

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**RICARDO APARECIDO DOS SANTOS JUNIOR**

**IMPACTO AMBIENTAL GERADO POR MICROPLÁSTICOS TÊXTEIS**

**APUCARANA**

**2023**

**RICARDO APARECIDO DOS SANTOS JUNIOR**

**IMPACTO AMBIENTAL GERADO POR MICROPLÁSTICOS TÊXTEIS**

**Environmental impact generated by textile microplastics**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador(a): Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro.

**APUCARANA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Apucarana



COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil

### TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

**IMPACTO AMBIENTAL GERADO POR MICROPLÁSTICOS TÊXTEIS**

Por

RICARDO APARECIDO DOS SANTOS JUNIOR

Monografia apresentada às 16 horas do dia 16 de junho de 2023, como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado(a) **APROVADO(A)**.

---

PROFESSOR(A) VALQUÍRIA APARECIDA DOS SANTOS RIBEIRO – ORIENTADOR(A)

---

PROFESSOR (A) PATRÍCIA MELLERO MACHADO CARDOSO – EXAMINADOR(A)

---

PROFESSOR (A) FLÁVIO AVANCI DE SOUZA – EXAMINADOR(A)

\*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela minha vida.

A minha família pelo apoio, especialmente nos momentos difíceis durante a realização deste trabalho.

A minha orientadora professora doutora Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro pela paciência e disposição a sanar dúvidas durante a orientação do trabalho.

Aos professores Flávio Avanci de Souza e Patrícia Mello Machado Cardoso por aceitarem fazer parte da banca.

E aos meus amigos e colegas pela companhia e incentivo neste período.

## RESUMO

A indústria têxtil, desde o seu surgimento durante a revolução industrial, passou por diversas transformações para a ampliação da capacidade produtiva e para diversificação de matéria prima, como o descobrimento das fibras sintéticas, as quais ganharam destaque no mercado têxtil. Atualmente, essas fibras ocupam 60% da demanda mundial por fibras e geram preocupação no contexto ambiental pois quando liberadas dos artigos têxteis durante as lavagens de roupa contribuem para a poluição do ambiente causada por microplásticos. A liberação ocorre tanto no uso dos artigos quanto nos processos de lavagem e fabricação deles. Este trabalho trata-se de uma pesquisa teórica acerca dos impactos causados por microplásticos têxteis aos corpos hídricos, abordando: a poluição causada pela presença destes nos corpos hídricos, os principais fatores que contribuem para a liberação destes aos corpos hídricos e possíveis ações para minimizar a quantidade de microplásticos têxteis descartados nos corpos hídricos. Foi utilizada a pesquisa exploratória fundamentada em artigos, livros e trabalhos de modo que permitiu-se atingir o objetivo proposto. Verificou-se que os microplásticos têxteis estão espalhados pelos oceanos, afetando animais e plantas presentes em ambientes aquáticos, podendo chegar até humanos pela cadeia alimentar. Os parâmetros que influenciam no desprendimento de microplásticos têxteis são as características dos tecidos e condições de processo tanto na lavagem doméstica quanto nos processos da indústria têxtil. E medidas como leis que obrigam as empresas fabricantes de máquinas de lavar a vende-las com filtros já instalados e o aumento da cobertura e eficiência de estações de tratamento de efluentes são importantes para a redução de microplásticos têxteis lançados para os corpos hídricos. Conclui-se que os microplásticos têxteis presentes nos corpos hídricos, afetam a fauna e flora aquáticas, tendo potencial para chegar até os humanos através da alimentação, os principais fatores que contribuem para a liberação de microplásticos têxteis são: tipo de fio utilizado na fabricação dos tecidos, condições de processos de lavagem, condições de fabricação de produtos têxteis e a falta de tratamento de parte dos efluentes de esgoto urbano.

Palavras-chave: microfibras; microfibras sintéticas; microplásticos; fibras sintéticas; impacto ambiental.

## ABSTRACT

The textile industry, since its emergence during the industrial revolution, has undergone several transformations to expand its productive capacity and diversify raw materials, such as the discovery of synthetic fibers, which gained prominence in the textile market. Currently, these fibers occupy 60% of the world's demand for fibers and generate concern in the environmental context because when released from textiles during laundry, they contribute to environmental pollution caused by microplastics. Liberation occurs both in the use of the articles and in the processes of washing and manufacturing them. This work is theoretical research about the impacts caused by textile microplastics to water bodies, addressing: the pollution caused by their presence in water bodies, the main factors that contribute to their release to water bodies and possible actions to minimize the amount of textile microplastics discarded in water bodies. Exploratory research based on articles, books and works was used to achieve the proposed objective. It was found that textile microplastics are spread across the oceans, affecting animals and plants present in aquatic environments, and may even reach humans through the food chain. The parameters that influence the detachment of textile microplastics are the characteristics of the fabrics and process conditions both in domestic washing and in textile industry processes. And measures such as laws that oblige washing machine manufacturers to sell them with filters already installed and the increase in coverage and efficiency of effluent treatment stations are important for the reduction of textile microplastics released into water bodies. It is concluded that the textile microplastics present in water bodies affect the aquatic fauna and flora, having the potential to reach humans through food, the main factors that contribute to the release of textile microplastics are type of yarn used to make fabrics, conditions of washing processes, manufacturing conditions of textile products and the lack of treatment of part of the urban sewage effluents.

Keywords: microfibers; synthetic microfibers; microplastics; synthetic fibers; environmental impact.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 - Fluxograma da cadeia produtiva têxtil .....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 2 - Reação de formação da poliamida 6.6 .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 3 - Reação de formação do poliéster .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 4 - Processos de obtenção dos fios sintéticos.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 5 - Microplásticos primários.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 6 - Plásticos geradores de microplásticos secundários.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 7 - Microfibras liberadas na lavagem doméstica.....</b>	<b>20</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>10</b>
1.1.1	Objetivo geral .....	10
1.1.2	Objetivos específicos.....	10
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Indústria têxtil</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Fibras</b> .....	<b>13</b>
2.2.1	Poliamidas .....	14
2.2.2	Poliéster .....	15
2.2.3	Acrílicas .....	16
<b>2.3</b>	<b>Fios sintéticos</b> .....	<b>16</b>
<b>2.4</b>	<b>Impacto ambiental</b> .....	<b>18</b>
<b>2.5</b>	<b>Microplásticos</b> .....	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>29</b>



## 1 INTRODUÇÃO

No passado a produção têxtil era um trabalho manual praticado por tecelões e pequenos grupos de artesões qualificados, a partir dos avanços tecnológicos as empresas têxteis surgiram, possibilitando um aumento na produção e padronização de artigos têxteis (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

A partir da revolução industrial as máquinas dos processos têxteis se tornaram maiores, mais rápidas e mais complexas, aumentando a produtividade da indústria, porém também houve o surgimento de problemas ambientais gerados pelos resíduos industriais (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

A principal matéria prima da indústria têxtil são as fibras e a partir do surgimento das fibras sintéticas a indústria têxtil obteve maior segurança em relação a produção de artigos têxteis, pois as fibras sintéticas, derivadas do petróleo, sofrem menos impactos com relação a intempéries do que as fibras naturais (ROMERO *et al.*, 1995).

