

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE QUÍMICA

LUCIANA PEREIRA DE ALMEIDA

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E EDUCAÇÃO
SOCIOAMBIENTAL CRÍTICA SOBRE BIOPLÁSTICOS NO
ENSINO FUNDAMENTAL I

RIO DE JANEIRO

2024

LUCIANA PEREIRA DE ALMEIDA

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E EDUCAÇÃO
SOCIOAMBIENTAL CRÍTICA SOBRE BIOPLÁSTICOS NO
ENSINO FUNDAMENTAL I

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a Dr.^a Jussara Lopes de Miranda

RIO DE JANEIRO

2024

CIP - Catalogação na Publicação

A447a Almeida, Luciana
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E EDUCAÇÃO
SOCIOAMBIENTAL CRÍTICA SOBRE BIOPLÁSTICOS NO ENSINO
FUNDAMENTAL I / Luciana Almeida. -- Rio de Janeiro,
2024.
101 f.

Orientadora: Jussara Lopes de Miranda.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Instituto de Química, Programa de Pós
Graduação em Ensino de Química, 2024.

1. Ensino de Ciências. 2. Educação Ambiental. 3.
Bióplásticos. I. Miranda, Jussara Lopes de, orient.
II. Título.

LUCIANA PEREIRA DE ALMEIDA

**ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E EDUCAÇÃO
SOCIOAMBIENTAL CRÍTICA SOBRE BIOPLÁSTICOS NO
ENSINO FUNDAMENTAL I**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 03 de outubro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr.^a Jussara Lopes de Miranda

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Química

Profa. Dr.^a Priscila Tamiasso-Martinhon

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Química

Profa. Dr.^a Luiza Cristina de Moura

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Química

AGRADECIMENTO

A conclusão desta dissertação é fruto de uma jornada repleta de aprendizado, desafios e crescimento, e seria impossível chegar até aqui sem o apoio de muitas pessoas, às quais expresso minha sincera gratidão.

Primeiramente, agradeço a Deus, por me guiar e me dar a força necessária para enfrentar os desafios e celebrar as vitórias ao longo deste caminho.

À minha orientadora, professora Jussara Miranda, pela dedicação, pelas sugestões e contribuições tão valiosas e principalmente por sua infinita paciência. Sua orientação fez possível a concretização desta pesquisa.

Agradeço também à primeira professora que conheci na graduação, no primeiro dia, quando tudo começou. À professora Priscila Tamiasso-Martinhon, que acompanhou todos os meus passos até aqui, me orientou, me ajudou, me ouviu e me aconselhou. Me avaliou sempre com carinho e me ajudou a construir parte de quem sou hoje.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Laboratório de Análise da Qualidade da Água (LACQUA) da UFRJ e ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Química (PEQui/UFRJ).

Agradeço também a todos os meus professores e amigos do PEQui, por me inspirarem e compartilharem seus conhecimentos, criando um ambiente de colaboração, curiosidade e aprendizado. Entre eles, Ramon Conceição, por sempre esperar excelência de mim.

À escola onde realizei meu estudo, quero expressar minha gratidão por abrir as portas e me permitir desenvolver esta pesquisa. Agradeço especialmente aos meus alunos, que participaram com tanto entusiasmo e tornaram este projeto possível. Eles, que com sua curiosidade e energia, renovam meu amor por ser professora.

Agradeço à minha família, mas principalmente à mãe e minha tia que todo dia fofocavam sobre minha escrita e me perturbavam para “terminar logo isso”. Eu terminei!

À minha amiga Victória Beatriz de Oliveira. Você já sabe exatamente o quão importante você foi desde o primeiro dia. Não tenho nem palavras para nossos momentos de surto, de risadas, de raiva, de alegria. Você é esse emoji para mim: 🥰 Obrigada.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a aplicação de um protótipo pedagógico ambiental experimentalista, que teve como foco a produção e observação da biodegradação de diferentes tipos de plásticos e bioplásticos, por meio do plantio de feijões. O objetivo principal foi fomentar a conscientização ambiental e a alfabetização científica dos alunos do ensino fundamental, promovendo o protagonismo no processo de aprendizagem. A coleta de dados para esta pesquisa foi organizada de forma a garantir uma análise detalhada da intervenção realizada com os alunos, focada na alfabetização científica deles. Assim, os procedimentos foram planejados para capturar os aspectos qualitativos do aprendizado e das mudanças comportamentais dos alunos. A duração do projeto foi de dois bimestres, realizados durante os espaços de 02 tempos de 50 minutos das aulas de ciências para uma turma de terceiro ano do ensino fundamental de uma escola bilíngue, com alunos de 8 a 9 anos de idade, que participaram ativamente na construção do experimento, no acompanhamento dos resultados e em ações comunitárias que refletiram seu aprendizado. Como fundamentação teórica, foi utilizada a abordagem de educação ambiental proposta por Michèle Sato, que defende a integração holística em práticas cotidianas da escola; Attico Chassot, com sua proposta de alfabetização científica voltada para a compreensão do conhecimento científico; e Freire, que destaca o protagonismo dos alunos no processo educativo. As categorias de análise dos resultados incluíram observação científica, percepção ambiental, atitudes em relação a soluções ambientais e percepções emocionais. Além disso, a pesquisa revelou o impacto positivo no desenvolvimento socioemocional dos alunos, evidenciando o papel transformador de uma educação ambiental crítica e reflexiva.

Palavras-chave: educação holística, metodologia experimental, protagonismo estudantil, consciência ambiental, aprendizagem social.

ABSTRACT

This work presents the development and application of an experimentalist environmental pedagogical prototype, focusing on the production and observation of the biodegradation of different types of plastics and bioplastics through the planting of beans. The main objective was to promote environmental awareness and scientific literacy among elementary school students, encouraging their active role in the learning process. Data collection for this research was organized to ensure a detailed analysis of the intervention carried out with the students, focusing on their scientific literacy. Thus, the procedures were planned to capture the qualitative aspects of learning and the behavioral changes of the students. The project lasted for two bimester periods, conducted during two 50-minute sessions of science classes for a third-grade class in a bilingual school, with students aged 8 to 9 years old, who actively participated in building the experiment, monitoring the results, and engaging in community actions that reflected their learning. The theoretical foundation included the environmental education approach proposed by Michèle Sato, which advocates for holistic integration in everyday school practices; Attico Chassot, with his proposal for scientific literacy aimed at understanding scientific knowledge; and Freire, who emphasizes students' active role in the educational process. The analysis categories of the results included scientific observation, environmental perception, attitudes towards environmental solutions, and emotional perceptions. Furthermore, the research revealed a positive impact on the students' socio-emotional development, highlighting the transformative role of critical and reflective environmental education.

Keywords: holistic education, experimental methodology, student agency, environmental awareness, social learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Símbolos de identificação de plásticos segundo a norma ABNT NBR 13230:2008	31
Figura 2 - Projeção da produção de plásticos no mundo	32
Figura 3 - Pesquisa sobre bioplásticos no ensino fundamental I	38
Figura 4 - Esquema da montagem dos vasos	50
Figura 5 - Materiais e procedimento de preparação do bioplástico de amido de batata. 52	
Figura 6 - Materiais e procedimento de preparação do bioplástico de gelatina	52
Figura 7 - Desenhos feitos pelos alunos comparando ações ambientais positivas e negativas	60
Figura 8 - Desenho mostrando a visão de uma aluna sobre um mundo sem árvores	62
Figura 9 - Desenho mostrando a visão de outra aluna sobre um mundo sem árvores	63
Figura 10 - Desenho mostrando a visão dos alunos sobre um mundo sem árvores	64
Figura 11 - Desenho mostrando a visão dos alunos sobre um mundo sem árvores	71
Figura 12 - Alunas limpando o ambiente do plantio para evitar odores desagradáveis, acúmulo de insetos ou focos de dengue	74
Figura 13 - Ilustração de uma das folhas com mofo, observada por um dos alunos e registrada no caderno de campo	75
Figura 14 - Propostas de irrigação junto à tabela de organização para regar os feijões .	77
Figura 15 - Parte da redação de um aluno	78
Figura 16 - Parte da redação de uma aluna	78
Figura 17 - Momento de criação das artes para exposição na escola aberta	79
Figura 18 - Reportagem sobre preservação das praias em que os alunos apareceram ...	80
Figura 19 - Exemplo dos slides utilizados para apresentação aos alunos	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cartografia das correntes da educação ambiental.....	21
Quadro 2 – Principais diferenças entre plásticos comuns e bioplásticos.....	30
Quadro 3 – Tempo de degradação dos plásticos convencionais comparação aos bioplásticos.....	34
Quadro 4 – Categorias utilizadas para tratamento de dados.....	83

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2.3	OBJETIVOS COLATERAIS:	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1	CONCEITOS E ABORDAGENS	15
3.2	IMPORTÂNCIA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA AMBIENTAL NO ENSINO FUNDAMENTAL I.....	16
3.3	EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA E HOLÍSTICA	18
3.4	RELAÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA COM A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	23
3.5	APRENDIZAGEM PROTAGONISTA	26
3.6	A TEMÁTICA BIOPLÁSTICOS NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO FUNDAMENTAL I.....	28
4	METODOLOGIA.....	40
4.1	DESCRIÇÃO DO CENÁRIO DO ESTUDO E DO PÚBLICO-ALVO.....	40
4.2	DESCRIÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO	41
4.3	DURAÇÃO DO PROJETO E PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS	44
4.4	ANÁLISE DOS DADOS	46
4.5	PROPOSIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO EXPERIMENTAL DE DECOMPOSIÇÃO DE PLÁSTICOS	47
4.5.1	Etapas.....	47
4.5.2	Materiais, montagem e execução do protótipo.....	48
4.6	ACOMPANHAMENTO DO PROTÓTIPO PEDAGÓGICO AMBIENTAL EXPERIMENTALISTA.....	50
4.6.1	Análise do desenvolvimento do projeto	51
4.6.2	Análise dos produtos dos alunos.....	54
4.6.3	Análise e observação comportamental e socioemocional	56

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1	FASE DE SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL LÚDICA.....	58
5.1.1	Primeiro conjunto de desenhos.....	59
5.1.2	Segundo conjunto de desenhos	61
5.2	FASE DA PRÉ-INTERVENÇÃO AO PROTÓTIPO PEDAGÓGICO AMBIENTAL EXPERIMENTALISTA	66
5.3	ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO PEDAGÓGICO AMBIENTAL EXPERIMENTALISTA.....	68
5.4	ACOMPANHAMENTO DO PROTÓTIPO PEDAGÓGICO AMBIENTAL EXPERIMENTALISTA: FASE DE INTERVENÇÃO	73
5.5	FASE DA PÓS-INTERVENÇÃO.....	80
5.6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS	85
6	O PRODUTO	88
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
	REFERÊNCIAS	93
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA RODAS DE CONVERSA.....	101

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve como foco central o desenvolvimento de um projeto ambiental experimentalista no contexto educacional, voltado para a vivência ambiental entre alunos do terceiro ano do ensino fundamental I. A pesquisa foi realizada em uma escola bilíngue no bairro Flamengo, no Rio de Janeiro, o projeto visa utilizar a educação como uma ferramenta transformadora, capaz de auxiliar no entendimento mais profundo dos desafios ambientais e incentivar práticas sustentáveis desde a infância. Essa abordagem é especialmente importante em um contexto global de crise ambiental, no qual a conscientização sobre o consumo de plásticos e os impactos de seus resíduos tornou-se um tema urgente (Almeida, 2023; Miranda, 2018; 2022).

A expansão do uso de plásticos, aliada à sua difícil decomposição e baixa reciclabilidade, apresenta sérios riscos ao ambiente. Além disso, o descarte inadequado e a formação de microplásticos intensificam os danos aos ecossistemas e à saúde humana. Nesse cenário, o projeto aborda a temática dos bioplásticos, uma alternativa potencialmente mais sustentável aos plásticos convencionais (Thompson *et al.*, 2009). Ao integrar esse conteúdo à prática pedagógica, o trabalho busca criar um espaço no qual os alunos possam explorar soluções inovadoras para o problema e refletir sobre os impactos de suas ações no mundo ao seu redor (Miranda, 2022)

A importância desta iniciativa está na urgência crescente em ensinar crianças e jovens para que sejam cidadãos mais conscientes e responsáveis.

