



() CTS () CA () EAM () ENF () EAP () EX () FP (X) HFS () IDD () LEQ () MD () PEQ () TIC

Os Plásticos no Contexto do Antropoceno: Discutindo Ciência no Campo das Questões Ambientais, Históricas e Socioculturais

Valdiria Almeida de Oliveira (PG)

Universidade Federal da Bahia, valdiria.almeida@ufba.br

Leticia dos Santos Pereira (PQ)

Universidade Federal da Bahia, leticiapereira@ufba.br

Fabiana R. Gonçalves e Silva Hussein (PQ)

Universidade Federal da Bahia, fabianah@ufba.br

Resumo

As discussões em torno da temática dos plásticos têm ganhado destaque nos campos das questões ambientais e socioculturais, especialmente no que se refere à poluição por microplásticos. No entanto, muitas dessas abordagens negligenciam os contextos históricos que marcaram o surgimento e a consolidação dos plásticos, bem como os impactos dessa trajetória na relação entre sociedade, ciência e natureza. Além disso, observa-se uma tendência a individualizar a responsabilidade pelos problemas ambientais, desconsiderando dinâmicas estruturais mais amplas. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo produzir um estudo histórico sobre o desenvolvimento dos plásticos e os problemas ambientais associados, como a contaminação por microplásticos, de modo a contribuir para as práticas pedagógicas de professores de Química alinhadas à História e Filosofia da Ciência (HFC) e à abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Com base na revisão sistemática da literatura sobre a história desses materiais e análise de informações quantitativas sobre tal questão ambiental, destacamos a importância dos diferentes tipos de plásticos para o desenvolvimento de dispositivos que contribuíram para a realização de atividades humanas, analisando o processo de transformação de recursos naturais para a criação do primeiro material sintético e seu posterior melhoramento tecnológico, moldada por coletivos científicos em resposta a demandas sociais. Paralelamente, discutimos como o crescimento da indústria petroquímica e a busca por lucro impulsionaram uma produção desenfreada, cujos efeitos se manifestam como um dos maiores desafios ambientais contemporâneos. Assim, propomos uma reflexão sobre a necessidade de incorporar questões ambientais ao ensino de Química por meio de uma perspectiva histórica, que permita compreender as potencialidades e os limites das ciências e tecnologias no contexto do desenvolvimento humano, sobretudo em um tempo em que muito se diz a respeito de sustentabilidade, conservação e problemáticas ambientais.

Palavras-chave: Plásticos. História das Ciências. CTSA.

Introdução

As questões relacionadas ao meio ambiente têm ganhado, ao longo do tempo, visibilidade considerável, seja no campo da história ambiental, das ciências de modo geral, das tecnologias, entre outros cenários. Nesse movimento, têm-se resgatado elementos históricos, filosóficos e sociais sobre a relação dos seres humanos com a natureza como recurso para acessar de que forma os desafios ambientais que encontramos hoje se relacionam com o modo como foram desenvolvidas as transformações dos materiais, com vistas a elucidar as necessidades que as motivaram e as heranças desse processo.

À vista disso, ao tratar do contexto em que vivemos, Moura (2021) fala em “desafios da contemporaneidade”, de onde não se pode desconsiderar a necessidade de tornar centrais as discussões sobre questões ambientais, evidenciando as relações que estas têm com as desigualdades sociais. São citados por este autor episódios relacionados a enchentes, aceleração do aquecimento global por causas antrópicas e a influência disso nas relações político-econômicas entre os países, e a importância de termos uma educação científica crítica que, incitada por Hodson (2010 *apud* Moura, 2021), pautar o papel das ciências como via de acesso para que os indivíduos possam analisar os impactos ambientais e sociais por trás dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, entendendo-os, inclusive, como reflexo de disputa de interesses.

