

## As faces do plástico: uma proposta de aula sobre sustentabilidade

**Débora França, Camila G. Chiaregato, Gabriella D. Ulrich, Heitor B. Veloso, Lucas L. Messa, Luciana M. Angelo, Tamires dos S. Pereira e Roselena Faez**

Decorrente das constantes mudanças na sociedade mundial e as peculiaridades da sociedade brasileira, o presente artigo busca levantar questões sobre o ensino dos conceitos de sustentabilidade através da discussão sobre o consumo de “plásticos” apontando o pragmático viés das suas vantagens e desvantagens. Sugerimos aqui uma atividade de ensino que poderá ser trabalhada no novo cenário da educação brasileira, principalmente no que diz respeito à estruturação do novo ensino médio: O Júri do Plástico.

► itinerário formativo, polímeros, 5 R's ◀



Recebido em 29/10/2021, aceito em 22/06/2022

**M**ais de vinte e cinco anos após a publicação de “Estudando os plásticos – Tratamento de problemas autênticos no ensino de química” (Lima e Silva, 1997), este tema continua sendo atual e ainda mais marcante, considerando o nosso cotidiano com as notícias sobre o Aquecimento Global e, recentemente, sobre a Pandemia do Covid-19, que foi marcada pelo consumo de materiais plásticos de uso único como, máscaras, luvas, seringas usadas na vacinação, embalagens e utensílios de *delivery*. Mas afinal, o plástico seria o vilão ou o herói dessa história? Julgar o plástico como vilão negligencia todo benefício trazido para a sociedade em questões de higiene, aumento de tempo de prateleira<sup>1</sup> de produtos alimentícios, diminuição do consumo de combustível durante o transporte de produtos, entre outros. Porém, colocá-lo como herói sem levantar a problemática do seu acúmulo e descarte indevido é, também, fugir de uma discussão pragmática.

Diante dos contextos socioambientais, notícias sobre “plástico” quase sempre estão associadas aos problemas ambientais e como os adolescentes, estudantes do ensino médio, têm se posicionado? A mediação do professor é fundamental para auxiliar o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais do estudante, de modo que compreenda o mundo que o cerca e qual seu papel nesse contexto. Com esse intuito, o presente artigo propõe uma atividade em sala de aula para estudantes do ensino médio com a temática sustentabilidade. O objetivo é que os estudantes saibam

reconhecer os diferentes tipos de polímeros, focando no consumo sustentável de materiais plásticos, de modo que eles possam agir ativamente no local onde estão inseridos, contribuindo com a sociedade. Além disso, levantamos a problemática de como coordenar tal atividade no novo cenário da educação no Brasil, em vista da reformulação do ensino médio e inserção dos itinerários formativos (IF).

### A Sociedade Global e os Polímeros

“A sociedade global conseguiria viver sem plástico?” “Mas o que são e como são os plásticos?” São questões que podem introduzir discussões em sala de aula e instigar a curiosidade dos estudantes para a busca por conhecimento. Nesta sessão apresentaremos os principais conceitos, terminologias e questionamentos que o professor precisa para mediar a atividade de ensino proposta neste artigo, de forma que, ao final da atividade, os estudantes os tenham assimilado e saibam argumentar sobre os plásticos.

De forma geral, relacionamos a terminologia plástico a uma propriedade do material, que corresponde à possibilidade de moldar “a quente”. Podemos dizer que o plástico é um tipo de polímero, denominado “termoplástico”. Dessa forma, todo plástico é um polímero, mas nem todo polímero é um plástico.

A palavra polímero deriva do latim, onde poli = muitos e mero = unidade, ou seja, muitas unidades. Estas unidades são

moléculas que constituem o polímero e que se repetem formando o que chamamos de cadeia. Na Figura 1 representamos cada monômero (um mero) como um clip e, após processos e reações, os cliques (meros) são unidos por meio de ligações químicas formando polímeros (muitos meros). Assim, um polímero é constituído por várias unidades chamadas de meros que se repetem. Podemos ter diferentes classes de polímeros, de acordo com suas propriedades mecânicas como, por exemplo, termoplásticos, termorrígidos, elastômeros e fibras. Desta forma, os termoplásticos ou simplesmente “plásticos” pertencem a uma categoria de polímeros.

Uma outra forma de classificar os polímeros está relacionada à sua origem e suas propriedades no contexto de serem ou não biodegradáveis. Portanto, um polímero pode ser classificado quanto à sua origem (fonte renovável e não-renovável), seu processo de obtenção e seu potencial de biodegradação. Polímeros provenientes de fontes não-renováveis são aqueles que derivam de recursos que não se formam ou se renovam em um curto período. Por exemplo, a utilização da matéria-prima de origem fóssil usada para produzir muitos polímeros comerciais como Poliestireno (PS), Polietileno (PE), Polipropileno (PP), etc. Polímeros provenientes de fontes renováveis são aqueles derivados de recursos que não podem ser esgotados e são capazes de fornecer matéria-prima contínua. Para a obtenção dessa classe de polímeros, destaca-se o uso de fontes de biomassa, as quais

podemos extrair a celulose e o amido, enquanto as fontes animais, tais como exoesqueletos de insetos e crustáceos, extraímos a quitina. Quando analisamos a forma na qual o polímero é obtido podemos classificá-lo como sintético ou natural. Os polímeros sintéticos são obtidos pela síntese de substâncias naturais renováveis ou de matéria-prima não-renovável como o petróleo, gás ou carvão (Farshad, 2006). Já os polímeros naturais são encontrados na natureza e, quando extraídos, não sofrem alterações em sua estrutura original (Pawelec *et al.*, 2019). Os polímeros podem, também, ser classificados de acordo com suas propriedades de decomposição, ou seja, capacidade de serem ou não biodegradáveis. A biodegradação pode ser definida como a propriedade do material em ser degradado por agentes biológicos (Pischedda, Tosin e Degli-Innocenti, 2019). Muitas vezes associamos um polímero obtido de fonte renovável como, automaticamente, biodegradável, mas isso nem sempre é verdadeiro. De acordo com a Figura 2, observa-se a existência de polímeros oriundos de fontes renováveis e não-renováveis classificados quanto à sua biodegradabilidade. Para avaliar se o polímero é ou não biodegradável a estrutura química da cadeia polimérica deve ser avaliada, pois esse processo acontece em várias etapas, sendo que os microrganismos presentes em um ambiente utilizam partes orgânicas do polímero para obter energia e formar uma nova biomassa celular (Zumstein *et al.*, 2019).

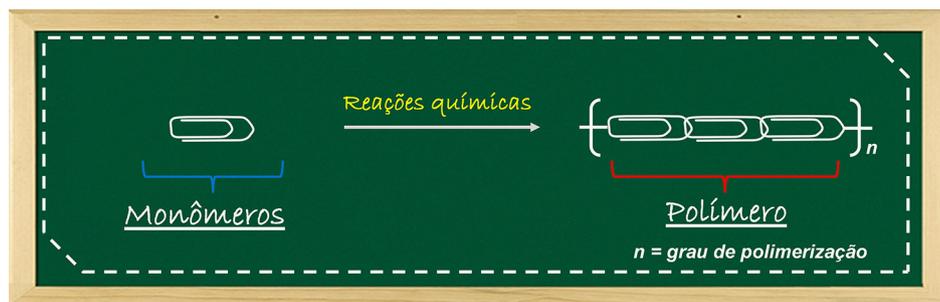


Figura 1: Representação esquemática de monômeros e polímeros.

