

Revisão

ETIQUETA(S) NO ENSINO DE QUÍMICA: tecidos e suas relações com a problemática dos microplásticos

PURL: <https://purl.org/27363/v3n2a32>

Rosália Andrighetto ^{a*}, Xaiane de Mattos Rohte ^b, Nicolý de Mattos Duarte ^b e Vanessa Sebastiani ^b

^a *Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil.*

^b *Escola Estadual de Educação Básica Eugênio Frantz, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil.*

Resumo

Neste artigo compartilhamos as concepções de estudantes do ensino médio inseridas no contexto da iniciação científica júnior (ICJr) e destacamos as potencialidades do emprego da etiqueta de tecidos para a exploração de conteúdos de química e fomento para as discussões educacionais no âmbito da sustentabilidade. A metodologia adotada para esta pesquisa descritiva e exploratória, de abordagem qualitativa, consistiu em revisar sistematicamente a literatura, utilizando bases de dados indexadas. Quanto ao objeto de estudo, considerando a existência de uma diversidade de tecidos com finalidades e demandas distintas, que mudam em função da composição química de cada tecido, extraiu-se e deu-se sentido químico às informações de diferentes etiquetas de tecidos para (re)significar conteúdos pertinentes à área da química e exaltar questões intimamente relacionadas à sustentabilidade. Ao final do percurso formativo, por meio dos estímulos propostos neste contexto de ICJr, constatamos a qualificação para uma formação mais consciente e crítica, para além de conteúdos específicos da química.

Palavras-chave: Ensino Médio; Microplásticos; Sustentabilidade; Tecidos; Química.

LABEL(S) IN CHEMISTRY TEACHING: fabrics and their relationships with the problem of microplastics

Abstract

In this article, we share the conceptions of high school students within the context of junior scientific initiation (ICJr) and highlight the potential of using fabric labels to explore chemistry content and encourage educational discussions in the field of sustainability. The methodology adopted for this descriptive and exploratory research, with a qualitative approach, consisted of systematically reviewing the literature, using indexed databases. As for the object of study, considering the existence of a diversity of fabrics with different purposes and demands, which change depending on the chemical composition of each fabric, chemical meaning was extracted and given meaning to the information of different fabric labels for signify content relevant to the field of chemistry and exalt issues closely related to sustainability. At the end of the training course, through the stimuli proposed in this context of ICJr, we have the qualification for a more conscious and critical training, in addition to specific contents of chemistry.

Keywords: High school; Microplastics; Sustainability; Fabrics; Chemistry.

ETIQUETA(S) EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: tejidos y sus relaciones con el problema de los microplásticos

* Autor para correspondência: rosalia.andrighetto@uffs.edu.br

Resumen

En este artículo, compartimos las concepciones de los estudiantes de secundaria en el contexto de la iniciación científica junior (*ICJr*) y destacamos el potencial del uso de etiquetas de tela para explorar el contenido de química y fomentar discusiones educativas en el campo de la sostenibilidad. La metodología adoptada para esta investigación descriptiva y exploratoria, con enfoque cualitativo, consistió en la revisión sistemática de la literatura, utilizando bases de datos indexadas. En cuanto al objeto de estudio, considerando la existencia de una diversidad de tejidos con diferentes propósitos y demandas, que cambian dependiendo de la composición química de cada tejido, se extrajo el significado químico y se le dio sentido a la información de las diferentes etiquetas de tejido para significar contenido relevante para el campo de la química y exaltar cuestiones estrechamente relacionadas con la sostenibilidad. Al final del curso de formación, a través de los estímulos propuestos en este contexto de *ICJr*, tenemos la calificación para una formación más consciente y crítica, además de contenidos específicos de química.

Palabras clave: Secundaria; Microplásticos; Sostenibilidad; Telas; Química.

1. Introdução

Desde o início do milênio vivenciamos o nascimento de novos paradigmas, modelos e processos de comunicação educacional em novos cenários de ensino e de aprendizagem. Recentemente, experienciamos a passagem do modelo convencional para o modelo “*onlife*” (online e offline) (FLORIDI, 2015; MOREIRA, 2020). Especificamente, em virtude do formato de ensino remoto que experienciamos em decorrência do período de isolamento imposto pela pandemia da Covid 19, vislumbramos, provavelmente mais do que em qualquer outro momento da nossa história, a relevância de explorar ambientes virtuais de aprendizagem e objetos que fazem parte do cotidiano dos estudantes.

Neste contexto, considerando que desde os primórdios a história do Homem está interligada aos materiais, sendo essa ligação uma soma de todos os materiais que inventamos ou descobrimos, manipulamos, usamos e abusamos (NAVARRO, 2006), para sair dos locais convencionais – onde se tem evidentemente muita química, como na cozinha e banheiro – fomos para o guarda-roupas, para explorar, inicialmente, conceitos da química orgânica.

Considerando que os tecidos configuram-se objetos acessíveis do nosso dia a dia e nos servem de exemplos versáteis para demonstrar que a química, como sempre, está ‘a mão de qualquer sujeito’, nosso objetivo consistiu em exaltar, dentre os diversos materiais que nos cercam, os distintos tecidos que nos envolvem com uma infinidade de estilos e finalidades, cada qual refletindo a química intrínseca de suas composições e fazendo parte de uma história repleta de marcas para os diferentes povos e seus contextos históricos.

Como metodologia de trabalho, ao considerarmos o fomento à iniciação científica júnior (*ICJr*) como sendo uma ‘via de mão dupla’ (de integração), temos por intenção ancorar-nos em um processo de aprendizagem colaborativa que prima pela simetria invertida (BRASIL, 2002) e que incentiva a (re)construção e consolidação dos conhecimentos tanto acerca dos saberes e fazeres docentes (no sentido da atualização e qualificação da práxis) quanto dos conteúdos escolares (no sentido de aproximar o estudante aos vínculos estabelecidos entre os conteúdos específicos de química e as pesquisas científicas) (ANDRIGHETTO, 2022).

Neste artigo, compartilhamos alguns dos principais destaques do trabalho desenvolvido com a participação de estudantes do ensino médio (EM) inseridos na *ICJr*. Sugerimos que a temática da química têxtil possa ser explorada no contexto da educação brasileira, seja no ensino médio ou superior, uma vez que o ensino baseado em abordagens contextualizadas, além de fomentar um processo de ensino e aprendizagem interdisciplinar, proporciona aos professores a possibilidade de inserir os saberes tradicionais no contexto escolar, promovendo uma aproximação destes com o saber científico (da SILVA, 2016). Em específico, apresentamos neste relato a relação do ato de lavar roupas com a liberação de microplásticos (MPs) o que, além de estar em consonância com os documentos oficiais que regem a Educação Básica, atende também aos objetivos do

desenvolvimento sustentável propostos pela Agenda 2030 e possui relevância para a sociedade atual e para as futuras gerações (AZEVEDO, 2022).

2. Metodologia

Durante a pandemia da Covid-19, convidamos estudantes do terceiro ano do EM de uma escola estadual pública para desenvolver as atividades de Iniciação de Pesquisa Científica previstas em projeto científico-pedagógico fomentado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PRO-ICT/UFFS) para o EM e PIBIC-EM/CNPq. Amparando-se em uma abordagem metodológica de cunho qualitativo (LÜDKE, 2013), visou-se fomentar um percurso formativo *onlife* de ensino e pesquisa, e contemplar o estudo de conceitos e métodos químicos fundamentais da química. Para tal, considerando que existem implicações tecnológicas e ambientais em praticamente todas as etapas de vida de um produto químico orgânico, que vai desde o uso de matérias-primas até a sua destinação final, tratamos, mais especificamente, de aspectos relacionados à química têxtil por meio da temática ‘etiquetas: tecidos e suas composições químicas’. Buscou-se promover a exploração e assimilação do conhecimento acerca da matéria/materiais, sua constituição, propriedades e transformações, assim como das inter-relações entre os níveis teórico, representacional e fenomenológico, com ênfase nas sub-áreas do conhecimento de química (orgânica e físico-química) e implicações ambientais.

