

POLÍMEROS, RECICLAGEM E A ECONOMIA CIRCULAR: RELATO DA EXPERIÊNCIA FORMATIVA DE UMA DOCENTE

Joyce Braga Camargo

Priscila Tamiasso-Martinhon

Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva

Angela Sanches Rocha

Célia Regina Sousa da Silva

“Ninguém caminha sem aprender a caminhar, sem aprender a fazer o caminho caminhando, refazendo e retocando o sonho pelo qual se pôs a caminhar”. (Paulo Freire)

Introdução

O avanço científico e tecnológico trouxe mudanças significativas para a sociedade, tanto no âmbito social quanto ambiental. Não é preciso ter vivido um século para notar o prejuízo levado ao meio ambiente pela poluição e pela exploração de recursos de fontes não renováveis, causando aumento drástico no desequilíbrio ambiental. Dentro desta realidade, a Educação Ambiental (EA) e a Educação Ambiental Crítica (EAC) têm um papel emer-

gente na formação de cidadãos críticos e conscientes, dado o seu potencial para transformar a vida humana em escala local, regional e global (CAMARGO, 2020; CAMARGO et al., 2022). De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a EA deve ser abordada de forma transversal e integradora, dentro das propostas pedagógicas, em concordância com a Lei nº 9.795/1999, o Parecer do Conselho Nacional de Educação (CNE)/Conselho Pleno (CP) nº 14/2012 e a Resolução CNE/CP nº 2/201218 (BRASIL, 2018). Contudo, o que a análise crítica da BNCC pontua é que a EA não é tratada de forma relevante pela mesma, como denuncia Menezes e Miranda (2021).

De fato, a forma como a EA é citada na BNCC não faz dela ‘necessariamente’ (aspas nossas) um elemento fundamental para a formação integral das e dos estudantes da Educação Básica (EB) (MENEZES; MIRANDA, 2021). Mesmo que a palavra ‘ambiental’ (aspas nossas) seja citada quarenta e três vezes em todo o documento, a dissonância entre o discurso e as entrelinhas deste plano político é visível. Apesar disso há quem prefira “esperançar” e contemplar a “boniteza” que a EA apresenta ao estar associada aos conceitos de consciência socioambiental e sustentabilidade socioambiental, que são temáticas trabalhadas dentro da EAC (CAMARGO et al., 2022).

Feito este breve preâmbulo, o presente trabalho compartilha algumas reflexões sobre a prática formativa

continuada de uma docente, vivenciada (de forma desigual e combinada) durante o desenvolvimento de sua monografia, do Curso de Especialização em Ensino de Química (CEEQuim), do Instituto de Química (IQ), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Nesta, escolheu-se trabalhar com a EAC de forma transversal a partir do Tema Gerador (TG) polímeros (CAMARGO, 2020). Para isso, foram elaboradas e implementadas duas Sequências Didáticas (SD), empregando o TG polímero (apresentadas de forma simplificada nos APÊNDICES A e B), em aulas de ciências e de química, como forma de mediar a EAC. Para tanto, trabalhou-se com a teoria sociointeracionista (VYGOTSKY, 1998; REGO, 2013), na qual o desenvolvimento humano ocorre através do compartilhamento de vivências nos processos de interação e de mediação.

Considerações sobre a BNCC

Dentre as competências específicas de ciências da natureza para o Ensino Fundamental (EF) a BNCC ‘incentiva’ (aspas nossas) que os alunos aprendam a: “construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental” (BRASIL, 2018, p. 324). Enquanto para o Ensino Médio (EM) a BNCC destaca formas de desenvolver habilidades nos alunos, a partir da popularização da ciência e a EAC:

Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental. (BRASIL, 2018, p. 552)

Segundo a BNCC, o ensino de Ciências deve promover situações nas quais os alunos possam ser incentivados a desenvolverem ações de intervenção para melhorar a qualidade de vida individual, coletiva e socioambiental, de modo a possibilitar aos alunos revisitar de forma reflexiva seus conhecimentos e sua compreensão acerca do mundo em que vivem (BRASIL, 2018). Neste trabalho não iremos problematizar o discurso excludente e neoliberal da BNCC, nem “as intenções sobre qual educação (rasa e precária), a classe trabalhadora deve ter acesso” (UCHOA; SENA, 2019, p. 24). Contudo, cabe pontuar que a ideia aqui é pensar na implementação da mesma como forma de resistência. Nesta perspectiva, a EAC pode fortalecer o senso crítico dos alunos a respeito das boas práticas de reciclagem, incentivando a Economia Circular, bem como alguns instrumentos presentes na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dentre os quais são citados a EA, a pesquisa científica e tecnológica, uma vez

que o consumo e o descarte correto dos materiais são de responsabilidade compartilhada (BRASIL, 2010).

Contextualizando o tema gerador

O acúmulo de material plástico nos oceanos e rios, assim como nos aterros sanitários tem chamado a atenção em todo mundo (BORRELLE et al., 2017). Antes mesmo do início da pandemia ocasionada pela COVID-19, o gerenciamento de resíduos plásticos era considerado uma importante questão ambiental, devido à poluição de ecossistemas terrestres e marinhos. Outro fator preocupante é a dependência dos recursos fósseis, visto que a quantidade de petróleo utilizada na produção de plásticos pode aumentar o consumo total desse insumo de 4 para 20% em 2050, caso não haja mudanças no uso desta matéria-prima fóssil (CAMARGO, 2020).