Ao integrar teoria, prática e reflexão holística, o projeto visa ensinar conceitos científicos fundamentais e ao mesmo tempo cultivar habilidades críticas, como o pensamento crítico e investigativo, assim como a proposição para o enfrentamento e resolução de problemas, tão importantes para o desenvolvimento pessoal das crianças. Além disso, ao realizar o projeto em um ambiente escolar, busca-se fortalecer o aprendizado social dos alunos e promover a formação de cidadãos integrados (Freire, 1996).

Apesar desses benefícios e de todos os avanços no campo da educação ambiental e da crescente tentativa de conscientização sobre a importância de práticas mais sustentáveis, ainda há pouco estudo prático de temáticas como os bioplásticos nos

currículos do ensino fundamental I. Assim, esta pesquisa e proposição de um projeto ambiental experimentalista tenta entender como a introdução de oficinas pedagógicas experimentalistas sobre bioplásticos pode contribuir para a alfabetização científica ambiental crítica desses alunos. Além disso, a utilização da experimentação ativa pode facilitar a compreensão de temas complexos, como a biodegradabilidade e os impactos ambientais, ao mesmo tempo que estimula a autonomia, o pensamento crítico, a conexão e o protagonismo dos alunos em suas comunidades escolares e além.

Neste trabalho, será analisado como a educação ambiental crítica e holística contribui para a construção de uma consciência ambiental integrada junto a alunos do ensino fundamental I através da observação vivencial deles no desenvolvimento do projeto pedagógico socioexperimentalista. Também serão relatados os efeitos observados em relação a alguns aspectos do desenvolvimento socioemocional dos alunos, como o engajamento deles, a sua compreensão dos problemas ambientais e as suas atitudes em relação à sustentabilidade e justiça ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Fomentar a alfabetização científica ambiental crítica nos alunos do Ensino Fundamental I através da realização de oficinas pedagógicas ambientais, experimentalistas e vivenciais sobre a temática bioplásticos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são como se segue:

- a) Propor a educação ambiental mediada pelo protagonismo dos alunos;
- b) Contribuir para o desenvolvimento de habilidades científicas e consciência ambiental crítica em alunos do 3º ano do ensino fundamental através da abordagem do método científico;
- c) Propor e desenvolver projetos experimentalistas em educação ambiental crítica no ensino fundamental I, rompendo com o paradigma mecanicista ambiental (o fazer não crítico) e ampliar a visão perspectiva crítica ambiental.

2.3 OBJETIVOS COLATERAIS:

Os objetivos específicos são como se segue:

- a) Auxiliar na integração social dos alunos ao trabalhar em grupos durante as oficinas, fortalecendo a aprendizagem de habilidades sociais;
- b) Estimular a criatividade e a expressão pessoal dos alunos ao permitir que eles desenvolvam soluções próprias para os problemas;
- c) Fortalecer a autonomia dos alunos no processo de aprendizagem ao proporcionar um ambiente onde eles se sintam responsáveis pelo desenvolvimento e condução de suas próprias investigações e experimentos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho está ancorada em abordagens de educação ambiental crítica e holística, que buscam promover uma compreensão integrada dos problemas ambientais, e na alfabetização científica, essencial para que os alunos desenvolvam uma visão crítica sobre o mundo natural e social. A pesquisa apoia-se em autores que destacam a importância de práticas pedagógicas experimentais, que conectam os conteúdos científicos às experiências cotidianas dos estudantes, facilitando a construção de conhecimentos significativos. Além disso, são discutidas as relações entre o uso de plásticos e bioplásticos, suas implicações socioambientais e a necessidade de conscientização sobre consumo sustentável, fornecendo uma base sólida para a análise dos resultados e das práticas pedagógicas desenvolvidas no contexto do projeto.

3.1 CONCEITOS E ABORDAGENS

A alfabetização científica é um componente fundamental da educação, essencial para capacitar os alunos com o conhecimento científico necessário para entender e abordar questões ambientais de maneira crítica e informada (Chassot, 2003). Segundo o autor, a verdadeira alfabetização científica vai além da simples compreensão dos fenômenos naturais; ela visa transformar o mundo ao nosso redor por meio da aplicação prática do conhecimento e do desenvolvimento de uma consciência crítica. Essa abordagem não apenas possibilita aos alunos compreenderem o ambiente em que vivem, mas também a questionarem e desafiarem as estruturas sociais e econômicas que impactam o ambiente.

Este conceito de transformação é diretamente alinhado com os princípios da educação ambiental crítica. Esta incentiva os alunos a examinarem de forma profunda os problemas ambientais, levando em consideração não apenas os aspectos científicos, mas também as dimensões sociais, políticas e econômicas envolvidas (Sauvé, 2008). A abordagem crítica da educação ambiental sugere que a compreensão dos problemas ambientais deve incluir uma análise das causas e efeitos em um contexto mais amplo, capacitando os alunos a atuarem como agentes de uma mudança.

A perspectiva de Freire (2007) reforça a importância de unir teoria e prática, enfatizando que o aprendizado deve ser aplicado em projetos práticos e ações que possibilitem aos alunos vivenciarem e experimentarem diretamente o conhecimento adquirido. Essa abordagem prática e vivencial promove uma compreensão mais profunda e permite que os alunos desenvolvam habilidades para enfrentar desafios reais.

De forma a complementar a perspectiva crítica e ampliar a compreensão das interconexões entre os diferentes aspectos da vida dos alunos, adota-se aqui uma abordagem holística na educação ambiental crítica. A abordagem holística considera as relações entre os aspectos científicos, sociais, culturais e emocionais da educação ambiental, proporcionando uma visão transdisciplinar que reflete a complexidade do ambiente (Sato, 2001). Esta abordagem enseja que os alunos desenvolvam uma compreensão abrangente dos problemas ambientais e se tornem mais preparados para participar ativamente na busca por soluções sustentáveis.

3.2 IMPORTÂNCIA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA AMBIENTAL NO ENSINO FUNDAMENTAL I

A alfabetização científica ambiental é de extrema importância no Ensino Fundamental I, pois pode contribuir para as habilidades necessárias para compreender e agir sobre as questões ambientais de forma crítica e informada. Esta abordagem não se limita apenas a transmitir fatos científicos, mas também promover o desenvolvimento de uma consciência crítica e a capacidade de refletir sobre o papel do ser humano no seu mundo.

A proposta de Chassot (2003; Ceolin et al., 2016) sobre a alfabetização científica vai além da simples compreensão da linguagem científica. Ele sugere que a verdadeira alfabetização científica deve capacitar os indivíduos a entenderem e transformarem o mundo ao seu redor. Essa transformação não se refere apenas à aplicação técnica do conhecimento científico, mas também à promoção de uma consciência crítica que permite aos alunos questionarem e desafiar as estruturas sociais e econômicas. Isso se torna ainda mais imprescindível quando se leva em conta a importância de se entender o estado do ambiente, o papel do ser humano como parte inextricável deste e busca pela diminuição do impacto ambiental, de forma a viver de forma mais harmônica (Miranda et al., 2018).

A incorporação de uma visão crítica na educação ambiental dos alunos do ensino fundamental I propõe a exploração profunda dos problemas ambientais, compreendendo não apenas os aspectos científicos, mas também as suas múltiplas dimensões: sociais, culturais, econômicas e políticas (Loureiro, 2005). Isso contribui para uma educação mais holística, integrada, que prepara os alunos para serem agentes de mudança.

A educação ambiental crítica se alinha à visão freiriana da educação, que enfatiza a importância da educação como um ato de liberdade, onde os alunos são protagonistas do seu próprio aprendizado e agentes ativos na transformação social. Assim, essa visão da educação ambiental incentiva os alunos a criarem, pensarem, criticarem, a tomarem decisões e a se engajarem em ações que promovam a sustentabilidade e acabam por contribuir para a justiça socioambiental (Dickmann, 2010).

Freire também enfatizava a importância da práxis, que é a união da teoria com a prática (Damo et al., 2012). Na alfabetização científica, com ênfase ambiental, isso significa que os alunos não só aprendem sobre ciência e ambiente, mas também aplicam esse conhecimento em projetos práticos e ações (Loureiro, 2005).

A alfabetização científica ambiental no ensino fundamental I, então, busca desenvolver diversas habilidades essenciais, como as de observação, registro de dados, análise crítica e a resolução de problemas. Essas habilidades são fundamentais para a formação de cidadãos conscientes e engajados, não apenas em ciência, mas em todas as áreas da formação humana. Além disso, ao desenvolver nos alunos uma consciência ambiental crítica, os alunos são motivados a refletir sobre suas próprias ações e o impacto que elas têm no ambiente. Eles são incentivados a pensar eticamente e a considerar as consequências de suas escolhas, tanto no nível individual quanto coletivo. Pensar desta forma é fundamental para a construção de uma sociedade mais sustentável e justa (Freire, 2007).

Além de promover uma compreensão científica e ética sobre o ambiente, a alfabetização científica ambiental no ensino fundamental I também pode desempenhar um papel importante na construção de habilidades socioemocionais. Ao envolver os alunos em projetos práticos relacionados ao ambiente, eles desenvolvem empatia, colaboração e responsabilidade social. Esses projetos não apenas fortalecem o entendimento científico, mas também incentivam os alunos a trabalharem coletivamente

para resolver problemas ambientais em sua comunidade, promovendo uma cultura de cidadania ativa e participação social por meio da aprendizagem social (Medina, 2017). Assim, a alfabetização científica ambiental se torna um caminho para a formação de sujeitos críticos e engajados, que reconhecem a interdependência entre suas ações locais e os impactos globais (Sauvé, 2020).

Essa abordagem promove o engajamento dos alunos em iniciativas que visam a construção de uma sociedade mais consciente e harmoniosa com o ambiente (Palmer, 2008; Miranda, 2018). Isso quer dizer que a alfabetização científica ambiental não apenas estabelece uma base para o conhecimento científico, mas também inspira a ação.

Ao integrar a teoria com a prática e promover o protagonismo do aluno, a alfabetização científica ambiental crítica transforma a educação em uma ferramenta poderosa para a transformação social e ambiental.

3.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA E HOLÍSTICA

A educação ambiental brasileira apresenta uma trajetória marcante, com diferentes movimentos baseados em contextos históricos e sociopolíticos. Seu desenvolvimento teve início na década de 1970 por conta dos crescentes movimentos ambientalistas e a inquietação sobre as questões ambientais presentes no país e no mundo. Nos anos 1970, influenciada por movimentos internacionais e pela Conferência de Estocolmo em 1972, a temática ambiental no Brasil começou a ganhar força, inicialmente com uma abordagem conservacionista e naturalista (Sauvé, 2008). Nessas primeiras décadas, a ênfase do problema estava na preservação dos recursos naturais, principalmente nas áreas como a Amazônia e o Cerrado, que começaram a mostrar sinais de grandes ameaças de desmatamento (Messias et al., 2021). A ideia era de que a conexão com a natureza e a conservação dos ecossistemas brasileiros eram primordiais para a manutenção do equilíbrio ambiental (Sauvé, 2008). O caminho do reconhecimento da educação ambiental, porém, aconteceu de forma tardia em relação aos problemas que já vinham sendo reconhecidos.

Durante a década de 1980, o Brasil começou a consolidar sua abordagem de educação ambiental, dando a ela maior espaço nas políticas públicas brasileiras. Em 1981, foi criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), que alavancou a implementação de ações voltadas à educação ambiental. Nesse período, foram

desenvolvidos projetos e programas educacionais com enfoque ambiental em diferentes estados e municípios, buscando conscientizar a sociedade sobre a importância da preservação ambiental (Layrargues, 2004).