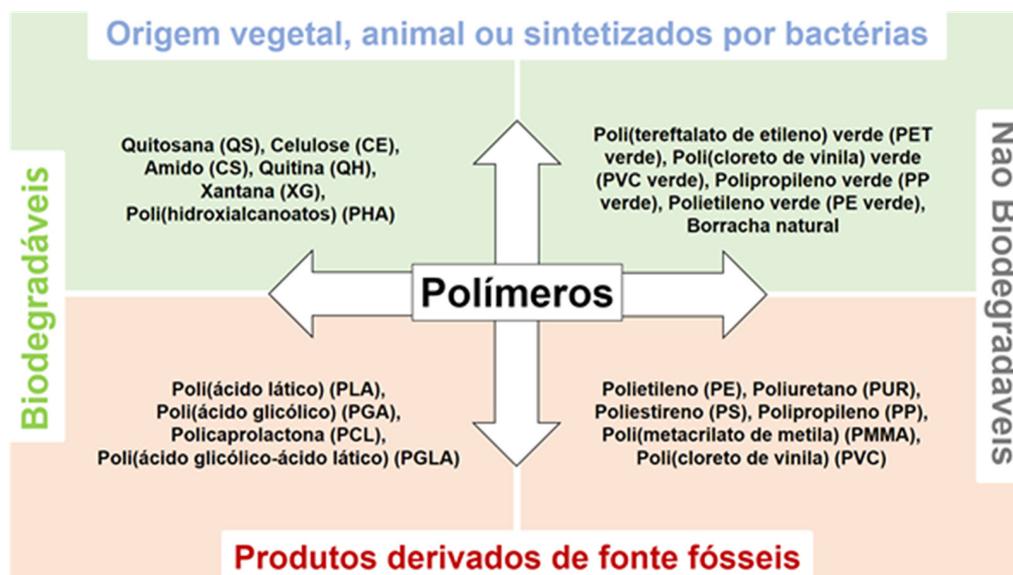


Figura 2: Tipos de polímeros e seu potencial de biodegradação.

Na Figura 3 observamos um exemplo de como classificar os polímeros de acordo com a fonte de matéria-prima, a forma de obtenção e a biodegradação. No caso do polímero PE observa-se que, curiosamente, ele pode ser proveniente de fonte não-renovável (petróleo) ou fonte renovável (cana-de-açúcar), neste caso chamado de PE verde. Entretanto, a fonte de matéria-prima não interfere nas propriedades como a biodegradação, pois tanto o PE convencional quanto o PE verde são sintéticos e não-biodegradáveis. Destacamos que o PE verde pode substituir o PE convencional na fabricação de diversos produtos, como embalagens, óculos, brinquedos e utensílios domésticos. É importante ressaltar a substituição da matéria-prima nesse polímero, pois atribui a ele características que vão ao encontro do 12º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável estipulado pela ONU (ODS), que almeja o consumo e produção responsáveis (United Nations, 2015). Adicionalmente, podemos exemplificar o amido que, assim como PE verde, também é proveniente de fonte renovável, sendo classificado como um polímero natural e biodegradável, devido ao tipo de estrutura química de sua cadeia polimérica (Figura 3). O amido é um dos polímeros naturais mais presentes em nosso cotidiano e está diretamente ligado à nossa alimentação. Ele pode ser encontrado em diversos alimentos como pães, bolos, macarrão e, também, em produtos industrializados como gomas de mascar e *ketchup*, além de estar presente na composição de copos e talheres descartáveis.

Dessa forma, conseguimos associar os polímeros a diversas aplicações em nosso cotidiano, desde as sacolas de supermercados, as cartelas de remédios, eletrodomésticos, embalagens de produtos, componentes de computadores e até roupas. O desenvolvimento dos polímeros tornou nossa vida cotidiana mais confortável e prática, mas ao mesmo tempo não dimensionamos as implicações do seu uso excessivo, bem como seu impacto no ambiente ao ser descartado. Desde a sua popularização, produtos inicialmente produzidos a partir de outros materiais foram sendo substituídos por polímeros, como representado na Figura 4. Alguns exemplos dessa substituição incluem: canos de ferro por poli(cloreto de vinila) (PVC), fraldas de tecido de algodão por plásticas (compostas por uma combinação de polímeros diferentes), roupas de algodão por poliéster, garrafas de vidro por poli(tereftalato de etileno) (PET), etc. Assim, vários produtos foram criados como consequência do exponencial desenvolvimento e interesse econômico. Neste cenário, a Figura 4 mostra como a produção mundial de polímeros (gráfico inferior em bolas) aumentou a cada década conforme o consumo e a população cresceram. Ao analisar tais mudanças, seria possível manter nosso padrão de vida e conforto, bem como atender a um grande contingente populacional sem os polímeros?

Entretanto, como tudo possui seus ônus e bônus, este consumo expressivo e desenfreado, principalmente de produtos

