

# AValiação DA PIrÓLISE NA GESTÃO DE TECIDOS TêXTEIS MISTOS

*Data de aceite: 02/12/2023*

**Agatha Martins De Carvalho**

**RESUMO:** Este estudo aborda a avaliação da pirólise como uma ferramenta eficaz para a gestão de resíduos têxteis mistos, com foco na redução de massa. A indústria têxtil, sendo uma das maiores empregadoras do setor industrial, enfrenta desafios significativos em relação à gestão de seus resíduos, bem como ao descarte correto dos mesmos. O artigo destaca a relevância da pirólise como uma solução promissora para esta problemática. Foram realizados testes de Análise Termogravimétrica (TGA) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) nos tecidos em estudo, sendo a pirólise realizada no forno de TGA. Os resultados indicaram que a pirólise reduziu de 84% a 86% da massa dos tecidos mistos de algodão e poliéster. Adicionalmente, foi observado que o tecido com maior teor de algodão gerou uma quantidade relativamente maior de resíduos após a pirólise. Além disso, houve análise dos resíduos gerados em microscópio, observando-se a presença de fibras de tecido intactas que, por conta da sua composição e tamanho,

são consideradas microplásticos. Em projeções realizadas para 1kg dos resíduos gerados, seriam encontrados entre 11,89 milhões e 25,77 milhões de microplásticos, destacando a necessidade crítica de um descarte apropriado desses materiais. Em suma, este estudo evidencia a pirólise como uma abordagem valiosa para a gestão responsável dos resíduos têxteis, contribuindo para a sustentabilidade do setor e a preservação ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** pirólise; tecidos têxteis mistos; microplásticos.

**ABSTRACT:** This study addresses the evaluation of pyrolysis as an effective tool for managing mixed textile waste, with a focus on mass reduction. The textile industry, one of the largest employers in the industrial sector, faces significant challenges in waste management and proper disposal. The article emphasizes the relevance of pyrolysis as a promising solution to this issue. Thermogravimetric Analysis (TGA) and Scanning Electron Microscopy (SEM) tests were conducted on the fabrics under study, with pyrolysis carried out in the TGA furnace. The results indicated that pyrolysis reduced the mass of mixed cotton and polyester fabrics by

84% to 86%. Additionally, it was observed that fabrics with higher cotton content generated a relatively larger amount of residue after pyrolysis. Furthermore, residue analysis under the microscope revealed the presence of intact fabric fibers, which, due to their composition and size, are considered microplastics. Projections for 1kg of generated waste estimated between 11.89 million and 25.77 million microplastics, underscoring the critical need for proper disposal of these materials. In summary, this study highlights pyrolysis as a valuable approach for the responsible management of textile waste, contributing to sectoral sustainability and environmental preservation.

**KEYWORDS:** pyrolysis; mixed textile fabrics; microplastics.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil tem considerável relevância a nível nacional quanto à geração de empregos, produção, importação, exportação e investimentos sendo o 2º maior empregador da indústria de transformação com produção média de 8,1 bilhões de peças em 2021. Além disso, o Brasil está entre os quatro maiores produtores de malhas do mundo, sendo referência mundial em design de diversos segmentos de vestuário, o que posiciona o Brasil como a maior cadeia têxtil completa do Ocidente (ABIT, 2023).

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2023), em 2022, foram geradas 81.811.506 toneladas de resíduos sólidos no país, desses, 93,04% foram coletados. Dos coletados, apenas 60,5% vão para aterros sanitários, e o restante vai para lixões e aterros controlados. Entretanto, não há dados oficiais, nessa publicação, sobre o atual cenário do descarte de resíduos têxteis no Brasil, o que pode ser nocivo, visto que metais pesados são utilizados como componentes no tingimento de diversas peças de vestuário, e estas, ao entrarem em contato direto com o solo ou corpos hídricos, podem causar contaminação (YOUSEF *et al.*, 2019) que acaba por impactar diretamente a saúde de milhões de brasileiros, além de gerar custos ambientais e de saúde pública para o país (ABRELPE, 2023).

Além disso, estima-se que a indústria têxtil, em todos os setores, desde a produção, uso e descarte, é responsável pela disseminação de microplásticos no ambiente, derivados das fibras de seus tecidos. A área que mais causa poluição por microplásticos nos oceanos é a da lavagem de tecidos, sendo responsável por 35% dos microplásticos encontrados. Já a secagem de roupas em máquinas gera de 400.000 a 500.000 dessas partículas a cada 15min de uso da máquina (YADAV *et al.*, 2023).