Os conceitos de polímeros, biopolímeros, biodegradabilidade e reciclagem podem e devem ser discutidos em aulas de ciências e de química, possibilitando uma abordagem transversal da EA. Isto porque o tema Meio Ambiente permite desenvolver os conceitos químicos, evidenciando as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (SANTOS; SCHNETZLER, 2000), que propicia aos discentes o entendimento e reconhecimento de seu papel socioambiental. Neste contexto, é importante a aplicação da EAC como possibilidade para abordar questões ambi-

entais atuais, (OLIVEIRA; NEIMAN, 2020). Dentre os instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) são citados a pesquisa científica e tecnológica e a EA, uma vez que o consumo e o descarte correto dos materiais são de responsabilidade compartilhada (BRASIL, 2010).

Os biopolímeros são obtidos a partir de matérias-primas renováveis, como a cana-de-açúcar, e despertam interesse por diversos fatores socioambientais, incluindo os menores impactos ambientais causados em sua produção, comparado aos polímeros oriundos do petróleo. A degradação de polímeros biodegradáveis ocorre pela ação de micro-organismos de ocorrência natural, como bactérias, fungos e algas, podendo ocorrer em semanas ou meses sob condições favoráveis (CAMARGO, 2020). Contudo, justificar o descarte incorreto de um material pelo fato dele ser biodegradável significa transferir o hábito de consumo desenfreado de polímeros sintéticos de origem fóssil para os biopolímeros biodegradáveis, gerando um acúmulo de resíduo sólido orgânico na natureza.

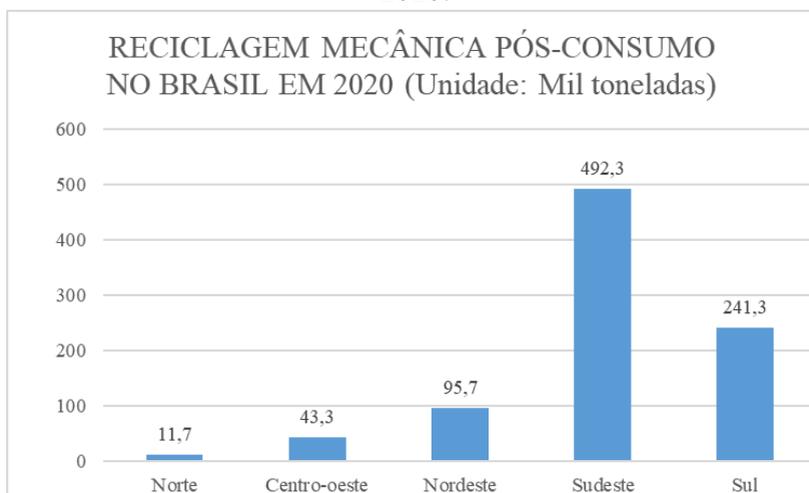
Economia Circular é um conceito estratégico para a redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia. Dentro deste contexto, podemos citar a logística reversa como um dos instrumentos que impulsionam a aplicação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. De acordo com a PNRS a logística reversa é “um instrumento de desenvolvimento

econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010).

Dentre os aspectos importantes a serem considerados a fim de visar à sustentabilidade, no que diz respeito à reciclagem de plásticos, estão as possibilidades de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, reduzindo a demanda por matérias-primas primárias e removendo substâncias nocivas (QURESHI et al., 2020). De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST), os dados do estudo realizado pelo Plano de Incentivo à Cadeia do Plástico (PICPlast) apontam que em 2020 o percentual de resíduos plásticos pós-consumo reciclados no Brasil corresponde a 23,1%. O mesmo estudo revela que no ano de 2020, marcado pela pandemia do COVID-19, no Brasil foram consumidas 1,4 milhão de toneladas de resíduo plástico na reciclagem, o que representa um crescimento de 5,8% em comparação a 2019. Um milhão de toneladas são de plástico pós-consumo, incluindo os materiais provenientes dos domicílios e 368 mil toneladas de plástico são pós-industrial, como as sobras dos processos industriais petroquímicos e de transformação (ABIPLAST, 2021).

Em 2020 a produção de resina plástica pós-consumo (PCR - *Post-Consumer Resin*) foi de 884,4 mil toneladas e a sua distribuição por regiões brasileiras está representada no gráfico de barras da Figura 1, onde podemos destacar a região sudeste como a maior produtora (ABIPLAST, 2021).

Figura 1: Apresentação da produção de PCR no Brasil no ano de 2020.



Fonte: Adaptado de ABIPLAST 2021.

PCR é uma resina obtida a partir de outros materiais plásticos já consumidos, principalmente embalagens. Material pós-consumo é aquele gerado por residências, comércio, indústria e instituições, incluindo o material descartado pela cadeia de distribuição, mas exclui o material pré-consumo (*scrap* de produção), conforme

definido pela Organização Internacional para Padronização ISO 14021 (MUNDO DO PLÁSTICO, 2022).

O consumo de plástico no Brasil tem aumentado de forma significativa. A produção física de resina pré consumo no Brasil em 2021 foi de 7,1 milhões de toneladas enquanto o consumo aparente foi de 7,6 milhões de toneladas. Apesar de a reciclagem tender a acompanhar de forma proporcional, é importante atrelá-la a um reflexo do aumento da pobreza no país, uma vez que a coleta de materiais recicláveis tem sido realizada majoritariamente por trabalhadores informais, conhecidos como catadores, que tentam complementar seu sustento com essa atividade. Infelizmente, ainda falta responsabilidade ambiental por parte da população e políticas públicas de coleta seletivas eficientes, além da mudança de hábitos de consumo que cultuam o descartável. Para alcançar tais objetivos é necessário continuar incentivando a EAC.