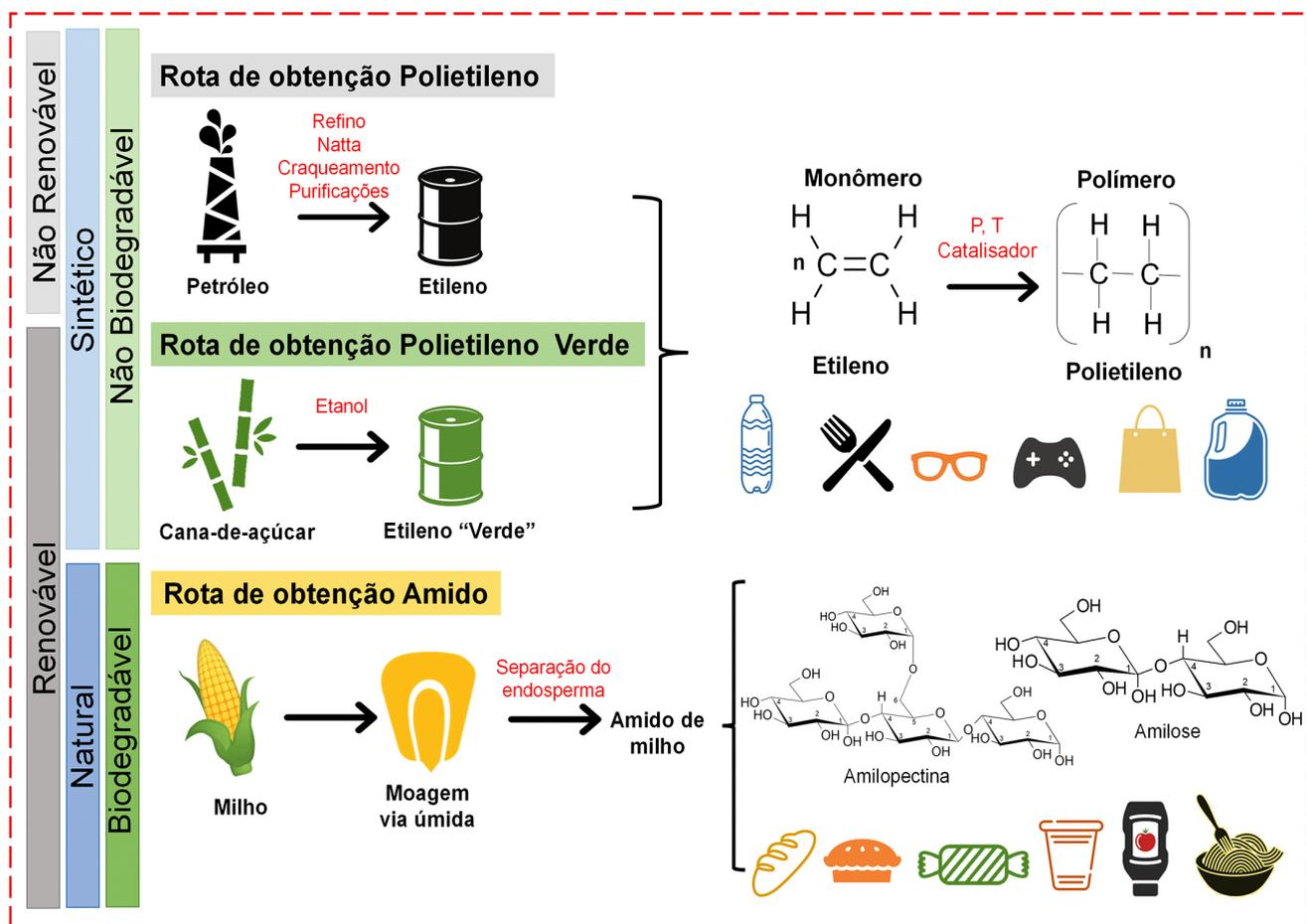


Figura 3: Classificação do polietileno (PE convencional e PE verde) e do amido quanto à origem, obtenção e potencial de biodegradação.

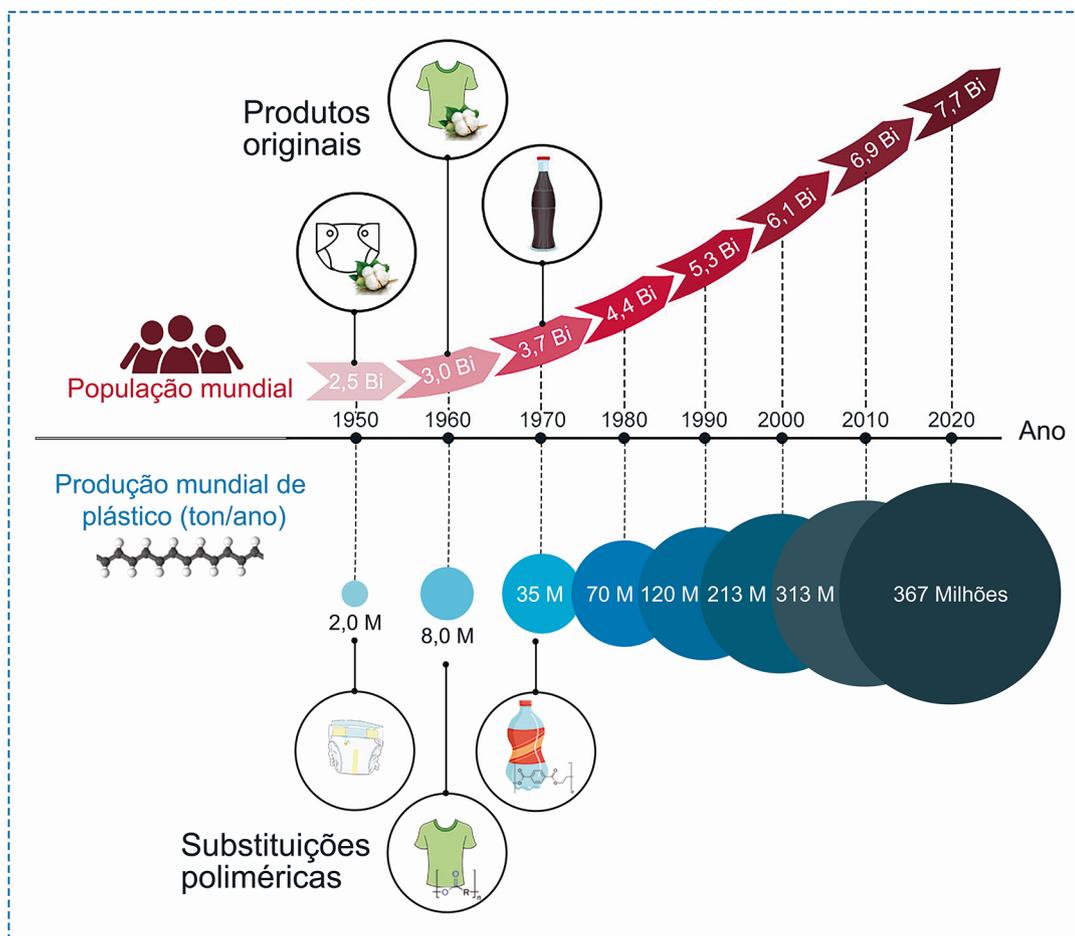


Figura 4: Produção mundial de polímeros e o aumento populacional. Fontes: Geyer *et al.* (2017), United Nations (2019) e Plastics Europe and EPRO (2021).

de uso único, geraram uma série de problemas ambientais sem precedentes. De todo polímero produzido (entre 1950-2015), apenas 9% foram reciclados e utilizados na fabricação de um novo material (Helinski *et al.*, 2021).

Neste contexto, o uso e descarte incorreto têm gerado problemas como microplásticos e ilhas de lixo no oceano. Atualmente, é considerado microplástico toda partícula de origem “plástica” com tamanho < 5 mm (Li *et al.*, 2020). Estudos recentes sugerem que o consumo de microplásticos por humanos ocorre, principalmente, por alimentos de origem animal e água (Cox *et al.*, 2019). Ainda não se sabe ao certo os impactos que o acúmulo desses materiais pode causar no organismo (Helinski *et al.*, 2021). Por outro lado, as ilhas de plástico são aglomerações de materiais depositados no ambiente marítimo. Elas se originam quando os resíduos flutuantes entram nas correntes marinhas rotativas (giros oceânicos) e perturbam o ecossistema marinho. Porém, as ilhas de plástico também geram microplásticos, que chegam aos humanos por meio de cadeias alimentares (Choi *et al.*, 2022; Vázquez e Rahman, 2021).

Diante desta perspectiva, a reciclagem se apresenta como uma possível resposta aos problemas ambientais causados pelo descarte de materiais poliméricos no ambiente. Entretanto, ela somente, não consegue solucionar todos os problemas envolvidos (Ignatyev *et al.*, 2014). Por volta da

década de 1980, o resíduo polimérico deixou de ser 100% descartado, pois parte passou a ser incinerado, e, por volta da década de 1990, houve um aumento relevante da reciclagem (Geyer *et al.*, 2017). A reciclagem de materiais poliméricos apresenta dois principais problemas: o retorno parcial dos materiais ao ciclo econômico, e a perda de propriedades (por exemplo, mecânicas) após o processo. Além disso, os materiais são produzidos com diferentes polímeros, que apresentam propriedades distintas, o que dificulta o processo de reciclagem. No Brasil, a reciclagem representa uma fonte de renda, e estima-se que existam cerca de 600.000 pessoas trabalhando, em cooperativas ou de forma autônoma, como coletores de lixo reciclável nas ruas no país (Mancini *et al.*, 2021).