Assim, o trabalho desenvolvido esteve fundamentado nos seguintes objetivos específicos: *i*) inserir estudante(s) do EM no espaço universitário promovendo a iniciação científico-acadêmica; *ii*) aperfeiçoar conhecimentos pré-existentes destes estudantes em formação escolar, proporcionando a eles qualificação no âmbito da pesquisa científica, elaboração de trabalhos/artigos científicos e materiais/recursos didático-pedagógicos; e *iii*) oportunizar o conhecimento e a manipulação de recursos de Tecnologias de Informação e Comunicação, valendo-se das potencialidades do ChemSketch® (um software gratuito, acessível, de fácil instalação e de grande utilidade prática) como um instrumento metodológico operacional, intencionando-se a sua disseminação como recurso didático-pedagógico para o contexto escolar.

Durante o percurso metodológico, em um contexto emergente de aprendizagem *onlife* (MOREIRA, 2020), os diferentes meios de redes de comunicação e tecnologias digitais foram fundamentais, tanto para o colhimento quanto para o compartilhamento de informações entre a orientadora e as pesquisadoras júnior (PJs). Foram utilizados diversos recursos, tanto de natureza dialógica (textos de divulgação científica-TDC e estudos dirigidos) quanto operacional (software ChemSketch®).

O ACD/Chemsketch® é um software gratuito, acessível e de fácil instalação, usado como recurso e subsídio didático para a investigação a partir da construção e representação de estruturas moleculares 3D, mecanismos de reações, verificação do ângulo entre as ligações, cálculo de propriedades físico-químicas (massa, fórmula centesimal, volume molar, índice de refração, tensão superficial, constante dielétrica, densidade, entre outros cálculos), observação de isomeria geométrica *cis/trans*, numeração de cadeia carbônica, verificação do banco de dados de macromoléculas e aparelhagem/vidraria de laboratório.

Dentre as principais atividades das PJs destacamos: *i*) levantamento e descrição da classe de compostos/materiais constituintes dos tecidos; *ii*) seleção e exposição de informações contidas nas etiquetas oriundas do setor de vestuário, cama, mesa e banho; *iii*) identificação e análise da composição química dos constituintes de diferentes tecidos; *iv*) seleção e leitura de TDC; *v*) manipulação do software ChemSketch®; *vi*) colaboração na escrita de artigo científico para a divulgação de suas

atividades e percepções.

Quanto aos procedimentos metodológicos, preconizados nos Quadros 1 e 2, as ações foram estruturadas e desenvolvidas com base nos três momentos pedagógicos (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991), a saber: *i*) 1º momento: diálogos e questionários iniciais nortearam a problematização, investigação e levantamento dos conhecimentos prévios das PJs; *ii*) 2º momento: a exploração e leitura da composição química indicada nas etiquetas conduziram à organização e aplicação do conteúdo apoiada em análises e interpretações da literatura; *iii*) 3º momento: avaliou-se a assimilação do conhecimento, levantando-se os questionamentos na etapa anterior (sem a intervenção) e posterior (após a ação), com o objetivo de constatar as contribuições das ações desenvolvidas.

Quadro 1– Questões e atividades norteadoras.

<p>Etapa 1: Levantamento dos conhecimentos iniciais do estudante.</p> <p>Problematização – 1) <i>Qual a sua percepção acerca da química orgânica nos nossos vestuários e tecidos usuais do dia a dia (como lençóis, toalhas de mesa e banho)?</i> 2) <i>Você já se perguntou do que são formadas as nossas roupas e por quê/como elas nos proporcionam diferentes sensações (táteis e térmicas)?</i></p> <p>Atividade 1 – Vasculhando o guarda-roupas: a) Procure por distintas etiquetas (e no maior número possível de amostras que você conseguir); b) Interprete as informações nelas indicadas; c) Relacione cada tecido com a sua sensação tátil (retrate e descreva como você sente o tecido).</p>
<p>Etapa 2: Exploração dos objetos de estudo.</p> <p>Atividade 2 – Pesquise e reúna informações acerca das composições encontradas nas etiquetas de cada material.</p>
<p>Etapa 3: Sistematização do conhecimento. Os caminhos primários da investigação desencadearam novos questionamentos e investigações.</p> <p>Problematização – <i>O que são/representam: a) algodão; b) poliéster; c) elastano? Nas suas pesquisas o que você encontrou sobre a química ou sobre fatos históricos destes materiais que chamou a sua atenção? No seu dia a dia, você encontrou algo diferente de algodão, poliéster ou elastano? O que as nossas roupas têm a ver com o plástico? Lavar roupas libera microplásticos? Quantas garrafas PET são necessárias para fazer uma camiseta? O que e quais são os tecidos sustentáveis?</i></p> <p>Atividade 3 – Investigando a literatura científica: produza uma revisão com os principais destaques</p> <p>Atividade 4 – Disserte acerca de suas considerações gerais referentes ao estudo desenvolvido^a.</p>

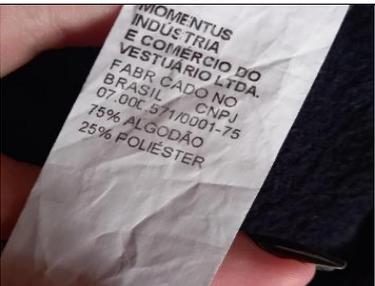
^a As percepções e considerações autorais das PJs encontram-se grifadas em itálico ao longo do texto.

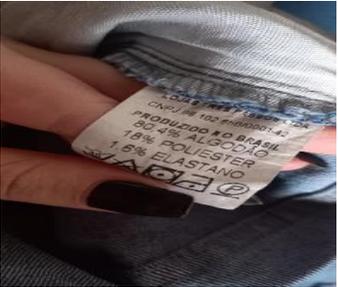
3. Resultados e discussões

3.1 Considerações pré-intervenção: vasculhando o guarda-roupas

‘Ela [a química orgânica] está presente no tipo de tecido, fio no material que é utilizado para composição de tal vestimenta que pode proporcionar a sensação de ser macio, áspero, aveludado, ‘fresquinho/frio’, ‘quentinho/quente’, podendo ser branco, preto, multicolorido, floral, pode não amassar ou amassar “só de olhar”!’ Entre os distintos tecidos, uma infinidade de sensações e, como sempre, a química onipresente – ‘a mão de qualquer sujeito’ (Quadro 2).

Quadro 2 – Etiquetas e sensações.