As fibras sintéticas ganharam espaço no mercado devido a seu baixo custo e inúmeras possibilidades de aplicações. No ano de 2021 a produção mundial de fibras têxteis foi de 113 milhões de toneladas, sendo que as sintéticas representaram 64% dessa quantidade (MATURO, 2022).

Os artigos têxteis liberam microfibras ao longo de seu uso e processo de lavagem, sendo que as de origem sintética contribuem para a poluição ocasionada por microplásticos, portanto as microfibras sintéticas podem ser definidas como microplásticos têxteis, de acordo com Barrows *et al.* (2018) a maioria das partículas superficiais na água aparentam ser microfibras.

As microfibras sintéticas podem ser classificadas como microplásticos de origem primária, pois já chegam ao ambiente marinho em tamanho micro e sua origem ocorre a partir processos mecânicos que fragmentam o material a nível micro e no caso de artigos têxteis, um dos principais processos é o de lavagem (BOUCHER; FRIOT, 2017).

Este trabalho trata de uma pesquisa bibliográfica que busca entender o impacto ambiental ocasionado pelos microplásticos têxteis aos corpos hídricos. Abordando os fatores que influenciam na liberação de microplásticos têxteis durante os processos de lavagem e fabricação de artigos têxteis, a poluição causada pelas

microplásticos têxteis aos corpos hídricos e ações que possam minimizar o transporte destes aos corpos hídricos.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

Realizar pesquisa teórica acerca do impacto ambiental ocasionado pelos microplásticos têxteis aos corpos hídricos.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Conhecer a poluição causada pela presença de microplásticos têxteis nos corpos hídricos;
- Buscar os principais fatores que contribuem para a liberação de microplásticos têxteis nos corpos hídricos;
- Identificar as possíveis ações para minimizar a quantidade de microplásticos têxteis descartados nos corpos hídricos.

## 1.2 Justificativa

Desde o surgimento da primeira fibra sintética, no final dos anos de 1930, a produção desse material só cresce e evolui. Iniciou-se com a obtenção do fio de poliamida utilizado como linha de costura e fabricação de meias femininas, surgindo a partir daí inúmeras outras fibras sintéticas, tais como poliéster, acrílicas, elastômeras, entre outras.

Ao longo dos anos esses materiais sintéticos ganharam mercado e chegaram ao segmento do vestuário, sendo aplicados nas mais variadas roupas e artigos de cama, mesa e banho. Os fios evoluíram para fios multifilamentos sem torção, com torção, texturizados de diversas formas, fios de fibras cortadas e chegando até as microfibras.

Com essa evolução e inovações lançadas constantemente, a produção de vestuários com fibras sintéticas aumentou muito desde os anos de 1950, e foi potencializada pelo movimento *fast fashion*, demandando maior produção em um curto tempo, contribuindo para o aumento do volume de fibras que se desprendem das roupas durante o processo de lavagem industrial e doméstica. Parte dessas fibras não são retidas pelos sistemas de tratamento de efluentes ou esgoto urbano e de

acordo com as estimativas de Belzagui *et al.* (2020) anualmente os ambientes aquáticos recebem entre 0,27 e 0,28 milhões de toneladas de microfibras.

Devido as fibras sintéticas serem derivadas do petróleo, persistem por muitas décadas na natureza, e podem provocar danos irreparáveis a fauna e flora aquáticas pois, no seu processo produtivo ocorre a inserção de vários aditivos nocivos ao ambiente, assim é importante identificar os impactos causados pelas microfibras sintéticas nos ambientes aquáticos e em todo o ecossistema, visto que essas já entraram na cadeia alimentar (MISHRA *et al.*, 2020).

Este trabalho pretende contribuir para o meio acadêmico e para sociedade, ao reunir e discutir informações acerca dos impactos causados ao meio ambiente pelos microplásticos têxteis e apontar ações que estão sendo implantadas com o objetivo de minimizar as consequências geradas no ambiente e na vida da sociedade.

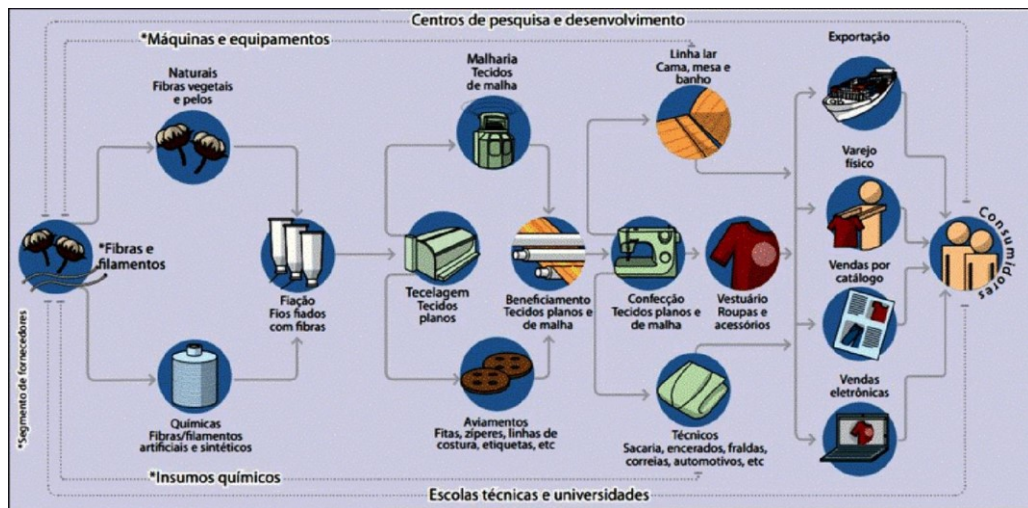
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Indústria têxtil

A indústria têxtil foi originalmente criada para a tecelagem de tecidos e atualmente ela possui outros processos além desse, como malharia e tecnologia de tecidos não tecidos. A cadeia produtiva têxtil inicia com a produção das fibras, passando pela fiação, formação do tecido, beneficiamento e terminando com a confecção do produto (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

A seguir na figura 1 está o fluxograma básico da cadeia produtiva têxtil.

Figura 1 - Fluxograma da cadeia produtiva têxtil



Fonte: Abit, 2013.

O Brasil possui a última cadeia têxtil completa do ocidente, produzindo desde as fibras até a confecção e varejo, se destacando entre os quatro maiores produtores de malha do mundo e possui referência mundial no *design* de moda praia, *homewear* e *jeanswear*. O setor têxtil brasileiro é o segundo maior empregador da indústria de transformação no Brasil (ABIT, 2020).

A produção global de fibras têxteis no ano 2000 foi 58 milhões de toneladas (OPPERSKALSKI, 2021). Nos últimos 20 anos a produção quase dobrou alcançando a quantidade de 113 milhões de toneladas em 2021, sendo que as fibras sintéticas representam em torno de 64% dessa quantidade e a produção da fibra de poliéster ocupou 54% do total de fibras produzidas (MATURO, 2022).

## 2.2 Fibras

A principal matéria-prima utilizada na indústria têxtil, é a fibra. As fibras podem ser classificadas em dois grandes grupos: naturais e químicas. Dentre as fibras naturais, encontra-se as fibras vegetais, animais e minerais, enquanto nas fibras químicas, estão as fibras artificiais e sintéticas (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

Independente da natureza das fibras, algumas características são essenciais para serem aplicadas no setor têxtil, tais como, alta relação entre seu comprimento e diâmetro, corpo flexível e pequena seção transversal (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

Compostas por bases de arranjos de celulose natural as fibras têxteis vegetais são derivadas de sementes, caules e folhas de plantas. A composição química delas são muito semelhantes, entretanto suas aparências, propriedades físicas e mecânicas são diferentes, dando a elas diferentes aplicações (AGUIAR NETO, 1996a).