Professora e educadora ambiental

O docente pode assumir em sua práxis o papel de mediador, podendo atuar não apenas na escola, mas também fora dela, estimulando os sujeitos a terem uma visão crítica (KOLOSZUKI et al., 2022). A EAC poderá ser levada ao ambiente escolar de maneira dialogada, a partir da problematização, estimulando questionamentos, buscando integração entre a escola e o ambiente, local e regi-

onal, no qual estão inseridos. É importante o educador situar-se como mediador das relações socioeducativas, coordenando ações, pesquisas e reflexões, não apenas escolares, mas também administrativas, que oportunizem novos processos de aprendizagem (CARVALHO, 2004; TEIXEIRA et al., 2007; KOLOSZUKI et al., 2022).

Neste contexto, a alfabetização científica é de suma importância para evitar a alienação da sociedade frente à atualidade, pois o conhecimento científico pode permitir que a própria sociedade projete seu futuro de forma objetiva. Para este fim é necessário que o desenvolvimento científico e tecnológico seja funcional, ou seja, que as inovações neste meio caminhem em parceria com as necessidades da sociedade, justificando o consumo de matéria do planeta. Tal perspectiva legitima o quão importante é a EA, para formar uma geração de consumidores, com a implantação de novos hábitos, para atender uma proposta de sustentabilidade.

A escolha do TG polímeros teve início a partir de uma pesquisa prévia a respeito da aplicação de experimentações de baixo custo, de forma que a EAC pudesse ser abordada de uma maneira transversal (CAMARGO, 2020). De acordo com essa revisão bibliográfica - realizada durante a monografia - verificou-se o emprego pedagógico de materiais poliméricos como garrafas de polietileno tereftalato (PET) para confecção de materiais didáticos (CAMARGO et al., 2022).

São muitas as possibilidades para implementar essa temática. Conforme proposto por Souza e colaboradores (2018) é possível contextualizar o ensino de química aplicando materiais recicláveis. Enquanto Fonseca e colaboradores (2018) confeccionaram experimentos com foguetes de garrafa PET, adequados ao nível da IV Mostra Brasileira de Foguetes, para aulas de físico-química na Educação Básica; Becker e Martins (2016) confeccionaram bancos acolchoados (*puff*) a partir de garrafas PET, a fim de contemplar a EA no ensino de química. Estes são alguns exemplos de trabalhos que levaram em consideração que o descarte de garrafas PET chama atenção da sociedade, devido a sua vasta produção e descarte desenfreados (CAMARGO, et al, 2022).

Neste contexto podemos destacar como um dos objetivos da EAC a promoção da compreensão dos problemas ambientais em todas as suas dimensões (social, biológica, subjetiva), considerando o ambiente como um conjunto de inter-relações entre o mundo social e o natural, mediadas pelos saberes locais, científicos e tradicionais (CARVALHO, 2004; TEIXEIRA et al., 2007; KOLOSZUKI et al., 2022).

Além da própria monografia que deu origem à elaboração do presente capítulo, intitulada “Polímeros como tema gerador: uma proposta didática para a EAC” (CAMARGO, 2020), destacamos alguns trabalhos para que os leitores interessados possam se aprofundar neste

assunto, dentre os quais “Química dos plásticos: uma proposta para o ensino de química orgânica com enfoque em ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – CTSA” (SCAPIN, SILVEIRA, 2016), “Abordagem do tema plásticos como proposta interdisciplinar no ensino de química” (VILELA et al., 2016), “O plástico como um tema gerador no ensino de química” (FARIA, 2014), “O ensino de polímeros por experimentação - produzindo plásticos biodegradáveis com alunos do ensino médio” (REZENDE; MELO; OLIVEIRA, 2016) e “Plásticos e ensino de química: uma experiência na especialização em ensino de ciências” (BOUHID; GOLDBACH, 2009).

Metodologia

A metodologia adotada consiste em um relato da experiência formativa que apresenta um viés epistemológico qualitativo¹, de natureza mista² e compartilha as re-

¹ A pesquisa qualitativa implica em uma interação direta do pesquisador com o contexto que será investigado, e por esse motivo foi escolhida como metodologia (nota da autora).

² Creswell e Clark (2011) definem os métodos de natureza mista como aqueles que envolvem procedimento de coleta, análise e combinação de técnicas quantitativas e qualitativas em um mesmo desenho de pesquisa. Assim o presente desenho metodológico possui natureza mista, uma vez que pesquisa pode ser classificada como qualitativa, quanto à forma epistemológica de abordagem dos problemas e também, como quantitativa, pois os alunos foram avaliados individualmente, pela aplicação de questionários, e em grupo, durante a aula experimental.

flexões que emergiram espontaneamente da prática pedagógica de uma docente ao longo das atividades que deram origem à monografia de uma egressa do CEEQuim (IQ/UFRJ), que defendeu sua pesquisa em 2020³ (CAMARGO, 2020). Para tal, foram elaboradas e implementadas duas SD, empregando o TG polímero, em aulas de ciências (para o nono ano do EF II) e de química (para o terceiro ano do EM), com intuito de mediar a EAC. Esse trabalho dialogou não só com a teoria sociointeracionista e os princípios da afetividade no processo de ensino e aprendizagem, mas também com a EAC (LOUREIRO, 2004; VYGOSTKY, 1998; REGO, 2013). A metodologia foi subdividida em: (1) Elaboração das Sequências Didáticas; (2) Ações Necessárias para a Confecção dos Roteiros Experimentais e (3) Reflexões sobre as Implementações das SD.