A Constituição Federal de 1988 foi um marco gigantesco para a educação ambiental no Brasil, pois estabeleceu um parâmetro legal para a integração das questões ambientais emergentes na educação e na gestão pública. O Artigo 225 da Constituição destaca o direito de todos

ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988, s/p).

Esta previsão constitucional impulsionou a inclusão da educação ambiental no currículo escolar e nas políticas públicas, reconhecendo a necessidade de promover a conscientização e a responsabilidade ambiental.

Já em 1992, a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92) no Rio de Janeiro também mostrou ser um avanço significativo que pôs o Brasil dentro das discussões globais sobre desenvolvimento sustentável e educação ambiental. A Eco-92 resultou na Agenda 21 que continha um plano de ação que enfatizava a necessidade de integração da educação ambiental em todos os níveis de ensino e para diferentes públicos (Cruz, 2014).

Nesse período, começaram a ser desenvolvidos projetos e programas educacionais com enfoque ambiental em diferentes estados e municípios, buscando conscientizar a sociedade sobre a importância da preservação ambiental (Layrargues, 2004), que culminou, no fim da década de 1990, na promulgação da Política Nacional de Educação ambiental, a Lei nº 9.795/99:

que regulamenta a educação ambiental, estabelece que a mesma deve ser trabalhada em caráter interdisciplinar em todos os níveis e modalidades de ensino de modo a formar sujeitos com conhecimentos, valores e habilidades com vistas ao manejo sustentável do meio ambiente (Oliveira, 2009, s/p).

Essa lei estabeleceu princípios e diretrizes para a prática da educação ambiental, reforçando a importância de incluir a temática nos currículos escolares e nas iniciativas pedagógicas. Esta lei destaca a importância do papel da educação ambiental na formação de cidadãos conscientes e engajados na busca por soluções sustentáveis para as questões ambientais (Brasil, 2000).

diversas perspectivas, como a educação ambiental popular, emancipatória e transformadora e adota uma abordagem mais abrangente que ganhou certo destaque ao propor que a educação ambiental não deve se limitar a apenas ensinar práticas sustentáveis, mas que deve levar os alunos a refletirem sobre as estruturas políticas e econômicas que originam e agravam a degradação ambiental, como o agronegócio, a mineração e a urbanização desenfreada (Sauvé, 2005).

A educação ambiental crítica busca promover a participação ativa e consciente das pessoas na construção e proposição de alternativas sustentáveis e na transformação das relações sociais e ambientais. Ela se preocupa em empoderar as comunidades, valorizando os saberes locais e tradicionais, e incentivando o diálogo e a colaboração entre diferentes atores sociais, atuando como precursora da corrente etnográfica. Ao adotar uma postura crítica em relação às estruturas sociais e de poder, essa corrente procura questionar os modelos de desenvolvimento e os padrões de consumo que têm contribuído para a crise ambiental e social, e busca construir novas formas de viver em harmonia com a natureza e com os outros seres humanos (Lima, 2009; Marques et al., 2023; Almeida et al., 2023). Assim, a educação ambiental crítica transcende as fronteiras da sala de aula e busca articular ações educativas com movimentos sociais, organizações não governamentais, órgãos governamentais e outras instâncias, visando promover mudanças mais amplas e estruturais na sociedade em prol da sustentabilidade e da justiça socioambiental (Layrargues, 2004; Sauvé, 2005; Marques et al., 2023). O Quadro 1 articula as diferentes correntes em educação ambiental e seus objetivos quanto ao ambiente.

Quadro 1 – Cartografia das correntes da educação ambiental

Corrente	Descrição	Objetivo
Naturalista	Focada na reconexão dos indivíduos com a natureza, promovendo a apreciação e o respeito pelos ecossistemas naturais.	Desenvolver amor pela natureza e consciência ecológica.
Conservacionista	Enfatiza a preservação dos recursos naturais e o uso sustentável.	Garantir a conservação e o uso racional dos recursos naturais.
Resolutiva	Voltada para a resolução prática de problemas ambientais.	Capacitar os alunos a encontrarem soluções para problemas imediatos.
Sistêmica	Enfatiza as interrelações entre os componentes naturais, sociais e econômicos do ambiente.	Promover uma visão integrada e sistêmica dos problemas ambientais.
Científica	Baseada na aplicação do método científico para compreender e resolver problemas ambientais.	Desenvolver habilidades científicas para investigação ambiental.
Humanista	Enfatiza a relação entre seres humanos e o	Desenvolver a empatia e a

	ambiente, valorizando o bem-estar e a qualidade de vida.	consciência humana para a preservação ambiental.
Moral/Ética	Aborda a educação ambiental a partir de uma perspectiva ética e moral, refletindo sobre o impacto das ações humanas.	Despertar a responsabilidade ética em relação à proteção ambiental.
Holística	Integra diferentes dimensões (ambiental, social, cultural, emocional, econômica) para uma visão global da educação ambiental.	Desenvolver uma visão integrada e crítica dos problemas ambientais.
Biorregionalista	Valoriza o conhecimento e as práticas sustentáveis baseadas no contexto local e nas particularidades de cada região.	Conectar os alunos com as especificidades ecológicas e culturais de sua região.
Prática	Enfatiza a prática e a ação transformadora como forma de educar e intervir no ambiente.	Capacitar os alunos a agirem de forma concreta para resolver problemas ambientais.
Crítica	Focada na análise das estruturas sociais e econômicas que causam a degradação ambiental, promovendo mudanças estruturais.	Desenvolver a consciência crítica para transformar as causas das crises ambientais.
Feminista	Analisa a interseção entre gênero, ambiente e desigualdade social, promovendo uma visão inclusiva e igualitária.	Promover a igualdade de gênero nas questões ambientais e sociais.
Etnográfica	Valoriza os conhecimentos tradicionais e culturais das comunidades locais na preservação ambiental.	Promover a valorização dos saberes locais na gestão ambiental.
Ecoeducação	Relaciona a educação com o cuidado ecológico, integrando valores e práticas de sustentabilidade no cotidiano escolar.	Promover a internalização de valores ecológicos e a prática do cuidado ambiental.
Sustentabilidade	Centrada na ideia de desenvolvimento sustentável, equilibrando as necessidades humanas e a proteção ambiental.	Garantir que as gerações futuras possam satisfazer suas necessidades sem comprometer o ambiente.

Fonte: Autoria própria (2024), adaptado de Sauvé (2005).

Dentro deste contexto, de forma a complementar a perspectiva crítica, ampliando a compreensão das conexões entre os aspectos ambientais, sociais, econ  micos e culturais, emergiu no Brasil também a educa  o ambiental holística, que ganhou força nos debates educacionais e ambientais por propor uma abordagem mais integradora. A visão holística considera o ambiente como um sistema integrado, onde todas as partes estão interrelacionadas e são dependentes umas das outras, assim como o ser humano. Ela busca unir ciência, cultura, espiritualidade e as rela  es socioecon  micas, propondo uma reconexão profunda entre o ser humano e o ambiente. Essa abordagem enfatiza a importância de entender os complexos padrões e processos que caracterizam os sistemas naturais e sociais, promovendo uma visão global e interconectada das questões ambientais (Jacobi, 2003).

Assim, educa  o ambiental holística procura desenvolver nos alunos uma compreensão profunda e abrangente do mundo natural e das intera  es humanas onde os alunos são estimulados a desenvolver todas as dimensões da “sua totalidade pessoal, como o corpo, o intelecto, o sentimento e o espírito” (Marques, Dias, 2014, p. 32). Ao

adotar uma abordagem holística, a educação ambiental busca desenvolver nos alunos uma visão ampla e integrada das questões ambientais, capacitando-os a tomar decisões informadas e a agir de maneira responsável e ética em relação ao ambiente (Sato et al., 2018). Essa abordagem promove a formação de cidadãos conscientes, críticos e ativos, preparados para enfrentar os desafios ambientais e mudar seu entorno. Para que as pessoas possam transformar seus valores, hábitos e atitudes, a sociedade também deve ser transformada e isso só acontece quando os indivíduos se transformam ao mesmo tempo em que ela se transforma também.

Como referencial que dialoga com o protagonismo proposto pelos pressupostos freirianos, Sato (2001) defende uma educação ambiental holística, afirmando que a educação ambiental é uma atividade política inserida em um movimento social. Isso significa que permeia todas as camadas do ser, e, por isso, deve ser trabalhada também em todas as suas camadas, de forma integrada e transdisciplinar. Educar os alunos sobre questões ambientais é também capacitá-los para participarem na transformação deles mesmos pela sociedade e na transformação da sociedade por eles. Dessa forma, eles podem questionar as práticas e políticas socioambientais e buscando soluções inovadoras para os desafios ambientais.

3.4 RELAÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA COM A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Chassot (2003) propõe a alfabetização científica, que consiste na habilidade de interagir, compreender e interpretar a linguagem científica utilizada para compreendermos como se encontra o mundo para garantir uma efetiva aprendizagem promovendo um lado crítico. Ser alfabetizado cientificamente implica possuir o conhecimento necessário para compreender e participar de debates públicos sobre questões relacionadas à ciência. De acordo com o autor:

seria desejável que os alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada leitura do mundo em que vivem, mas entendessem a necessidade de transformá-lo – e, preferencialmente, transformá-lo em algo melhor. Tem sido recorrente na defesa da exigência de melhorarmos a vida no planeta com a ciência, e não torná-la mais perigosa, como ocorre, às vezes, com maus usos de algumas tecnologias (Chassot, 2003, p. 94).

Por isto, Chassot destaca a importância de entender que é necessário transformar o mundo. Visando a educação ambiental crítica, a alfabetização científica possibilita que os problemas ambientais sejam explorados pelos alunos de uma forma aprofundada e

significativa, permitindo assim um discernimento acerca do problema que se encontra na situação do mundo e compreensão sobre a necessidade de mudança.

Sendo assim, a alfabetização científica desempenha um papel fundamental ao fornecer as ferramentas principais que contribuem para a construção do conhecimento sólido e bem-informado, incentivando que os alunos sejam bastante autônomos em suas decisões (Chassot, 2003). O subsídio dado a eles para tomar decisões a partir dessa construção do conhecimento é o objetivo da educação ambiental crítica. A integração da alfabetização científica na educação ambiental crítica pode, então, auxiliar no objetivo de alcançar uma compreensão mais aprofundada dos sistemas complexos que moldam os desafios ambientais de hoje. Também pode ser uma aliada para superar o reducionismo que pode acontecer ao abordar os problemas ambientais com uma visão pragmática.

A alfabetização científica também fomenta o desenvolvimento de uma conduta ética que estimula os alunos a pensarem sobre as consequências de suas ações e refletir sobre seu papel como cidadãos responsáveis em relação ao ambiente fazendo com que se tornem agentes ativos e conscientes que passam a buscar soluções melhores para os problemas que enfrentamos (Silva, 2022). Segundo Palmer (2008), essa abordagem no processo ensino-aprendizagem não apenas estabelece uma base sólida de conhecimento, mas também inspira ação nos alunos, visando a construir uma sociedade mais honesta, consciente e harmoniosa com o ambiente.

Dentro da perspectiva da educação ambiental crítica, o objetivo é não apenas informar os alunos sobre questões ambientais, mas também desenvolver seu pensamento crítico e sua consciência em relação às estruturas sociais e econômicas que contribuem para a degradação do meio ambiente. Essa abordagem busca explorar as relações de poder e as possibilidades de mudança, encorajando os alunos a refletirem sobre o papel de cada indivíduo na construção de valores justos e sustentáveis. Segundo Sato (2001; 2018), "a educação ambiental está inserida em um movimento social e é uma atividade política", o que reforça que essa prática educativa exista além da simples transmissão de conhecimento, promovendo uma reflexão crítica sobre as políticas e práticas socioambientais vigentes.

A educação ambiental crítica pode ser estruturada com base em uma abordagem de construção e desconstrução, promovendo um diálogo epistemológico que questiona os

fundamentos do conhecimento e da aprendizagem ambiental. Esse processo busca romper com a linearidade e a abordagem tradicional frequentemente adotada na educação. Reconhecer as dificuldades e obstáculos enfrentados é essencial, utilizando-os como oportunidades para construir novos caminhos. Além disso, é fundamental adotar uma postura crítica em relação aos modelos de consumo predominantes e à relação dominadora do ser humano com a natureza (Sato, 2001; Sato et al., 2018).