As fibras de origem animal são formadas por proteínas, sendo obtidas por secreção glandular como no caso da seda ou a partir de pelos de animais como ovelhas, lhamas, alpacas e outros animais. Essas fibras apresentam caráter anfótero, reagindo com produtos aniônicos e catiônicos (SALEM, 2010).

As fibras artificiais são fibras feitas pelo homem através da dissolução de polímeros naturais (línter de algodão, polpa de madeira etc.) que posteriormente são regenerados originando novas fibras. As fibras artificiais mais conhecidas são a viscose, o acetato, o modal e o *lyocel* (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

As fibras sintéticas surgiram após a segunda guerra mundial, com o aumento da população mundial houve um aumento da demanda de vestuários confeccionados com rapidez e com baixo custo (ROMERO *et al.*, 1995).

A produção de fibras sintéticas utiliza como matéria-prima recursos naturais não renováveis, derivados do petróleo, o que diminui a vulnerabilidade da indústria têxtil com relação a produção de fibras naturais, não dependendo da produção agrícola (ROMERO *et al.*, 1995).

De acordo com Barrows *et al.* (2018) cerca de 60% dos produtos têxteis produzidos no mundo são sintéticos, sendo as principais fibras utilizadas os poliésteres, as poliamidas e as acrílicas.

### 2.2.1 Poliamidas

As fibras de poliamida são formadas por macromoléculas lineares sintéticas que apresentam em sua cadeia molecular a repetição de grupos funcionais amidas unidas a radicais alifáticos, aromáticos ou ambos, em no mínimo 85% de sua estrutura (CONMETRO, 2008).

As fibras poliamídicas são de grande importância para o mercado brasileiro e é a 3ª fibra mais consumida, sendo que as mais utilizadas no campo têxtil são a poliamida 6.6 e a poliamida 6 (SALEM, 2010).

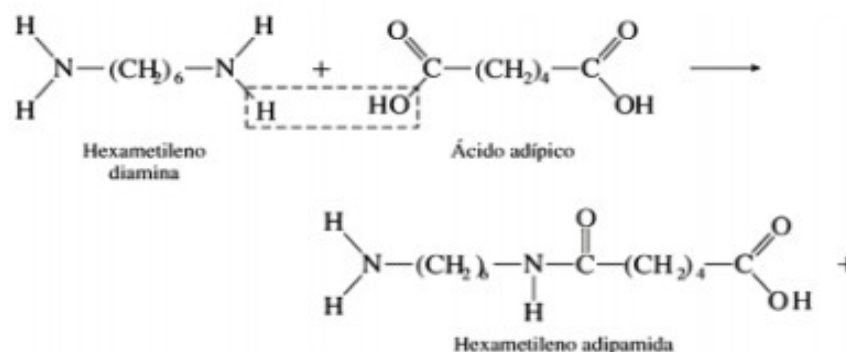
O sistema de nomenclatura diferencia as poliamidas apresentando números após o nome genérico, estes números indicam o número átomos de carbono dos monômero que formam o polímero (AGUIAR NETO, 1996b).

A poliamida 6 é formada pela polimerização da caprolactama, para o processo de polimerização ocorrer a caprolactama é hidrolisada na água transformando a caprolactama em ácido  $\epsilon$  aminocapróico e assim são formados os grupos terminais amino e carboxila os quais são a base do processo de polimerização por adição (AGUIAR NETO, 1996b).

A poliamida 6.6 é formada pela reação por condensação entre o ácido adípico e a hexametileno amina, nessa reação um dos grupos carboxílicos do diácido se ligam a um dos grupos aminos da diamina e liberam uma molécula de água (SALEM, 2010).

A figura 2 apresenta a reação entre a hexametileno diamina e o ácido adípico, que resulta na poliamida 6.6 e água.

**Figura 2 - Reação de formação da poliamida 6.6**



Fonte: SIMOMUKAY *et al*, 2021.

A poliamida 6 apresenta um menor ponto de fusão comparada a poliamida 6.6, fora isso apresentam propriedades semelhantes sendo: massa específica em torno de 1,14 g/cm<sup>3</sup>, resistência a abrasão, tenacidade superior à das fibras naturais

convencionais e dissolvem em ácidos sulfúrico, clorídrico e fórmico concentrados (AGUIAR NETO, 1996b).

As poliamidas são utilizadas na área têxtil na fabricação de tecidos de malha apropriados para a confecção de roupas de banho, meias, artigos esportivos e moda íntima (ROMERO *et al.*, 1995). Devido a sua resistência mecânica as fibras de poliamidas são apropriadas para a produção de artigos de segurança como paraquedas, cordas, EPI e outros (OLIVEIRA, 1997).

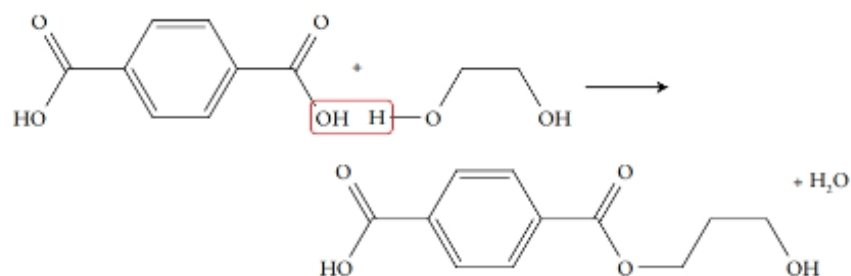
### 2.2.2 Poliéster

O Politereftalato de Etileno Glicol mais conhecido como poliéster, é um polímero que tem como matéria-prima básica um composto derivado do petróleo, o p-xileno, a partir desse composto são obtidos o Ácido Tereftálico, o Dimetiltereftalato e o Etileno Glicol (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

O poliéster é formado pela reação de um diálcool com um diácido, ou seu sal, os monômeros precisam ser bifuncionais para que ocorra a polimerização, sendo o ácido com dois grupos carboxílicos, o sal do ácido com dois carboxilatos e o álcool com dois grupos hidroxílicos (COSTA; LIMA; ROSA, 2013).

Na figura 3 é apresentada a reação entre o ácido tereftálico e o etilenoglicol.

**Figura 3 - Reação de formação do poliéster**



Fonte: ATKINS *et al.*, 2018.

As propriedades das fibras de poliéster são: peso específico de 1,22 a 1,38 g/cm<sup>3</sup>, resistência a umidade, resistência a maioria dos agentes químicos, resistência à abrasão e secagem rápida (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

A fibra de poliéster possui muitas utilidades, sendo utilizadas em roupas de proteção devido a sua alta tenacidade e durabilidade, e nas roupas para uso em ambiente aquático devido à propriedade hidrofóbica. Para o vestuário em geral, o poliéster é utilizado por ter a propriedade de resistência a rugas, capacidade de manter a forma e durabilidade (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

### 2.2.3 Acrílicas

As fibras acrílicas são formadas por macromoléculas lineares que apresentam em sua cadeia molecular a acrilonitrila em no mínimo 85% de sua composição (CONMETRO, 2008).