1 *Elaboração das Sequências Didáticas*

A presença cada vez maior de materiais polimérico, e o impacto que estes podem ter no meio ambiente, motivou o emprego dessa temática como TG da SD elabo-

³ De acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) 510/2016, a pesquisa realizada não precisa passar pela avaliação do sistema de Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) pois a mesma se enquadra na condição de aprofundamento teórico de uma situação que emerge espontaneamente da prática pedagógica (MOURÃO JÚNIOR, 2019).

rada. O planejamento pedagógico, inicialmente elaborado para o nono ano do EF II (APÊNDICE A), foi adaptado para também ser empregado em turmas do terceiro ano do EM (APÊNDICE B). Ambos foram desenvolvidos para a implementação em turmas que tivessem duas aulas consecutivas (100 minutos).

O desenho metodológico se baseou na aprendizagem colaborativa direcionada por experiências coletivas. Para tal foi montado previamente um *kit* contendo: (a) roteiro experimental (com as tabelas necessárias para a interpretação dos fenômenos a serem observados); (b) amostras de polímeros; (c) materiais e reagentes necessários para os testes de densidade e; (d) questionário avaliativo para cada integrante do grupo. Cada turma foi dividida em grupos, de no máximo cinco alunos, e cada grupo recebeu um *kit*.

2 Ações Necessárias para a Confecção dos Roteiros Experimentais

Para a confecção dos roteiros experimentais necessários à aplicação das SD – algumas ações foram desenvolvidas previamente. Desde a amostragem de polímeros, elaboração de tabelas de apoio à parte experimental e validação do ensaio de densidade. A amostragem baseou-se em escolher as amostras de polímeros, recortar o material escolhido em pequenos pedaços, mantendo parte da estrutura íntegra para que os alunos pudessem

identificar a embalagem de origem. Os polímeros selecionados para a atividade experimental foram: poliestireno (PS); PS expandido; polipropileno (PP); poli (etileno) de alta densidade (PEAD); poli (etileno) de baixa densidade (PEBD); poli (tereftalato de etileno) (PET); poli (cloreto de vinila) (PVC). A densidade de cada amostra de polímero empregada durante a parte experimental, segundo dados da literatura, pode ser visualizada na Tabela 1.

Tabela 1: Densidade dos polímeros comerciais usados na aula experimental, para uso do professor e dos alunos.

Polímero	Densidade (g/cm ³)
poli (tereftalato de etileno) – PET	1,29-1,40
poli (etileno) de alta densidade – PEAD	0,952-0,965
poli (cloreto de vinila) - PVC (rígido)	1,30-1,58
poli (cloreto de vinila) - PVC (flexível)	1,16-1,35
poli (etileno) de baixa densidade – PEBD	0,917-0,940
polipropileno – PP	0,900-0,910
poliestireno – PS (sólido)	1,04-1,05
poliestireno (PS) (espuma)	Menor que 1,00

Fonte: Autoria própria (2018).

A partir da aferição em triplicata (com o picnômetro) das massas específicas dos materiais empregados como padrões, na determinação da densidade das amostras de polímeros selecionadas, foi elaborada a Tabela 2.

Tabela 2: Líquidos de referência e suas respectivas massas específicas

Líquido	Massa específica (g/cm ³)
Óleo de soja	0,9231
Água destilada	1,0044
Vinagre	1,0107
Glicerina	1,2677

Fonte: Autoria própria (2018).

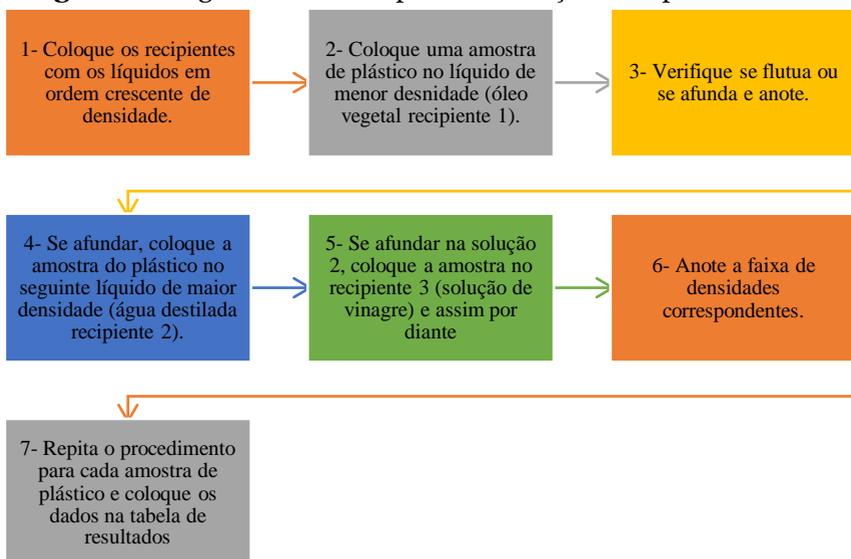
3 *Reflexões sobre as Implementações das SD*

Participaram desse estudo 95 alunos, 11 alunos do nono ano do EF II e 84 alunos do terceiro ano do EM (distribuídos em três turmas distintas). Foram formados 24 grupos no total, em que se trabalhou com os alunos um total de 32 amostras, de 8 tipos de polímeros da classe termoplástico. Durante a atividade experimental, foi possível permitir a participação ativa dos alunos, pelo método de aprendizagem cooperativa, de forma que eles pudessem avaliar o comportamento dos polímeros por imersão em líquidos do cotidiano, empregados como padrões de densidade. Durante a atividade os alunos foram convidados a observar o comportamento das amostras dos diferentes polímeros, se flutuavam ou se afundavam no líquido.