Imagem/ Objeto de investigação	Etiqueta/ Composição	<i>Minhas sensações</i>
 <p data-bbox="264 501 389 528">Calça jeans</p>	<p data-bbox="568 293 719 383">72% algodão 22% poliéster 03% elastano</p>	<p data-bbox="815 293 1319 383"><i>Apesar de ter uma pequena quantidade de elastano é um tecido bem maleável, tecido rígido e suave.</i></p>
 <p data-bbox="225 725 432 752">Camiseta feminina</p>	<p data-bbox="568 528 719 562">100% algodão</p>	<p data-bbox="815 528 1319 595"><i>Tecido muito suave e liso, pouco maleável mas confortável.</i></p>
 <p data-bbox="233 994 416 1021">Toalha de banho</p>	<p data-bbox="568 752 719 786">100% algodão</p>	<p data-bbox="815 752 1319 842"><i>Apesar de condizer ser um tecido totalmente de algodão, ele é áspero e tem uma absorção de água excelente.</i></p>
 <p data-bbox="296 1240 360 1267">Boné</p>	<p data-bbox="568 1032 727 1066">100% poliéster</p>	<p data-bbox="815 1032 1319 1122"><i>É um tecido bem transpirante, ou seja, tem uma excelente 'sensação térmica' e me parece ser bem rígido.</i></p>
 <p data-bbox="280 1599 368 1626">Vestido</p>	<p data-bbox="568 1290 719 1357">92% poliéster 08% elastano</p>	<p data-bbox="815 1290 1319 1357"><i>Consiste em um tecido fino mas sem muita transpiração, é leve e liso.</i></p>
 <p data-bbox="272 1912 376 1939">Moletom</p>	<p data-bbox="568 1626 719 1693">75% algodão 25% poliéster</p>	<p data-bbox="815 1626 1319 1693"><i>Tecido não muito grosso, de pouca elasticidade, porém <u>aquece bem</u> o corpo.</i></p>

 <p>Saia</p>	100% poliéster	<i>Não fica amassada, tecido super levinho e confortável, porém não estica.</i>
 <p>Jaqueta corta vento</p>	100% poliéster	<i>Muito fina e leve, não amassa, secagem rápida após lavar e tem uma ótima proteção contra o frio e vento.</i>
 <p>Macacão Jeans</p>	80,4% algodão 18% poliéster 1,6% elastano	<i>Tecido fino e bem maleável, não é rígido. É uma peça de roupa <u>bem fresquinha</u>.</i>
 <p>Capuz</p>	tecido externo: 65% poliéster 35% algodão forro e capuz: 100% poliéster	<i>Na parte interna, que é revestida com 'pêlos', há a sensação macia e <u>quente</u>, já na parte externa, onde a composição é poliéster e algodão, a sensação é mais fria e rígida, mas sem deixar de ser maleável.</i>
 <p>Blusa feminina</p>	100 % viscose	<i>O tecido é leve e <u>fresco</u>, extremamente maleável, assim como é totalmente liso sem texturas.</i>
 <p>Casaco</p>	76,5% algodão 23,5% poliéster	<i>Por ser um tecido felpudo é macio e <u>quente</u>, porém não deixa de ser leve. Lembra muito a textura de pêlos de animais.</i>

 <p>Casaco</p>	76,5% algodão 23,5% poliéster	<i>Apesar de ter a mesma composição que o tecido anterior, este apresenta maior resistência, sendo mais rígido, porém é igualmente <u>quente</u>.</i>
 <p>Blusão</p>	100% acrílico	<i>É leve, porém <u>quente</u>. Lembra vagamente lã e apresenta textura, além de ser maleável.</i>
 <p>Casaco</p>	100% poliéster	<i>É extremamente leve e <u>gelado</u>, sem textura na parte externa e com uma rede na parte interna.</i>
 <p>Camisa</p>	100% poliéster	<i>É uma camiseta mais pesada e com pouca transpiração, <u>quente</u> e lisa, porém macia ao toque.</i>
 <p>Calça Jeans</p>	85% algodão no mínimo	<i>Como todo jeans é pesado e rígido, não muito maleável, no tecido em si não há textura.</i>
 <p>Moleton</p>	73% algodão 27% poliéster	<i><u>Quente</u> e macio, um pouco pesado por ser um moletom, todavia maleável.</i>

 <p>Casaco</p>	<p>50% acrílico 35% algodão 08% poliamida 07% metalizado</p>	<p><i>Leve porém quente, lembra vagamente lã. É elástico, maleável e com textura.</i></p>
 <p>Calça jeans</p>	<p>78% algodão 20% liocel 02% elastano</p>	<p><i>Como jeans apresenta resistência e é pesado, liso e sem textura no tecido em si.</i></p>

3.2 Investigação da literatura científica: principais destaques

A indústria têxtil é repleta de processos químicos que visam manipular a matéria-prima para que ela adquira características mais atrativas. Com isso, [...] “tem-se procurado produzir novos materiais que aliem praticidade, segurança e proteção no nosso dia a dia, sendo crescente o desenvolvimento de novos conhecimentos na área de materiais. Dessa forma, um setor de destaque é a produção de tecidos, já que eles são utilizados em diversas áreas abrangentes que vão desde a produção de roupas até o setor aeroespacial” (GOMES, 2016, p. 288. Neste contexto, a engenharia de tecidos vem se desenvolvendo e a pesquisa em torno da química envolvida tem sido objeto de crescente interesse (da SILVA, 2008; BORGES, 2012; GOMES, 2016), sendo um setor com ampla atuação de químicos e engenheiros e que afeta diretamente o cotidiano.

A química presente nos tecidos é muito vasta e pode ser explorada em seus diversos aspectos (Figura 1, Quadro 3). Os tecidos podem ter origem natural (como algodão, linho, lã e seda) ou podem ser artificiais e sintéticos que, em geral, são polímeros com longas cadeias de grupos de moléculas repetidos (como nylon, poliéster, elastano, poliamida, acrílico e viscose). Há também os tecidos semissintéticos que são intermédios (uma mistura natural e sintético), como o liocel.