Dentre as formas de tratamento térmico de resíduos, a pirólise se torna uma possível solução para a problemática ambiental por possuir vantagens significativas sobre outros métodos de reciclagem de resíduo. Ao reduzir o volume do resíduo de forma considerável, expondo-o a altas temperaturas que variam entre 250-800°C, ocorre a decomposição em três diferentes substâncias com propriedades combustíveis: óleo pirolítico, carvão e gás, este último composto majoritariamente por H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e CO (SILVEIRA, 2015, VIANA,

2013) a disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos. O país aterra de maneira regular aproximadamente 60% do total do resíduo que é coletado nas residências, deixando o restante depositado de forma irregular, o que contribui para a deterioração do meio ambiente. Assim, torna-se desafiador a busca por soluções que minimizem a disposição destes resíduos. Uma das alternativas para à disposição dos RSU são os processos termoquímicos, que diminuem o volume de resíduo gerado, bem como a demanda por áreas para aterros, aproveitam o potencial energético dos resíduos e recuperam alguns compostos químicos e minerais. Um processo que tem ganhado destaque atualmente devido ao grande potencial de transformação dos resíduos em combustíveis ou mesmo em matéria-prima é a pirólise. Este processo consiste no aquecimento dos resíduos em temperaturas que variam comumente até 700°C (dependendo de seu objetivo).

Com isso, a pirólise vem sendo utilizada pelos governos de diversos países como uma alternativa de destinação final de seus resíduos, diminuindo o descarte em aterros sanitários e o uso de incineradores. Seu uso estende-se para tratamento de resíduos sólidos urbanos, resíduos de serviço de saúde, resíduos industriais, biomassa, pneus, dentre outros (REZAIYAN; CHEREMISINOFF, 2005), fazendo com que o uso desse sistema siga com os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, ao promover a redução, tratamento e reciclagem dos resíduos têxteis.

Visto isso, este artigo avalia a pirólise de dois tipos de tecidos têxteis mistos com diferentes porcentagens de algodão com poliéster, a fim de se avaliar a eficiência da pirólise na redução da massa, para uma efetiva gestão dos mesmos.

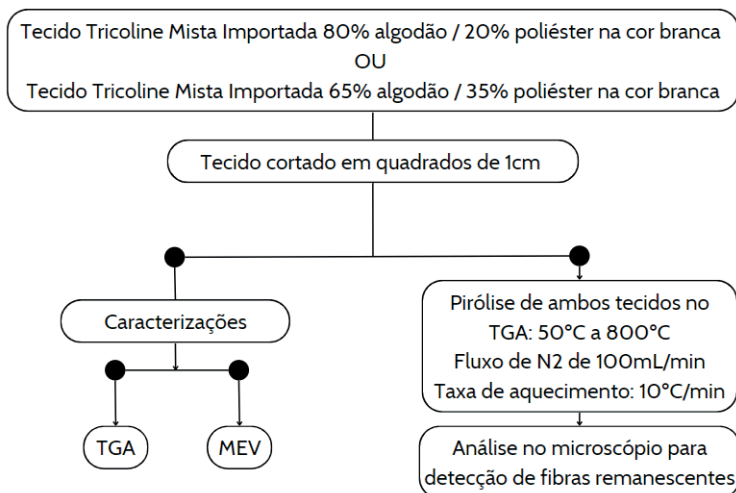
## **2. OBJETIVO**

O presente trabalho tem por objetivo averiguar a eficiência da pirólise para redução de massa de tecidos têxteis mistos Tricoline Mista Importada, com porcentagens 80% algodão / 20% poliéster e 65% algodão / 35% poliéster, de cor branca, bem como analisar os resíduos finais gerados para averiguar a existência de microplásticos.

## **3. METODOLOGIA**

A Figura 1 apresenta todo as rotas metodológicas utilizadas neste artigo, de forma clara e objetiva, dividindo-as entre as duas abordagens utilizadas: as caracterizações dos tecidos e a pirólise dos mesmos em forno de TGA.

Figura 1 - Rotas metodológicas



Fonte: A autora, 2023.