Foi disponibilizado aos alunos o diagrama representado na Figura 2, com os comandos necessários para a realização do experimento. Os alunos puderam fazer o

uso da Tabela 2 contendo a densidade absoluta dos líquidos usados. Os alunos foram instruídos a anotar os resultados observados e responder em grupo as perguntas contidas no material didático confeccionado e oferecido aos alunos pela docente. Após a finalização da etapa experimental, foi possível promover uma ampla discussão entre os grupos acerca dos resultados obtidos.

Figura 2: Diagrama de blocos para a realização do experimento.

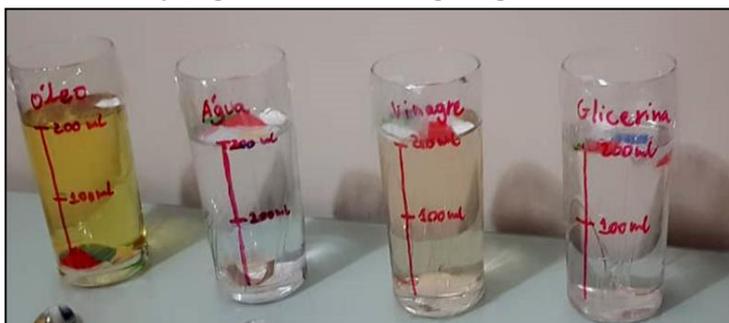


Fonte: Autoria Própria (2019).

Resultados e discussão

O experimento foi realizado previamente para validar o procedimento desenvolvido na SD. Utilizaram-se recipientes de vidro contendo 200 mL de cada um dos padrões utilizados, sendo eles, óleo de soja, água destilada, vinagre e glicerina, além de amostras de polímeros conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3: Resultado experimental de identificação de polímeros, da direita para esquerda os líquidos de densidade conhecida são: óleo de soja, água destilada, vinagre e glicerina.



Fonte: Acervo pessoal da autora (2019).

Conforme ilustrado no Quadro 1, foram apresentados os resultados experimentais do teste de identificação dos polímeros pela densidade do polímero no líquido de referência. Vale ressaltar que o quadro foi elaborado a partir dos valores obtidos experimentalmente das massas específicas dos líquidos empregados como padrão (Tabela 2) e das informações sobre a faixa da densidade de cada

amostra de polímero obtidas na literatura (Tabela 1). Contudo, como se trata de dados experimentais, os valores podem variar durante a aula experimental em sala de aula.

Quadro 1: Dados experimentais obtidos durante teste de densidade dos polímeros para validação prévia de experimento.

Densidade absoluta (ρ) g.cm⁻³ Polímero	Óleo de soja $\rho = 0,9231$	Água destilada $\rho = 1,0044$	Vinagre $\rho = 1,0107$	Glicerina $\rho = 1,2677$
PS (sólido) (1,04-1,05)	Afunda	Afunda	Afunda	Flutua
PS (espuma) < 1,00	Flutua ou afunda	Flutua	Flutua	Flutua
PP (0,900-0,910)	Flutua	Flutua	Flutua	Flutua
PEAD (0,952-0,965)	Afunda	Flutua	Flutua	Flutua
PEBD (0,917-0,940)	Flutua ou afunda	Flutua	Flutua	Flutua
PET (1,29-1,40)	Afunda	Afunda	Afunda	Afunda
PVC (rígido) (1,30-1,58)	Afunda	Afunda	Afunda	Afunda
PVC (flexível) (1,16-1,35)	Afunda	Afunda	Afunda	Flutua ou afunda

Fonte: Autoria própria (2018).

Os alunos trabalharam em grupo fazendo uso do roteiro experimental. Durante a atividade os alunos observaram e anotaram o comportamento das amostras de

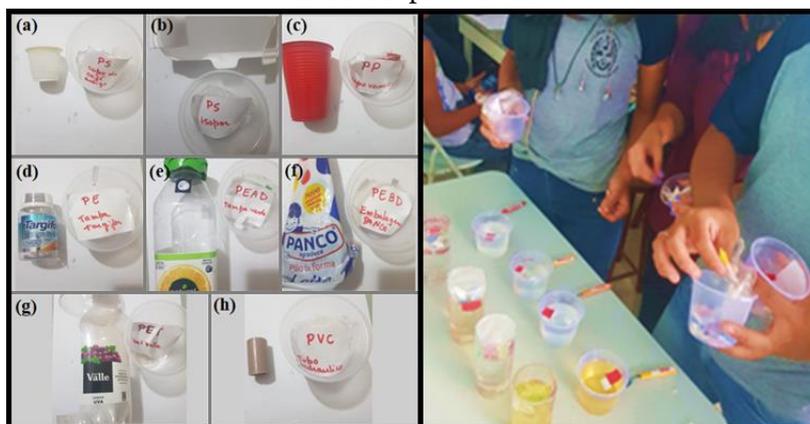
polímeros nos líquidos de referência. A partir dos dados experimentais os grupos responderam às perguntas contidas no roteiro e determinaram a densidade das amostras de polímeros estudadas.

A aplicação da aprendizagem cooperativa facilitou o processo de ensino-aprendizagem, valorizando o trabalho em equipe, resgatando os valores sociais e os princípios da solidariedade, que poderão ser usados durante toda a vida do estudante como cidadão. Trabalhar a composição dos polímeros, decodificando as siglas comumente presentes nas embalagens dos diversos produtos domésticos, resgatou conceitos discutidos nas aulas anteriores do 3º ano do EM. Foram trabalhados vários aspectos teóricos sobre o TG e desconstruídos conceitos como o de que bioplástico é sinônimo de biodegradável. Essa etapa foi fundamental para a conscientização da importância das boas práticas de reciclagem no ambiente escolar e doméstico.