Nesse sentido, discussões sobre problemáticas ambientais ganham ainda mais relevância ao tratar da dualidade em torno dos benefícios e potencial, por um lado, e os riscos e controvérsias do uso, por outro lado, do desenvolvimento e da aplicação de determinado material (Pinheiro et al, 2007). Exemplo disso é o plástico, que apareceu inicialmente como uma solução para a necessidade de uma matéria-prima com propriedades de resistência, versatilidade e baixo custo para o mercado e para os consumidores, mas que, no contexto atual, tem representado um grande problema por conta de seus impactos ambientais (Xia et al, 2020), principalmente em virtude dos resíduos advindos da sua produção e uso, cujos números crescem a cada ano, chegando a 320 milhões de toneladas em todo o mundo (Wright; Kelly, 2017).

Tais resíduos, que são classificados a partir do critério de tamanho como mega, macro e mesoplásticos, sofrem modificações nas suas estruturas por conta de interferências naturais e antrópicas, dando origem a partículas deste material nas escalas micro e nano (Caixeta et al., 2022). As partículas pequenas de plásticos na escala micro têm registros de ocupação no meio ambiente datando de 1972, quando foram encontradas no mar de Sargasso. Todavia, o

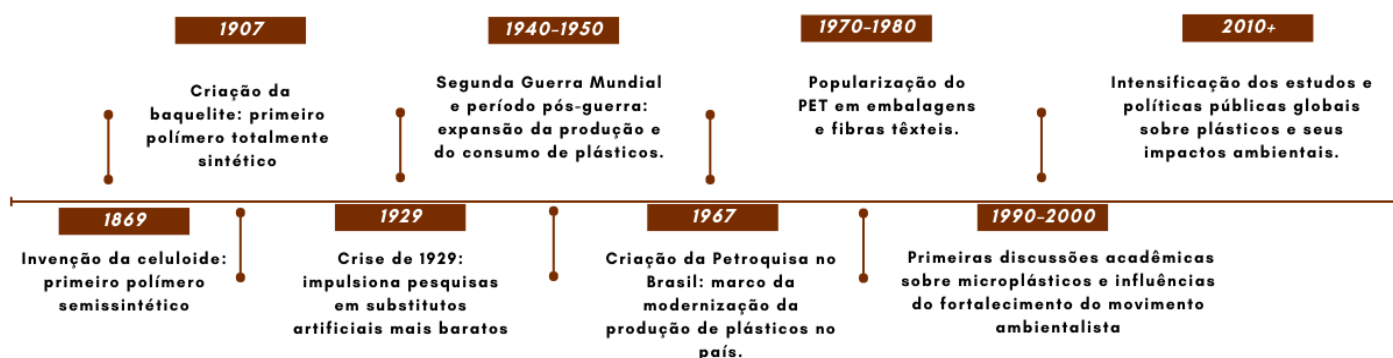
termo microplástico passou a ser adotado em 2004, a partir da contribuição de Thompson e colaboradores (2004) em um trabalho que se tratava de estudos com sedimentos marinhos, em que foram encontrados fragmentos de plástico na forma de grânulos.

Em relação à pesquisa em ensino de química, há diversos trabalhos com a temática dos plásticos, visando o ensino de conteúdos como polímeros e termoquímica e a inserção do debate sobre a poluição ambiental nas aulas de química (Sousa et al., 2022; Cruz; Souza; Ferreira; Pereira, 2018; Freitas, 2015). Porém, poucos artigos apresentam a relação dos plásticos com o meio ambiente baseando-se em uma abordagem histórica, o que dificulta a compreensão contextualizada e ampla dos desafios relacionados ao uso desse material. Ao mesmo tempo, há um predomínio de discursos individualizantes, que se limitam a defender a reciclagem, reuso e redução do consumo individual como solução para o problema da poluição por plásticos (França et al., 2022; Souza, et al., 2022; Santos et al., 2011). Quanto aos microplásticos, estas lacunas são ainda mais presentes, reforçando a maior complexidade dos problemas ambientais relacionados a esse material.

É importante trazer, então, essa temática para o ensino de ciências, evidenciando de que forma esse problema ambiental se relaciona com o contexto e com os conteúdos de ciências, especialmente os de química, abordados em sala de aula. Ainda sobre isso, é importante destacar, como já pontua Gil Pérez e colaboradores (2001), que aproximar para o debate as conexões entre ciência, desenvolvimento socioeconômico e problemáticas ambientais não têm a ver com proferir acusações simples e atribuir juízo negativo para as ciências, mas sim com o fato de reconhecer e explorar a complexidade dessas relações que permeiam a sociedade e, portanto, precisam estar presentes nos espaços de ensino.