### 3.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Para se avaliar os aspectos e morfologia dos tecidos, foi utilizada a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Cada tecido foi cortado em quadrados de 1cm separado em frações de 5g, transferido para um frasco e encaminhado para o laboratório. O material foi separado e analisado pelo equipamento nas voltagens de aceleração de 5kV e 20kV.

### 3.2 Análise Termogravimétrica (TGA)

Para avaliar a temperatura ideal para a pirólise, através da perda de massa dos tecidos, os mesmos foram submetidos à Análise Termogravimétrica (TGA). Cada tecido foi cortado em quadrados de 1cm, separado em frações de 5g, transferido para um frasco e encaminhado para o laboratório.

Cada amostra foi pesada no laboratório, contendo no mínimo 20mg cada. Após isso, cada amostra foi posta na panela de platina do equipamento e submetida ao aquecimento de 50°C a 800°C, em atmosfera de nitrogênio com fluxo de 100mL/min, com taxas de aquecimento de 10°C/min ou 20°C/min (de acordo com a finalidade da análise proposta) e padrões de calibração Alumel (154,2°C) e Níquel (354,4°C). A massa remanescente na panela é constantemente medida pela balança do equipamento ao longo do ensaio, que está em atmosfera de nitrogênio com fluxo de 40mL/min, obtendo-se, assim, os registros de percentual de perda de massa *versus* temperatura.

### 3.3 Pirólise

Visando a análise do comportamento do tecido em temperaturas maiores que as onde ocorre a degradação total em ambiente controlado, foram avaliados os resíduos gerados no forno TA Instruments, modelo Q50, utilizado na Análise Termogravimétrica (TGA). Visto que este apresenta condições semelhantes à pirólise de leito fixo, o mesmo pôde ser utilizado para análise da redução de massa dos tecidos em estudo. A massa utilizada nessas análises, focadas apenas em analisar o resíduo final, foi de 20mg de tecido em cada procedimento.

Após serem realizados os procedimentos, retirava-se a panela de platina do equipamento com auxílio de uma pinça, apoiando-a sobre uma superfície plana. Utilizava-se uma espátula pequena para transferir o resíduo para uma lâmina de vidro, inserida em uma placa de petri, para posterior análise no microscópio. O forno, ao final da análise, providencia as massas inicial e final da amostra em estudo, não havendo necessidade de pesagem em balança analítica.

### 3.4 Análises no microscópio

Para avaliação dos resíduos gerados pela pirólise realizada no TGA, foi realizada identificação visual, por meio do uso do Microscópio Olympus BX60, a fim de se detectar possíveis fragmentos de fibras de tecido que possam vir a continuar intactas após serem submetidas a altas temperaturas. As imagens foram capturadas pelo celular modelo Samsung Galaxy S20 FE através da saída para câmera existente no microscópio. As fibras encontradas foram contadas manualmente e, para haver padronização, foi feita a estatística para a quantidade de fibras encontradas em 1kg de carvão. Essa metodologia foi baseada na utilizada por Flores-Ocampo e Armstrong-Altrin (2023).

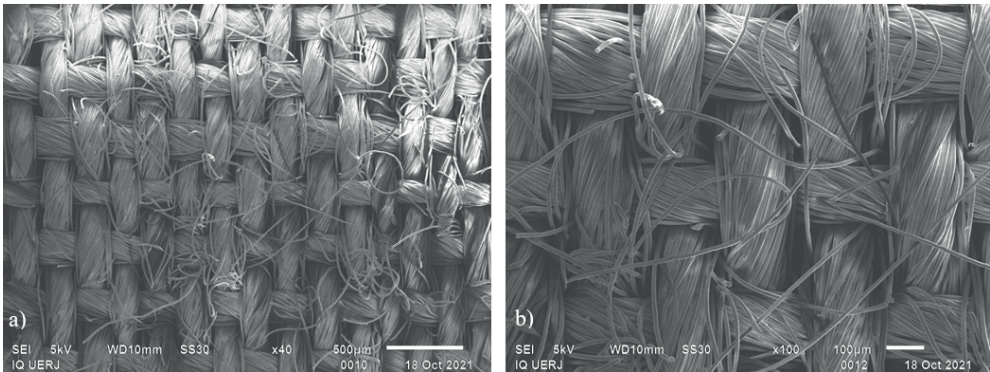
Após essa contagem, foi feita a medição dos tamanhos de alguns fragmentos de fibra encontrados nos resíduos, utilizando o Microscópio Olympus SZ61, acoplado a um notebook.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