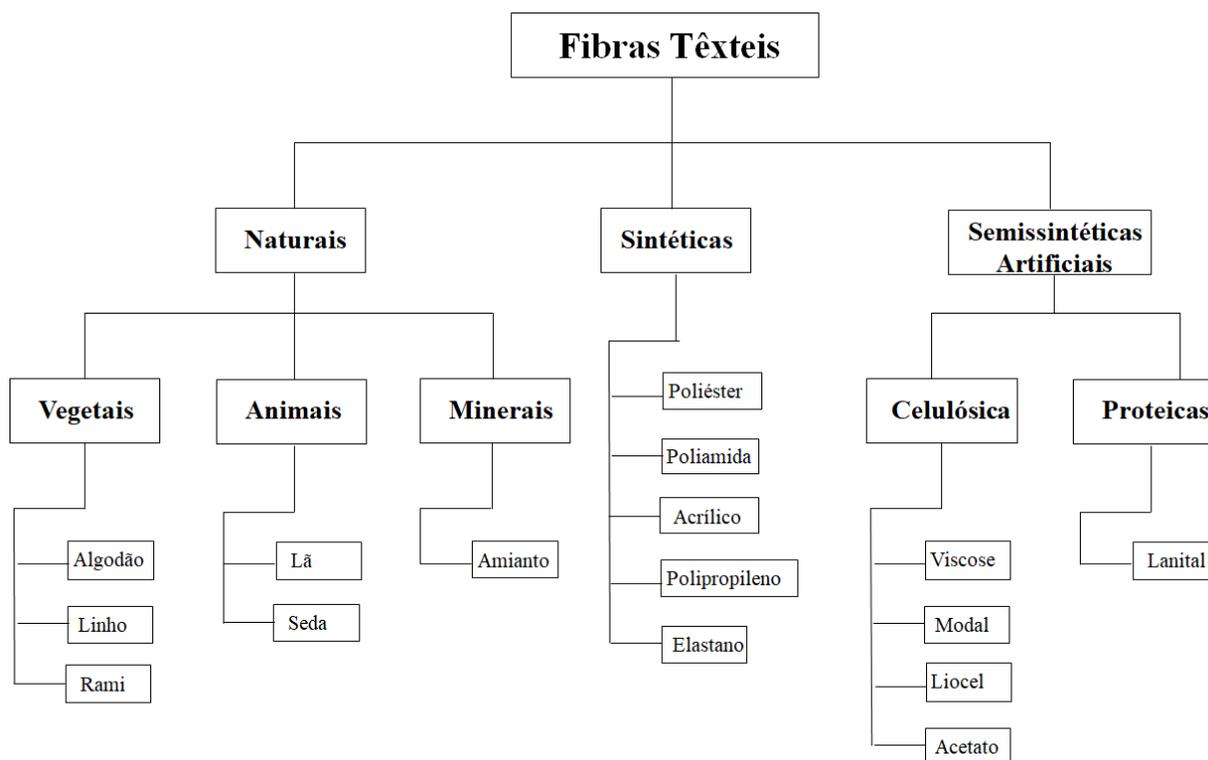
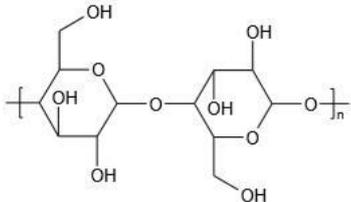
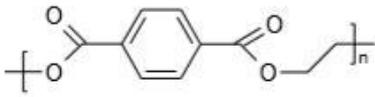
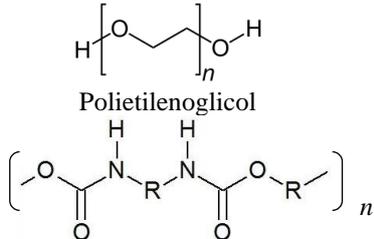
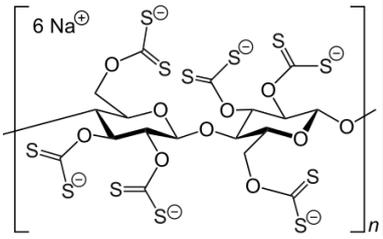
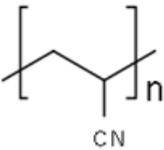
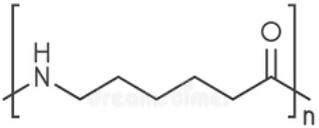
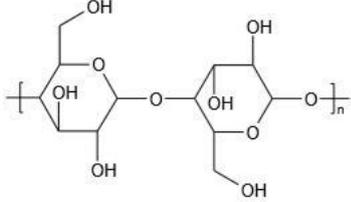


Figura 1 – Classificação e principais tipos de fibras têxteis.

Quadro 3 – Investigação das composições químicas encontradas nos guarda-roupas (Quadro 2).

Tecido	Conceito	Característica estrutural ^a (Polímeros $n > 1000$)
Algodão	Fibra unicelular natural proveniente da semente do algodoeiro.	 <p>Contêm, em maior proporção, a celulose</p>
Políéster	Macromoléculas lineares cuja cadeia possui, pelo menos, 85% (em massa) de unidades de éster derivados de um diol e do ácido tereftálico: politereftalato de etileno.	 <p>Politereftalato de etileno</p>
Elastano	Macromoléculas cujas cadeias contêm, pelo menos 85% (em massa) de segmentos de poliuretano. Elastômero que, quando esticado três vezes o seu comprimento original e largado, recupera rápida e substancialmente o seu comprimento inicial. Destaca-se pela sua resistência à oxidação, à transpiração, à água do mar, aos cosméticos e à luz do sol.	 <p>Poliuretano</p>

Viscose	Fibra artificial de celulose, fabricada a partir de cavacos de madeira de árvores pouco resinosas ou do línter da semente do algodão.	 <p>Polímero componente do celofane</p>
Acrílico	Material têxtil produzido a partir de fios ou fibras sintéticas baseadas na estrutura química contendo pelo menos 85% acrilonitrila. O polímero poli(acrilonitrila) é o material utilizado para a confecção da fibra artificial que dá origem a esse tipo de tecido.	 <p>Poliacrilonitrila</p>
Poliamida	Pertencente ao grupo dos nylons, apesar de ser sintético, tem propriedades parecidas com as propriedades naturais de outras fibras, como o próprio algodão, por isso costuma ser considerada a fibra mais nobre dentro de sua categoria de fibras sintéticas.	 <p>Poliamida (Nylon 6)</p>
Liocel (Lyocell)	Fibra semissintética feita de celulose, geralmente de eucaliptos, o que significa que é feita de uma fonte natural. No entanto, o seu processo de produção envolve substâncias sintéticas.	 <p>Fibras semissintéticas feita à base de plantas (celulose)</p>

^a Estruturas moleculares químicas desenhadas no software ChemSketch®.

Considerando que o tecido poliéster esteve significativamente presente nas composições dos guarda-roupas explorados, direcionamos nossos olhares para informações acerca desta classe.

3.3 Tecido poliéster: o que é e quais são os seus impactos?

Poliéster é denominada a classe de polímeros que contém o grupo funcional éster na cadeia principal (Figura 2a). Apesar de existirem muitos tipos de poliéster, de acordo com o grupamento R, o termo comumente é usado para se referir ao politereftalato de etileno, ou PET (Figura 2b), assim como é comum deparar-se com a associação do termo ‘álcool’ diretamente ao etanol (embora existam vários tipos de álcoois). Sua composição pode ser de origem natural e sintética, sendo alguns tipos biodegradáveis, enquanto grande parte dos poliésteres sintéticos não o são.

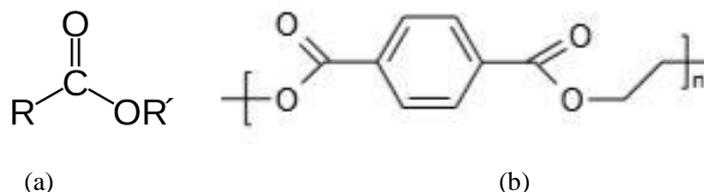


Figura 2 – a) Grupo funcional éster (R-CO₂-R'); b) Politereftalato de etileno (PET), n > 1000.

A maioria dos compostos do tipo poliéster são termoplásticos e possuem diversas aplicações, sendo que a principal é a produção de tecidos e malhas utilizados em camisas, calças, lençóis, cortinas, móveis e estofados. Além do amplo emprego no setor vestuário, o poliéster é muito usado como matéria-prima na produção de garrafas de plástico (garrafas PET), filmes, filtros, tinta em pó, reforços para pneus, material isolante, enchimento de almofadas, telas de LED, acabamentos para instrumentos musicais e muitos outros produtos.

No vestuário, apesar de possuir um toque artificial em relação às roupas feitas com fibras naturais, o tecido de poliéster apresenta algumas vantagens, como maior durabilidade, retenção de cor e resistência a rugosidades. Por tais motivos, é muito comum a mistura de fibras de poliéster com as fibras naturais na confecção de roupas, garantindo características combinadas ao tecido.

Na produção do poliéster são emitidos compostos orgânicos voláteis e efluentes contendo antimônio (que pode causar sérios problemas à saúde). Portanto, seu intenso uso leva a impactos ambientais que vão desde a sua produção até o seu destino, seja com o descarte correto ou incorreto, gerando um material nocivo a humanos e animais, o microplástico (MP) – definido como sendo partículas de plástico entre 1 µm até 5 mm (HARTMANN, 2019). Após a liberação ambiental, os plásticos são expostos à oxidação, estresse mecânico e ação biológica, resultando em fragilização e fragmentação, formando MPs, e, eventualmente, nanoplasticos (NPs) (< 1 µm), além de serem liberados no meio ambiente em sua forma primária (HIDALGO-RUZ, 2012).