Desse modo, o nosso objetivo com este trabalho é apresentar uma narrativa histórica sobre o desenvolvimento dos plásticos a partir dos principais marcadores (Figura 1) e os problemas ambientais decorrentes dos processos de produção, uso e descarte, de modo que possa subsidiar o trabalho de professores de química que desejam discutir esse conteúdo levando em consideração a História da Ciência (HC), bem como as possibilidades da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

Figura 1. Representação dos marcadores na história dos plásticos.



Metodologia

A pesquisa aqui apresentada é de natureza qualitativa. A abordagem qualitativa é, de acordo com Becker (2014), um tipo de pesquisa com vistas a observar, fazer considerações e tentar dar conta de algumas lacunas a respeito de questões específicas da realidade social. Tomando como base essa estratégia, analisamos, a partir da história, fatores que permeiam a ciência e a tecnologia, pensando em seus atores e nas suas responsabilidades quanto à dimensão social no tópico das questões ambientais, com foco na temática dos plásticos.

Como método de investigação, adotamos a pesquisa do tipo revisão bibliográfica, nos apoiando em pesquisas do campo da história da ciência (Silva; Oliveira; Silva, 2021; Beltran; Saito; Trindade, 2014). Com isso, fizemos um levantamento bibliográfico, utilizando artigos científicos, livros e capítulos disponíveis em bases como Google Acadêmico, Periódicos CAPES, SciELO e *Google Books*. Dentre os principais termos utilizados, destacamos: “história dos plásticos”, “plásticos sintéticos no século XX”, “desenvolvimento científico e tecnológico dos plásticos”, “impacto ambiental dos plásticos”, “microplásticos”, “poluição por microplásticos” e “plásticos e sociedade”. Foram também utilizadas variações e termos em inglês, como “*plastic pollution*”, “*microplastics*”, “*history of plastics*” e “*environmental impact of plastics*”. Os materiais localizados foram analisados de modo a identificar marcos históricos e debates educacionais pertinentes ao tema.

A seleção das referências priorizou aquelas que dialogavam com a proposta de construir uma narrativa histórica voltada para o ensino de química. Assim, mais do que uma revisão sistemática, o objetivo metodológico foi articular diferentes trabalhos acadêmicos e documentos históricos que contribuíssem para evidenciar a trajetória dos plásticos e microplásticos, com base em autores como Olivatto (2018), Miranda (2010), Prata (2018), Silva (2018), Souza (2022), entre outros. Para este trabalho, apresentamos um recorte da história dos plásticos no século XX, partindo das críticas provenientes do movimento ambientalista nos anos 1960, passando pela descoberta dos microplásticos por volta de 1970, e o fortalecimento desse movimento na década de 1990.

Além disso, nos apoiamos em pesquisas científicas que expressam o impacto em termos também quantitativos, a partir dos dados de contaminação por plásticos diversos, para que tenhamos uma dimensão ainda mais concreta da relevância desta temática para a nossa sociedade e da necessidade de medidas frente a esse desafio.

Plásticos: Implicações Ambientais

O plástico, como ilustramos até aqui, está entre as possibilidades de transformação da matéria viabilizadas pela humanidade que se tornaram, ao longo do século XX, indispensáveis para a praticidade, versatilidade e acesso às produções diversas que constituem a nossa vida cotidiana. Todavia, em virtude da sua disseminação, que se mostra cada vez maior, as contraposições acerca do impacto dos processos de produção e da degradabilidade desses materiais quando descartados vieram à tona. Sobre isso, Zaterka e Mocellin (2022) nos alertam:

(...) Desde 1950, a sua produção [dos plásticos] ultrapassou os 9 bilhões de toneladas! Com isso, somos obrigados a nos questionar sobre a sua temporalidade, um dos maiores problemas, sem dúvida, vivenciados pela sociedade contemporânea[...] A decomposição dos plásticos opera em outra temporalidade, muito superior à do papel, da madeira (seis meses em média), do cigarro (cinco anos), dos sapatos de couro (trinta anos) e dos tecidos de algodão (quinze anos), por exemplo. Estamos falando de materiais que demoram, em média, quatro séculos para deixar de existir, o que significa, sabemos, o seu acúmulo no meio ambiente. (Zaterka e Mocellin, 2022, p. 207, acréscimo nosso).