A fibra de poliacrilonitrila com 100% de acrilonitrila é difícil de tingir por não ter afinidade com corantes e possuir uma baixa velocidade de difusão, para tingir as fibras acrílicas são adicionados comonômeros na polimerização que dão novas propriedades as fibras como a tingibilidade (SALEM, 2010).

Outra classe das poliacrilonitrilas são as fibras de modacrílicas que apresentam em sua cadeia molecular entre 35 e 85% de acrilonitrila e o restante consiste em outros comonômeros que dão propriedades necessárias à fibra (AGUIAR NETO, 1996b).

As propriedades físicas e químicas das poliacrilonitrilas variam conforme os comonômeros presentes nelas, no geral apresentam bom isolamento térmico, são leves, resistentes a ação de raios solares e agentes químicos (ROMERO *et al.*, 1995).

As poli acrílicas são bons substitutos para a lã, por isso apresentam larga aplicação em artigos de inverno como: agasalhos, meias, gorros, cobertores, mantas e tecidos felpudos (ROMERO *et al.*, 1995).

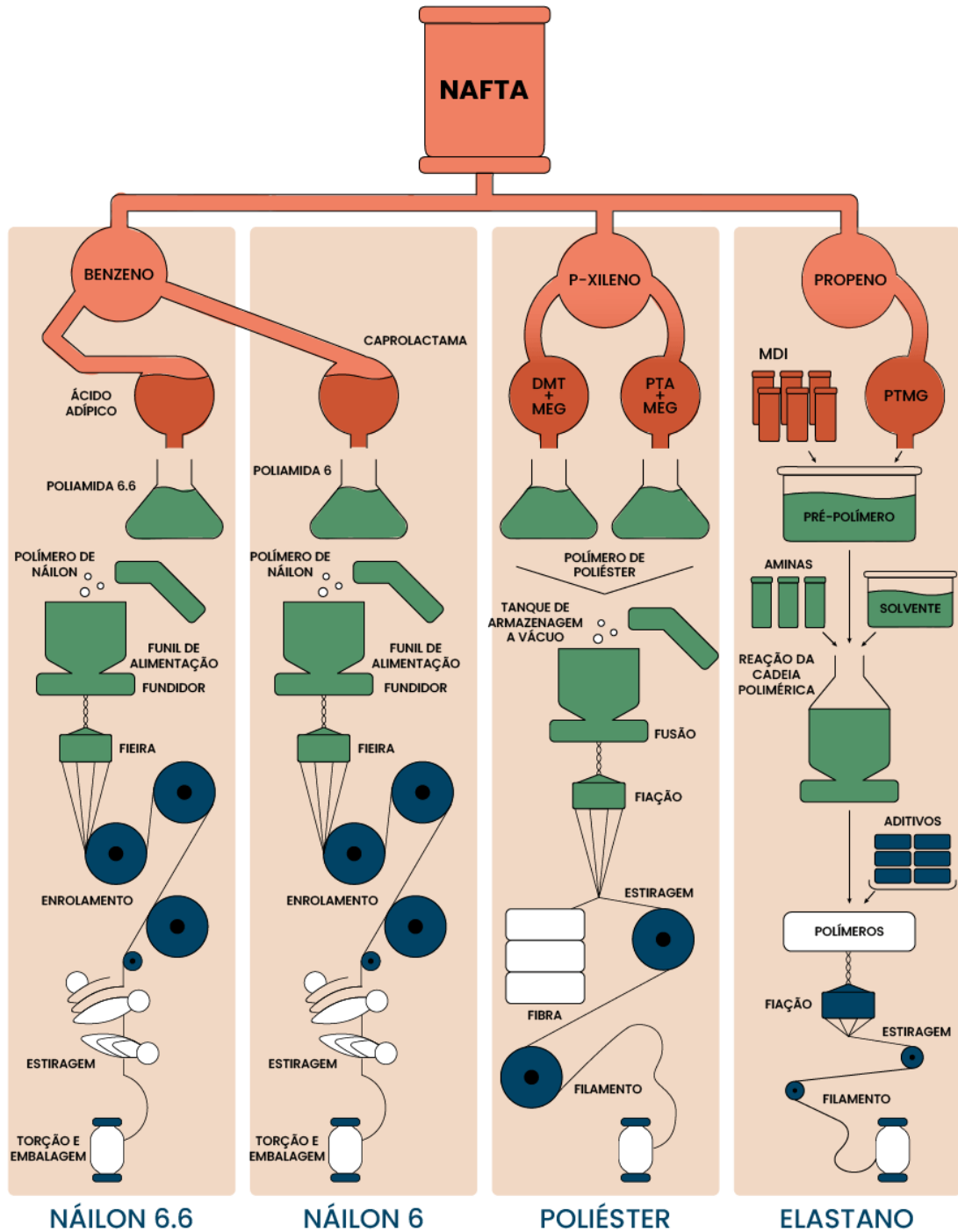
## 2.3 Fios sintéticos

Após as reações de formação dos polímeros das fibras sintéticas, eles são acondicionados na forma de chips, para posteriormente passarem pelo processo de fiação por fusão, nesse processo os polímeros são aquecidos até a temperatura de transição vítrea e passam por uma extrusora, após a passagem pela extrusora os polímeros são estirados e endurecidos (AGUIAR NETO, 1996b).

Na figura 4 está o fluxograma do processo de obtenção de fios sintéticos desde o nafta passando pela polimerização das fibras e fiação.



Figura 4 - Processos de obtenção dos fios sintéticos



Fonte: Abrafas, 2023.

Após o processo de fiação por fusão os filamentos têxteis ficam dispostos de várias maneiras, como monofilamentos, multifilamentos, microfibras e fibras cortadas (AGUIAR NETO, 1996b).

Os multifilamentos são um conjunto de monofilamentos que podem sofrer os processos de crimpagem, torção ou texturização. A crimpagem produz ondulações

nos filamentos, o que os aproxima das formas das fibras naturais, possibilitando sua mistura. A torção dos multifilamentos confere uma maior resistência a eles. O processo de texturização aumenta a elasticidade, o volume e o poder de isolamento dos multifilamentos (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

Os filamentos de microfibras são formados por filamentos individuais muito finos com título menor ou igual a 1 *denier*, o título do conjunto dos filamentos é menor ou igual ao número de filamentos. Para a fabricação desses filamentos só são utilizados os polímeros de poliéster e poliamida (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

## **2.4 Impacto ambiental**

De acordo com o primeiro artigo da resolução número 1 de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o termo impacto ambiental se refere a toda alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, de forma direta ou indireta, afetem: a população de forma geral, as atividades sociais e econômicas, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, a biota e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

## **2.5 Microplásticos**

O termo microplástico se refere a uma variedade de plásticos com tamanhos que variam de 5 milímetros a 100 nanômetros, eles apresentam-se em diferentes formas como esferas, filmes, *pellets*, espuma, fibras e outras formas (GESAMP, 2015).

Os microplásticos podem ser classificados com relação a forma que chegam ao ambiente marinho, os microplásticos primários são liberados no meio ambiente já no tamanho micro, sendo materiais já feitos neste tamanho como: agentes esfoliantes e cosméticos, ou podem ser de materiais plásticos maiores que os liberam ao ambiente durante os processos de manufatura, uso ou manutenção, como os artigos têxteis sintéticos durante o processo de lavagem ou pneus de automóveis durante a locomoção (BOUCHER; FRIOT, 2017).