A sequência didática aplicada no 9º ano do EF II, também teve o intuito de contextualizar a EAC, ao se empregar conceito já conhecido por esses alunos: a densidade, para identificar os polímeros para a reciclagem. Os alunos participantes conseguiram realizar a identificação das amostras de polímeros, a partir do emprego do *kit* experimental elaborado para esse estudo. A atividade foi realizada em grupo e sob mediação docente. As amostras analisadas durante as aulas experimentais, bem como os

alunos realizando o experimento, podem ser observados na Figura 4.

Figura 4: À esquerda amostras de polímeros e suas embalagens de origem: (a) poliestireno - PS; (b) PS expandido; (c) polipropileno - PP; (d) polietileno - PE; (e) polietileno de alta densidade - PEAD; (f) polietileno de baixa densidade - PEBD; (g) poli (tereftalato de etileno) - PET; (h) cloreto de poli (vinila) - PVC. À direita alunos realizando o experimento.



Fonte: Acervo pessoal da autora.

As turmas foram participativas, os alunos gostaram da atividade, apresentaram senso crítico tanto nas questões abertas presentes nos questionários avaliativos, quanto na discussão que encerrou a atividade. Os grupos foram avaliados quanto à habilidade em realizar a atividade experimental como uma equipe, estimulando a participação de todos os integrantes.

Foi observado se os alunos interpretaram corretamente o comportamento das amostras durante o teste de densidade, atentando-se ao tempo necessário para observar o fenômeno de decantação ou flutuação do material polimérico de estudo no líquido de referência, a partir de suas anotações.

Cerca de 92 % dos alunos do 3º ano do EM identificaram seu conjunto de amostras corretamente, fazendo o uso das tabelas de densidade dos líquidos padrões e dos polímeros. Os alunos do EF II mostraram maior dependência do professor, mas 86% acertaram a identificação dos polímeros, apesar de terem tido dificuldade em analisar a tabela fornecida.

A abordagem do TG polímeros foi uma boa proposta para desenvolver a EAC em sala de aula. Neste sentido, destaca-se que 89% dos alunos conseguiram explicar corretamente a importância da reciclagem dos polímeros e 79% dos alunos conseguiram reconhecer que o petróleo é a fonte para a sua produção, portanto obtidos de fontes não renováveis.

Dentre as perguntas feitas pelos alunos neste estudo, podemos destacar as que compõem o elemento gráfico representado na Figura 5. Em um segundo momento as dúvidas levantadas pelos alunos puderam ser trabalhadas no formato de roda de conversas.

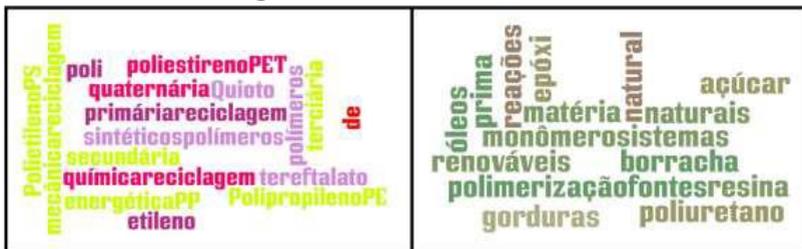
Figura 5: Dúvidas levantadas pelos alunos durante as aulas.



Fonte: Própria autoria (2019).

A partir da roda de conversa foram construídas nuvens de palavras como exercício de fixação, para que a associação entre termos e significados fossem empregados como disparadores durante a roda de conversa, conforme o exemplo ilustrado na Figura 6.

Figura 6: Nuvem de Palavras.



Fonte: Própria autoria (2019).

A abordagem da atividade pedagógica com o TG polímeros foi importante para desenvolver a EAC. Verificou-se que os alunos conseguiram aplicar significado em seu aprendizado. A avaliação individual foi teórica e após o experimento observou-se um ganho significativo de aprendizado dos novos conceitos atrelados ao TG discutido durante a aplicação da SD.

A partir das atividades propostas foi possível conscientizar os alunos que o consumo e o descarte correto dos materiais são de responsabilidade compartilhada, atendendo as recomendações da BNCC e da PNRs, incentivando as boas práticas de reciclagem e a implementação da economia circular.

Considerações finais

A abordagem da EAC de forma contextualizada, avaliando a realidade em que o discente está inserido, permite que os alunos compreendam que os impactos causados pela ação humana são de responsabilidade de todos. Nessa perspectiva foram elaboradas e aplicadas duas SD, mediada pelo TG polímeros, que contemplou transversalmente os preceitos da EAC em turmas do Ensino Básico, direcionadas para o nono ano do ensino fundamental e para o terceiro ano do ensino médio. O desenho metodológico dialogou com a aprendizagem colaborativa, valorizando o trabalho em equipe, conforme des-

taca Vygotsky. A SD enfatizou a importância da reciclagem de materiais poliméricos para a economia circular, com vistas a preservação ambiental e propiciou um amplo diálogo a respeito de questões socioambientais envolvendo a temática proposta. As turmas mostraram-se participativas e tiveram bom desempenho nas avaliações realizadas. Observou-se que estimular a autonomia discente durante o processo de aprendizagem, possibilitou que os sujeitos envolvidos fizessem um paralelo entre o conhecimento escolar e o conhecimento científico, bem como questionassem seus valores socioambientais.