As garrafas ou os copinhos de café citados no texto são dois dentre os diversos exemplos de materiais amplamente utilizados até os dias atuais que, juntos, constituem a maior parcela de aplicação no mercado dos plásticos, que é o ramo de embalagens e recipientes. Esse é um dado preocupante em virtude do que ele representa, em termos de consequências para o meio ambiente, ao se considerar que tais produtos fabricados em massa são descartáveis e têm durabilidade praticamente permanente, enquadrando-se como contaminantes persistentes e até mesmo potenciais indicadores geológicos do Antropoceno (Olivatto et al., 2018).¹

Desse modo, reconhecendo a presença em disparada do plástico a partir da década de 1960, com o fortalecimento do setor industrial e de novas tecnologias de polímeros sintéticos - muito em decorrência da imposição da cultura de consumo no contexto pós Segunda Guerra Mundial, discutimos a história da poluição por esse material, observando o impacto do movimento ambientalista na percepção dos problemas ambientais relacionados aos plásticos. Além disso, abordamos a questão atual dos microplásticos como contaminantes de ocorrência e preocupação globais.

O Movimento Ambientalista e os Alertas ao Problema dos Plásticos

¹ Chama-se de Antropoceno, ou “época dos humanos”, o tempo geológico atual, cuja figura do humano tem uma influência considerável para a ecologia e a geologia, de modo que o termo abrange não apenas o campo geológico, como também as relações entre o meio ambiente, as ciências, a cultura, a economia e política. Utilizado pela primeira vez em 1980, a expressão ‘antropoceno’ marca o início de um período de mudanças nesses aspectos, alterações climáticas e uso de novos materiais como o plástico, que têm relação com os fenômenos ocorridos a partir da Revolução Industrial (Silva e Arbilla, 2018).

O surgimento do movimento ambientalista na metade do século XX contribuiu enormemente para endossar os debates acerca das problemáticas relacionadas ao meio ambiente, com atenção para o uso de novas substâncias e para o caso dos plásticos, que nos anos recentes haviam alcançado lugar de relevância social e econômica com o crescimento industrial. Inicialmente, a ideia de uma organização em torno das pautas ambientalistas muito tinha a ver com o anseio em se questionar a soberania do saber tecnológico e suas relações com a economia, num contexto de crise civilizatória (Guerra Fria) e construção de novas concepções políticas, sociais e sobre a natureza (Rodrigues, 2020).

Ainda segundo a autora, nesse contexto nota-se uma preocupação com o caráter de finitude dos recursos naturais e, conseqüentemente, com a exploração da biosfera, que impulsionaram as pessoas a pensarem, inclusive, nos possíveis prejuízos à vida humana. Embora essa construção tenha acontecido aos poucos, a questão ambientalista já começou a aparecer no pós-guerra, em virtude das aflições com a poluição por radiação e passam a ter relevância a partir da década de 1960, por conta dos efeitos já observáveis da produção crescente e globalizada desde a Revolução Industrial.

Em 1962, um acontecimento marcou esse momento de emergência das pautas ambientais em associação com as temáticas sociais: a publicação da obra *Primavera Silenciosa*, livro da bióloga marinha e divulgadora científica Rachel Carson, no qual a autora faz uma abordagem sobre o uso de novas substâncias, denunciando principalmente o uso do primeiro pesticida moderno, o DDT (dicloro-difenil-dicloroetano), essa produção ficou mundialmente conhecida e se tornou um símbolo da história da política ambiental.