Sabe-se que esses ‘pedacinhos’ estão presentes em todos os compartimentos ambientais, desde corpos marinhos e de água doce (GESAMP, 2015), solo (WANG, 2019), alimentos e água potável que consumimos (DANOPOULOS, 2020a; DANOPOULOS, 2020b) e ar (DRIS, 2017; ALLEN, 2019; CAI, 2017; JENNER, 2021). Tendo sido isoladas partículas de MPs suspensas tanto em centros de cidades (CAI, 2017; WRIGHT, 2019a; LIU, 2019a) quanto no interior de domicílios (DRIS, 2017; VIANELLO, 2019; JENNER, 2021; ZHANG, 2020) e regiões externas remotas (ALLEN, 2019). Consequentemente, há uma preocupação crescente em relação aos perigos associados à ingestão, ao contato dérmico e à inalação de MPs (PRATA, 2018).

Fibras sintéticas já foram observadas em amostras de tecido pulmonar humano (PAULY, 1998). Estudos indicaram a presença de MPs em amostras de autópsias de cadáveres humanos. Entretanto, não se pode confiar apenas em critérios observacionais para distinguir entre MPs e não-MPs, pois estudos limitados podem levar a contagens de MP superestimadas e subestimadas e a falta de informações relacionadas ao tipo polímero ou aditivo (HIDALGO-RUZ, 2012; ERIKSEN, 2013). Para tal, é fundamental o uso ferramentas de análise química, como µRaman e espectroscopia µFTIR (AMATO-LOURENÇO, 2021).

Amato-Lourenço e colaboradores (2021) determinaram a presença de MPs em tecidos pulmonares humanos obtidos em autópsias, tendo sido observadas partículas poliméricas (n = 33) e fibras (n = 4) em 13 de 20 amostras de tecido. Todas as partículas poliméricas tinham um tamanho inferior a 5,5 µm, e as fibras variaram de 8,12 a 16,8 µm. Os polímeros determinados em maior quantidade foram polietileno e polipropileno.

Portanto, a poluição por MPs é uma preocupação global devido ao seu potencial risco para os seres humanos e saúde ambiental. Embora estudos de MPs ao longo da última década se concentraram principalmente em seus efeitos sobre o ambiente oceânico, também tem havido uma preocupação crescente em relação aos seus efeitos na saúde humana. Alguns estudos relataram doses de exposição humana a MPs através da ingestão de poeira interna e alimentos como sal, bebidas e água potável. Uma dose média semanal de ingestão de MPs na faixa de 0,10-5,00 g foi estimada. Assim, embora seja conhecido

que os seres humanos estão expostos a MPs, a magnitude e variabilidade de doses de exposição e taxas de ingestão globalmente ainda são parâmetros desconhecidos e requerem atenção (ZHANG, 2021).

Mediante um estudo de caso, em que os pesquisadores examinaram o papel dos MPs como vetores contaminantes ao corpo humano, tendo-se avaliado as interações de MPs e compostos orgânicos em ambientes aquáticos, apontou-se que os MPs funcionam como uma espécie de ‘ímã’ para poluentes ambientais. Demonstrou-se que esses resquícios microscópicos adsorvem substâncias tóxicas nos oceanos que, quando ingeridas (adosorvente + adsorvato), serão liberadas com maior toxicidade no nosso trato digestivo (e tornam-se 10 vezes mais nocivas à saúde humana) (RUBIN, 2022). Os pesquisadores analisaram todo o processo pelo qual o MP passa, desde sua interação com substâncias orgânicas até o aumento do nível de toxinas, e identificaram que mesmo concentrações muito baixas e não tóxicas de poluentes, ao serem adsorvidas pelos fragmentos de plástico, podem passar a ter maior toxicidade. Segundo os autores, existe o risco porque nós ingerimos MPs ao consumirmos alimentos e bebidas contaminados e, conforme os resultados apontados pela pesquisa, os pedaços de plástico ‘carregados’ com poluentes vão até o nosso trato digestivo, liberando-os em uma forma concentrada e mais tóxica.

Então, diante desta problemática, a nossa pesquisa secundária buscou responder ao seguinte questionamento: *lavar roupas libera microplásticos?*

3.4 Então, lavar roupas libera microplásticos?

Sim, tecidos feitos a partir de fibras têxteis de plástico estão liberando MPs no ar e na máquina de lavar roupas. Os MPs são onipresentes, ou seja, estão por toda parte, no sal de cozinha, no ar, nos alimentos, na cadeia alimentar e no ato de lavar roupas. Isso é consequência de uma produção que utiliza tecidos de plástico para a confecção das roupas, como o poliéster. Esses tecidos liberam microfibras (MFs), que são uma categoria de MPs, porém com forma fibrosa.

Os tecidos de plástico são um problema ambiental, pois liberam MPs nos rios e mares após lavagens na máquina de lavar roupas. A poluição microplástica causada por processos de lavagem de tecidos sintéticos foi recentemente avaliada como a principal fonte de MPs primários nos oceanos (HARTILENE, 2016; BOUCHER, 2017). Portanto, compreender acerca da contribuição do processo de lavagem de roupas sintéticas para este problema ambiental é de suma importância, pois, uma vez no ambiente, os MPs podem entrar na cadeia alimentar e causar implicações para a saúde humana.

Pesquisadores da Universidade da Califórnia analisaram a liberação de MFs em diferentes tipos de jaquetas sintéticas, principalmente a do tipo *fleece*. Nestes estudos, a jaqueta foi submetida primeiramente à lavagem e a água foi então coletada, passando por uma coluna de filtração. Os resultados indicaram que a quantidade de MFs liberada em cada lavagem depende da intensidade da máquina e do tempo de uso da roupa, sendo que quanto mais intensa for a lavagem e quanto mais antiga for a peça de roupa maior será a liberação de MFs (HARTILENE, 2016). Estes pesquisadores indicaram que se cada habitante de uma cidade com população de 100 mil pessoas resolvesse lavar uma peça de roupa sintética por dia, até 110 kg de MFs poderiam ser lançados em corpos d’água. Isso é o equivalente a lançar 15 mil sacolas plásticas nos oceanos por dia. Esta modelagem, no entanto, está considerando que a água passou por tratamento (grande parte das fibras ficaram retidas) antes de chegarem à natureza, o que não é a realidade de muitos países, como o Brasil.

Estimativas recentes avaliaram que roupas sintéticas contribuem em cerca de 35% para a liberação global de MPs primários para os oceanos, tornando-se assim a principal fonte de MPs (BOUCHER, 2017). Esta estimativa não surpreende considerando que as fibras sintéticas representam quase 60% do consumo global anual de fibras, ou seja, 69,7 Mt usados na indústria de vestuário, e que, globalmente, mais de 840 milhões de máquinas lavadoras domésticas são utilizadas, consumindo

anualmente cerca de 20 km³ de água e 100 TWh de energia (CESA, 2017).

Para entender melhor a dimensão do problema dos MPs ao lavar roupa, De Falco e colaboradores (2019) realizaram uma pesquisa envolvendo testes de lavagem em escala real, usando roupas comerciais e máquina de lavar doméstica, para obter dados confiáveis sobre a liberação de MPs e para identificar possíveis influências das características têxteis no lançamento. O esgoto foi coletado e filtrado por filtros subsequentes com porosidade decrescente, e a quantidade e as dimensões de MFs foram determinadas. A liberação de MF foi analisada em relação à natureza e características das roupas lavadas. Os resultados mostraram que as MFs liberadas durante a lavagem variam de 124 a 308 mg por kg de tecido lavado, dependendo do tipo de roupa lavada que corresponde a um número de MFs variando de 640.000 a 1.500.000. Algumas características têxteis, como o tipo de fibras que constituem os fios e sua torção, influenciaram a liberação de MFs durante a lavagem. Uma grande quantidade de MFs de natureza celulósica também foi liberada durante a lavagem de roupas confeccionadas com mistura de poliéster e celulose. A fração mais abundante de MFs liberada foi retida por filtros com poros de tamanho de 60 µm, apresentando um comprimento médio de 360–660 µm e um diâmetro médio de 12–16 µm, indicando dimensões que podem atravessar estações de tratamento de águas residuais e representam uma ameaça para os organismos marinhos (de FALCO, 2019).