Porém, ressaltamos que os plásticos ainda não apresentam porcentagens de reciclagem satisfatórias. Dos 365 milhões de toneladas de plásticos produzidos anualmente no mundo, somente 19,5 % é reciclado (Ferdous *et al.*, 2021). Quando comparamos com o alumínio, por exemplo, percebemos uma grande diferença, em que 76% do alumínio é reciclado por ano no mundo (International Aluminium, 2020). O Brasil se destaca como o país que liderou a reciclagem de alumínio durante 13 anos com 98,4%. Isso pode ser atribuído a alguns fatores, como a existência de políticas públicas ambientais, pelo maior valor de mercado que o alumínio possui quando

comparado a outros materiais reciclados, e a coleta desse metal se torna uma fonte de renda para muitas famílias com baixo poder aquisitivo (Morais *et al.*, 2018). Então, podemos apostar no Brasil como um país que possui alto potencial de reciclagem, e gerando matéria-prima. Para que isso ocorra com os plásticos é necessário maior incentivo econômico e político.

Entretanto, reciclar é uma das alternativas dos 5 R's, ou seja, REPENSAR, REDUZIR, RECUSAR, REUTILIZAR e RECICLAR. Este conceito surge da necessidade de diminuirmos os resíduos, para todos os tipos de materiais consumíveis. Vejam que RECICLAR é o último R do ciclo, ou seja, todos os que antecedem devem ser levados em consideração primordialmente. Por exemplo, ao analisarmos o primeiro R de REPENSAR, devemos ter em mente que nem sempre é tão fácil repensar sobre o consumo dos polímeros comparado ao repensarmos no consumo de sacolas plásticas, muitas vezes recorrendo ao uso de sacolas de tecido. Um bom exemplo da complexidade de se repensar o consumo refere-se à compra de um par de tênis. Calçados esportivos são produtos de consumo feitos de uma combinação de diferentes polímeros. Schneiderman (2017) mostra um exemplo muito interessante de dois modelos diferentes de tênis, Figura 5-a (adaptado de Schneiderman e Hillmyer, 2017). O tênis à esquerda é composto por tecido (celulose) renovável e borracha renovável (VNR – borracha natural vulcanizada). O tênis de corrida à direita é composto por náilon, poliuretano (PU), uma sola intermédia de poli (etileno-co-vinil acetato) (EVA)

e uma sola exterior de borracha de estireno-butadieno (SBR). Enquanto o primeiro se degrada com relativa rapidez (~10 anos), o último se degrada muito mais lentamente (50 a 100 anos no mesmo ambiente). O náilon e o PU são suscetíveis à hidrólise<sup>ii</sup> e, em alguns casos, à biodegradação (Figura 5-b), o EVA e o SBR se degradam por meio de mecanismos foto-oxidativos<sup>iii</sup> (Figura 5-c). Ambos os sapatos contêm poli(tereftalato de etileno) (PET) que apresenta degradação extremamente lenta devido à sua alta hidrofobicidade<sup>iv</sup>, ainda que sejam suscetíveis à hidrólise. Essa taxa de degradação é controlada tanto pelo tipo de ligação química, quanto pela organização dos átomos do polímero (Schneiderman e Hillmyer, 2017).

Reduzir o consumo de polímeros é outro ponto importante. Em um artigo publicado na Science, Lau *et al.* (2020) discutem as soluções possíveis para a poluição causada pelos polímeros e seus impactos. Reduções substanciais na geração de resíduos poliméricos podem ser feitas nas próximas décadas com ações imediatas, mas mesmo na melhor das hipóteses, grandes quantidades de polímeros ainda se acumularão no meio ambiente (Lau *et al.*, 2020). Os autores propuseram modelos matemáticos e desenvolveram cinco possíveis futuros cenários para estimar as reduções na poluição por materiais poliméricos no período de 2016 a 2040. Eles sugeriram intervenções parecidas com os 5 R's, sendo que os níveis de intervenções (ações) seriam norteadores para reduzir, substituir, reciclar e descartar os produtos. Com tais medidas, o descarte de material polimérico reduziria de 225 milhões de toneladas métricas

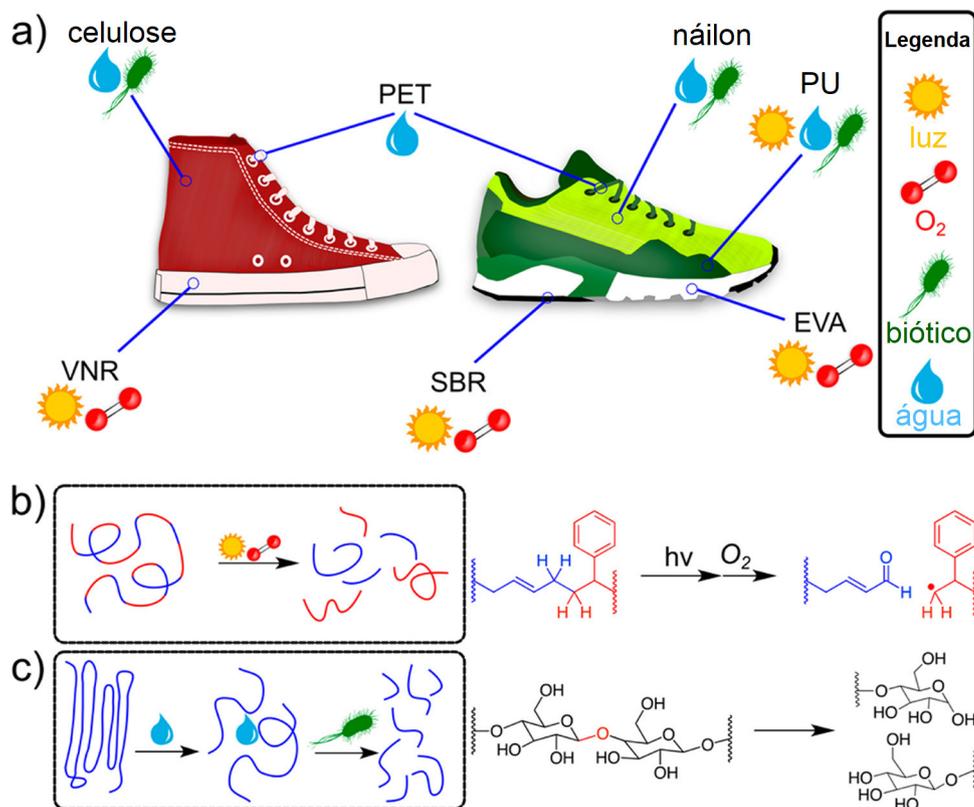


Figura 5: (a) Exemplos da composição de diferentes sapatos esportivos, (b) representação de reação química mostrando a degradação foto-oxidativa de cadeias de polímero em SBR. (c) representação de degradação por hidrólise, que pode ou não ser assistida pela ação de micro-organismos (adaptado de Schneiderman e Hillmyer, 2017).

por ano em 2020 para menos de 150 milhões de toneladas métricas por ano em 2040 (Lau *et al.*, 2020).