O “sucesso” de materiais como este citado era grande, de modo que se valorizava com excedência as realizações científicas da área da química, pondo-se em prática a máxima “Viver melhor através da química”², o que uniu as instituições governamentais, os órgãos de publicidade, os agentes de saúde e a população, de modo geral, ao consumo de DDT em variados níveis: muitas pessoas chegavam a ingerir em grandes quantidades esse inseticida como tratamento para pulgas e mosquitos (Bonzi, 2013). A questão, aqui, é que tais acontecimentos ilustram uma visão de mundo desenhada pelo capitalismo em que as inovações tecnocientíficas estão em função do aumento do lucro, representando puramente o progresso, onde não cabem controvérsias e danos causados por essas inovações, como é o caso dos plásticos em diversas escalas.

Com relação à possibilidade de contaminação ou intoxicação pelo uso recorrente dos plásticos, o receio da população começou, de fato, com a disseminação a respeito dos perigos das novas substâncias, com mais intensidade a partir da atuação do movimento ambientalista,

² “Better things for better living through chemistry”, era o slogan utilizado nas propagandas da companhia química DuPont, veiculados nos EUA entre 1935 a 1982 (C&EN Empresa Global, 2016).

semelhante ao que aconteceu com o uso do DDT, questionado por Carson. Sendo assim, ainda conforme exemplificado por Miranda (2010), em 1960, os consumidores começaram a manifestar, por exemplo, medo em utilizar produtos como aqueles contendo PFTE (Teflon), encontrado em utensílios domésticos como as panelas, porque viam a camada do material desaparecendo aos poucos e deduziam que o plástico estava sendo ingerido, causando danos à saúde.

No contexto brasileiro, o movimento ambientalista aparece visivelmente entre o final da década de 1960 e o início da década de 1970, como resultado de influências externas do ambientalismo mundial, a exemplo das pressões de outros países para a criação de instituições ambientais em virtude da ausência do Brasil na Conferência de Estocolmo em 1972, como também das influências internas, estas com ainda mais força. Nesse momento, a degradação ambiental da Amazônia, por exemplo, já começava a chamar a atenção como consequência de um processo de industrialização rápido decorrente do planejamento de desenvolvimento nacional (Rodrigues, 2020).

Microplásticos: Detecção e Desafios Atuais

Apesar de terem sido relatados pela primeira vez em 1972, por Carpenter e colaboradores (1972), os microplásticos receberam tal nomeação em 2004 pelo ecólogo marinho da Universidade de Plymouth, no Reino Unido, Richard Thompson e colaboradores, quando se referiam ao estudo de espécies químicas persistentes em diferentes meios. Os pesquisadores definiram esse material com base no seu tamanho e características: plástico fragmentado, granular e fibroso. Não há uma definição consensual para ele, mas levar em consideração o seu tamanho em escala é fundamental para as análises envolvendo dados de detecção e concentração.

Quando na forma de resíduos, estes microplásticos configuram um problema ambiental muito grande a nível global, cuja poluição se dá em meio terrestre, aquático e até mesmo atmosférico, sendo estes dois últimos casos ainda mais difíceis de lidar, em virtude da complexidade de degradação dos constituintes dos plásticos nessas condições: na exposição em meio aquático, tais polímeros ficam dependentes da oxidação térmica e da hidrólise para sofrerem deterioração, o que ocorre muito lentamente, contribuindo para a permanência destes nessas localidades; quando expostos na forma de estruturas pequenas que circulam no ar, os plásticos, por sua vez, são transportados para os alimentos, para os corpos hídricos e são absorvidos por inalação, o que perpetua em maior escala a presença desses contaminantes, se comparado ao ambiente terrestre, além de serem vetores de poluentes químicos (Zaterka; Mocellin, 2022).

Além disso, os tipos de microplásticos são classificados a partir de outros parâmetros, como a sua origem: plásticos produzidos em escala microscópica, como matérias-primas para cosméticos, por exemplo, são considerados primários, geralmente encontrados em sabões, cremes esfoliantes, cremes dentais, maquiagens e aplicações em tecidos; por outro lado, se são provenientes da degradação de produtos plásticos maiores descartados, são considerados microplásticos secundários, os quais são comumente formados a partir da ação mecânica de fragmentação ou pela radiação ultravioleta. Tais subdivisões são relevantes no sentido de pensar o destino e a distribuição dessas partículas, que apresentam especificidades tanto entre os primários e os secundários como também se compararmos os microplásticos com os plásticos comuns.