Ao considerar as influências científicas, sociais, econômicas e históricas, destaca-se a valorização da transdisciplinaridade, que integra e ultrapassa fronteiras disciplinares para criar um campo de conhecimento que transcende as disciplinas individuais, promovendo uma compreensão mais abrangente das questões ambientais. Essa abordagem facilita o diálogo e a participação, promovendo uma educação mais colaborativa e inclusiva, onde diferentes perspectivas e experiências são consideradas e aplicadas no processo ensino-aprendizagem.

Dentro do contexto da transdisciplinaridade, a educação ambiental crítica e holística se torna fundamental, pois permite integrar diversas dimensões do conhecimento, considerando não apenas os aspectos científicos, mas também os sociais, culturais, econômicos e socioemocionais das questões ambientais. Esse último aspecto, o socioemocional, é fundamental na aproximação da educação ambiental para com os alunos. Desde o nascimento, o ser humano experimenta sensações, sentimentos e intenções, e essa capacidade de experimentação deve ser continuamente estimulada ao longo da vida. Contudo, o que muitas vezes se observa é uma limitação dessa experimentação na educação, com os alunos recebendo cada vez menos oportunidades para pensar, criar e argumentar (Hattie, 2015). A educação deve ser pessoal e permitir que os alunos explorem, toquem e adquiram suas próprias conclusões por meio de experiências diretas.

É imprescindível, então, tentar desenvolver a alfabetização científica nos alunos para que eles possam discutir e lidar com questões ambientais de forma crítica. Isso está alinhado com a educação ambiental crítica, que busca aumentar a consciência ambiental dos alunos e incentivá-los a questionar práticas e políticas relacionadas ao ambiente. Para alcançar esse objetivo, é necessário promover mais integração e colaboração na sala de aula, estimulando a comunicação e o debate entre alunos e buscando o fortalecimento dos

indivíduos para ações transformadoras. além da pesquisa e tomada de ação. Também deve ser dada aos alunos a chance de experimentar e criar, permitindo que eles desenvolvam habilidades práticas e reflitam sobre suas experiências no âmbito ambiental, criando assim laços duradouros (Sato et al. 2018).

A educação ambiental crítica e holística, assim, pode contribuir para que a alfabetização científica transcenda os muros de uma sala de aula e se torne uma ferramenta poderosa para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a saúde planetária, comprometidos com o bem-estar de todos os seres vivos, do planeta como um todo; cidadãos que não apenas considerem o ambiente, mas também se considerem ambiente.

3.5 APRENDIZAGEM PROTAGONISTA

Segundo Freire (2007), o ato de educar envolve construir e criar, inculcando no educando um sentimento de liberdade e o potencial para se libertar do determinismo. A educação deve abranger uma compreensão de como os indivíduos moldam e impactam o presente e o futuro, reconhecendo o seu papel como arquitetos da história e da realidade. Neste sentido, é fundamental que os alunos desenvolvam uma consciência do ambiente, considerando todas as suas dimensões, de forma holística e ativa.

Freire argumenta que a verdadeira educação não é sobre a simples passagem de conhecimento, mas sobre a capacidade de os alunos se engajarem em um processo de investigação crítica. Ele defende que a aprendizagem deve ser contextualizada e relevante para a vida dos alunos, permitindo que eles façam conexões entre o conhecimento acadêmico e suas experiências pessoais e sociais. Essa abordagem não apenas deixa a compreensão dos alunos mais rica, como também os capacita a serem agentes ativos na transformação social e na busca por soluções para os problemas que enfrentam (Freire, 2019).

O protagonismo estudantil é uma peça-chave para que a educação seja um processo de conscientização, empoderamento e liberdade. Os alunos devem ser encorajados a explorar suas próprias perguntas e a investigar as realidades que são próximas e significativas para eles. A prática investigativa fomentada pelo diálogo constante entre os participantes do processo de aprendizagem é essencial para criação de um espaço ambiente onde o conhecimento é construído coletivamente, por

aprendizagem social. Dessa forma, os alunos se tornam coautores na história de seu processo educativo, desenvolvendo habilidades críticas e reflexivas que são de extrema importância para sua formação como agentes da transformação social (Freire, 2018), e mais especificamente, da transformação ambiental.

Isso significa dar aos alunos autonomia, a chance de expressar sua criatividade e curiosidade, e as ferramentas para o pensar e agir crítico, permitindo que os alunos aprendam uns com os outros na prática e na investigação, em projetos e pesquisas que sejam relevantes para eles.

Embora essa perspectiva da educação seja necessária para a construção de uma aprendizagem com capacidade transformadora, ela enfrenta diversos desafios e dificuldades de ser realmente implementada no contexto educacional. Segundo Freire (2007), a educação bancária na qual o professor deposita o conhecimento nos alunos, que por sua vez o recebem passivamente, ainda é a realidade em muitas escolas. Esse modelo faz com que a implementação de práticas que fomentem a autonomia e a investigação crítica sejam impossíveis, uma vez que os alunos são condicionados a esperar pelas respostas prontas em vez de construí-las por si mesmos. Esse cenário revela uma das principais barreiras ao protagonismo: a resistência à mudança de paradigmas tanto por parte de instituições de ensino quanto por parte de professores (Tardif, 2012).

Além disso, o para que o aluno seja realmente protagonista, requer-se um ambiente de ensino que promova a abertura para o diálogo e a troca de ideias entre os alunos e o professor, porém, em muitas realidades escolares, a estrutura é rígida e hierárquica na sala de aula e o currículo é padronizado para apresentar resultados imediatos, sufocando assim a liberdade docente e discente. Freire (2018) destaca que a educação deve ser uma prática de liberdade, mas, muitas vezes, o sistema educativo opera.

Ainda outro desafio é o contexto sociocultural em que a escola está inserida. Freire (1980) enfatiza que a educação é um ato político e está diretamente ligada à realidade social dos indivíduos. Assim, em ambientes socioeconômicos vulneráveis, onde a prioridade muitas vezes é a sobrevivência imediata, pode ser extremamente desafiador envolver os alunos em um processo educativo que os faça refletir sobre questões mais amplas, como a sustentabilidade e a justiça ambiental (Carvalho, 2017).

Apesar dessas dificuldades, é possível encontrar caminhos para superar essas barreiras por meio da reformulação das práticas pedagógicas e da adoção de uma abordagem holística que integre as diferentes dimensões da vida dos alunos, permitindo que eles se vejam como protagonistas em todas as áreas do conhecimento e da ação social. A crítica holística, ao considerar as interconexões entre as dimensões cognitivas, emocionais e sociais, pode fornecer a base para uma educação ambiental que capacite os alunos a atuarem tanto na construção do saber quanto na transformação da realidade (Freire, 2019).

3.6 A TEMÁTICA BIOPLÁSTICOS NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO FUNDAMENTAL I

Abordar a temática dos plásticos no ensino fundamental I é muito importante visto que esse material está totalmente integrado na vida cotidiana das crianças e desempenha um papel bem significativo nos problemas ambientais de hoje. A educação sobre plásticos desde cedo ajuda os alunos a compreenderem quais são os impactos ambientais e sociais desse material, promovendo uma consciência crítica e hábitos mais sustentáveis. Segundo Ribeiro (2018) e Freitas (2018), a educação sobre plásticos pode incentivar práticas de redução, reutilização e reciclagem, fundamentais para a sustentabilidade.

Explicar o que são plásticos para alunos dessa faixa etária requer uma abordagem visual, prática e manual, que permita aos alunos uma compreensão mais concreta do que está sendo ensinado. Os plásticos podem ser apresentados como materiais feitos de substâncias químicas chamadas polímeros, formadas por longas cadeias de moléculas (monômeros) que se repetem, e são utilizados para fabricar muitos objetos do dia a dia, como brinquedos, garrafas e sacolas. Segundo Santos (2015), atividades que envolvem o manuseio de diferentes tipos de plásticos, seguidas de discussões sobre suas características e impactos, são estratégias eficientes para engajar as crianças nesse processo de aprendizado.

No entanto, apenas entender o papel do plástico em nossa sociedade não é suficiente. É necessário compreender os impactos socioambientais desse material, o que torna essencial a abordagem de seus efeitos na poluição do solo, da água e do ar. A produção e o descarte inadequado de plásticos estão associados à emissão de gases de

efeito estufa, além de contribuírem significativamente para a poluição dos oceanos e para a degradação dos ecossistemas marinhos (Thompson *et al.*, 2009).

A questão da redução do uso de plásticos e a busca por alternativas mais sustentáveis, como os bioplásticos, é discutida a nível internacional, incluindo nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Miranda *et al.*, 2022), que ressaltam a necessidade de conscientização desde os primeiros anos de escolarização (Gadêlha, 2023). A relação da temática com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável é direta, destacando-se o ODS 14 (Vida na Água), visto que os plásticos contribuem para a poluição dos oceanos, afetando a vida marinha e os ecossistemas; e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), que incentiva o uso eficiente de recursos naturais, a redução de resíduos e a promoção de práticas responsáveis em toda a cadeia de produção e consumo.

Isso mostra a importância da educação para ajudar a alcançar esses objetivos propostos e promover uma gestão sustentável do ambiente. Gestão esta que esteja alinhada com o desafio atual da humanidade, que exige o reconhecimento da intrincada realidade ambiental e do papel da humanidade como agente transformador desta a nível irreversível. Melhor ainda, mudar a perspectiva da relação dos seres humanos com a natureza, não como fonte recursista, mas sendo parte dela (Miranda *et al.*, 2018). Essa abordagem reforça a ideia de que a sustentabilidade vai além de ações isoladas e deve se basear em uma visão holística e integrada da relação entre sociedade e natureza.

Quando se faz a diferenciação entre plásticos convencionais e bioplásticos, observa-se que os últimos oferecem uma alternativa sustentável, o torna a sua abordagem no ensino fundamental I mais interessante, podendo ajudar a conscientizar os alunos sobre inovações tecnológicas que podem reduzir o impacto ambiental e como elas podem ser simples e feitas com matérias-primas que eles conhecem muito bem. Segundo Souza *et al.* (2016), incluir bioplásticos no currículo pode inspirar os alunos a buscar soluções mais ecológicas e desenvolver uma atitude proativa em relação à sustentabilidade. O Quadro 2 destaca e compara as principais diferenças entre os plásticos convencionais e os bioplásticos.