O problema se agrava considerando que o MP pode levar milhares de anos para se decompor na natureza. Depois que o pequeno pedaço sofre interferências ambientais, ele se oxida e sua capacidade de adsorver poluentes fica maior do que a de uma partícula não oxidada. Quando ele entra no trato digestivo, libera toxinas nas proximidades das células. Para Zucker, isso tudo é um ‘lembrete doloroso das terríveis consequências de poluir o ambiente marinho e terrestre com resíduos industriais perigosos. Os perigos não são teóricos, são mais tangíveis do que nunca’, alerta a pesquisadora (RUBIN, 2022).

Recentemente, pesquisadores da Hull York Medical School e da Universidade de Hull, ambas na Inglaterra, surpreenderam-se ao analisarem amostras de tecidos de pulmões humanos coletadas durante as cirurgias (JENNER, 2022). Os cientistas encontraram 12 tipos diferentes de MPs nestes órgãos humanos, que podem provocar danos à saúde. Essas partículas com menos de 5 milímetros concentravam-se, principalmente, no trato inferior pulmonar (onde as vias aéreas são mais estreitas), mas também foram encontradas no superior. Os resultados do experimento foram publicados em 29 de março de 2022 na revista *Science of The Total Environment*. Na análise, a equipe encontrou 39 pedaços de MPs em 11 das 13 amostras de pulmão (um número maior do que já havia sido visto em qualquer estudo de laboratório anterior). Esse é o primeiro estudo robusto a mostrar MPs em pulmões de pessoas vivas, conforme ressaltado por Sadofsky (JENNER, 2022), a principal autora do artigo, em comunicado. Entre os tipos de plásticos encontrados na pesquisa estavam aqueles usados em embalagens, garrafas, roupas sintéticas e diversos processos de manufatura.

De acordo com estes pesquisadores, as regiões inferiores dos pulmões são muito estreitas, então, não se imaginava que os resíduos poderiam chegar até lá, e, tampouco, sendo partículas dos tamanhos que foram encontrados. Mas sim, chegou! Sendo que dos 39 pedaços de polímeros coletados, 11 estavam na parte superior do pulmão, 07 na região média e 21 na inferior. Segundo afirmam, os autores esperavam que partículas desses tamanhos fossem filtradas ou presas antes de chegar tão fundo nos pulmões. Ainda, curiosamente, esse estudo apontou também que havia um nível mais alto dos resíduos em homens em relação a mulheres. De acordo com os autores, a hipótese é que isso se deve ao fato de as vias aéreas femininas serem significativamente menores do que as masculinas, embora afirmem também que o tamanho da amostra relativamente pequeno determine que mais análises sejam realizadas para explorar ainda mais estas diferenças. Os pesquisadores esperam que tais apontamentos possam direcionar estudos futuros sobre o impacto que as partículas de plástico podem ter nos seres humanos (JENNER, 2022).

3.5 Considerações pós-intervenção

‘A química é um dos fatores essenciais para a produção de tecidos, estando fortemente presente na indústria têxtil. Todo o processo da fabricação de um tecido envolve a química em suas mais variadas etapas de produção, desde a construção de algumas matérias-primas de origem química, como o acetato e a viscose que têm origem vegetal, ou a lycra, o poliéster e o nylon que pertencem a petroquímica. Bem como a tintura e o acabamento que utilizam reações químicas para os mais diversos efeitos. Na etapa do tingimento ocorre o uso de corantes que podem ser reativos, diretos ou dispersos, mas todos dando vida e cores às peças de tecido. Após o tingimento é comum que aconteça o alvejamento do produto a fim de remover qualquer mancha ou sujeira que possa ter ficado, além de ajudar a uniformizar a cor. Já a lavagem ocorre nas últimas fases da produção, retirando o excesso das etapas anteriores. Logo vemos que a química é indispensável para a indústria têxtil, garantindo a qualidade e durabilidade dos produtos. Obviamente, hoje há um grande esforço por parte dos cientistas de procurar formas mais sustentáveis e seguras para o meio ambiente de se realizar todo o processo de fabricação dos tecidos. E os avanços estão cada vez mais presentes, sendo que várias formas sustentáveis descobertas já são obrigatórias em certos países. Desta forma, podemos ver a química em mais uma parte do nosso dia a dia, sendo responsável por algo tão rotineiro, mas de suma importância para todos os seres humanos. Tive uma maior atenção [pós-intervenção], reparei como se comportam [os tecidos] no corpo. Algodão: é uma fibra natural, boa parte do ar passa na roupa, porém permite que o nosso calor saia, e é uma peça de roupa fresca. Tem como desvantagem, elas podem lacerar ou encolher com muita facilidade, além de amassarem muito fácil. Poliéster: são fibras artificiais, ela tem o efeito contrário do algodão, ou seja, ela barra a entrada de ar e a saída, pode esquentar muito e ainda causa mau cheiro. Tem menor durabilidade, forma bolinhas. E tem vantagens, como não amassar, secagem rápida e são ótimas para dias frios. Elastano: conhecido como lycra também, tem bastante resistência, não desbota a cor, a secagem é rápida. Desvantagem é de que ele também é prejudicial para a transpiração do corpo, temos que tomar muito cuidado com esse material porque ele tem facilidade de queimar na hora de passar o ferro. Aprendemos que existem tecidos naturais e sintéticos, e os intermédios, como o liocel (semisintético). Além disso, encontramos a informação de que em média para fazer uma camiseta são necessárias duas garrafas pet. Para produzir um quilo de malha com PET são recicladas 11 garrafas de dois litros de refrigerante. E, considerando que os estudos preveem que uma garrafa pet leva entre 100 e 450 anos para se decompor na natureza, reciclar é fundamental. Assim como se pensar nos tecidos sustentáveis, que são produtos eco-friendly, que geram menos impactos ao meio ambiente. Isso porque o processo de produção é consciente e evita o uso de químicos poluentes e milhares de litros de água’. Além do mais, conhecer e aprender a estudar química orgânica com o uso do software ChemSketch® foi incrível’.

Conforme evidenciado no Quadro 1, é comum observar concepções apresentadas pelos estudantes com base na forma como expressamos estes fenômenos na vida cotidiana – ideias informais: calor sendo uma substância^a; existem dois tipos de calor (o quente e o frio)^b; calor é diretamente proporcional à temperatura^c (MORTIMER, 1998) (Figura 3). Não há como extinguir as concepções cotidianas dos estudantes sobre calor e temperatura, pois os conceitos científicos, apesar de certos, não fazem parte da nossa realidade e linguagem cotidiana e é por isso que dependemos destas expressões ‘errôneas’ para nos comunicar em sociedade. Sendo assim, a partir da análise das percepções e considerações expressas pelas PJs ao longo do desenvolvimento deste trabalho (tanto no pré- quanto no pós-intervenção), observamos a ampliação do vocabulário e resignificação dos conceitos científicos, tais como: a sensação térmica, que primeiramente foi expressa por ‘tecido frio/fresquinho’ ou ‘tecido quente’, passou a ser exaltada como ‘tecido que barra [impede] a entrada de ar e a saída’,

demonstrando a compreensão e consolidação acerca do diálogo empreendido na tratativa de conteúdos específicos da físico-química relacionados à termodinâmica.