Nesse sentido, os de origem primária são usados no formato de microesferas e com tamanhos variáveis, que vão depender da necessidade para os produtos finais, que têm contato direto com a pele. Em virtude de tais características, esses microplásticos têm maior possibilidade de serem tratados e regulados, de modo que as concentrações realmente encontradas no ambiente são menores e geralmente decorrentes dos escapes na produção, no transporte e dos resíduos de uso (Rochman et al., 2015), o problema está na frequência com que esses eventos ocorrem. Com relação aos microplásticos secundários, estes são mais frequentes no meio ambiente, uma vez que, por conta da produção em diversos setores industriais e os processos de degradação dos macrolásticos, muitos fragmentos ficam disponíveis em ambientes terrestres, na atmosfera e parte da hidrosfera. Esses fatores justificam a diversidade de formatos desses materiais e sua maior concentração.

Pesquisas recentes mostram o impacto dos microplásticos nas espécies da fauna e da flora em ambiente marinho: segundo Prata (2018), com relação às algas, estes materiais têm interferência tanto no processo de fotossíntese quanto no crescimento desses organismos, provocando a redução em ambos os casos. Além disso, mesmo os organismos aquáticos que não realizam fotossíntese acabam bioacumulando esses materiais, de modo que peixes e outros animais que fazem parte dessa cadeia alimentar são prejudicados, uma vez que as brânquias, o estômago, o hepatopâncreas e alguns tecidos são alterados por esses materiais. Para além dos danos físicos, espécies químicas potencialmente tóxicas aos seres marinhos, como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e bisfenóis, também contribuem para tais efeitos danosos. Outros trabalhos analisam tais impactos nos mares a partir de amostras de organismos que são potenciais bioindicadores de poluentes, chegando à conclusão compartilhada de que os microplásticos representam uma grande ameaça à biosfera e se enquadram como poluentes onipresentes (Caixeta et al., 2022; Sridharan et al., 2021; Xia et al., 2020).

Outro enorme problema que precisa de atenção é a interferência dos resíduos de plástico na saúde humana, uma vez que, se estes estão no ar, na água e no solo, naturalmente eles são direcionados para as rotas produtivas de alimentos e bebidas, como o sal marinho, os vegetais, o mel, a cerveja, os frutos do mar consumidos pelos humanos e até mesmo para a água que chega às nossas casas, como nos apontam Zaterka e Mocellin (2022). Os microplásticos e os aditivos utilizados em sua produção podem chegar ao nosso organismo não apenas por essa via, como também podem ser transferidos para os produtos a partir das embalagens nas quais estes estão acondicionados, se submetidos à temperatura e pressão suficientes. Esse é o caso de embalagens de água mineral, refrigerantes e outros alimentos industrializados.

Desde o início da história dos plásticos sintéticos até a descoberta dos microplásticos, as mudanças no âmbito de produção e consumo de tais materiais têm revelado que tais problemas são sintomas de um modo de produzir a existência que está diretamente ligado ao nosso formato de sociabilidade. Isto é, além da influência explicitamente econômica e das consequências ao meio ambiente e à saúde humana, os plásticos expressam uma ideia de que tudo pode ser descartado e facilmente manipulado, sem importar os possíveis danos, seja na relação ser humano-natureza, seja entre os próprios sujeitos, o que Freitas, Nélsis e Nunes (2012) colocaram como o reflexo da ideia de exploração capitalista: os indivíduos, enquanto classes, operam na lógica de explorar uns aos outros e aos recursos naturais.

No contexto brasileiro, como afirmado anteriormente, as preocupações ambientais já tinham ocupação no nosso território desde o final da década de 1960, a partir das discussões em torno das questões sociais. Em 1986, os ambientalistas passaram a atribuir também um significado mais político para essas pautas, como uma necessidade de se realizar uma integração entre o meio ambiente e as demais esferas da vida humana (Duarte, 2004). Em termos legais, o capítulo VI da Constituição Federal de 1988 já enfatiza a necessidade da educação ambiental em seu preâmbulo e faz menção também ao dever do Poder Público de “controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente” (BRASIL, 2010, Art. 225).