Quadro 2 – Principais diferenças entre plásticos comuns e bioplásticos

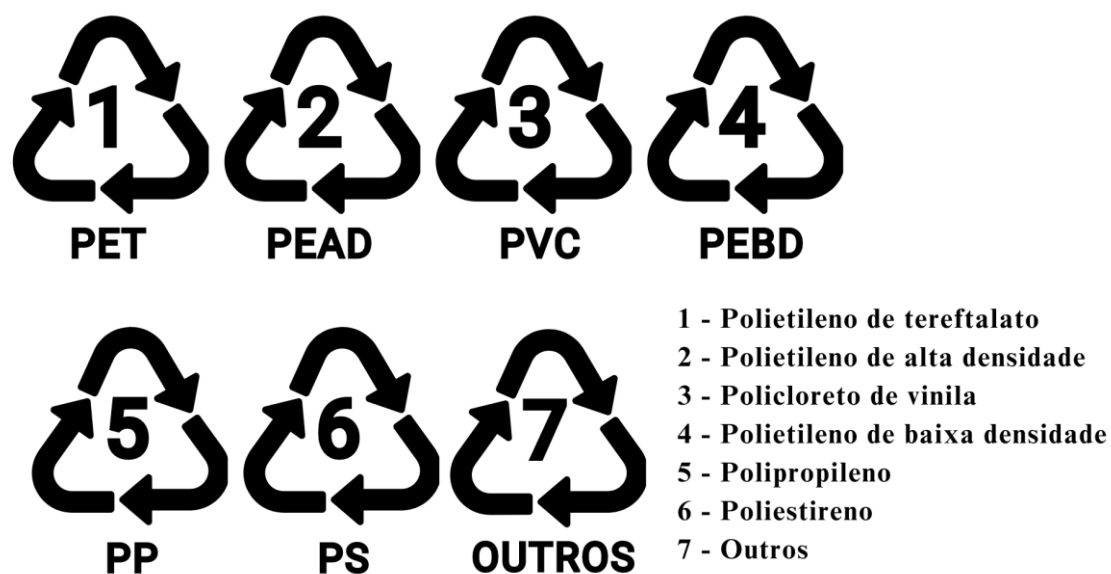
Aspecto	Plásticos Convencionais	Bioplásticos
Origem	Derivados de petróleo	Feitos de materiais renováveis (ex.: amido de milho, batata, cana-de-açúcar)
Tempo de decomposição	Centenas de anos	Muito menor, variando de meses a poucos anos
Biodegradabilidade	Não biodegradáveis	Biodegradáveis (dependendo do tipo e condições)
Impacto ambiental	Altamente poluente (liberação de microplásticos, emissão de CO ₂)	Menor impacto ambiental (se degradam mais rapidamente)
Uso comum	Embalagens, utensílios descartáveis, produtos duráveis	Embalagens, sacolas, utensílios descartáveis
Disponibilidade	Amplamente disponível	Crescente, mas em menor quantidade do que plásticos convencionais
Custo	Geralmente mais barato	Pode ser mais caro devido à produção limitada e tecnologia
Recursos utilizados	Combustíveis fósseis	Recursos renováveis (plantas, resíduos agrícolas)

Fonte: Autoria própria (2024), adaptado de Shen et al. (2010).

Este quadro oferece uma visão clara das diferenças principais entre plásticos convencionais e bioplásticos, destacando-se que uma de suas principais diferenças é sua origem. Os plásticos são sintetizados a partir de compostos orgânicos de constituição macromolecular, cujas matérias-primas advêm do petróleo, sendo, portanto, derivados dele. Eles se tornaram materiais de grande uso em nossa sociedade atual por apresentarem propriedades importantes como a maleabilidade, leveza, elasticidade, resistência à corrosão, capacidade para ser moldado e alta durabilidade, substituindo diversas peças de eletrodomésticos e automóveis, na fabricação de roupas e em uma enorme quantidade de utensílios (Freinkel, 2011).

Entre os tipos de plásticos convencionais, encontram-se os polímeros como polietileno (PE), polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD), polipropileno (PP), poliestireno (PS), policloreto de vinila (PVC) e poli(tereftalato de etileno) (PET). Os símbolos e os respectivos números desses plásticos são padronizados pela ABNT (Figura 1), em conformidade com as normas internacionais (Gachter, Muller, 1988), devendo estar presentes nos utensílios que os utilizam.

Figura 1 - Símbolos de identificação de plásticos segundo a norma ABNT NBR 13230:2008



Fonte: Própria, com base na ABNT NBR 13230:2008.

O plástico foi inicialmente desenvolvido no final do século XIX como uma alternativa aos materiais naturais escassos, revolucionando a indústria por sua moldabilidade e resistência ao calor. Nas décadas de 1920 e 1930, surgiram plásticos como o polietileno (PE) e o policloreto de vinila (PVC), que assim foram amplamente utilizados na indústria, e durante a Segunda Guerra Mundial, a demanda por materiais leves e duráveis impulsionou o desenvolvimento de plásticos como o polipropileno (PP) e o poliestireno (PS). A partir dos anos 1950 e 1960, o uso de plásticos cresceu exponencialmente, tornando-se essencial em setores como embalagens, construção e eletrônica, porém, nas décadas seguintes, o aumento da produção trouxe impactos ambientais significativos devido à resistência dos plásticos à biodegradação e ao acúmulo de resíduos (Geyer, 2020).

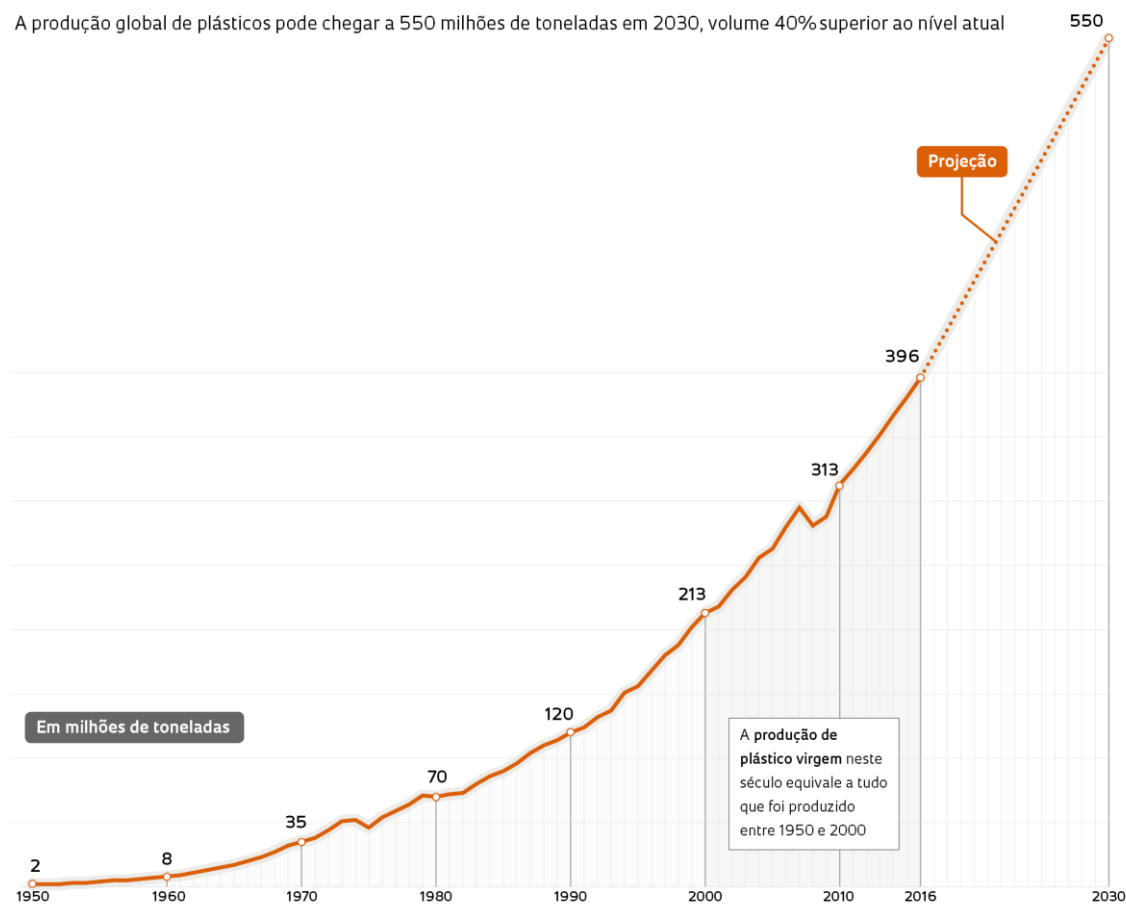
Por causa de todas as suas utilidades, a expansão do uso de plásticos tem ocorrido em um ritmo muito acelerado e estima-se que a produção global de plásticos possa atingir 550 milhões de toneladas até 2030 (Figura 2), o que significa um aumento de 40% em relação à produção atual, de acordo com Geyer (2017). Esse crescimento reflete a dependência cada vez maior desse material, desde embalagens, brinquedos, objetos e utensílios domésticos até o setor industrial. No entanto, esse aumento progressivo traz

preocupações em relação ao descarte inadequado, o que permanece um dos maiores desafios globais relacionados ao plástico.

Figura 2 - Projeção da produção de plásticos no mundo

Crescimento acelerado ▲

A produção global de plásticos pode chegar a 550 milhões de toneladas em 2030, volume 40% superior ao nível atual



Fonte: Vasconcellos (2019), traduzido de WWF e *Production, Use and Fate of all plastics ever made*. *Science Advances* (2017).

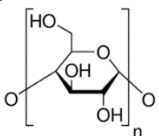
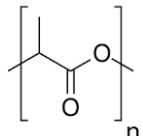
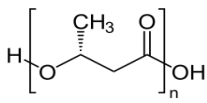
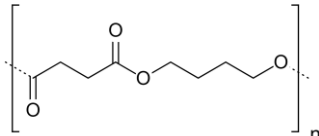
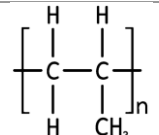
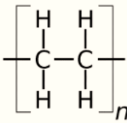
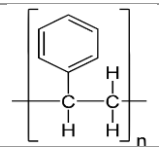
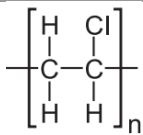
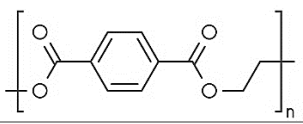
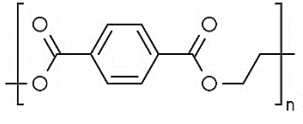
Embora o potencial de reciclagem dos plásticos seja significativo (Zanin, Mancini, 2015), a realidade é que uma grande parte dos resíduos plásticos ainda não é reciclada de forma adequada. Esse problema ocorre principalmente devido à infraestrutura insuficiente da coleta seletiva, falta de conscientização da população e desafios técnicos relacionados à reciclabilidade de diferentes tipos de polímeros. A maior parte dos plásticos descartados inadequadamente acaba em aterros, rios e oceanos, contribuindo para a poluição ambiental e impactando negativamente os ecossistemas terrestres e marinhos.

No Brasil, o descarte inadequado de plásticos contraria os princípios estabelecidos pela Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Essa legislação promove a prevenção e redução da geração de resíduos, além de destacar a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, distribuidores, consumidores e o poder público, implementando a logística reversa e a coleta seletiva como formas de aliviar o problema. No entanto, apesar dessas diretrizes, o país foi o quarto maior gerador de resíduos plásticos do mundo em 2016 (Kaza *et al.*, 2018), de acordo com o Fundo Internacional para a Natureza (do inglês: *World Wide Fund - WWF*) mostrando a enorme lacuna entre a legislação e sua aplicação prática.

Os diferentes tipos de plásticos possuem diferentes taxas de reciclabilidade. Polímeros como o polietileno tereftalato (PET) e o polietileno de alta densidade (PEAD) podem até ser reciclados, mas a realidade é que muitos plásticos não são efetivamente recicláveis, sendo mais frequentemente reutilizados em novos produtos como garrafas, fibras têxteis e embalagens. Já outros plásticos, como o poliestireno (PS) e o policloreto de vinila (PVC), apresentam desafios maiores para a reciclagem devido às suas propriedades físicas e químicas, bem como à presença de aditivos que dificultam o processo de reaproveitamento. Além disso, os plásticos classificados no grupo "outros" (tipo 7), que envolvem combinações de polímeros não recicláveis, representam um desafio ainda maior, pois geralmente requerem tecnologias de reciclagem mais complexas ou acabam sendo incinerados ou jogados em aterros (Geyer, 2017).

A complexidade do cenário de reciclabilidade dos plásticos mostra a necessidade de políticas mais eficazes, maior investimento em infraestrutura e tecnologia de reciclagem, bem como educação ambiental para promover a conscientização sobre o impacto dos resíduos plásticos, reflexão e discussão sobre a relação disso com os limites planetários para o desenvolvimento de sociedades justas equilibradas (Miranda *et al.*, 2018) principalmente quando se nota que, quando descartado no ambiente, podem ficar centenas de anos nele, como mostra o Quadro 3. Esse quadro reflete a variabilidade do tempo de degradação dos plásticos convencionais, que pode durar centenas de anos, em comparação aos bioplásticos, que apresentam um tempo de degradação significativamente menor em condições apropriadas (Hopewell *et al.*, 2009; Roberto e Crespo, 2023).