Na figura 5 tem-se os microplásticos de origem primária no formato de *beads*.

**Figura 5 - Microplásticos primários**



Fonte: Funverde, 2020.

Os microplásticos secundários são originados a partir da degradação de materiais plásticos maiores presentes no ambiente marinho, com estes materiais à deriva no ambiente marinho ocorre o processo de fotodegradação. Os materiais plásticos à deriva geralmente são resíduos mal gerenciados, como sacolas plásticas descartáveis e de percas por acidentes, como redes de pesca (BOUCHER; FRIOT, 2017).

Na figura 6 estão os materiais plásticos que geram microplásticos secundários.

**Figura 6 - Plásticos geradores de microplásticos secundários**

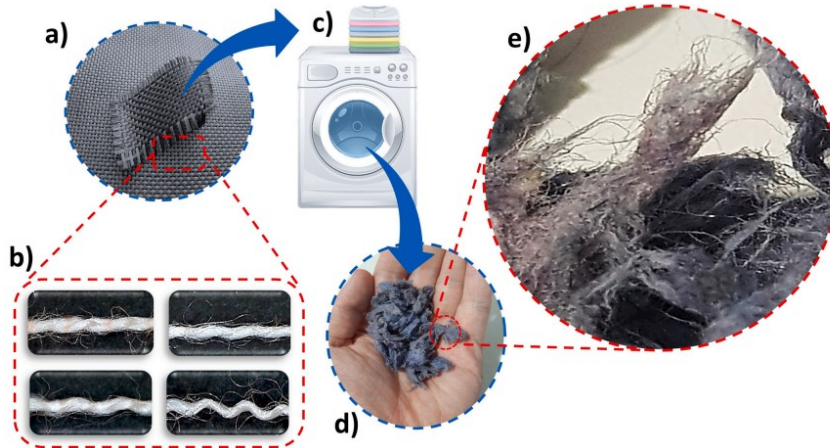


Fonte: Mundo Educação, 2022.

De acordo com Boucher e Friot (2017), há 7 principais fontes de microplásticos primários para o meio ambiente, sendo elas: pneus, têxteis, revestimentos marinhos, marcações rodoviárias, produtos de cuidado pessoal, *pellets* plásticos e poeira da cidade. As microfibras liberadas por artigos têxteis contribuem com 34,8% dos microplásticos liberados ao meio ambiente, sendo a maior parte deles.

Na figura 7 é apresentado as microfibras liberadas no processo de lavagem de produtos têxteis.

- Figura 7 - Microfibras liberadas na lavagem doméstica.**  
a) Estrutura do tecido plano. b) Fio têxtil utilizado na produção do tecido. c) Máquina de lavar doméstica. d) Resíduos fibrosos de uma lavagem doméstica com 6 kg de tecido. e) Vista aproximada do resíduo de fibras após a lavagem.



Fonte: Oliveira *et al.*, 2023.

### 3 METODOLOGIA

O tema deste trabalho, foi investigado por meio de uma pesquisa exploratória, através de referenciais científicos, a qual é caracterizada pelo desenvolvimento a partir de registros disponíveis, tais registros decorrem de pesquisas já realizadas, em artigos, teses, livros e documentos impressos (GIL, 2022).

A pesquisa de referências decorreu entre outubro de 2022 a maio de 2023, foram realizadas nos portais de produção científica como: *Scielo (Scientific Electronic Library Online)*, Google Acadêmico e *Science Direct*.

Utilizou-se palavras chaves relacionadas ao tema como: microplásticos têxteis, microfibras sintéticas, impactos ambientais, poluição, corpos hídricos, lavagem, *textile microplastics*, *synthetic microfibers*, *pollution*, *aquatic environment e washing*. Foram utilizados 47 trabalhos distribuídos entre livros, artigos científicos, leis, sites e portais de empresas.

Inicialmente, foram priorizados artigos de revisão com informações relacionadas aos objetivos do trabalho para leitura e posteriormente artigos de pesquisa. As informações julgadas importantes relacionadas aos objetivos do trabalho foram anotadas e após essa etapa concluída, iniciou-se a redação da discussão.

O trabalho buscou apresentar os impactos ambientais gerados pelos microplásticos têxteis aos corpos hídricos, de modo que possa auxiliar com subsídios para trabalhos futuros.

## 4 DISCUSSÃO

A poluição gerada por microplásticos abrange vários ecossistemas, em especial os meios aquáticos. Neste contexto, as microfibras sintéticas são uma fração significativa dos microplásticos que se acumulam nos ecossistemas de água doce, marinhos, costeiros, terrestres e árticos, onde apresentam riscos para os organismos presentes em tais ecossistemas (MILLER *et al.*, 2017) (XU *et al.*, 2022).

Os microplásticos têxteis são liberados em várias etapas da indústria têxtil como resíduos fibrosos presentes nas águas utilizadas em: lavanderias industriais, processos de tingimento, acabamento e na lavagem doméstica de roupas. Durante estas atividades as forças mecânicas que agem sobre o tecido acabam por fazer com que microfibras sejam desprendidas (NAPPER; THOMPSON, 2016).

De acordo com o estudo de Gavigan *et al.* (2020) aproximadamente 5,6 milhões de toneladas de microfibras sintéticas provenientes de lavagens domésticas foram liberadas entre os anos de 1956 e 2016, sendo que os corpos de água receberam a maioria delas em torno de 2,9 milhões enquanto a emissão combinada nos ambientes terrestres e aterros foi quase a mesma quantidade.

A indústria têxtil contribui para a poluição gerada por microplásticos, um estudo em um parque industrial têxtil na China analisou as águas residuais têxteis na estação centralizada de tratamento de águas residuais. Foi constatado que mesmo com a remoção média de 95% de microfibras das águas residuais, é estimado o lançamento de 430 bilhões de microfibras nos corpos hídricos diariamente. Isso ocorre devido ao alto volume de águas residuais do parque industrial (ZHOU; ZHOU; MA, 2020).

Apesar de grande parte das microfibras chegarem aos corpos hídricos através do efluente de estações de tratamento urbano e industrial, os ambientes aquáticos também recebem as microfibras de outros ambientes, através da chuva, vento e a disposição inadequada de resíduos têxteis próximo a linhas costeiras de rios, lagos e mares.

As microfibras encontradas no meio ambiente são de difícil caracterização em relação a sua natureza (natural, artificial ou sintética), pois não é possível distinguir visualmente a origem das microfibras, sendo necessário o uso de análises por espectroscopia molecular. Para Avio *et al.* (2020) as microfibras têxteis devem ser

consideradas diferentes de outros microplásticos que por definição são compostos por materiais sintéticos apenas.

As microfibras sintéticas por terem uma baixa biodegradabilidade persistem por muito tempo na natureza, em ambientes aquáticos elas podem reunir microrganismos não nativos da região, contribuir para proliferação de microrganismos, entrar em contato com diversas substâncias tóxicas e as adsorver, podendo ter um efeito danoso a fauna e flora aquáticas (GRANCARIC *et al.*, 2005).

No entanto, as microfibras artificiais e naturais derivadas da celulose também podem ser prejudiciais meio ambiente aquático, pois mesmo apresentando uma maior biodegradabilidade elas podem transferir mais poluentes químicos se comparadas as sintéticas devido a presença de grupos funcionais carboxila e hidroxila (GRANCARIC *et al.*, 2005).