Nesse sentido, especificamente com relação aos plásticos, ao longo do período compreendido entre 1995 e 2019, o Congresso Nacional foi espaço de elaboração de cerca de 135 propostas de leis para lidar com esse material, desde projeto que visava a restrição do uso de sacolas plásticas ao tipo biodegradável até proibição de embalagens de alimentos e bebidas contendo poliestireno, vedação da comercialização de cosméticos contendo microplásticos, entre outros (Pertussatti, 2019). Segundo a mesma autora, entretanto, foram encontradas

dificuldades na aprovação de muitas dessas medidas por fatores como o custo e a tecnologia envolvidos na substituição do plástico por outro material em diversos produtos e, principalmente, com relação à resistência do setor industrial nacional envolvido na produção e distribuição de materiais à base de plástico.

Sendo assim, sob o modo de produção capitalista, o que dita a relação do ser humano com o meio ambiente é a possibilidade de geração de lucros. O início da produção de microplásticos primários para cosméticos e outros fins, mesmo com o potencial de contaminação conhecido desde a produção de plásticos maiores, evidencia essa afirmação. Portanto, nem mesmo a química e outras ciências, nem tampouco o ensino, nem a conscientização comunitária, de forma isolada, podem dar conta de resolver os desafios com relação aos plásticos, sem a superação do nosso modo de produção. Por outro lado, de forma articulada, esses campos podem nos dar subsídios para conhecer o desenvolvimento de materiais como o plástico e de que forma eles influenciam as nossas vidas, bem como os papéis da ciência e tecnologia, do poder público e demais setores nesse cenário.

Considerações Finais

Este trabalho objetivou a apresentação de uma narrativa histórica sobre o desenvolvimento dos plásticos, desde sua criação até a recente preocupação com os microplásticos, articulando essa trajetória com dimensões sociais, políticas, econômicas e ambientais. Ao adotar uma perspectiva da História da Ciência, evidenciamos como os plásticos se tornaram símbolo da caminhada tecnológica do século XX, modificando profundamente as dinâmicas de produção, consumo e descarte no mundo moderno. Buscamos nos referenciar também a partir dos pressupostos CTSA, no entanto, este movimento teve mais um caráter de aproximação, de modo que as discussões específicas para o ensino, e mesmo a elaboração de um material que possa ser diretamente utilizado, serão feitas em trabalhos posteriores.

Ainda assim, ao revisitar esse percurso histórico, percebemos também o papel dos movimentos sociais, especialmente os ambientalistas, na crítica e na reformulação dos rumos tomados pela ciência e pela indústria. A partir da década de 1960, a emergência de debates públicos sobre a degradação ambiental e a preservação dos ecossistemas passou a tensionar o modelo de produção baseado na descartabilidade, abrindo espaço para novas formas de pensar a relação entre ciência, tecnologia e sociedade.