Quadro 3 – Tempo de degradação dos plásticos convencionais comparação aos bioplásticos

Tipo de Plástico	Origem	Tempo de Degradação	Estrutura química
Amido de batata	Bioplástico (batata)	3 meses a 1 ano	
Ácido polilático (PLA)	Bioplástico (amido de milho, cana-de-açúcar)	6 meses a 2 anos (em condições adequadas)	
Polihidroxialcanoatos (PHA)	Bioplástico (bactérias e microrganismos)	6 meses a 2 anos (em condições adequadas)	
Polibutileno succinato (PBS)	Bioplástico (amido de milho, cana)	1 a 3 anos	
Polipropileno (PP)	Derivado do petróleo	100 a 400 anos	
Poliétileno (PE)	Derivado do petróleo	100 a 500 anos	
Poliestireno (PS)	Derivado do petróleo	500 a 1000 anos	
Policloreto de vinila (PVC)	Derivado do petróleo	Até 1.000 anos	
Poli(tereftalato de etileno) (PET)	Derivado do petróleo	400 a 1000 anos	
Bio-PET	Bioplástico (base renovável)	Similar ao PET 400 a 1000 anos	

Fonte: Autoria própria (2024), adaptado de Shen *et al.* (2010); Azevedo (2019); Zaman e Newman (2021).

O polietileno (PE), um dos plásticos mais comuns, é formado por longas cadeias de etileno (C₂H₄) e o polipropileno (PP) é composto por unidades de propileno (C₃H₆)

com uma ramificação de metila. Suas estruturas simples de hidrocarbonetos sem grupos funcionais reativos tornam esses tipos de plásticos resistentes à ação microbiana e biodegradação e assim persistem no ambiente por centenas de anos. Já o policloreto de vinila (PVC) se diferencia por conter átomos de cloro em sua cadeia polimérica, o que o torna ainda mais resistente à degradação física e química. Outro problema é que quando queimado, o PVC libera compostos tóxicos, como dioxinas, o que aumenta seu impacto ambiental (Shen *et al.*, 2010).

O poliestireno (PS) e poli(tereftalato de etileno) (PET) são compostos por anéis aromáticos que conferem rigidez ao material que dificultam sua biodegradação. Apesar do PET possuir grupos funcionais ésteres (-COO-), formados pela reação entre ácido tereftálico e etileno glicol e serem teoricamente suscetíveis à ação de microrganismos, a presença de anéis em sua estrutura dificulta esse processo (Shen *et al.*, 2010).

Além do problema quanto a sua estrutura que os torna não biodegradável, sua degradação em partículas cada vez menores tem gerado grande preocupação devido ao surgimento dos microplásticos e nanoplásticos. Microplásticos, definidos como partículas de polímeros sintéticos com tamanho inferior a 5 mm, e nanoplásticos, que podem ter dimensões na faixa de nanômetros, são o resultado de processos de quebra de plásticos maiores ou da produção industrial de partículas pequenas para uso em cosméticos, produtos de higiene e outros materiais (Shen *et al.*, 2010; Montagner *et al.*, 2021). Esses materiais são extremamente persistentes no ambiente, o que os torna uma ameaça contínua aos ecossistemas.

Nos oceanos, os microplásticos são particularmente problemáticos, visto que podem ser ingeridos por uma grande quantidade de organismos, desde o pequeno plâncton até grandes mamíferos marinhos, perturbando o equilíbrio das cadeias alimentares inteiras. Além disso, essas partículas têm a capacidade de adsorver poluentes químicos, como pesticidas e metais pesados, o que amplifica os riscos ao serem consumidos por organismos aquáticos (Prata, 2018). Assim, além dos danos físicos, a ingestão de microplásticos também é uma forma de exposição a substâncias tóxicas.

Agravando ainda mais a situação, segundo Allen *et al.* (2024), estudos internos das indústrias petroquímicas já haviam demonstrado há décadas que a reciclagem de

plásticos em grande escala não era uma solução viável, porém, a ideia de que os plásticos eram amplamente recicláveis continuou sendo passada ao público, criando uma falsa percepção de sustentabilidade de seu uso. Essa revelação mostra um problema estrutural na forma como os plásticos têm sido produzidos e descartados, trazendo assim a necessidade de uma revisão completa nas políticas de gestão de resíduos e no desenvolvimento de materiais alternativos e verdadeiramente sustentáveis.

Os bioplásticos surgem, deste modo, como uma importante alternativa para os plásticos convencionais. Como visto no Quadro 3, o tempo de degradação é, em sua maioria, bem menor que a dos plásticos convencionais. Porém, apesar do termo bioplástico ser usado geralmente como sinônimo de biodegradável, alguns bioplásticos são efetivamente biodegradáveis enquanto outros não são.

Os bioplásticos podem ser polímeros feitos totalmente ou parcialmente a partir da biomassa, ou seja, qualquer fonte de material orgânico de origem biológica ou de resíduo orgânico, ou podem ser biodegradáveis, isto é, materiais que podem ser decompostos em substâncias naturais como dióxido de carbono, água e biomassa, em função da ação dos micro-organismos. Os bioplásticos podem ser de três tipos de polímeros: os que são feitos de base biológica e são biodegradáveis, os que são apenas de base biológica e aqueles que são somente biodegradáveis. Exemplos de bioplásticos que são tanto feitos de base biológica como são biodegradáveis são os de ácido polilático (PLA), de Polihidroxialcanoatos (PHA) e os apenas de base biológica são polibutileno succinato (bio-PBS), os de celulose, lignina e quitosana. Já exemplos de bioplásticos feitos de base biológica que não são biodegradáveis são poliamidas de base biológica-bio-poliamidas, bio-polietileno e bio-polietileno tereftalato (Di Bartolo, 2021).

O ácido polilático (PLA) é produzido a partir de fontes renováveis, como milho e cana-de-açúcar, e contém grupos ésteres que podem ser degradados por microrganismos em condições adequadas, como compostagem industrial. No entanto, em ambientes naturais, o PLA degrada-se lentamente, o que também é o caso do polibutileno succinato (PBS), um bioplástico biodegradável com grupos ésteres que podem ser degradados por microrganismos em condições específicas de compostagem. (Thankur *et al.*, 2018)

Os polihidroxialcanoatos (PHA), por sua vez, são biopolímeros produzidos naturalmente por bactérias e possuem grupos ésteres que facilitam a sua decomposição por microrganismos. Eles são altamente biodegradáveis tanto em compostagem industrial quanto em ambientes naturais, tornando-os uma alternativa promissora para reduzir a poluição plástica, embora seu alto custo de produção ainda limite sua adoção em larga escala. O amido de batata também oferece uma alternativa viável sendo um biopolímero natural composto por glicose que é facilmente degradado por microrganismos. Porém, por suas propriedades limitadas, como baixa resistência à água e durabilidade, é frequentemente combinado com outros polímeros ou plastificantes para formar bioplásticos, o que pode reduzir a biodegradabilidade (Castro, 2019).

Já Bio-PET é uma versão modificada do PET, onde parte dos materiais utilizados na sua produção é de origem biológica, como o etilenoglicol obtido da cana-de-açúcar. No entanto, a estrutura química do Bio-PET é idêntica à do PET tradicional, o que significa que ele compartilha os mesmos desafios ambientais. Embora o Bio-PET reduza a dependência de combustíveis fósseis, ele não é mais biodegradável que o PET comum (Thankur *et al.*, 2018; Castro, 2019).

A grande diversidade desses bioplásticos e suas propriedades biodegradáveis ou de base biológica refletem a complexidade de seu potencial para substituir os plásticos convencionais. Embora alguns, como o PLA e o PHA, ofereçam vantagens em termos de biodegradabilidade em condições adequadas, outros, como o Bio-PET, ainda mantêm desafios ambientais semelhantes aos plásticos à base de petróleo (Thankur *et al.*, 2018; Castro, 2019). A adoção de bioplásticos como soluções sustentáveis depende tanto do avanço das tecnologias de produção quanto da implementação de sistemas eficazes de compostagem e descarte. Além disso, é fundamental aumentar a conscientização sobre esses materiais, integrando o conhecimento sobre bioplásticos nas práticas educacionais

Embora essa temática dos bioplásticos seja relevante para enfrentar os desafios ambientais atuais, há uma lacuna significativa no que se refere à sua aplicação pedagógica no ensino fundamental I. As abordagens sobre plásticos ainda se concentram, em grande parte, em aspectos básicos de sua produção, uso e descarte. Araújo e Almeida (2017) enfatizam a relevância de projetos escolares práticos que envolvem reciclagem e coleta de resíduos, proporcionando um contexto educativo mais dinâmico e aplicável. No

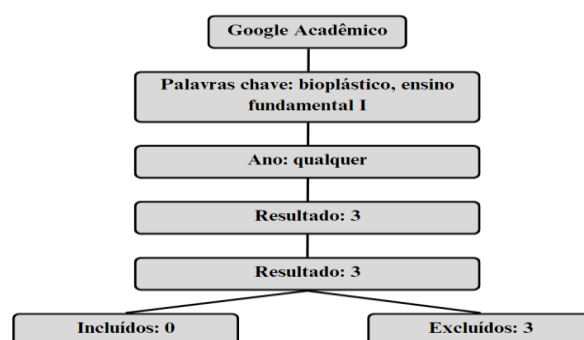
entanto, as pesquisas sobre o uso de bioplásticos especificamente nessa etapa de ensino ainda são escassas.

Uma pesquisa integrativa foi realizada com o objetivo de investigar o uso dos bioplásticos como temática ambiental no ensino fundamental I. A busca foi feita em bases de dados acadêmicas como Google Acadêmico, *SciELO* e *Science Direct*, utilizando as palavras-chave "bioplástico" e "ensino fundamental", além de variações como "ensino fundamental I/1" com o operador booleanos "and" e sem delimitação temporal. Foram encontrados apenas três resultados, que foram excluídos por não atenderem ao critério temático, ou seja, não abordavam diretamente o uso de bioplásticos no ensino fundamental.

Os três estudos encontrados tratavam de temas relacionados a educação, mas não do bioplástico no contexto específico de interesse: o primeiro (Bocchio *et al.*, 2022) analisava a profissionalização docente, o segundo (Farias, 2023) falava sobre a poluição nas águas de um rio e qual era a percepção ambiental das pessoas do entorno com diferentes níveis de formação educacional e o terceiro (Gonçalves, 2020) discutia o uso de projetos no ensino de biologia e utilizava o descritor “ensino fundamental I” para descrever o perfil da escola em que o projeto foi aplicado.

A Figura 3 apresenta o fluxograma do percurso da pesquisa. Esses resultados sugerem uma lacuna na literatura e mostram a oportunidade de se desenvolver estudos que abordem a temática dos bioplásticos de forma específica e adaptada ao público do ensino fundamental I, com o potencial de contribuir significativamente para a educação ambiental nas fases iniciais da escolarização.

Figura 3 - Pesquisa sobre bioplásticos no ensino fundamental I



Fonte: Autoria própria (2024).

O trabalho realizado também se destaca pelo seu ineditismo, não apenas pela introdução dos bioplásticos no ensino fundamental I, mas também pela abordagem socioambiental integrada que foi adotada.

Abordar esse tema desde cedo pode promover uma mentalidade mais crítica e consciente sobre o consumo, o descarte de resíduos e a preservação ambiental, além de incentivar o pensamento científico. A implementação de projetos pedagógicos sobre bioplásticos poderia não apenas preencher essa lacuna, mas também auxiliar no desenvolvimento de habilidades práticas e cognitivas, ao mesmo tempo em que promove a conscientização ambiental nas gerações futuras.

Algumas secretarias de educação já apresentaram iniciativas sobre o uso de bioplásticos no ensino de ciências, como os estados do Espírito Santo (2024) e da Paraíba (2022), porém não para o ensino fundamental I. Estudos como os de Ferreira *et al.* (2019) mostram que, embora haja um crescente interesse em incluir bioplásticos na educação ambiental, a implementação prática ainda é muito infrequente e depende de iniciativas específicas de escolas ou professores, como por exemplo essa pesquisa.