Em um estudo sobre a presença de microplásticos em animais marinhos do mar Adriático, foram analisados em torno de 500 animais, de 13 espécies de peixes e 11 espécies de invertebrados, sendo que 392 animais apresentaram microfibras ingeridas e em todas as espécies havia a presença delas (AVIO *et al.*, 2020).

Foi encontrado um total de 2079 microfibras e uma sub amostra aleatória foi analisada por espectroscopia eletrônica, 11% delas eram compostas por microfibras sintéticas, 10% poliéster, 1% poliamida, enquanto o restante era microfibras de origem natural com a sua maioria, cerca de 74%, composta por algodão (AVIO *et al.*, 2020).

A poluição por microfibras afeta diversos animais presentes no ambiente marinho e de água doce, entre as espécies afetadas estão peixes, artrópodes, crustáceos, aves marinhas e outros (ESPINOSA *et al.*, 2015). Plantas aquáticas também são afetadas pela presença de microfibras, o que pode afetar toda a cadeia alimentar aquática (CUI *et al.*, 2022).

De acordo com Oliveira *et al.* (2023) as microfibras ingeridas por seres vivos nos ambientes aquáticos causam uma série de danos como: capacidade reprodutiva reduzida, má digestão, danos ao sistema de imunidade, baixa aptidão física e problemas na absorção de nutrientes.

Estudos laboratoriais mostram que as microfibras podem se acumular no estômago, intestino e nas glândulas digestivas de organismos, além disso, o acúmulo destes poluentes é associado a redução da mobilidade e movimentos dos organismos (CHOI *et al.*, 2021).

Plantas aquáticas e algas influenciam na distribuição de microplásticos nos ambientes aquáticos, estes são adsorvidos pelas paredes celulares das plantas aquáticas. Por isso a média de microplásticos em áreas com vegetação são 3 vezes maiores do que em áreas sem vegetação (HUANG *et al.*, 2023).

As microfibras naturais e artificiais, em concentrações altas, podem afetar os processos de crescimento e fotossíntese em plantas aquáticas, como as lentilhas de água, aumentando a energia necessária para se iniciar o processo de fotossíntese da planta (CUI *et al.*, 2022).

A contaminação de animais marinhos através da cadeia alimentar é uma das principais fontes de microfibras para os seres humanos, estas também foram encontradas em água para consumo, sal marinho e mel. O consumo de microfibras sintéticas pode causar uma série de danos ao organismo devido a presença de Ftalatos, Bisfenol A e outros contaminantes (MISHRA *et al.*, 2019).

Os Ftalatos estão ligados ao câncer de mama, danos ao fígado, rins e intestino, início precoce da puberdade, desenvolvimento reduzido do sistema reprodutor masculino e problemas hormonais. E o Bisfenol A está ligado a danos nos hormônios reprodutivos femininos (MEEKER *et al.*, 2009).

O transporte das microfibras para os corpos hídricos ocorre por diversos fatores, sendo importante entendê-los para se encontrar meios de reduzir a quantidade de microplásticos têxteis liberados no ambiente.

É fato que a lavagem de roupas é uma importante fonte de liberação das microfibras para o meio ambiente, porém não existe um padrão da quantidade liberada, variando com a composição, tipo de fio, estrutura do tecido, método de lavagem, características da máquina de lavar, dentre outros fatores.

Fios têxteis que formam os tecidos podem influenciar no desprendimento de microfibras conforme a sua fabricação, fios formados por fibras contínuas desprendem menos microfibras do que fios formados por fibras soltas, o aumento da quantidade de torções por comprimento linear dos fios os torna mais resistentes ao desprendimento de microfibras e a pilosidade dos fios também influencia no desprendimento de microfibras dos fios (FALCO *et al.*, 2019).

A estrutura de construção do tecido pode ter influência sobre a quantidade de microfibras liberadas, tecidos com estrutura mais compactas tendem a liberar menos microfibras do que tecidos mais compactos (YANG *et al.*, 2019).



A temperatura influencia de forma direta sobre o desprendimento de microfibras durante a lavagem, sendo que com o aumento da temperatura mais microfibras se desprendem dos tecidos durante a lavagem. (YANG *et al.*, 2019).

O uso de produtos limpeza em pó favorece mais o desprendimento de microfibras durante o processo de lavagem de roupas do que produtos de limpeza líquidos, isto ocorre, devido aos produtos em pó apresentarem componentes inorgânicos insolúveis em água na sua composição e estes causarem fricção nas roupas (FALCO *et al.*, 2018).

O uso de amaciantes durante a lavagem de roupas diminui a quantidade de microfibras liberadas, pois diminui a fricção entre fibras que compõem os tecidos permitindo que microfibras fiquem paralelas à direção do fio do tecido, de modo que menos danos e quebras ocorram nos fios que compõem o tecido (FALCO *et al.*, 2018).

Contudo, a etapa de amaciamento das peças ocorre no final do ciclo de lavagem da máquina, acontecendo a liberação de micro fibrilas nas etapas iniciais.

Os acessórios das máquinas de lavar também influenciam no processo de desprendimento de microfibras, as máquinas com abertura superior apresentam uma haste de agitação no centro delas que garante um maior atrito no processo de lavagem do que as máquinas com abertura frontal, estas apresentam um prato rotativo que acaba gerando menos atrito durante o processo de lavagem, gerando menos atrito nos tecidos e um menor desprendimento de microfibras (YANG *et al.*, 2019).

Após serem desprendidas dos tecidos nos processos de lavagens, as microfibras presentes nas águas residuais seguem para a rede de esgotos, indo para a estação municipal de tratamento de esgoto ou seguindo direto para corpos de água.

O acesso a rede de tratamento de efluentes e esgoto é um fator importante para a liberação de microfibras nos corpos hídricos, no mundo há países em que boa parte da população não tem acesso a rede de esgotos de modo que as microfibras liberadas no processo de lavagem doméstica vão direto para os corpos hídricos.

No Brasil a taxa de coleta de esgoto é de aproximadamente 60% e cerca de metade de todo o esgoto bruto gerado no país é lançado diretamente em rios sem tratamento algum (IBGE, 2020).

De acordo com Nakao *et al.* (2021), os microplásticos com formato fibroso (microfibras sintéticas) possuem um comportamento diferente dentro da estação de tratamento de efluentes se comparados a microplásticos de outros formatos. As microfibras são mais difíceis de serem retidas nos processos de tratamento, por isso

circulam entre as etapas dos processos e uma parte delas acaba sendo liberada nas águas.

As microfibras sintéticas retidas pelos sistemas de tratamento de efluentes junto com outras formas de microplásticos vão para o lodo, este ainda tem potencial para poluir o ambiente no caso de disposição final incorreta e quando utilizado para a fertilização do solo, interferindo na germinação de sementes, na microbiota do solo e prejudicando o desenvolvimento de plantas (MISHRA *et al.*, 2020) (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

Durante a formação de produtos nos processos têxteis ocorre o desprendimento de fibras, em processos sem a presença de água, as microfibras são liberadas no ar dentro das fábricas e captadas pelos sistemas de exaustão que direcionam as microfibras para a atmosfera, podendo ser inaladas pelos seres humanos, depositadas ao solo ou nos corpos hídricos.