Ainda que haja uma redução no descarte, atualmente, dentre os polímeros mais utilizados como matéria-prima na fabricação de itens poliméricos de uso único estão o PET, PE, PVC, PP e PS, utilizados na produção de copos, sacolas, canudos, embalagens e talheres (Landim *et al.*, 2016). Estima-se que em 2050 cerca de 12 bilhões de toneladas destes resíduos poliméricos irão parar na natureza (Mecking, 2021). Tendo em vista este cenário alarmante, alternativas como o uso de embalagens sustentáveis para substituir aquelas fabricadas com polímeros não-biodegradáveis têm ganhado cada vez mais espaço. Neste contexto, o emprego de polímeros oriundos de fontes renováveis e com alto potencial de biodegradação (Mecking, 2021) se mostra em crescente desenvolvimento para a produção de embalagens sustentáveis. Assim, para contribuir com ações ambientalmente amigáveis, a produção destas embalagens requer tanto matérias-primas renováveis como também processos que demandem reduzir o consumo de energia e água em sua produção e que, após o seu uso, tenham impactos ambientais reduzidos.

Ademais, recentemente enfrentamos uma das maiores pandemias da história moderna, a COVID-19 causou a morte de milhares de pessoas ao redor do mundo. Os polímeros foram essenciais na sanitização em diferentes níveis. Por exemplo, uma das medidas obrigatórias foi a utilização de máscaras faciais que auxiliam na redução da transmissão do vírus. Diversos polímeros podem ser usados para a fabricação de máscaras, a celulose está presente nas máscaras de algodão, já máscaras cirúrgicas e N95 são formadas por camadas de PP e as *faceshield* são feitas de PET. Em casos em que o quadro da doença é grave e o paciente precisa ser hospitalizado em UTI (Unidade de Terapia Intensiva), utiliza-se um kit de intubação composto por tubos/canos e válvulas à base de polímeros. Quando pensamos na etapa de vacinação, novamente os polímeros de PP se fazem presente em seringas que são utilizadas para medir a dose certa e depois injetar o volume em nossos braços. Sem contar, o uso de luvas de uso único, a volta do uso de talheres “plásticos” para uso individual, uso de isopor em recipientes para entrega de alimentos, entre outros. Por mais que a maioria desses utensílios sejam de uso único e individual seria impossível imaginar o enfrentamento dessa doença sem a utilização dos polímeros.

Frente a todos esses vieses que o uso de polímeros apresenta, desenvolver um pensamento crítico com base na sustentabilidade é importante para as novas gerações. Os materiais poliméricos não precisam ser banidos, pois são essenciais para nossa sociedade, mas sim ser repensado o seu ciclo de vida, desde a sua produção até o seu destino, e pensar sobre seu descarte e a possibilidade do resíduo como matéria-prima para gerar energia e novos produtos.

## Sustentabilidade na Escola

Em 2022, foi implantado o modelo do novo ensino médio no Brasil e isso estabeleceu discussões sobre como

abordar questões pragmáticas no contexto do ensino. O novo ensino médio tem como documento norteador a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que apresenta competências gerais da educação nacional, categorizadas em quatro grandes áreas sendo: Linguagem e suas Tecnologias (LGG), Matemática e suas Tecnologias (MAT), Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (CHS). Visando um aprofundamento direcionado ao protagonismo do estudante em sua própria vida e na sociedade da qual faz parte, o Governo do Estado de São Paulo implementou o Currículo Paulista. Este definiu a adição de três novas disciplinas ao currículo escolar dos anos finais do ensino fundamental através do Programa INOVA Educação, criado com o intuito de auxiliar o estudante a compreender mais sobre si e sobre quais caminhos pensa em seguir no futuro através das disciplinas de Projeto de Vida, Eletivas e Tecnologia. Tais disciplinas são tidas como essenciais para alinhar a escolha dos estudantes ao novo modelo de ensino médio 2022, visto a implementação de Itinerários Formativos (IF) ofertados aos estudantes nas redes de ensino. Esse novo tipo de ensino médio composto por IFs caracteriza um direcionamento aos estudos dos jovens e adolescentes, pois são e serão estruturados com base nas grandes áreas de forma aprofundada (LGG, MAT, CNT ou CHS) ou relacionadas entre si como multiáreas, chamados de itinerários integrados, exemplos como LGG/MAT e CNT/CHS. A estrutura e disposição curricular das competências e IF pode ser melhor compreendida através dos exemplos citados na Figura 6, onde se observa os possíveis IFs que envolvem as competências de Ciências da Natureza com as demais. Correlacionando as grandes áreas com cada IF, unidades curriculares (UC) foram propostas de modo a garantir uma sequência racional no aprendizado do estudante e que seja relacionada ao seu projeto de vida.

Por exemplo, em um dos itinerários formativos “Meu papel no desenvolvimento sustentável”, temos seis UCs, sendo: 1 - *Água e Energia*, 2 - *Projeto Casa Sustentável*, 3 - *Cidades e Comunidades Sustentáveis*, 4 - *Consumo e Produção Responsáveis*, 5 - *Climatologia*, e 6- *Geolocalização e Mobilidade*. Cada UC é dividida em componentes a serem desenvolvidos, por exemplo a UC 4 - *Consumo e Produção Responsáveis*, subdividida nos seguintes componentes: 1 - *Mineração e resíduos eletrônicos*, 2 - *Movimento mecânico e máquinas simples*, 3 - *Cálculo na otimização de resultados*, 4 - *Pegada ecológica*. E é dentro desses componentes que os professores irão atuar com os conceitos básicos e específicos de cada área do conhecimento. Vista à grande importância dos polímeros em nossa sociedade, tal temática é encontrada dentro do componente “Pegada ecológica”, abrindo margem para desenvolvimento dos seguintes conceitos: Responsabilidade ambiental; pressão do consumo dos seres humanos sobre os recursos naturais; ciclo de vida dos produtos; gestão de resíduos; 5R’s; novas tecnologias de polímeros; biodegradáveis x plásticos verdes; logística reversa; gestão de produtos químicos e resíduos perigosos; toxicidade das substâncias; solubilidade; química verde.