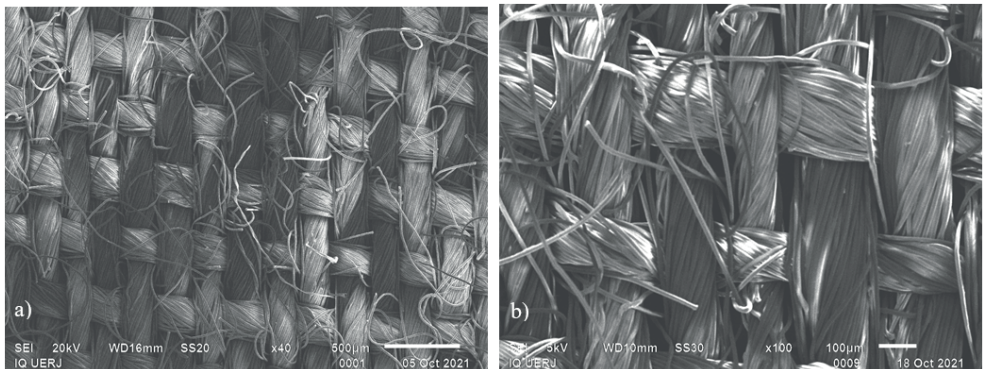
A Figura 2 apresenta as imagens retiradas do tecido tricoline mista importada de cor branca 80% algodão / 20% poliéster, e a Figura 3, as imagens do tecido tricoline mista importada de cor branca 65% algodão / 35% poliéster.

Figura 2 - MEV do tecido tricoline mista importada 80% algodão / 20% poliéster em diferentes escalas



Fonte: Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, 2022.

Figura 3 - MEV do tecido tricoline mista importada 65% algodão / 35% poliéster em diferentes escalas



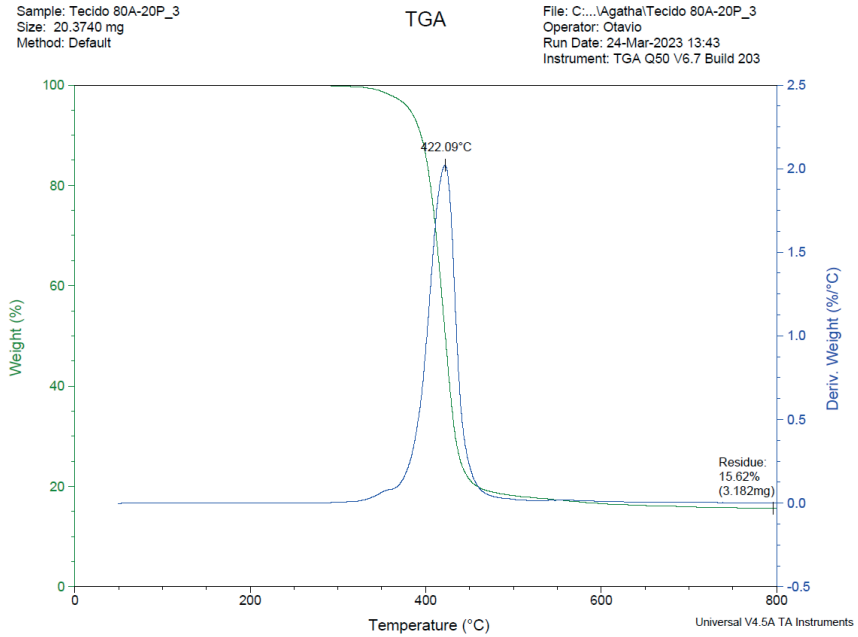
Fonte: Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, 2022.

Nota-se que a trama dos dois tecidos é similar, porém percebe-se que a trama do tecido 80% algodão / 20% poliéster é mais organizada e arrumada, enquanto a do tecido 65% algodão / 35% poliéster mostra-se mais desalinhada e desorganizada.