As SD pautadas tanto na problematização da EAC e nas atividades experimentais propiciaram uma atmosfera de liberdade, permitindo que as turmas interagissem e compartilhassem conhecimentos prévios, questionamentos e dúvidas sobre o TG polímeros. Também foi possível conscientizar os alunos sobre a importância da reciclagem de polímeros para a economia circular. A escolha pelo método de aprendizagem cooperativa para a aula experimental permitiu que os alunos fortalecessem o espírito de equipe, o que possibilitou a socialização das turmas durante as atividades. Propor aos alunos que eles mesmos executassem os experimentos sob mediação docente conferiu a eles autonomia, estimulando o papel dos alunos como autores na construção do seu conhecimento científico escolar. Uma vez que para a realização da aula experimental proposta pelas SD, foram utilizados

materiais de baixo custo e fácil obtenção, bem como não foi necessário especificamente de um laboratório de química para as atividades serem desenvolvidas, as mesmas podem ser aplicadas em qualquer escola, possibilitando a popularização da química.

Referências

ABIPLAST. *Associação Brasileira da Indústria do Plástico*. Notícias 2021. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/noticias/estudo-aponta-que-231-dos-residuos-plasticos-pos-consumo-foram-reciclados-em-2020-no-brasil/>. Acesso em: 07/07/ 2022.

BECKER M.M., MARTINS L.R. Educação ambiental no ensino de química através da confecção de puff's em PET. *Revista de Ciência e Tecnologia*. Volume 2. Número 3. 2016.

BORRELLE, S. B.; ROCHMAN, C. M.; LIBOIRON, M.; BOND, A. L.; LUSHER, BRADSHAW, H.; PROVENCHER, J. F. Why we need an international agreement on marine plastic pollution. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, v. 114, n. 38, 2017.

BOUHID, R.R.; GOLDBACH, T. Plásticos e Ensino de Química: Uma Experiência na Especialização em Ensino de Ciências. 7^o *Simpósio Brasileiro de Educação Química. SIMPEQUI*. 2009. Disponível em:

<http://www.abq.org.br/simpequi/2009/trabalhos/99-4917.htm>.
Acesso em: 14/11/2022.

BRASIL. *Política nacional dos resíduos sólidos*. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acessado em: 16/07/2022.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 11/11/2022.

CAMARGO, J. B. *Polímeros como Tema Gerador: uma proposta didática para a EAC*. Rio de Janeiro, 2020. 129 f. Monografia (Curso de Especialização em Ensino de Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CAMARGO, J. B.; MARTINHON, P. T.; SILVA, C. R. S. da. Polímeros como tema transversal para a educação ambiental no ensino de química - relato discente~docente~aprendente. In: *Anais do Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia*. Anais. Diamantina (MG) Online, 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/cobicet2022/516718-polimeros-como-tema-transversal-para-a-educacao-ambiental-no-ensino-de-quimica---relato-discente~docente~aprenden/>. Acesso em: 30/08/2022.

CARVALHO, I. C. M. *Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico*. São Paulo: Cortez, 2004.

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. *Designing and conducting mixed methods research*. 2nd. Los Angeles: SAGE Publications, 2011.

FARIA, D. A. *O plástico como um tema gerador no ensino de química*. Monografia Graduação de Química. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri Faculdade de Ciências Exatas Departamento de Química. Diamantina, 2014.

FONSECA, M.V. S., RODRIGUES I.M.L., FONSECA M. B. S.. Uma abordagem didática para a pressão interna de foguetes de garrafa PET propulsionados pela reação química entre vinagre e bicarbonato de sódio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 40, nº 3, 2018.

KOLOSZUKI, M., FARIAS, K., FUENTES-GUEVARA, M.D., GONÇALVES, C. Da S., MENDES, P. M., DE SOUZA, E.G., CORRÊA, L.B. Mobile mandala garden as a tool of environmental education in an early childhood school in Southern Brazil, *Journal of Cleaner Production*, Volume 331, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965262104083X> . Acesso em: 16/07/2020.

LOUREIRO, C. *Trajatória e fundamentos da Educação Ambiental*. São Paulo: Cortez, 2004.

MENEZES, G. D. O; MIRANDA, M. A. M. O lugar da educação ambiental na nova base nacional comum curricular para o ensino médio. *Revista aea*, 75, 2021.

MOURÃO JÚNIOR, C. A. *Memorando nº 01, de 2019*. Cumprimento do Inciso VII do Parágrafo Único do Art.1º da Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde. Juiz de Fora, 2019. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/comitedeetica/2019/04/12/memorando-sobre-aprofundamento-teorico-de-situacoes-que-emergem-espontaneamente-da-pratica-pedagogica-que-eles-exerchem-seu-trabalho-de-conclusao-se-enquadra-no-inciso-vii-do-art-10-da-resolucao-no-5/>. Acesso em: 15/11/2022.

MUNDO do PLÁSTICO. “*Entenda o que são PCR e PIR*”. 2022. Disponível em: <https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/reciclagem/entenda-o-que-sao-pcr-e-pir> Acesso em: 10/08/2022

OLIVEIRA, L.; NEIMAN, Z. Educação Ambiental no Âmbito Escolar: análise do processo de elaboração e aprovação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). *Revista Brasileira de Educação Ambiental – Revbea*, v. 15, n. 3, p. 36-52, 2020.

QURESHI, M.S., OASMAA, A., PIHKOLA, H., DEVIATKIN, I. TENHUNEN, A., MANNILA, J., MINKKINEN, H., POHJAKALLIO, M., LAINE-YLIJOKI, J. Pyrolysis of plastic waste: Opportunities and challenges, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 152, 2020..

REGO, T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. Editora Vozes Limitada, 2013.

REZENDE, A. M., MELO, A.C. de O.; DE OLIVEIRA, G. F. B. O ensino de polímeros por experimentação - produzindo plásticos

biodegradáveis com alunos do ensino médio. Anais I CONIDIS. Campina Grande: Realize Editora, 2016. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/23990>. Acesso em: 14/11/2022

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. 2ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2000.