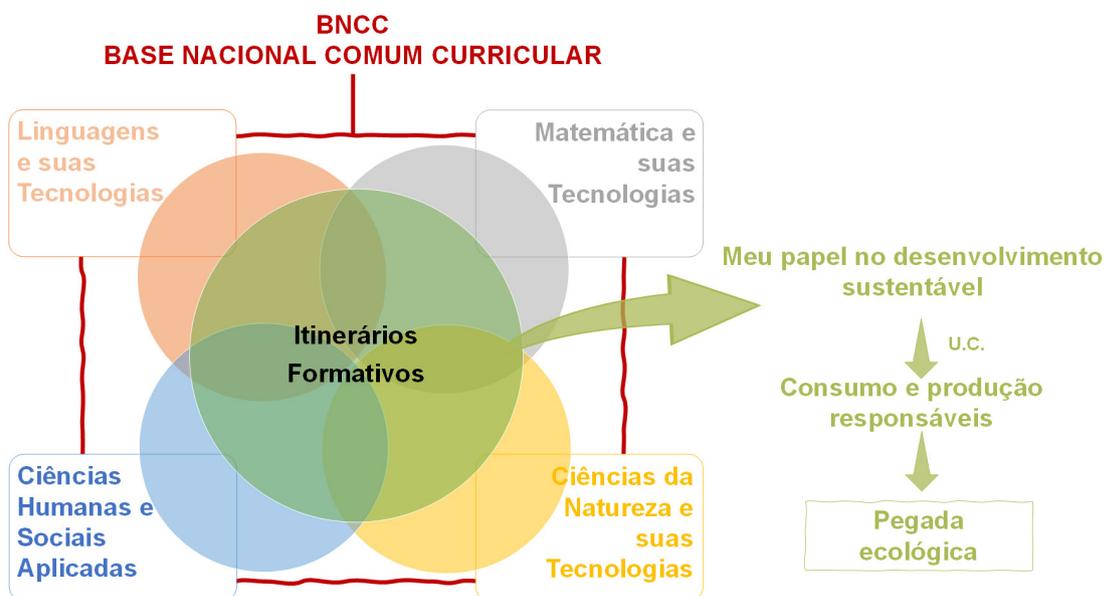


Figura 6: O novo ensino médio e suas divisões.

Após compreender a importância social, ambiental e econômica dos polímeros, a grande dúvida que pode estar surgindo na sua mente é: Como apresentar essa temática aos estudantes se a unidade de ensino (UE) na qual trabalho não possui o IF “Meu papel no desenvolvimento sustentável”? Como criar estratégias para implementar a temática em um IF que não contemple a área de ciências da natureza? E por último, como lidar com as mudanças que o novo ensino médio está proporcionando? Neste contexto, propor uma metodologia acarretaria restringir a gama de possibilidades que os itinerários podem fornecer ao estudante. Portanto, o

que também se propõe no presente artigo é auxiliar a visualização das possibilidades de atuação, mediação e intervenção que os IFs oferecidos em 2022 agregam ao professor, além de direcionar a visão crítica sobre alguma UC que, em uma primeira impressão, pode não fazer referência às ciências da natureza, mas que abre espaço para discussões relacionadas a temática de polímeros, como apresentado na Figura 7.

Observa-se que mesmo IFs que aparentemente não necessitam de conceitos químicos, de fato necessitam. Por exemplo, o IF “#SeLiganaMídia” tem a unidade curricular “Comprar, ou não comprar, eis a questão”, que objetiva

### Itinerários Formativos 2022

A TEMÁTICA DE POLÍMEROS NOS MAIS DIVERSOS ITINERÁRIOS

	<b>Ciência em Ação</b> UC 3 - Tecnologia da inclusão		<b>Start! Hora do Desafio!</b> UC 4 - Meio ambiente em documentário: o que você ainda não viu?
	<b>Corpo, saúde e linguagens</b> UC 3 - Geolocalização e Mobilidade		<b>#SeLiganaMídia</b> UC 5 - Comprar, ou não comprar, eis a questão
	<b>A cultura do solo: do campo à cidade</b> UC 3 - Tecnologia e sustentabilidade		<b>Cultura em movimento: diferentes formas de narrar a experiência humana</b> UC 2 - A tecnologia nas narrativas das relações sociais
	<b>Liderança e cidadania</b> UC 5 - Políticas Públicas		<b>Superar desafios é de Humanas</b> UC 1 - No mundo está tudo interligado
	<b>Matemática Conectada</b> UC 6- Eu jovem a caminho do mundo do trabalho		<b>#Quem_divide_multiplica</b> UC 5 - Consumo, logo existo.

Figura 7: Itinerários Formativos do Currículo Paulista de 2022 e sugestões de Unidades Curriculares onde o assunto polímeros e sustentabilidade podem ser trabalhados.

repensar sobre o consumo de forma que os conceitos sobre degradabilidade dos materiais poliméricos poderiam ser aqui desenvolvidos para o jovem estudante basear suas escolhas de compra. Outro exemplo, o IF “Liderança e cidadania” tem como objetivo desenvolver lideranças conscientes sobre as ações que contribuem para o exercício da cidadania, e ter um pensamento científico e crítico sobre a questão dos polímeros é essencial para a tomada de decisões dos nossos futuros líderes. Partindo desses dois momentos, um em que a sociedade mundial toda está inserida sobre a problemática do consumo sustentável de polímeros, e outro em que a sociedade brasileira está passando por mudanças no sistema educacional, descrevemos uma proposta de atividade de ensino para os estudantes do 2º e 3º ano do ensino médio.

### Uma proposta de atividade de ensino

Como já mencionado, a mudança no sistema de ensino visa o protagonismo do estudante em sua própria vida e na sociedade da qual faz parte. Assim, este novo ensino se baseia nos teóricos sociointeracionistas Piaget, Vygotsky e Wallon, que colocavam o ser humano como um ser social e as implicações que isso acarreta à sua aprendizagem (Nunes e Silveira, 2011). Dentre eles, Piaget defende que o conhecimento é construído através das operações mentais como: estruturação cognitiva, assimilação, acomodação, equilíbrio e desequilíbrio. Segundo ele, o conhecimento se dá por descobertas que o próprio estudante faz, sendo o papel do educador estimular a busca por conhecimento (Faria, 1993). Já o teórico Vygotsky defende que a aprendizagem leva ao desenvolvimento do “ser humano”, um produto da interação dialética entre o homem e o meio sociocultural ao qual pertence, ou seja, a integração entre aspectos biológicos e sociais do indivíduo (Rego, 1995). O educador se encontra no papel de mediador que causa intervenções pontuais e atua na zona de desenvolvimento proximal para que o estudante saia de sua atual condição de desenvolvimento e alcance seu desenvolvimento potencial.

Em seu estudo, Jean Piaget explica o desenvolvimento intelectual a partir da ideia de que atos biológicos são resultado de adaptações ao meio físico, sempre procurando manter um equilíbrio (Faria, 1993). Assim, o desenvolvimento intelectual acontece de forma semelhante ao desenvolvimento biológico, caracterizado como indissociável no ser humano. Ainda, segundo Piaget, é possível estimar fases para o desenvolvimento, estas inerentes a todos os indivíduos, onde são denominadas como esquema (processo de estruturação mental e cognitiva do conhecimento), assimilação (compreensão do novo assunto), acomodação (interiorização dos conceitos), equilíbrio (associação do biológico com intelectual) e desequilíbrio (momento em que novos conceitos são observados e é necessário novo processo para sua compreensão).

Sendo assim, a proposta de aula para o IF “Meu papel no desenvolvimento sustentável” apresenta viés para ser aplicado em outros itinerários conforme julgamento dos professores. Trata-se da realização de um júri simulado, em

que o Plástico será o réu, os estudantes serão (i) advogados de defesa, (ii) promotores ou advogados de acusação, e (iii) o júri popular, além da participação do professor como juiz. A estruturação/realização do júri tem como base a abordagem pedagógica de Piaget, sendo possível utilizar diferentes espaços escolares, sendo seu desenvolvimento em 5 aulas (de aprox. 45 min), conforme o roteiro aqui proposto.