4 METODOLOGIA

A metodologia principal empregada na pesquisa foi a pesquisa de campo, baseada em uma intervenção pedagógica e no desenvolvimento de projetos experimentalistas. Esta abordagem permite uma investigação direta e interativa, onde o ambiente escolar funciona tal qual um laboratório vivo para a implementação das atividades. A intervenção pedagógica foi fenomenológica e cuidadosamente planejada para integrar os temas ambientais aos conteúdos curriculares e proporcionar uma compreensão mais profunda e prática dos conceitos abordados, facilitando a construção de conhecimento científico.

Além disso, o desenvolvimento de projetos experimentalistas foi uma componente de extrema importância desta metodologia. Através da pesquisa de campo e dos projetos experimentalistas, é possível observar e registrar as reações, produções e evoluções dos alunos ao decorrer do tempo do projeto, fornecendo dados detalhados para a análise da eficácia da intervenção. Vários estudos anteriores têm investigado a eficácia de abordagens educacionais focadas em alfabetização científica e educação ambiental. No entanto, o diferencial do presente estudo está na integração de uma metodologia experimentalista vivencial com fundamentos da educação ambiental crítica e a aplicação dos princípios de Paulo Freire focando-se na intervenção feita com alunos do ensino fundamental I. Essa técnica propõe colocar os alunos no centro do processo de aprendizagem.

Uma vez que o trabalho em questão dialoga com a “[...] necessidade de se teorizar experiências que emergiram da práxis docente”, adotou-se a mesma interpretação de Ramos *et al.* (2020, p. 181), dispensando, assim “o crivo da Comissão de Ética responsável”, interpretação esta que está de “acordo com o inciso VII, Parágrafo Único, do 1º Artigo da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde”.

4.1 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO DO ESTUDO E DO PÚBLICO-ALVO

O estudo foi realizado em uma escola privada e bilíngue localizada na zona sul do Rio de Janeiro, que atende uma população majoritariamente de classe média e classe média alta. A escola em questão se destaca por suas instalações amplas e modernas, contando com uma extensa área verde que favorece o desenvolvimento de atividades ao ar livre e projetos voltados para a educação ambiental. Esta escola incentiva os alunos a terem uma experiência educacional completa, enfatizando o envolvimento comunitário e

incentivando os alunos a serem participantes ativos em suas comunidades, desenvolvendo nos alunos o pensamento crítico ao promover um ambiente de curiosidade, diálogo e mentalidade de crescimento.

A escola promove diversos projetos e iniciativas que visam integrar a educação científica com práticas sustentáveis, incentivando os alunos a desenvolverem uma consciência ambiental desde cedo.

Entre os projetos desenvolvidos pela escola, destacam-se programas de reciclagem, hortas escolares, brechós sustentáveis e campanhas de conscientização sobre a importância da preservação ambiental. Essas atividades são integradas ao currículo escolar e muitas vezes trabalhadas continuamente por projetos ao decorrer do ano. Além disso, a escola organiza continuamente visitas a parques, praias e outras áreas naturais da cidade com a intenção de enriquecer a experiência educacional dos alunos e fortalecer sua conexão com a natureza.

O perfil dos alunos deste projeto foi de crianças de 08 a 09 anos que pertencem a uma classe social média alta, com um alto nível de engajamento por parte das suas famílias nas atividades escolares e uma postura animada em relação à aprendizagem e projetos diferenciados.

O ambiente em que o estudo foi realizado desempenhou um papel importante no sucesso do projeto. A escola disponibilizou as instalações e recursos materiais e espaciais que permitiu que as atividades fossem conduzidas tranquilamente e com apoio. Essa disposição do espaço, aliada ao suporte de outros professores e funcionários da comunidade escolar, facilitou a execução das atividades e o estudo de como os alunos percebem e interagem com o mundo ao seu redor.

4.2 DESCRIÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo foi estruturada de maneira a proporcionar uma intervenção educativa focada na alfabetização científica e educação ambiental, com ênfase na temática dos plásticos e bioplásticos e suas consequências para o ambiente. A intervenção foi planejada em várias etapas, cada uma delas desenvolvida para envolver os alunos em um processo de aprendizagem ativo e significativo.

A primeira etapa foi a de sensibilização lúdica dos alunos sobre a temática dos plásticos e bioplásticos, destacando suas implicações ambientais. Para isso, foram realizadas sessões de discussão, exibição de documentários e filmes e rodas de conversas que abordaram a poluição por plásticos, seus impactos nos ecossistemas marinhos e terrestres, e as possíveis alternativas sustentáveis, como os bioplásticos.

Para enriquecer essa fase e engajar os alunos de maneira lúdica e emocional, foram exibidos os filmes "Happy Feet" (Happy Feet: [...], 2006) e "O Lorax: Em Busca da Trúfula Perdida" (O Lorax: [...], 2012). Esses filmes foram escolhidos por sua capacidade de transmitir mensagens ambientais de forma acessível e envolvente para a faixa etária dos participantes do estudo.

O filme "Happy Feet" conta a história de um jovem pinguim-imperador chamado Mano, que nasceu sem a habilidade de cantar, essencial para atrair um par na sua colônia. Em vez disso, Mano possui um talento excepcional para dançar sapateado. Através de sua jornada para encontrar seu lugar no mundo, o filme aborda temas como a importância da individualidade, o impacto da ação humana no ambiente, e a necessidade de preservação das espécies.

O filme "O Lorax: Em Busca da Trúfula Perdida" é uma adaptação do livro de Dr. Seuss, que aborda a questão da destruição ambiental através da história de um jovem chamado Ted, que vive em uma cidade onde todas as plantas são artificiais. Ele embarca, então, em uma jornada para encontrar a última Trúfula verdadeira, uma flor, e, no decorrer desta jornada, aprende sobre a importância das árvores e da conservação ambiental.

A escolha desses filmes para a sensibilização temática foi estratégica, pois eles oferecem mais do que entretenimento: eles educam e despertam a consciência ambiental de maneira eficaz.

Na segunda etapa, os alunos foram incentivados, por meio de mediação, a realizar pesquisas digitais e bibliográficas (em casa e na escola) sobre a temática plásticos. Eles exploraram diferentes fontes de informação para compreender melhor os plásticos e bioplásticos, seus processos de produção e degradação, e as consequências ambientais de seu uso. Após as pesquisas, eles prepararam apresentações orais e exposições escritas e explicaram o que descobriram uns aos outros.

Na terceira etapa, os alunos foram apresentados ao método científico e suas etapas fundamentais: coleta de dados, planejamento, elaboração de hipóteses, estudo de variáveis e organização da execução. Nesta fase, eles começaram a elaborar seus próprios cadernos de campo, chamados “*The Little Scientists Notebook*”, registrando observações e dados relevantes. Também planejaram a produção de matérias para o jornal do colégio, aplicando os conhecimentos adquiridos durante as pesquisas e o projeto.

Sob mediação docente, os alunos formaram grupos para desenvolver projetos ambientalistas com base no método científico. Este processo incluiu:

- a) Observação experimental: identificação de problemas ambientais relacionados ao uso de plásticos;
- b) Atividades experimentais: realização de experimentos para investigar alternativas aos plásticos convencionais;
- c) Acompanhamento e resolução de problemas: monitoramento dos experimentos e ajustes conforme necessários para resolver problemas que foram surgindo;
- d) Elaboração de cadernos de campo: registro de todas as etapas e observações em diários de bordo;
- e) Análise comparativa final: comparação e análise dos resultados obtidos pelos diferentes grupos, promovendo a aprendizagem de forma social.

A última etapa envolveu a transposição dos conhecimentos adquiridos durante os projetos para materiais de divulgação científica. Os alunos foram desafiados a traduzir suas observações e aprendizados em uma linguagem acessível e compreensível, criando materiais de divulgação como vídeos, pôsteres ou artigos para o jornal que poderiam ser compartilhados com a comunidade escolar e além dela. Este processo não só reforça a aprendizagem, mas também permite que os alunos desenvolvam habilidades de comunicação científica.

Em todas essas etapas, os alunos sempre foram sendo incentivados a colaborar, refletir e aplicar o método científico, promovendo assim uma alfabetização científica ambiental crítica. A abordagem prática e experimentalista permitiu que eles

desenvolvessem uma compreensão crítica acerca das questões ambientais e as habilidades necessárias para investigar e solucionar problemas ambientais de forma científica.

4.3 DURAÇÃO DO PROJETO E PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

A coleta de dados para esta pesquisa foi organizada de forma a garantir uma análise detalhada da intervenção realizada com os alunos, focada na alfabetização científica deles. Assim, os procedimentos foram planejados para capturar os aspectos qualitativos do aprendizado e das mudanças comportamentais dos alunos. A duração do projeto foi de dois bimestres, realizados durante os espaços de 02 tempos de 50 minutos das aulas de ciências para uma turma de terceiro ano do ensino fundamental.

A coleta de dados foi realizada em várias fases, garantindo uma cobertura completa do processo. Inicialmente, foi realizada uma pré-intervenção para estabelecer uma linha de base sobre o conhecimento e as atitudes dos alunos em relação aos temas ambientais, através do uso de questionários semiestruturados e de rodas de conversa. A fase de intervenção envolveu a coleta contínua de dados e adaptação constante, seguida pela fase pós-intervenção, onde se avaliou a transposição do conhecimento adquirido.

Após a pré-intervenção, foi selecionada uma forma adequada para coletar dados, considerando que os participantes eram crianças de 8 a 9 anos. Também foram determinados os momentos de coleta ao longo do projeto, o que foi essencial para reunir e selecionar dados de pesquisa e observação mais relevantes, organizando-os de forma sistemática, científica e consistente, para posterior sistematização e análise.

Foram escolhidos instrumentos adequados, selecionados para captar as diferentes dimensões da aprendizagem e da mudança de comportamento dos alunos ao longo da pesquisa. Estes instrumentos incluíram o uso de questionários, diários de bordo dos alunos, diário de bordo da professora pesquisadora e produções dos alunos.

Primeiramente, foram feitas algumas perguntas de ambientação aos alunos antes e depois da intervenção, para avaliar o conhecimento prévio e posterior dos alunos sobre questões ambientais, especialmente relacionadas aos plásticos e bioplásticos. Essas perguntas ajudaram a identificar mudanças nas atitudes e percepções dos alunos ao longo do projeto, conforme apresentado no questionário proposto (Apêndice A).

Para manter uma organização sistemática e cronológica do que foi feito, foram propostos aos alunos objetivos claros que deveriam atingir. Esses objetivos foram explicitados para os alunos, inclusive apresentados em forma de slides, para que estivessem cientes da importância do que estavam fazendo a todo momento. Os alunos foram divididos em grupos de 5 a 6 integrantes, de forma que cada grupo pudesse se organizar e fazer anotações em um diário de bordo que funcionou como um caderno científico para o acompanhamento dos resultados obtidos.

Os alunos foram instruídos a manter seus diários de bordo da seguinte forma:

- a) Identificação e nome dos integrantes do grupo;
- b) Entradas obrigatórias quinzenais e opcionais diárias, semanais ou de acordo com o que julgassem necessário;
- c) Descrição das atividades e uso de desenhos, incluindo métodos utilizados e etapas, quando aplicável;
- d) Anotação de todas as observações importantes durante a execução das atividades, incluindo problemas encontrados e as soluções adotadas;
- e) Documentação dos resultados obtidos;
- f) Inclusão de reflexões sobre o progresso do projeto, desafios enfrentados e as sensações surgidas;
- g) Sempre que possível, inclusão de fotos, gráficos ou desenhos que ajudassem a explicar o que estava acontecendo.

Outra forma de coleta de dados foi baseada em observações diretas realizadas pela professora-pesquisadora durante o experimento, que foram anotadas no seu diário de bordo. Para garantir uma coleta de dados completa e detalhada, este diário foi utilizado para registrar todas as observações, reflexões e detalhes importantes sobre o andamento do experimento, funcionando como um complemento ao diário dos alunos.