#### 4.2 Análise Termogravimétrica (TGA)

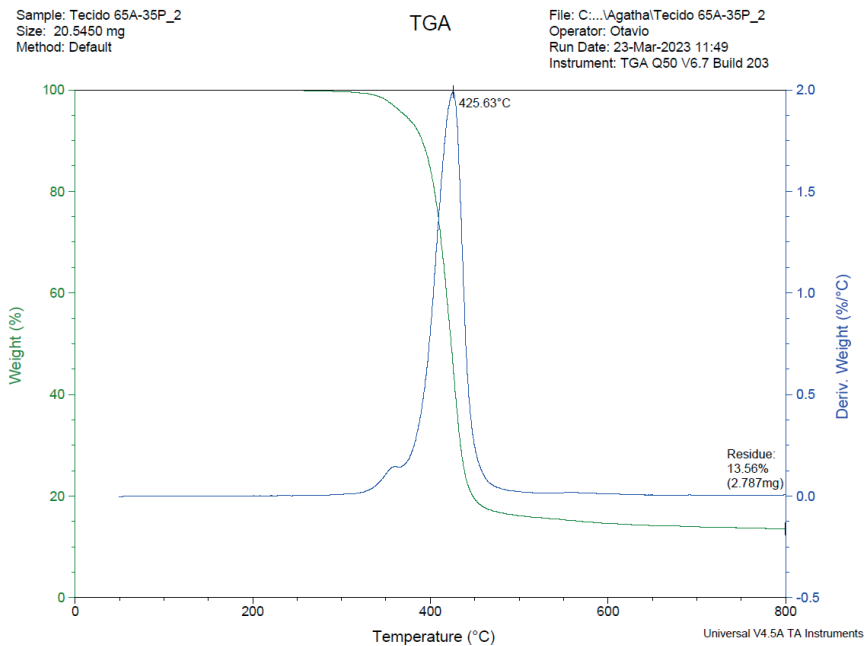
A análise termogravimétrica (TGA) do tecido 80% algodão / 20% poliéster encontra-se na Figura 4 e o do tecido 65% algodão / 35% poliéster encontra-se na Figura 5.

Figura 4 - TGA do tecido 80% algodão / 20% poliéster



Fonte: Laboratório de Caracterização Instrumental I, 2023.

Figura 5 - TGA do tecido 65% algodão / 35% poliéster



Fonte: Laboratório de Caracterização Instrumental I, 2023.

Em ambos os tecidos se nota que a temperatura de degradação é similar, sendo de 422,09°C para o tecido 80% algodão / 20% poliéster e de 425,63°C para o tecido 65% algodão / 35% poliéster. O primeiro tecido apresenta maior taxa de resíduo gerado, com 15,62%, em comparação aos 13,56% do segundo tecido. Isso mostra que a variação de composição das fibras, em ambos os tecidos, não altera significativamente a temperatura de degradação, nem a porcentagem final de resíduos pirolisados, em ambiente controlado.

### 4.3 Pirólise

Visando avaliação da pirólise na redução de massa de resíduos têxteis para melhor gestão dos mesmos, foram realizadas pirólises no TGA, pois o equipamento utilizado oferece um ambiente controlado para uma melhor avaliação do comportamento do resíduo têxtil estudado.

Primeiro foi realizada a pirólise em forno de TGA (Tabela 1), seguindo a metodologia descrita no item 2.3. Pela temperatura de degradação ser menor que 800°C em ambos os tecidos, realizar a pirólise nesta temperatura não interfere nos produtos gerados.

Tabela 1 - Dados da pirólise em TGA

Nº	Tecido	Massa inicial de tecido (mg)	Massa final de resíduo (mg)	% de líquido + gás	% de resíduo
1	80%algodão / 20%poliéster	20,29	3,039	85,03	14,97
2	80%algodão / 20%poliéster	20,09	2,945	85,34	14,66
3	80%algodão / 20%poliéster	20,37	3,182	84,38	15,62
4	65%algodão / 35%poliéster	20,54	2,787	86,43	13,57
5	65%algodão / 35%poliéster	20,24	2,766	86,34	13,66
6	65%algodão / 35%poliéster	20,64	2,944	85,74	14,26

Fonte: A autora, 2023.

Percebe-se que as porcentagens de resíduos coincidem com as projetadas pelos gráficos da análise termogravimétrica realizada em ambos os tecidos (Figuras 4 e 5), tendo o tecido 80% algodão/20% poliéster apresentado maior taxa de resíduos gerados, ao ser comparado com o outro tecido.

Ao se analisar essas porcentagens, nota-se que a pirólise é uma grande aliada na gestão e manejo de resíduos têxteis mistos de algodão com poliéster, visto há redução de mais de 84% de sua massa em todas as pirólises realizadas.