#### *Estruturação cognitiva - Aula 1: Introdução ao assunto “Plásticos”*

O professor (neste momento, intermediador) realiza uma pequena introdução sobre a história dos “plásticos” no mundo; sugerimos que apresente a linha do tempo (Figura 4) e faça breves comentários sobre essa temática. É importante que neste momento, o professor não exponha todos os conceitos químicos e terminologias sobre polímeros aos estudantes, mas apenas apresente o assunto “plástico” e seu contexto social atual, seguindo com o questionário (Quadro 1). Os estudantes devem ser orientados a buscarem por informações (vantagens e desvantagens) que sustentem seus argumentos e contra-argumentos durante o júri simulado que será realizado na aula seguinte.

Quadro 1: Questionário exploratório dos conhecimentos prévios dos estudantes.

#### Questionário

1. O que são plásticos?
2. Você sabe a diferença entre plástico e polímero?
3. Como podemos classificar os polímeros conforme sua origem?
4. Como podemos classificar os polímeros conforme seu fim?
5. Dê exemplos de onde os polímeros podem ser utilizados.

#### *Assimilação - Aula 2: Preparação para o Júri Simulado*

Neste segundo encontro, a turma será dividida em grupos e organizará os discursos de defesa e acusação. Dentro do grupo do Plástico, serão intimados 4 réus (P1, P2, P3 e P4)-Quadro 2, e cada um será julgado separadamente. Sendo assim, os estudantes serão divididos em 9 grupos, dos quais: 1 grupo será o júri popular; 4 serão grupos de acusação (um grupo para cada réu); e 4 serão grupos de defesa. Nesta aula o professor será o juiz. Após a divisão, os estudantes se reunirão em seus respectivos grupos para discutir as estratégias de acusação/defesa diante do júri.

Quadro 2: Descrição dos quatro grupos de polímeros como os quatro réus a serem julgados pelo júri.

#### Os réus Plásticos são:

- P1 – polímero de fonte não-renovável e não-biodegradável
- P2 – polímero de fonte não-renovável e biodegradável
- P3 – polímero de fonte natural e não-biodegradável
- P4 – polímero de fonte natural e biodegradável

### Acomodação/Equilibração - Aulas 3 e 4 – Júri

O espaço físico onde ocorrerá o Júri fica à critério de cada professor e de acordo com a disponibilidade de cada escola. Sugerimos que o júri seja realizado em espaço aberto, dentro do anfiteatro, pátio ou na própria sala de aula.

O juiz (professor) abre a sessão e chama o primeiro “réu” (que pode ser representado por uma imagem ou objeto referente a classe de polímeros, por exemplo réu P1 representado por um cano de PVC, réu P3 por um material feito de PET verde, e assim por diante, use a Figura 2 para nortear as ideias). O grupo representando os advogados de acusação, acusam o réu (5 min). Em seguida, o grupo representando os advogados de defesa, defendem o réu em réplica (5 min). O grupo representando o júri popular toma notas. Ao final da apresentação dos argumentos de acusação e defesa de todos os réus, os jurados decidem a sentença, junto com o juiz (5 min) e, depois, os jurados se reúnem para deliberar sobre a sentença final (5 min). O veredicto será anunciado na última aula, após todo o debate ter sido encerrado.

### Desequilíbrio - Aula 5: Veredicto e Considerações Finais

Finalmente, os jurados retornam com o veredicto. Após o anúncio, o juiz encerra a sessão. Após o término da sessão, o professor poderá levantar questionamentos se a sentença foi justa para cada um dos réus, de forma a manter a discussão sobre polímeros e seu papel no mundo atual, reforçando a ideia de que essa sentença, pode ser enquadrada nos 5R's (Repensar, Reduzir, Recusar, Reutilizar e Reciclar) e não apenas em “abolir” ou “manter uso”. Neste momento, o professor pode utilizar novamente o questionário (Quadro 1) e acrescentar a seguinte pergunta “6 - Como podemos utilizar os plásticos de forma sustentável?”.

### Considerações Finais

Nossa sociedade está em constante transformação e proporcionar meios para os jovens estudantes serem protagonistas de sua formação como cidadão tem sido o papel da escola. O ensino de química nesse contexto é de suma importância para que o estudante compreenda o mundo que o cerca e saiba tomar decisões coerentes em equilíbrio com o meio ambiente e a sociedade. Como exemplificado neste artigo, os conceitos de química (ligações químicas, hidrólise, foto-oxidação, responsabilidade ambiental, 5 R's) são importantes para compreender os polímeros, bem como os conceitos de sustentabilidade, promovendo o desenvolvimento do pensamento crítico e social. Assim, frente aos desafios do novo modelo do ensino médio, podemos afirmar que a temática sustentabilidade é imprescindível na formação do jovem estudante e, esta pode ser desenvolvida em vários IFs, além dos quais tem a química diretamente correlacionada. Portanto, mesmo em IFs que não estão ligados a Ciências da Natureza e suas Tecnologias é necessário o embasamento químico e científico para as discussões sobre sustentabilidade.

De tal forma, a proposta de aula sugerida vem ao encontro com as diretrizes do novo ensino médio em que o estudante

deve ser o protagonista de seu conhecimento. Esta atividade possibilita aos estudantes assentir a construção do conhecimento científico de forma crítica e isto auxilia no seu crescimento enquanto cidadão, pois permite um crescimento tanto em suas tomadas de decisões em sociedade, em seu entorno ou até mesmo quanto à cobrança de políticas públicas mais eficientes pelos órgãos administrativos.

### Notas

<sup>i</sup> Tempo de vida útil de um produto, ou seja, intervalo de tempo que os produtos perecíveis possuem antes do seu consumo ser considerado inadequado.

<sup>ii</sup> Reação de decomposição ou alteração de uma substância pela água.

<sup>iii</sup> Foto-oxidação é a degradação de uma superfície de polímero, na presença de oxigênio ou ozônio. O efeito é facilitado por energia radiante tais como raios UV ou luz artificial.

<sup>iv</sup> Propriedade de um material em repelir a água.

**Débora França** (deborafra@gmail.com), licenciada em Química pela Universidade Federal de São Carlos, mestre e doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo. Araras, SP – BR. **Camila Gruber Chiaregato** (camichiaregato@usp.br), licenciada em Química pela UFSCar, mestra em Ciências pela USP e atualmente é doutoranda em Química pela USP. São Bernardo do Campo, SP – BR. **Gabriella Dayane Ulrich** (ulrich.gabriella.d@gmail.com), licenciada em Química pela UFSCar, mestre em Ciências pela USP e professora da educação básica (PEB II) na rede Estadual de São Paulo. Limeira, SP – BR. **Heitor Bossi Veloso** (bvelosoheitor@gmail.com), licenciado em Química pela UFSCar e atualmente é professor da educação básica (PEB II) na rede Estadual de São Paulo. Limeira, SP – BR. **Lucas Luiz Messa** (messalucas@hotmail.com), licenciado em Química pela UFSCar e doutor em Ciências pela USP. Piracicaba, SP – BR. **Luciana Moretti Angelo** (lucianamorettiangelo@gmail.com), bacharel e licenciada em Artes pela Universidade Estadual de Campinas, e licenciada em Química pela UFSCar. São Carlos, SP – BR. **Tamires dos Santos Pereira** (tamicnt@gmail.com), licenciada em Química pela UFSCar, mestre em Ciências pela USP, e atualmente é doutoranda em Química pela UFSCar. São Carlos, SP – BR. **Roselena Faez** (faez@ufscar.br), bacharel e mestra em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, e doutora em Química pela Unicamp. Atualmente é professora associada IV da UFSCar (campus Araras) e líder do Grupo de Pesquisa em Materiais Poliméricos e Biossorventes do CNPq (Lab-MPB). Araras, SP – BR.