SCAPIN, A. L.. SILVEIRA, M. P. *QUÍMICA DOS PLÁSTICOS: uma proposta para o ensino de química orgânica com enfoque em ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – CTSA*. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pde-bus-ca/producoes_pde/2016/2016_pdp_qui_uem_analuciascapin.pdf. Acesso em: 14/11/2022.

SOUZA P.V.T., AMAURO N.Q., SOBRINHO M. F.. Modelizações Astronáuticas na Perspectiva da Educação CTS: Proposta de Atividade Integradora ao Ensino de Ciências. *Quím. nova esc.* – São Paulo-SP, BR. Análise dos Artigos Sobre “Natureza da Ciência” Vol. 40, Nº 3, p. 178-185, AGOSTO 2018.

TEIXEIRA, L. A.; NEVES, J. P.; SILVA, F. P.; TOZONI-REIS, M. F. C.; NARDI, R. *Referenciais teóricos da pesquisa em Educação Ambiental em trabalhos acadêmicos*. 2007.

UCHOA, A. M. da C.; SENA, I. P. F. de S. (Orgs.) *Diálogos Críticos: BNCC, educação, crise e luta de classes em pauta*. Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2019. 109 p.

VILELA, S.L. BENTES, P.A. , SOARES, F.A., ZAN, R.A., MINE, H. K. Abordagem do tema plásticos como proposta interdisciplinar no ensino de química. Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Catarina (QMC/UFSC). *XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)* Florianópolis, SC, Brasil, 2016.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem*. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1998.

Apêndice A

Sequência didática resumida – turma 9º ano do EF II

Fonte: CAMARGO (2020)

Duração: 100 minutos (dois tempos de aula)

Ementa: EAC; Desenvolvimento Sustentável, Lixo Tóxico; Ética; Polímeros; Reciclagem; Desafios da indústria do petróleo, Densidade; Experimentação.

Objetivo geral: Reconhecer a aplicação dos polímeros e os impactos ambientais envolvidos no seu descarte incorreto. Aprender a identificar os principais plásticos presentes no nosso cotidiano por teste prático de diferença de densidade.

Objetivos específicos:

- Compreender a diferença entre fonte renovável e não renovável na obtenção de polímeros sintéticos;

- Diferenciar os diversos polímeros presentes nas embalagens comerciais pela diferença de sua densidade;
- Reconhecer as vantagens e as limitações do uso dos polímeros em nosso cotidiano.

Habilidades desenvolvidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

- Analisar, compreender e explicar fenômenos, com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza, a partir da experimentação em sala de aula. Estabelecer relação entre os conceitos teóricos abordados na aula teórica com os dados experimentais. Exercitar o perfil crítico dos alunos na construção do seu conhecimento científico escolar.
- De acordo com a BNCC a Educação Ambiental é um dos temas que afetam a vida humana em escala local, regional e global, e deve ser abordada, preferencialmente, de forma transversal e integradora dentro das propostas pedagógicas (Lei nº 9.795/1999, Parecer CNE/CP nº 14/2012 e Resolução CNE/CP nº 2/201218). Abordar a Educação Ambiental de maneira problematizada possibilita a sua abordagem crítica.

Habilidades desenvolvidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)

- Aplicar a atividade prática de química como uma forma de favorecer a consecução dos objetivos propostos pelos PCN no ensino de Ciências, para adquirir e construir conhecimento científico escolar.

Apêndice B

Sequência didática resumida - Turma 3º ano do EM

Fonte: CAMARGO (2020)

Duração: 100 minutos

Ementa: EAC; Química Orgânica; Polímeros; Reciclagem; Desafios da indústria do petróleo; Densidade; Experimentação.

Objetivo geral: Reconhecer a aplicação dos polímeros e os impactos ambientais envolvidos no seu descarte incorreto. Aprender a identificar os principais plásticos presentes no nosso cotidiano por teste prático de diferença de densidade.

Objetivos específicos:

- Compreender a diferença entre fonte renovável e fóssil na obtenção de Polímeros sintéticos; Diferenciar os diversos polímeros presentes nas embalagens comerciais pela diferença de sua densidade;
- Compreender que os polímeros são formados por repetições de monômeros, identificando a sua presença nos plásticos e em biomoléculas (i.e.: carboidratos, proteínas e ácidos nucleicos) (SEEDUC 2012, p.10). Reconhecer as vantagens e as limitações do uso dos polímeros e biopolímeros em nosso cotidiano.

Habilidades desenvolvidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

- Analisar, compreender e explicar fenômenos, com base nos conhecimentos Químicos, a partir da experimentação em sala de aula. Estabelecer relação entre os conceitos teóricos abordados na aula teórica com os dados experimentais. Exercitar o perfil crítico dos alunos na construção do seu conhecimento científico escolar.
- De acordo com a BNCC a Educação Ambiental é um dos temas que afetam a vida humana em escala local, regional e global, e deve ser abordada preferencialmente de forma transversal e integradora dentro das propostas pedagógicas (Lei nº 9.795/1999, Parecer CNE/CP nº 14/2012 e Resolução CNE/CP nº 2/201218). Abordar a Educação Ambiental de maneira problematizada possibilita sua abordagem crítica.

Habilidades desenvolvidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)

- Aplicar a atividade prática como uma forma de favorecer a consecução dos objetivos propostos pelos PCN no ensino de Química, para adquirir e construir conhecimento científico escolar. Apesar dos alunos já terem estudado o conteúdo de ligações químicas, funções orgânicas e grupos funcionais, na SD não foram abordadas correlações com esses conceitos.