Deste modo, destacamos que por meio desta temática foi possível discutir as concepções dos estudantes sobre calor, temperatura e suas sensações térmicas (quente e frio), explicitar cientificamente os conceitos e favorecer a construção dos conceitos científicos correspondentes, aprofundando conceitos básicos para a aprendizagem de conceitos mais avançados de termoquímica (MORTIMER, 1998). E, por isso, vislumbramos a temática desenvolvida como sendo uma proposta relevante para o processo de ensino e aprendizagem para além da química orgânica (norteadora deste estudo em um primeiro momento), possibilitando o aprofundamento nas investigações das propriedades físico-químicas e mecânicas (as quais refletem no comportamento dos tecidos, como maciez, absorção de umidade do corpo e tendência ao encolhimento), bem como o incitamento a demais discussões pertinentes ao itinerário de sustentabilidade no ambiente escolar (BRASIL, 2018).

Ideias informais

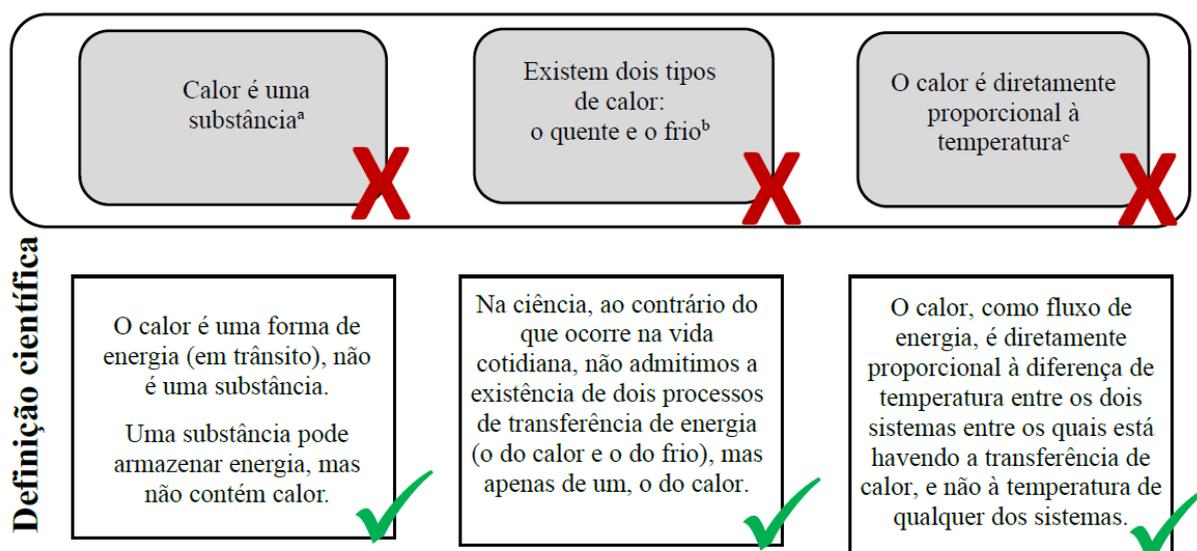


Figura 3 – Calor e temperatura: ideias informais *versus* definição científica. ^a Esta afirmativa está relacionada com a ideia de que um corpo pode conter calor, ou seja, de que calor e frio são atributos dos materiais. Já foi aceita por muitos cientistas no passado, que consideravam que todos os corpos possuíam em seu interior uma substância fluida invisível e de massa desprezível que denominavam calórico: um corpo de maior temperatura possuía mais calórico do que um corpo de menor temperatura. A teoria do calórico pensado como substância foi abandonada em favor da teoria do calor pensado como energia, principalmente por não poder explicar o aquecimento de objetos de outra maneira que não por meio de uma fonte de calor, como o atrito, por exemplo.

^b A ideia de que existem dois tipos de calor, resulta em que o calor e o frio sejam pensados como atributos de substâncias e materiais. De acordo com essas ideias, um corpo quente possui calor enquanto um corpo frio possui frio. Podemos usar o exemplo da pedra de gelo na bebida (com a ideia de ‘esfriar a bebida’): a maneira comum de dizer sugere que o gelo transfere ‘frio’ para a bebida, entretanto, cientificamente falando, constata-se que ela esfria porque transfere energia para o gelo até que todo o sistema esteja a uma mesma temperatura (equilíbrio térmico, Lei Zero da Termodinâmica).

^c Esta ideia tem origem na maneira como lidamos com ‘calor’ na vida cotidiana. As expressões ‘faz muito calor’, ‘calor humano’, etc., são exemplos de como essa ideia está estabelecida na linguagem popular. Afinal, só dizemos que ‘faz muito calor’ quando a temperatura está alta. Estas ideias fazem com que os conceitos de calor e temperatura sejam muitas vezes considerados idênticos. O conceito de temperatura (grau de agitação térmica), do ponto de vista científico, deriva da observação de que energia pode fluir de um corpo para outro quando eles estão em contato. A temperatura é a propriedade termodinâmica que nos diz a direção do fluxo de energia. Esta maneira de definir a temperatura também estabelece a relação entre calor e temperatura. O calor, como fluxo de energia, sempre é transferido de um sistema a uma temperatura maior para um outro a uma temperatura menor, quando os dois estão em contato. Ou seja, só há fluxo de energia e, portanto, calor, quando há diferença de temperatura. E, portanto, calor é uma forma de energia térmica em trânsito.

4. Considerações finais

Um dos tecidos frequentemente encontrado na composição da maioria dos vestuários em nossos guarda-roupas é o poliéster. Sua composição pode ser de origem natural e sintética, sendo alguns tipos biodegradáveis, enquanto grande parte dos poliésteres sintéticos não o são. Na produção do poliéster são emitidos compostos orgânicos voláteis e efluentes contendo antimônio. Portanto, seu intenso uso leva a impactos ambientais que vão desde a sua produção até o seu destino, seja com o descarte correto ou incorreto, gerando um material nocivo a humanos e animais, os MPs (partículas de plástico entre 1 µm até 5 mm) e, eventualmente, os NPs (< 1 µm).

A poluição ambiental por MPs é uma preocupação global devido ao seu potencial risco para os seres humanos e saúde ambiental. Pesquisas contemporâneas indicaram a presença de MPs em amostras pulmonares de pacientes cirúrgicos. Então, diante desta problemática, por meio desta pesquisa, relatamos que os MPs são onipresentes, ou seja, estão por toda parte, tendo sido verificada a presença destes em decorrência do ato de lavar roupas. Por isso, compreender acerca da contribuição do processo de lavagem de roupas sintéticas para este problema ambiental é de suma importância, uma vez que os MPs podem entrar na cadeia alimentar e causar implicações para a saúde humana.