Na Tabela 2 estão apresentados diferentes tipos de tecidos que passaram pelo processo da pirólise de forma semelhante ao realizado neste trabalho, utilizando o nitrogênio como gás de arraste, em um processo de fluxo contínuo em temperaturas elevadas, em forno de leito fixo.

Tabela 2 - Comparação de geração dos produtos da pirólise entre tecidos têxteis

Nº	Tecido têxtil	Condições da pirólise		Rendimento		Fonte
		Temperatura final (°C)	Taxa de aquecimento (°C/min)	% líquido + gás	% resíduo	
1	Resíduos de fibras naturais	350-900	2	67,5 - 80	20 - 32,5	(Williams and Reed, 2003)
2	Resíduos de tecido acrílico	500-900	5	42 - 51	49 - 57	(Nahil and Williams, 2010)
3	Resíduos de jeans preto	800	20	81,6	18,4	(Yousef et al., 2019)
4	Resíduos de jeans azul	800	20	82,8	17,2	(Yousef et al., 2019)
5	Pano à base de algodão	300-900	10	25-83	17-75	Chowdhury and Sarkar, 2012)
6	Tecido misto de algodão com poliéster (80% algodão / 20% poliéster)	800	10	84,9	15,1	Este trabalho
7	Tecido misto de algodão com poliéster (65% algodão / 35% poliéster)	800	10	86,2	13,8	Este trabalho

Fonte: Adaptada de Lee et al. (2023).

Percebe-se que os tecidos em estudo apresentam as maiores reduções de massa quando comparados a tecidos com outras composições, sejam eles sintéticos ou naturais. Vale ressaltar que os tecidos 3 e 4 também apresentam tramas com tecidos mistos, mostrando uma redução semelhante à dos tecidos em estudo. Nota-se que o tecido que apresenta melhor redução de massa é o tecido em estudo que contém maior porcentagem de poliéster (35% poliéster), mostrando que uma maior porcentagem de tecido sintético em tramas mistas apresenta melhor performance na pirólise, quando comparado a tecidos puros, quando o foco é a redução de massa da matéria prima em estudo.

#### 4.4 Análises no microscópio

Ao serem analisados em microscópio, os resíduos da pirólise dos tecidos em estudo apresentaram fragmentos de fibras junto com as partes carbonizadas e estes foram contabilizados de forma manual através do microscópio, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de fibras de tecido encontradas nas pirólises feitas em TGA

Nº	Tecido	% de resíduo	Quantidade de fibras encontradas (unidade)	Quantidade de fibras por 1kg de carvão (106)
1	80%algodão / 20%poliéster	14,97	48	15,79
2	80%algodão / 20%poliéster	14,66	66	22,41
3	80%algodão / 20%poliéster	15,62	82	25,77
4	65%algodão / 35%poliéster	13,57	39	13,99
5	65%algodão / 35%poliéster	13,66	46	16,63
6	65%algodão / 35%poliéster	14,26	35	11,89

Fonte: A autora, 2023.

Nota-se que, de modo geral, no tecido 80% algodão/20% poliéster ocorre menor redução de massa do tecido carbonizado, o que impactou diretamente no aumento de aparição de fibras intactas no resíduo gerado. Nesta mesma tabela foi feita uma comparação da possível quantidade de fibras que poderiam ser encontradas em 1kg de resíduo gerado pela pirólise dos tecidos, baseando-se na quantidade já observada. Observa-se que as quantidades variam desde 11,89 milhões chegando até a 25,77 milhões.

Esses dados reforçam a necessidade de se haver um descarte correto, seja dos tecidos puros ou dos resíduos gerados pela pirólise destes, para reduzir os riscos de contaminação do ar, solo e água por esses microplásticos.

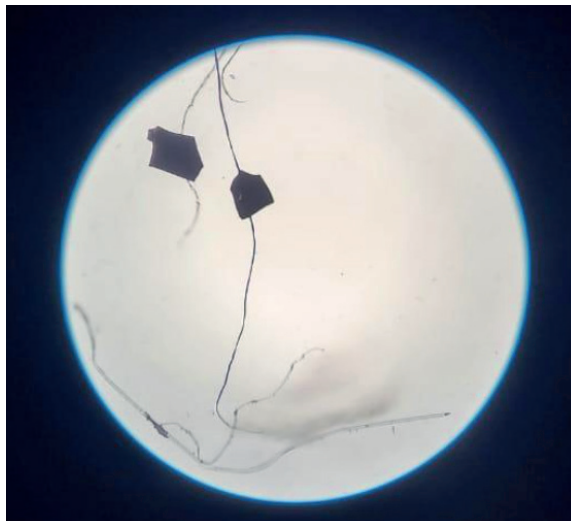
As Figuras 6 e 7 mostram algumas fibras encontradas em resíduos de pirólise apresentados na Tabela 3, através do uso do Microscópio Olympus BX60.