Referências

- BECKER, H. S. A Epistemologia da Pesquisa Qualitativa. **Revista de Estudos Empíricos em Direito**, Ribeirão Preto, SP, v. 1, n. 2, p. 184-199, 2014.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da Ciência para formação de professores**. 1a ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- BONZI, R. S. Meio século de Primavera silenciosa: um livro que mudou o mundo. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 28, n. 1, p. 207-215, 2013.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República - Casa civil, 1988, art. 225. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em 11 ago. 2024
- CAIXETA, D. et al. Microplásticos como indicadores de poluição ambiental e seus efeitos sobre os organismos. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia - GO, v. 19, n. 40, p. 23-40, 2022.
- CARPENTER, E.J. et al. Polystyrene spherules in coastal waters. **Science**, v. 178, n.4062, p. 749-750, 17 nov. 1972.
- CRUZ, B. S. M. da; SOUZA, M. L. de; FREITAS, A. B. R. de. Reutilização de plásticos: uma forma de articular a educação ambiental e o ensino de polímeros através de uma feira de ciências. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 12, p. 103-121, 2020.
- DUARTE, R. H. Por um pensamento ambiental histórico: O caso do Brasil. **Luso-Brazilian Review**, v. 41, n. 2, p. 144-161, 1 dez. 2004.
- FERREIRA, P. A.; PEREIRA, A. S. O ensino de polímeros por meio dos três momentos pedagógicos. **Educação Química em Ponto de Vista**, v. 2, n. 2, p. 87-97, 2018
- FRANÇA, D. et al. As faces dos plásticos: uma proposta de aula sobre sustentabilidade. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 3, p. 277-286, 2022.
- FREITAS, R.C.M.; NÉLSIS, C. M.; NUNES, L. S. A crítica marxista ao desenvolvimento (in)sustentável. **Revista Katálysis**, v. 15, p. 41-51, 1 jun. 2012.
- FREITAS, W. P. S. de. **Abordagem CTS no ensino de química com o tema plásticos: possibilidades e limitações na busca por uma educação para a cidadania**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado e Licenciatura em Química) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015
- LETTERS. **C&EN Global Enterprise**, v. 94, n. 4, p. 2-4, 25 jan. 2016
- MIRANDA, J. G. **Era do Plástico**. Trabalho de Conclusão de Curso (Comunicação Social) - Faculdades Integradas Hélio Alonso, Rio de Janeiro, 2010.
- MOURA, C. Para que história da ciência no ensino? Algumas direções a partir de uma perspectiva sociopolítica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, RS, v. 4, n. 3, 1 set. 2021.
- OLIVATTO, G. P. et al. Microplásticos: contaminantes de preocupação global no antropoceno. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6 p. 1968-1989, 2018.
- PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)**, V. 7, 125-153, 2001.

- PERTUSSATTI, C. A. 2019. **Gestão Ambiental de Resíduos Plásticos no Brasil**: Subsídios para uma Diretriz Nacional. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Pública). Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, DF, 2019.
- PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71–84, abr. 2007.
- PRATA, J. C. Airborne microplastics: consequences to human health?. **Environmental Pollution**, v. 234, p. 115-126, 2018.
- ROCHMAN, C. M, et al.. Correction to scientific evidence supports a ban on microbeads. **Environmental Science and Technology**, USA, v. 49, n. 24, p. 10759-10761, 2015.
- RODRIGUES, M. Mídia e os movimentos ambientalistas: o verdejar do ser global. *In*: ENTREMENTES - SEMANA ACADÊMICA DA FADISMA, 16, 2019, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2020.
- SANTOS, P. T. A. et al. Lixo e reciclagem como tema motivador no ensino de química. **Eclética Química**, v. 36, n. 1, p. 78–92, 2011.
- SILVA, C.M.; ARBILLA, G. Antropoceno: os desafios de um novo mundo. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1619-1647, 2018.
- SILVA, M. M. da; OLIVEIRA, G. S. de; SILVA, G. O. da. A pesquisa bibliográfica nos estudos científicos de natureza qualitativos. **Revista Prisma**, v. 2, n. 1, p. 91–103, 2021
- SORNBERGER, N. A. et al. A consolidação do movimento ambientalista e da educação ambiental no Brasil e no mundo: algumas perspectivas históricas. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. especial, p. 301-317, 2014.
- SOUSA, B. L. S. et al. Texto de divulgação científica: uma possibilidade para discussão do conteúdo polímeros no ensino médio. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, Brasil, v. 10, n. 3, p. e22070, 2022
- SOUZA, A. B. et al. **Plástico no Mar: Polímeros à Deriva!**. Química Nova na Escola. v. 43, n. 3, p. 320-329, 2022.
- SRIDHARAN, S. et al. Microplastics as an emerging source of particulate air pollution: A critical review. *Journal of Hazardous Materials*, v. 418, p. 126245, set. 2021.
- THOMPSON R.C. et al. Lost at sea: where is all the plastic? **Science**, Plymouth, vol. 304, p. 838, 2004.
- WRIGHT, S. L.; KELLY, F. J. Plastic and Human Health: a Micro Issue? **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 12, p. 6634–6647, 2017.
- XIA, W. et al. Rainfall is a significant environmental factor of microplastic pollution in inland waters. **Sci. Total Environ.**, v. 732, p. 139065, 2020.
- ZATERKA, L.; MOCELLIN, R.C. **Ensaio de História e Filosofia da Química**. 1a ed. São Paulo: Editora Ideias & Letras, 2022.