Nos processos químicos têxteis como beneficiamento, os tecidos são submetidos a várias condições mais agressivas do que em lavagens domésticas, como: altas temperaturas, pressão, ácidos, álcalis, enzimas, agentes oxidantes e outros produtos químicos, resultando em um maior desprendimento de microfibras (ZHOU; ZHOU; MA, 2020).

No contexto geral, a lavagem doméstica de produtos têxteis, a fabricação destes na indústria e a falta de estações de tratamento de esgoto são as principais fontes de microplásticos têxteis para os corpos hídricos, uma vez no ambiente a retirada destes é muito difícil devido a sua grande quantidade, tamanho e capacidade de serem espalhados. Desta forma, ações para minimizar a quantidade de microplásticos têxteis emitidos para os corpos hídricos são um meio importante de se evitar a poluição causada por estes.

A primeira barreira que pode conter as microfibras desprendidas durante a lavagem doméstica pode estar presente durante o processo de lavagem, se microfibras com até 100 micrômetros de comprimento forem retidas por filtros, cerca de 90% das microfibras liberadas no processo de lavagem deixarão de seguir em direção a estações de tratamento de efluentes (DREILLARD *et al.*, 2022).

Entre as soluções encontradas para a redução da emissão microfibras no processo de lavagem de roupas estão dispositivos colocados no tambor da máquina de lavar junto com as roupas e filtros externos.

Entre os dispositivos utilizados durante o processo de lavagem dentro do tambor da máquina estão as sacolas para lavagem de roupas, que ao envolver as peças de roupas diminuem o atrito entre elas, diminuindo o desprendimento de microfibras e retendo parte das microfibras desprendidas durante o processo de lavagem (GUPPYFRIEND, 2023).

Os filtros externos são instalados ao fim da saída de água da máquina e retêm entre 21% e 78% das microfibras desprendidas na lavagem doméstica, estes necessitam de limpeza após o período entre 20 e 30 ciclos de lavagem, sendo necessário uma disposição adequada das fibras e microfibras contidas nos filtros (NAPPER *et al.*, 2020).

Políticas públicas com foco na sustentabilidade podem a longo prazo evitar problemas ambientais, o artigo 78 da lei número 105 de 2020 na França, estabelece que a partir de 2025 as novas máquinas de lavar deverão estar equipadas com um filtro capaz de reter as microfibras plásticas ou qualquer outra solução interna ou externa à máquina capaz disso (COMMISSION MIXTE PARITAIRE, 2020).

O aumento do acesso a água de esgoto tratada e a melhora da tecnologia utilizada no tratamento de esgoto urbano e industrial são importantes ações com potencial para diminuir a quantidade de microplásticos têxteis que são despejados nos corpos hídricos. Tecnologias, como a adição de filtros de areia no último estágio do tratamento de esgoto podem auxiliar na taxa de captura de microfibras em até 99,2% (WOLFF *et al.*, 2020). No entanto, os valores de investimentos para o acesso à estas tecnologias podem ser um fator impeditivo para a adoção.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou entender o impacto ambiental gerado por microplásticos têxteis aos corpos hídricos, a partir de uma pesquisa exploratória, visto que o aumento da produção de têxteis sintéticos nos últimos anos proporcionou um aumento na quantidade de microfibras sintéticas liberadas nos corpos hídricos.

Foram definidos três objetivos específicos para compreender o impacto ambiental gerado pelos microplásticos têxteis.

O primeiro propôs conhecer a poluição causada pela presença de microplásticos têxteis nos corpos hídricos, verificou-se que os microplásticos têxteis estão espalhados pelos oceanos, afetando várias espécies de animais e plantas presentes em ambientes aquáticos e podendo ser consumidos por humanos através do consumo de espécies marinhas.

O segundo objetivo buscou os principais fatores que contribuem para a liberação dos microplásticos têxteis nos corpos hídricos, do qual analisou-se os parâmetros que influenciam no desprendimento de microplásticos têxteis, os quais são as características dos tecidos e condições de processo tanto na lavagem doméstica quanto nos processos da indústria têxtil.

O terceiro objetivo proposto foi identificar as possíveis ações para minimizar a quantidade de microplásticos têxteis descartados nos corpos hídricos, foi constatado que medidas como leis que obrigam as empresas fabricantes de máquinas a venderem as máquinas com filtros já instalados e o aumento da cobertura e eficiência de estações de tratamento de efluentes, são importantes para a redução de microplásticos têxteis lançados para os corpos hídricos.

O trabalho apresentou um panorama geral dos impactos ambientais gerados pelos microplásticos têxteis aos corpos hídricos, estes afetam a fauna e flora aquáticas e tem potencial para chegar até os humanos através da cadeia alimentar. Entre os fatores que contribuem para a liberação de microplásticos têxteis estão: tipo de fio utilizado na fabricação dos tecidos, condições de processos de lavagem, condições de processos de fabricação de produtos têxteis e a falta de tratamento de parte dos efluentes de esgoto urbano.

Sugere-se para trabalhos futuros, a avaliação da influência de parâmetros de tecidos e de processo, no desprendimento de microplásticos têxteis durante o beneficiamento têxtil.

## REFERÊNCIAS

- ABIT. **Abit - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção**. Disponível em <https://www.abit.org.br/cont/cartilha-industria-textil>. 2013 Acesso em: 28 de outubro de 2022.
- ABIT. **Abit - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção**. Disponível em <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>. 2020 Acesso em: 28 de outubro de 2022.
- ABRAFAS. **Processos produtivos**. Disponível em <https://www.abrafas.org.br/processos-produtivos.2023>. Acesso em: 26 de maio de 2023.
- AGUIAR NETO, P.P. **Fibras Têxteis**. Rio de Janeiro: SENAI-CETIQT, 1996a. v.1.
- AGUIAR NETO, P.P. **Fibras Têxteis**. Rio de Janeiro: SENAI-CETIQT, 1996b. v.2.
- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7.ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- AVIO, C.G.; PITURRA, L.; D'ERRICO, G.; ABEL, S.; AMORELLO, S.; MARINO, G.; GORBI, S.; REGOLI, F. **Distribution and characterization of microplastics particles and textile microfibers in Adriatic food webs: General insights for biomonitoring strategies**. Environmental Pollution, Volume 258, 2020.
- BARROWS, A.P.W.; CATHEY, S.E.; PETERSEN, C.W. **Marine environment microfiber contamination: Global patterns and the diversity of microparticle origins**, Environmental Pollution, Volume 237, 2018.
- BELZAGUI, F.; BOUZÁN, C.G.; SÁNCHEZ, A.A.; VILASECA, M. **Textile microfibers reaching aquatic environments: A new estimation approach**, Environmental Pollution, Volume 265, Part B, 2020.
- BOUCHER, J.; FRIOT D. **Primary microplastics in the ocean: A global evaluation of sources**. IUCN, Switzerland, 2017.
- CHOI, J.S.; KIM, K.; HONG, S.H.; PARK, K.; PARK, J.W. **Impact of polyethylene terephthalate microfiber length on cellular responses in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis***. Marine Environment Research, 2021.
- COMMISSION MIXTE PARITEIRE. **Projet de loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire**. République Française, 2020. Disponível em: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000041553759/>. Acesso em: 27 de março de 2023.
- CONAMA. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Resolução nº 01 de 1986.
- CONMETRO, M.J. (PRESIDENTE DO. Regulamento Técnico MERCOSUL - Etiquetagem de Produtos Têxteis. CONMETRO Resolução no. 02, v. 120, 2008.
- COSTA, M.; LIMA, A.; ROSA, J.M. **FIBRAS TÊXTEIS NO BRAZIL: PROPRIEDADES E PERFIL ATUAL DAS PRINCIPAIS FIBRAS UTILIZADAS NO SETOR DO VESTUÁRIO**. 2013.