Figura 6 - Fibras de tecido encontradas no resíduo pirolizado do tecido 80% algodão/20% poliéster



Fonte: A autora, 2023.

Figura 7 - Fibras de tecido encontradas no resíduo pirolisado do tecido 65% algodão/35% poliéster

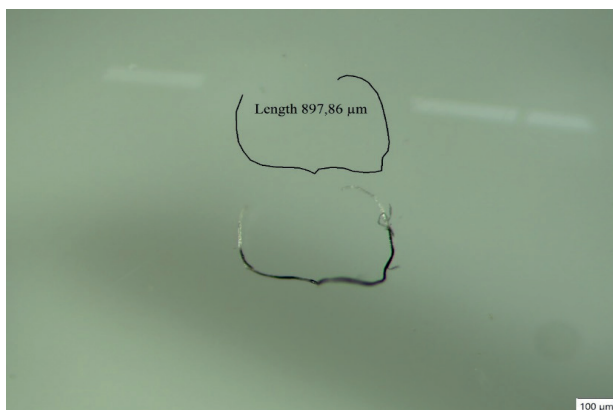


Fonte: A autora, 2023.

Nota-se que as fibras encontradas possuem características distintas. Na Figura 6 se apresentam próximas e em grande quantidade, mantendo a cor original da fibra do tecido, que é branca, mostrando que não houve queima desse tecido. Já na Figura 7, as fibras mostram-se inseridas em pedaços carbonizados, apresentando coloração escura, indicando que apenas iniciaram o processo de carbonização, não chegando a completá-lo. Ambas situações foram identificadas em todos os resíduos avaliados no microscópio.

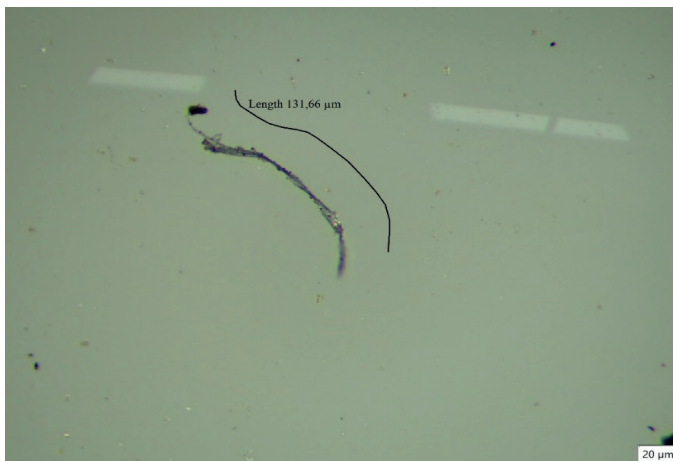
Visando avaliar o comprimento das fibras encontradas, foi utilizado o Microscópio Olympus SZ61. As Figuras 8 e 9 mostram imagens de fibras encontradas em amostras de resíduos de pirólise da Tabela 3, analisadas de forma aleatória, com intuito de se medir o tamanho das fibras de modo geral.

Figura 8 – Resíduo pirolisado de tecido 65% algodão/35% poliéster - Zoom 40x



Fonte: A autora, 2023.

Figura 9 - Resíduo pirolisado de tecido 80% algodão/20% poliéster - Zoom 180x



Fonte: A autora, 2023.

Na Figura 8 nota-se que a queima não é homogênea em todo o tecido, o que se deve ao fato do tecido ser misto entre uma fibra natural e uma sintética. Já na Figura 9, sugere-se que o tecido sintético enrugou e se fixou ao redor do algodão (ROCHA, 2014), visto que a imagem mostra uma fibra intacta com pontos carbonizados ao seu redor.