### Referências

CHOI, J.; YANG, I.; KIM, S. S.; CHO, S. Y. e LEE, S. Upcycling plastic waste into high value-added carbonaceous materials. *Macromolecular Rapid Communications*, v. 43, n. 1, p. 1–26, 2022.

COX, K. D.; COVERNTON, G. A.; DAVIES, H. L.; DOWER, J. F.; JUANES, F. e DUDAS, S. E. Human consumption of microplastics. *Environmental Science and Technology*, v. 53, n. 12, p. 7068–7074, 18 jun. 2019.

FARIA, A. R. de. O desenvolvimento da criança e do adolescente segundo Piaget. São Paulo, 2ª Edição, Editora Ática, 1993

FARSHAD, M. Plastic pipe systems. In: *Plastic Pipe Systems*. [s.l.] Elsevier, 2006. v. 30p. 1–27.

FERDOUS, W.; MANALO, A.; SIDDIQUE, R.; MENDIS,

- P.; ZHUGE, Y.; WONG, H. S.; LOKUGE, W.; ARAVINTHAN, T. e SCHUBELI, P. Recycling of landfill wastes (tyres, plastics and glass) in construction – A review on global waste generation, performance, application and future opportunities. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 173, jun. 2021.
- GEYER, R.; JAMBECK, J. R. e LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, v. 3, n. 7, 5 jul. 2017.
- HELINSKI, O. K.; POOR, C. J. e WOLFAND, J. M. Ridding our rivers of plastic: a framework for plastic pollution capture device selection. *Marine Pollution Bulletin*, Pergamon, 1 abr. 2021.
- IGNATYEV, I. A.; THIELEMANS, W. e BEKE, B. V. Recycling of polymers: a review. *ChemSusChem*. John Wiley & Sons, Ltd, 1 jun. 2014.
- INTERNATIONAL ALUMINIUM. *International Aluminium Institute publishes global recycling data*. Disponível em: <https://aluminiumtoday.com/news/international-aluminium-institute-publishes-global-recycling-data>. Acesso em: abr. 2022.
- LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B. e MELO, N. R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. *Polímeros*, v. 26, p. 82–92, 2016.
- LAU, W. W. Y.; SHIRAN, Y.; BAILEY, R. M.; COOK, E.; STUCHTEY, M. R.; KOSKELLA, J.; VELIS, C. A.; GODFREY, L.; BOUCHER, J.; MURPHY, M. B.; THOMPSON, R. C.; JANKOWSKA, E.; CASTILLO, A. C.; PILDITCH, T. D.; DIXON, B.; KOERSELMAN, L.; KOSIOR, E.; FAVOINO, E.; GUTBERLET, J.; BAULCH, S.; ATREYA, M. E.; FISCHER, D.; HE, K. K.; PETIT, M. M.; SUMAILA, U. R.; NEIL, E.; BERNHOFEN, M. V.; LAWRENCE, K. e PALARDY, J. E. Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science*, v. 369, n. 6509, p. 1455–1461, 2020.
- LI, P. *et al.* Characteristics of plastic pollution in the environment: a review. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer, 12 mar. 2020.
- LIMA, M. E. C. DE C. e SILVA, N. S. DA. Estudando os plásticos: tratamento de problemas autênticos no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 5, p. 6–9, 1997.
- MANCINI, S. D.; ARAÚJO DE MEDEIROS, G.; PAES, M. X.; BENONE, & SOUZA DE OLIVEIRA, O.; LÚCIA, M.; ANTUNES, P.; GABBAY DE SOUZA, R.; LÁZARO FERAZ, J.; BORTOLETO, A. P.; ANTÔNIO, J. e DE OLIVEIRA, P. Circular economy and solid waste management: challenges and opportunities in Brazil. *Circular Economy and Sustainability*, v. 1, n. 1, p. 261–282, 26 mar. 2021.
- MORAIS, M. DE O.; BREJÃO, A. S.; ARAÚJO, M. B. e NETO, P. L. DE O. C. The reverse logistics helping to reduce costs of raw material in a pressure aluminum casting. *Environmental Quality Management*, v. 28, n. 2, p. 39–46, 2018.
- MECKING, S. Chemistry can help make plastics sustainable — but it isn't the whole solution. *Nature*, v. 590, n. 7846, p. 363–364, 2021.
- NUNES, A. I. B. L. e SILVEIRA, R. do N. *Psicologia da Aprendizagem: Processos, Teorias e Contextos*. Brasília. Autores Associados; 1ª edição, 2011.
- PAWELEC, K. M.; WHITE, A. A. e BEST, S. M. Properties and characterization of bone repair materials. *Bone Repair Biomaterials*, p. 65–102, 1 jan. 2019.
- PISCHEDDA, A.; TOSIN, M. e DEGLI-INNOCENTI, F. Biodegradation of plastics in soil: The effect of temperature. *Polymer Degradation and Stability*, v. 170, p. 109017, 1 dez. 2019.
- PLASTICS EUROPE AND EPRO. *Plastics - the Facts 2021: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://plasticseurope.org/>, acesso em mar. 2022.
- REGO, T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. Petrópolis, RJ. Editora Vozes, 1995.
- SCHNEIDERMAN, D. K.; HILLMYER, M. A. 50th Anniversary perspective: there is a great future in sustainable polymers. *Macromolecules*, v. 50, n. 10, p. 3733–3749, 2017.
- UNITED NATIONS. *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*, p. 41, 25 set 2015
- UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects 2019: Data Booklet (ST/ESA/SER.A/424)*, p. 25, 2019.
- VÁZQUEZ, O. A. e RAHMAN, M. S. An ecotoxicological approach to microplastics on terrestrial and aquatic organisms: A systematic review in assessment, monitoring and biological impact. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 84, fev. 2021.
- ZUMSTEIN, M. T.; NARAYAN, R.; KOHLER, H. E.; McNEILL, K. e SANDER, M. Dos and do nots when assessing the biodegradation of plastics. *Environmental Science & Technology*, v. 53, n. 17, p. 9967–9969, 26 jul. 2019.

**Abstract:** *The faces of plastic: a proposal for a class on sustainability.* Resulting from constant changes in world society and the peculiarities of Brazilian society, this article seeks to raise questions about the teaching of sustainability concepts through the discussion on the consumption of “plastics” pointing out the pragmatic bias of its advantages and disadvantages. We suggest a teaching activity that could be worked on in the new scenario of Brazilian education, especially regarding the structuring of the New High School: The Plastic Jury.

**Keywords:** formative itinerary, polymers, 5 R's



A publicação deste artigo foi patrocinada  
pelo Conselho Federal de Química (CFQ)