CUI, R.; KWAK, J.; AN, Y.J. **Acute and multigenerational effects of petroleum and cellulose based microfibers on growth and photosynthetic capacity of Lemna minor.** Marine Pollution Bulletin, v. 182, 2022.

DREILLARD, M.; BARROS, C.F.; ROUCHON, V.; EMONNOT, C.; LEFEBYRE, V.; MOREAUD, M.; GUILLAUME, D.; RIMBAULT, F.; PAGEREY, F. **Quantification and morphological characterization of microfibers emitted from textile washing.** Science of Total Environment, v. 832, 2022.

ESPINOSA, C.; ESTEBAN M. A.; CUESTA, A. **Microplastics in aquatic environments and their toxicological implications for fish.** Toxicology-New Aspects to This Scientific Conundrum, v. 113, 2015.

FALCO, F.; GULLO, M.P.; GENTILE, G.; PACE, E.; COCCA, M.; GELABERT, L.; BROUTA-AGNÉSA, M.; ROVIRA, A.; ESCUDERO, R.; VILLALBA, R.; MOSSOTTI, R.; MONTARSOLO, A.; GAVIGNANO, S.; TONIN, C.; AVELLA, M. **Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics.** Environmental Pollution, v. 236, 2018.

FALCO, F.; PACE, E.; COCCA, M.; AVELLA, M. **The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution.** Scientific Reports, 2019.

FUNVERDE. **O que são microplásticos?** Disponível em: <https://www.funverde.org.br/blog/o-que-sao-microplasticos/>. 2020. Acesso em: 25 de novembro de 2022.

GAVIGAN, J.; KEFELA, T.; MACADAM-SOMER, I.; SUH, S.; GEYER, R. **Synthetic microfiber emissions to land rival those to waterbodies and are growing.** PLoS One, v. 15, n. 9, p. e0237839, 2020.

GESAMP. **Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment.** (IMO/ FAO/ UNESCO-IOC/ UNIDO/ WMO/ IAEA/ UN/ UNEP/ UNDP Joint Group of Experts on The Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96p. 2015.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 7. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2022.

GRANCARIC, A.M.; TARBUK, A.; PUSIC, T. **Electrokinetic properties of textile fabrics.** Coloration Technology, v. 121, n. 4, p. 221-227, 2005.

GUPPYFRIEND. **Guppyfriend Washing Bag.** Disponível em: <https://guppyfriend.us/products/guppyfriend-washing-bag>. 2023. Acesso em: 9 de abril de 2023.

HUANG, S.; JIANG, R.; CRAIG, N.J.; DENG, H.; HE, W.; LI, J.Y.; SU, L. **Accumulation and re-distribution of microplastics via aquatic plants and macroalgae – A review of filed studies.** Marine Environmental Pollution, v. 187, 2023.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** 2020.

LOBO, R.N.; LIMEIRA, E.T.N.P.; MARQUES, R.N. **Fundamentos da Tecnologia Têxtil – Da Concepção da Fibra ao Processo de Estamparia**. São Paulo: Editora Saraiva, 2014.

MATURO, J. **Produção mundial de fibras naturais diminui em 2021**. Disponível em: <https://gbljeans.com.br/mercado/economia/diminui-producao-mundial-de-fibras-naturais>. 2022. Acesso em: 26 de maio de 2023.

MEEKER, J.D.; SATHYANARAYANA, S.; SWAN, S.H. **Phthalates and other additives in plastics**: human exposure and associated health outcomes. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, v. 364, n. 1526, p. 2097-2113, 2009.

MILLER, R.Z.; WATTS, A.J.R.; WISLOW, B.O.; GALLOWAY, T.S.; BARROWS, A.P.W. **Mountains to the sea**: River study of plastic and non- plastic microfiber pollution in the northeast USA, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 124, 2017.

MISHRA, S.; RATH, C.C.; DAS, A.P. **Marine microfiber pollution**: A review on present status and future challenges. *Marine Pollution Bulletin*, v.140, 2019.

MISHRA, S.; SINGH, R.P.; RATH, C.C.; DAS, A.P. **Synthetic microfibers**: Source, transport and their remediation. *Journal of Water Process Engineering*, v.28, 2020.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Microplásticos**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/microplasticos.htm>. 2022. Acesso em: 25 de novembro de 2022.

NAKAO, S.; AKITA, K.; ASAKO, O.; MASUMOTO, K.; OKUDA, T. **Circulation of fibrous microplastic (microfiber) in sewage and sewage sludge treatment processes**. *Science of The Total Environment*, Volume 795, 2021.

NAPPER, I.E.; BARRETT, A.C.; THOMPSON, R.C. **The efficiency of devices intended to reduce microfibre release during clothes washing**. *Science of The Total Environment*, v.738, 2020.

NAPPER, I.E.; THOMPSON, R.C. **Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines**: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 112, 2016.

OLIVEIRA, C.R.S.; SILVA JÚNIOR, A.H.; MULINARI, J.; FERREIRA, A.J.S.; SILVA, A. **Fibrous microplastics released from textiles**: Ocurrence, fate and remediation strategies. *Journal of Contaminant Hidrology*, Volume 256, 2023.

OLIVEIRA, M.H. **Principais matérias-primas utilizadas na indústria têxtil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 5, p. [71] -109, mar. 1997.

OPPERSKALSKI, S.; RIDLER, S.J.; SIEW, S.Y.; TAN, E. **Preferred fiber and materials**: market report 2021. Disponível em: <https://textileexchange.org/app/uploads/2021/08/Textile-Exchange-Preferred-Fiber-and-Materials-Market-Report-2021.pdf> Acesso em 19/10/2022.

ROMERO, L.L.; VIEIRA, J.O.W.M.; MEDEIROS, L.A.R.; MARTINS, R.F. **Fibras artificiais e sintéticas**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 1, p. [54] -66, jul. 1995.

SALEM, V. **Tingimento têxtil: fibras, conceitos e tecnologias.** São Paulo: Blucher: Golden Tecnologia, 2010.

SIMOMUKAY, E.; GASCHO, J.L.S.; ESPER, E.C.M. **Processos Orgânicos Industriais.** Grupo A, 2021.

WOLFF, S.; WEBER, F.; KERPEN, J.; WINKLHOFER, M.; ENGELHART, M.; BARKMANN, L. **Elimination of microplastic by downstream sand filters in wastewater treatment.** 2020.

XU, C.; ZHOU, G.; LU, J.; SHEN, C.; DONG, Z.; YIN, S.; LI, F. **Spatio-vertical distribution of riverine microplastics: Impact of the textile industry.** Environmental Research, v. 211, 2022.

YANG, L.; QIAO, F.; LEI, K.; LI, H.; KANG, Y.; CUI, S.; AN, L. **Microfiber release from different fabrics during washing.** Environmental Pollution, v. 249, 2019.

ZHOU, H.; ZHOU, L.; MA, K. **Microfiber from textile dyeing and printing wastewater of a typical industrial park in China: Occurrence, removal and release.** Science of The Total Environment, Volume 739, 2020.