Percebe-se que as fibras encontradas apresentam tamanhos na escala do micrômetro ( $\mu\text{m}$ ), que equivale a um milionésimo de metro ( $1 \times 10^{-6}\text{m}$ ). Essas fibras, por serem derivadas de material parcialmente sintético, podem ser consideradas microplásticos, tanto pela sua composição, quanto pelo comprimento, visto que microplásticos são polímeros que apresentam comprimento total entre  $1 \mu\text{m}$  e  $5\text{mm}$  (CAIXETA et al., 2022).

## 5. CONCLUSÕES

A pirólise de resíduos têxteis se mostra eficaz para o seu manejo e gestão, visto que reduz mais de 84% a massa dos tecidos mistos de algodão e poliéster.

Na pirólise, o tecido 80% algodão / 20% poliéster (15,62%), gera maiores quantidades de resíduos quando comparado ao 65% algodão / 35% poliéster (13,56%), tornando-o um melhor material para que análises possam ser realizadas futuramente em seus resíduos. Percebe-se que, quanto maior a quantidade de resíduos gerados pela pirólise, maior a quantidade de fibras encontradas nesses resíduos. Essas fibras, pela composição e tamanho, são classificadas como microplásticos.

Ao ser realizada uma projeção para 1kg de resíduos gerados, chegou-se ao valor de até 25,77 milhões de microplásticos encontrados nos resíduos do tecido 80% algodão / 20% poliéster e até 16,63 milhões, no tecido 65% algodão / 35% poliéster, enfatizando a importância do descarte correto dos resíduos têxteis para não haver contaminação do solo, ar e água.

Desse modo, conclui-se que a pirólise de tecidos têxteis mistos de algodão com poliéster é eficaz na redução de massa, auxiliando em uma melhor gestão desses resíduos, enfatizando a necessidade de descarte correto dos mesmos, visto que são considerados as matérias-primas que mais disseminam microplásticos no meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIT. **Perfil do setor**. 2023. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>. Acesso em: 22 abr. 2023.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos 2022**. 2023. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 22 abr. 2023.

CAIXETA, D. S. et al. MICROPLÁSTICOS COMO INDICADORES DE POLUIÇÃO AMBIENTAL E SEUS EFEITOS SOBRE OS ORGANISMOS. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Jandaia-GO, v. 19, n. 40, 2022. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2022b/microplasticos.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.

FLORES-OCAMPO, I. Z.; ARMSTRONG-ALTRIN, J. S. Abundance and composition of microplastics in Tampico beach sediments, Tamaulipas State, southern Gulf of Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 191, Junho 2023. ISSN 18793363. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X23003223?via%3Dihub>. Acesso em: 16 abr. 2023.

LEE, H. S. et al. Upcycling textile waste using pyrolysis process. **Science of The Total Environment**, Elsevier, v. 859, Fev. 2023. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722074952?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=8069ce5a297a1f7d](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722074952?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8069ce5a297a1f7d). Acesso em: 14 set. 2023.

REZAIYAN, J., CHEREMISINOFF, N. P. **Gasification technologies: A primer for engineers and scientists**. [S.l.: s.n.], 2005.

ROCHA, V. R. da. **A Física por trás dos tecidos**. 2014. Disponível em: <https://www.monolitonimbus.com.br/a-fisica-por-tras-dos-tecidos/>. Acesso em: 15 set. 2023.

SILVEIRA, P. D. **Avaliação do potencial da pirólise de resíduos sólidos urbanos como processamento termoquímico para recuperação de matéria e energia**. 2015. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/11998>. Acesso em: 7 fev. 2022.

VIANA, M. M. **OBTENÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS DE PIRÓLISE DO LODO DE ESGOTO PARA ADSORÇÃO DE POLUENTES EM MEIO AQUOSO**. 2013. Universidade de São Paulo, 2013.

YADAV, S. et al. Recent analytical techniques, and potential eco-toxicological impacts of textile fibrous microplastics (FMPs) and associated contaminants: A review. **Chemosphere**, Elsevier, v. 326, 2023. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653523007622?ref=cra\\_js\\_challenge&fr=RR-1](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653523007622?ref=cra_js_challenge&fr=RR-1). Acesso em: 15 set. 2023.

YOUSEF, S., EIMONTAS, J., STRIŪGAS, N., et al. "A sustainable bioenergy conversion strategy for textile waste with self-catalysts using mini-pyrolysis plant", **Energy Conversion and Management**, v. 196, p. 688–704, 15 set. 2019. DOI: 10.1016/J.ENCONMAN.2019.06.050.