O nosso percurso de investigação e contextualização da temática 'etiquetas: tecidos e suas composições químicas', pensado primeiramente para alicerçar o estudo das estruturas químicas, proporcionou o levantamento de expressões comuns do dia a dia, tornando possível articular o universo de significados populares aos conceitos científicos e aproximar conteúdos específicos de química a questões ambientais e de sustentabilidade para a exploração no contexto escolar. Sendo assim, destacamos as potencialidades do emprego da etiqueta para o processo de ensino e de aprendizagem de conteúdos de química, ressaltando a importância do (re)conhecimento das estruturas químicas, de seus grupos funcionais e propriedades físico-químicas, bem como de suas decorrentes implicações ambientais. Em suma, *pense no 'fardo' que uma etiqueta carrega e (man)tenha a etiqueta na escolha, no uso e no descarte consciente dos tecidos.*

Agradecimentos

As autoras agradecem à agência de fomento pela concessão da bolsas e pela possibilidade de inserção/imersão de estudantes do Ensino Médio, pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para o EM (PIBIC-EM/CNPq), em projetos de iniciação científica no ambiente universitário, o que é extremamente relevante aos envolvidos (orientadora e estudantes) e contribui profundamente para a disseminação e a multiplicação de conhecimentos.

Referências

ALLEN, S.; *et al.*. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. **Nature Geoscience**, v. 12, p. 339, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41561-019-0335-5>. Acesso em: 05/12/2022.

AMATO-LOURENÇO, L. F.; *et al.*. Presence of airborne microplastics in human lung tissue. **Journal of Hazardous Materials**, v. 416, p. 126124, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389421010888>. Acesso em: 05/12/2022.

ANDRIGHETTO, R.; SEBASTIANI, V. G. Os heterociclos do contexto da COVID-19 (Parte 2): aporte da Iniciação Científica Júnior para o processo de (re)significação de conceitos químicos. **Revista Virtual de Química**, v. 14, p. 737-744, 2022. Disponível em: <https://rvq-sub.sbg.org.br/index.php/rvq/article/view/4284>. Acesso em: 05/12/2022.

AZEVEDO, A. S.F.; HERBST, M. H. Está chovendo microplásticos! E agora? **Química Nova na Escola**, v. 44, n. 2, p. 239, 2022. Disponível em: http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc44_2/16-ODS-76-21.pdf. Acesso em: 05/12/2022.

- BORGES, L. D.; MACHADO, P. F. L. Lavagem a Seco. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 11, 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_1/03-QS-64-11.pdf. Acesso em: 05/12/2022.
- BOUCHER, J.; FRIOT, D. **Primary Microplastics in the Oceans: a Global Evaluation of Sources.**, Gland, Switzerland: IUCN, 2017. Disponível em: . Acesso em: 05/12/2022.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.
- BRASIL. MEC/CNE. **Base nacional comum curricular (BNCC)**, 2018.
- CAI, L.; *et al.*. Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan City, China: preliminary research and first evidence. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 24928, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-0116-x>. Acesso em: 05/12/2022.
- CESA, F. S.; TURRA, A.; BARUQUE-RAMOS, J. Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective with a focus on domestic washings. **Science of The Total Environment**, v. 598, p. 1116, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717310161>. Acesso em: 05/12/2022.
- DANOPOULOS, E.; TWIDDY, M.; ROTCHELL, J. M. **Microplastic contamination of drinking water: a systematic review.** PLoS ONE 15, e0236838, 2020a.
- DANOPOULOS, E.; *et al.*. **Microplastic contamination of seafood intended for human consumption: a systematic review and meta-analysis.** Environ. Health Perspect, 128, 126002-1–126002-32, 2020b.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências.** São Paulo: Cortez, 1991.
- DRIS, R.; *et al.*. A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. **Environmental Pollution**, v. 221, p. 453, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749116312325>. Acesso em: 05/12/2022.
- DE FALCO, F.; *et al.*. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. **Nature**, v. 9, p. 6633, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-43023-x>. Acesso em: 05/12/2022.
- FLORIDI, L. **The Onlife Manifesto – Being Human in a Hyperconnected Era.** Springer, 2015.
- GESAMP. **Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment.** 40. The Joint Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, Working Group, London UK, 2015.
- GOMES, A. V. S.; COSTA, N. R. V; MOHALLEM, N. D. S. Os tecidos e a nanotecnologia. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 4, p. 288, 2016. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_4/03-QS-43-15.pdf. Acesso em: 05/12/2022.
- HARTILENE, N. L.; *et al.*. Microfiber Masses Recovered from Conventional Machine Washing of New or Aged Garments. **Environmental Science & Technology**, v. 50, n. 21, p. 11532, 2016. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b03045>. Acesso em: 05/12/2022.
- HARTMANN, N. B.; *et al.*. Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. **Environmental Science & Technology**, v. 53, p. 1039, 2019. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b05297>. Acesso em: 05/12/2022.
- HIDALGO-RUZ, V.; *et al.*. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. **Environmental Science & Technology**, v. 46, p. 3060, 2012. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es2031505>. Acesso em: 05/12/2022.
- JENNER, L. C.; *et al.*. Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. **Science of The Total Environment**, v. 831, p. 154907, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35364151/>. Acesso em: 05/12/2022.
- LIU, K.; *et al.*. Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. **Science of the total Environment**, v. 675, p. 462, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719316304>. Acesso em: 05/12/2022.
- LÜDKE, M.; ANDRE, M. E. D. A.. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**, 2 ed., EPU: São Paulo 2013.
- MOREIRA, A. J.; SCHLEMMER, E. Por um novo conceito e paradigma de educação digital *onlife*. **Revista UFG**, v. 20, p. 63438, 2020.
- MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de Termoquímica. **Química Nova na Escola**, v. 7, p. 30, 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc07/aluno.pdf>. Acesso em: 05/12/2022.
- NAVARRO, R. F. A. Evolução dos Materiais. Parte1: da Pré-história ao Início da Era Moderna. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 1, p. 1, 2006. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/6>. Acesso em: 05/12/2022.
- PRATA, J. C.. Airborne microplastics: consequences to human health? **Environmental Pollution**, v. 234, p. 115, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117307686>. Acesso em: 05/12/2022.
- RUBIN, A. E.; ZUCKER, I. Interactions of microplastics and organic compounds in aquatic environments: A case study of augmented joint toxicity. **Chemospher**, v. 289, p. 133212, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521036869>. Acesso em: 05/12/2022.

da SILVA, F. M.; WOUTERS, A. D.; CAMILLO, S. B. A. Visualização Prática da Química Envolvida nas Cores e sua Relação com a Estrutura de Corantes. **Química Nova na Escola**, n. 29, p. 46, 2008. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/11-EEQ-6606.pdf>. Acesso em: 05/12/2022.

da SILVA, M. A. M.; *et al.*. A Tecelagem Humi Kuin e o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 3, p. 200, 2016. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_3/03-QS-112-14.pdf. Acesso em: 05/12/2022.

VIANELLO, A.; JENSEN, R.; LIU, L.; *et al.*. Simulating human exposure to indoor airborne microplastics using a breathing thermal manikin. **Scientific Reports**, v. 9, p. 8670, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-45054-w>. Acesso em: 05/12/2022.

WANG, J.; *et al.*. Microplastics as contaminants in the soil environment: a mini-review. **Science of the total Environment**, v. 691, p. 848, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719333236>. Acesso em: 05/12/2022.

WRIGHT, S.; LEVERMORE, J.; KELLY, F.. Raman spectral imaging for the detection of inhalable microplastics in ambient particulate matter samples. **Environmental Science & Technology**, v. 53, p. 8947, 2019. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b06663>. Acesso em: 05/12/2022.

ZHANG, Q.; *et al.*. Microplastic fallout in different indoor environments. **Environmental Science & Technology**, 54, 6530–6539, 2020. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.0c00087>. Acesso em: 05/12/2022.

ZHANG, J.; *et al.*. Occurrence of Polyethylene Terephthalate and Polycarbonate Microplastics in Infant and Adult Feces. **Environmental Science & Technology Letters**, v. 8, n. 11, p. 989, 2021. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.1c00559>. Acesso em: 05/12/2022.