p. 4847 – 4855, 2020a.

CAI, Y. et al. The origin of microplastic fiber in polyester textiles: The textile production process matters. **Journal of Cleaner Production**, 2020b.

CANEVAROLO JÚNIOR, S. V. **Ciência dos Polímeros**: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. São Carlos, SP: Artiber, 2002.

CHOI, S. et al. Characterization of microplastics released based on polyester fabric construction during washing and drying. **Polymers**, v.13, 2021.

COMNEA-STANCU, I. R. et al. On the identification of rayon/viscose as a major fraction of microplastics in the marine environment: discrimination between natural and manmade cellulosic fibers using fourier transform infrared spectroscopy. **Applied Spectroscopy**, v. 71.5, p. 939-50, 2017.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; DA SILVA, S. L. Roteiro

para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP. **Anais...** Porto Alegre, 2011, p. 01-12.

ECYCLE – **Sua pegada mais leve. Indústria da moda desperdiça um caminhão de lixo têxtil por segundo**. Disponível em: <www.ecycle.com.br/component/content/article/38-no-mundo/6169-industria-da-moda-desperdicio-emissoes-co2-lixo.html> Acesso em: 24 nov. 2021.

DALLA FONTANA, G.; MOSSOTTI, R; MONTARSOLO, A. Assessment of microplastics release from polyester fabrics: the impact of different washing conditions. **Environmental Pollution**, v. 264, p. 1-6, 2020.

FLETCHER, K.; GROSE, L. **Moda e sustentabilidade**: design para mudança. São Paulo: Senac, 2011.

HARTLINE, N. L. et al. Microfiber masses recovered from conventional machine washing of new or aged garments. **Environmental Science Technology**, v. 50, p. 11532–11538, 2016.

HERNANDEZ, E.; NOWACK, B.; MITRANO, D. M. Polyester textiles as a source of microplastics from households: a mechanistic study to understand microfiber release during washing. **Environmental Science & Technology**, 2017.

HORVAT, A. J. M. et al. Analysis, occurrence and fate anthelmintcs and their transformation products in the environment. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 31, p. 61-24, 2012.

KELLY, M. R. et al. Importance of water-volume on the release of microplastic fibers from laundry. **Environmental Science & Technology**, v. 53.20, p.11735-1744, 2019.

LEE, M. **Eco chic**: o guia de moda ética para a consumidora consciente. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

LUSHER, A. L. et al. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the english channel. **Marine Pollution Bulletin**, v. 67(1–2), p.94–99, 2013.

O'BRIEN, S. et al. Airborne emissions of microplastic fibres from domestic laundry dryers. **The Science of the Total Environment**, v. 747, p.141175, 2020.

PEZZOLO, D. B. **Tecidos: história, tramas, tipos e usos**. Editora Senac, 2009.

PINLOVA, B.; HUFENUS, R., NOWACK, B. Systematic study of the presence of microplastic fibers during polyester yarn production. **Journal of Cleaner Production**, v. 363, 2022.

PIRC, U. et al. Emissions of microplastic fibers from micro-fiber fleece during domestic washing. **Environmental Science Pollution**, v. 23, p. 22206–22211, 2016.

ŠARAVANJA, A; PUŠIĆ, T.; DEKANIĆ, T. Microplastics in

wastewater by washing polyester fabrics. **Materials**, v. 15.7, p. 2683, 2022.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Tecnologia dos processos têxteis**. São Paulo: SENAI, 2015.

SCHMIEDGRUBER, M.; HUFENUS, R.; MITRANO, D. M. mechanistic understanding of microplastic fiber fate and sampling strategies: synthesis and utility of metal doped polyester fibers. **Water Research**, Oxford, v. 155, p. 423-30, 2019.

SHUI, S.; PLASTINA, A. **World Apparel Consumption Survey**. Em Food and Agriculture Organization dos Estados Unidos e International Cotton Advisory Committee, 2013.

SILVEIRA, S. **Manual de Matérias Primas Têxteis**. Centro de Formação Profissional para Indústria de Lanifícios. 2014. 104 p.

SOUZA MACHADO, A. A. et al. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. **Global Change Biology**, 2018.

VOLGARE, M. et al. Washing load influences the microplastic release from polyester fabrics by affecting wettability and mechanical stress. **Scientific Reports**, v. 11.1, p.19479, 2021.

WOODALL, L. C. et al. Using a forensic science approach to minimize environmental contamination and to identify microfibrils in marine sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 95(1), p. 40-46, 2015.

ZAMBRANO, M.C. et al. Microfibers generated from the laundering of cotton, rayon and polyester based fabrics and their aquatic biodegradation. **Marine Pollution Bulletin**, v. 142, p. 394-407, 2019.

AUTORES

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8691-6751>

CARLA CAROLINA DEOLA DEMINSKI, Tecnóloga em Design de Moda | Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul | Erechim, RS- Brasil | Correspondência para: Rua Dionísio Fabiani, 373, São Caetano - Erechim - RS, 99.700-802 | carla_carlacarolina@hotmail.com.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1280-0756>

ANDRÉIA MESACASA, Doutora em Design | Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul | Erechim, RS - Brasil | Correspondência para: Rua Domingos Zanela, 104, Três Vendas - Erechim - RS, 99.713-028 | andreiamesacasa@hotmail.com.

COMO CITAR ESTE ARTIGO

MESACASA, Andréia; DEMINSKI, Carla Carolina Deola. . Fibras Têxteis Sintéticas e a Liberação de Microplásticos: Uma Revisão. *MIX Sustentável*, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 80-90, dez. 2022. ISSN 24473073.

Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: _/_/_. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v9.n1.80-90>.

SUBMETIDO EM: 12/07/2022

ACEITO EM: 05/10/2022

PUBLICADO EM: 20/12/2022

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto, Rachel Faverzani Magnago.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

Todos os autores: Conceituação; Curadoria de Dados; Análise formal; Investigação; Metodologia; Administração de projetos; Validação; Visualização; Escrita - rascunho original; Escrita - revisão e edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.