Além desses diários de bordo, também foram coletados dados através das produções escritas e desenhos dos alunos, bem como dos materiais de divulgação científica que eles produziram.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

As análises de dados foram feitas sob as seguintes perspectivas:

- a) Observação comportamental da motivação e engajamento dos alunos na temática de educação ambiental crítica – essas observações foram registradas no diário de bordo da professora.
- b) Análise da produção elaborada pelos alunos – a análise da escrita e dos desenhos feitos pelos alunos foi conduzida a partir dos materiais que eles produziram ao longo do projeto.
- c) Análise do desenvolvimento dos projetos experimentais – as observações e registros foram documentados nos diários de bordo dos alunos e da professora, fornecendo uma visão detalhada do progresso dos experimentos.

A análise textual foi baseada em Bardin (1977), que, em sua metodologia de análise de conteúdo, oferece uma abordagem sistemática e objetiva para descrever e qualificar o que foi observado. Isso permitiu categorizar os dados coletados a partir das produções escritas dos alunos.

Segundo Bardin (1977), é possível fazer a análise de conteúdo com o auxílio de algumas etapas principais:

- a) a de pré análise, que consiste na organização do material, escolha do que vai ser analisado, formulação das hipóteses e dos objetivos, e desenvolvimento de indicadores para orientar a interpretação final.
- b) a de exploração do material, onde acontece a codificação, categorização e quantificação dos dados. Nessa parte, palavras, frases, temas são identificados e agrupados em categorias.
- c) e o tratamento dos resultados e interpretação, onde os dados são analisados e interpretados de acordo com as temáticas que foram estabelecidas, buscando compreender as mensagens presentes nos textos.

A análise dos desenhos seguiu uma abordagem socioemocional baseada na compreensão das emoções, sentimentos e experiências refletidos nas criações dos alunos (Bédard, 2013; Mèredieu, 2016). Os desenhos foram interpretados não apenas como representações visuais, mas como expressões das percepções e vivências emocionais dos

alunos em relação aos temas ambientais trabalhados. A criação artística funciona como uma manifestação de como os alunos internalizam e respondem ao mundo ao seu redor, evidenciando suas conexões emocionais com os problemas discutidos. Para compreender o significado por trás de cada desenho, foi essencial adotar uma postura empática e investigativa, buscando identificar as emoções e pensamentos que motivaram cada representação visual. Nesse contexto, o diálogo com os alunos foi fundamental para elucidar as intenções e sentimentos refletidos em suas produções artísticas, destacando a importância da interpretação a partir da perspectiva emocional de cada aluno.

4.5 PROPOSIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO EXPERIMENTAL DE DECOMPOSIÇÃO DE PLÁSTICOS

4.5.1 Etapas

A seguir serão organizadas as etapas da elaboração do protótipo didático experimental:

- Proposição do experimento: foi proposto aos alunos o projeto experimental para observar a degradação de diferentes tipos de plásticos.
- Formação dos grupos de trabalho: a turma foi dividida em grupos para melhor organização do andamento.
- Preparação prévia: foram apresentados aos alunos a metodologia, materiais e equipamentos necessários através de recursos coloridos e visuais, garantindo que os alunos entendessem bem o processo antes de ir ao laboratório.
- Produção dos bioplásticos: os alunos foram ao laboratório e produziram dois tipos de bioplásticos:
 - Tipo 1: Bioplástico de amido de batata, descrito por Assis (2022).
 - Tipo 2: Bioplástico de gelatina, conforme descrito por Fakhouri (2009).
- Coleta de plásticos adicionais: foi pedido aos alunos que buscassem três tipos adicionais de plásticos para usar como diferentes variáveis na comparação:
 - Sacola biodegradável de supermercado.
 - Copo plástico biodegradável.

- Sacola de plástico convencional de supermercado.
- Proposição do protótipo pedagógico ambiental experimentalista “Feijões em Plástico e Bioplástico”: O protótipo foi intitulado “Feijões em Plástico e Bioplástico” porque teve como objetivo principal suscitar a investigação científica e conscientização ambiental de como os plásticos podem interferir nos ecossistemas, elencando-se o desenvolvimento de um vegetal muito empregado no ensino de ciências, o feijão.

Propôs-se, assim, associar a temática dos plásticos no ambiente ao plantio de sementes de feijão que é comumente realizado no ensino inicial de ciências (Vasconcelos, 2022). Além de ter como objetivo a análise de como os plásticos afetam o crescimento das sementes de feijão, propôs também associar na discussão a importância do feijão na base alimentar dos brasileiros (Barbosa, 2007; Chaves *et al.*, 2024) e de como este hábito vem sendo modificado (Granado *et al.*, 2021).

Os eixos temáticos que foram abordados no desenvolvimento e execução deste protótipo são:

- a educação ambiental na práxis;
- a aprendizagem do método científico;
- a experimentação sociocientífica ambiental;
- o impacto dos plásticos no ambiente;
- a importância do feijão na alimentação;
- a aprendizagem social; realizada na proposição de grupos que têm uma meta em comum, que precisam resolver problemas e elaborar soluções em conjunto.

4.5.2 Materiais, montagem e execução do protótipo

a) Materiais necessários:

- 10 Vasos de Plástico transparentes de capacidade de 1L
- Terra preta
- Sementes de feijão
- Sacolas de plástico convencional

- Sacolas de plástico biodegradável (fornecido em supermercados)
- Copo de plástico biodegradável
- Bioplástico feito de gelatina (Fakhouri, 2009)
- Bioplástico feito de amido de batata (Assis, 2022)
- Cadernos para registro
- Pás e colheres para manusear a terra
- Luvas antialérgicas (para as crianças que não podem manusear a terra diretamente)
- Meios digitais para registros

b) Descrição da montagem: o protótipo foi montado com dez vasos contendo terra preta e sementes de feijões para criar um ambiente controlado para o experimento. O diferencial deste protótipo em relação ao plantio comum de sementes de feijão em aulas de ciências é que essas sementes foram colocadas em meio aos sacos ou copo de plástico e ao bioplástico, num esquema conforme a lista de vasos mostrada abaixo.

Vaso 1 - Bioplástico de amido de batata + semente de feijão (Saviczki *et al.*, 2020).

Vaso 2 - Bioplástico de amido de batata sem feijão

Vaso 3 - Bioplástico de gelatina + semente de feijão

Vaso 4 - Bioplástico de gelatina sem feijão

Vaso 5 - Copo de plástico biodegradável + semente de feijão

Vaso 6 - Copo de plástico biodegradável sem feijão

Vaso 7 - Plástico biodegradável + semente de feijão

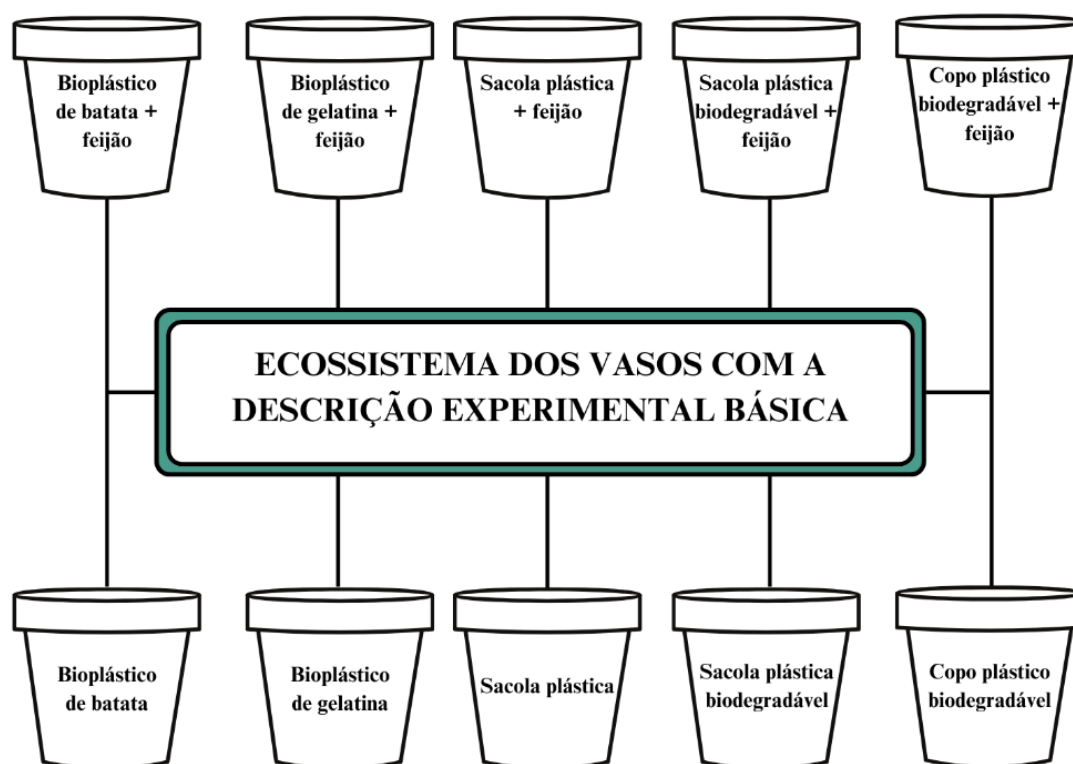
Vaso 8 - Plástico biodegradável sem feijão

Vaso 9 - Plástico normal + semente de feijão

Vaso 10 - Plástico normal sem feijão

Estes vasos foram colocados em um mesmo ambiente, submetidos às mesmas condições de luz, temperatura e umidade, nas prateleiras de uma estante que dentro da sala de aula dos alunos, em frente à janela.

Figura 4 - Esquema da montagem dos vasos



Fonte: Autoria própria (2024).

c) Execução do experimento

Os alunos foram divididos em grupos de 5 a 6 alunos, conforme a quantidade na turma e cada grupo foi responsável pela montagem de um dos vasos de plantio do protótipo. O grupo foi incentivado e orientado pela professora a fazerem os seus registros de modo científico em um caderno de laboratório, anotando a cronologia das observações sobre as mudanças na aparência dos plásticos, o crescimento dos feijões e as interações entre plásticos e solo, fotografando as diferentes etapas, elucidando os problemas encontrados e as soluções propostas.

4.6 ACOMPANHAMENTO DO PROTÓTIPO PEDAGÓGICO AMBIENTAL EXPERIMENTALISTA

O acompanhamento do protótipo pedagógico ambiental experimentalista envolveu uma observação contínua das atividades e interações dos alunos durante todas

as fases do projeto. Foram realizadas avaliações periódicas, registrando o desenvolvimento dos estudantes em relação à compreensão dos conceitos ambientais, ao engajamento nas atividades práticas e à capacidade de reflexão crítica sobre os impactos ambientais do uso de plásticos e bioplásticos. Além disso, o acompanhamento incluiu ajustes no planejamento conforme as necessidades dos alunos surgiam, garantindo uma adaptação do protótipo às demandas pedagógicas e à dinâmica do grupo, de forma a maximizar a eficácia das intervenções educativas e promover uma aprendizagem significativa. Abaixo serão discutidas as fases deste protótipo.

4.6.1 Análise do desenvolvimento do projeto

Para o emprego do projeto foram feitas uma introdução e direcionamento sobre todos os passos a serem trabalhados pelos alunos durante o processo. Antes da fase experimental, foi realizada uma preparação teórica com a introdução de conceitos sobre plásticos, biodegradação e o método científico. Utilizando materiais visuais e coloridos, os alunos foram familiarizados com os processos e os objetivos do experimento, o que garantiu uma compreensão clara antes de irem ao laboratório. Assim, foram postos perante uma abordagem dinâmica sobre as temáticas precursoras acerca do tema geral do projeto para que pudessem compreender o que se esperava deles.

No laboratório, os alunos produziram dois tipos de bioplásticos. O primeiro foi o bioplástico de amido de batata (Assis, 2022), onde foram misturados o amido de batata a glicerina, a água e o vinagre, seguido de aquecimento controlado até a formação de um polímero maleável, conforme o procedimento proposto na Figura 5.

Figura 5 - Materiais e procedimento de preparação do bioplástico de amido de batata

Bioplástico de Amido de Batata	
Materiais:	Procedimentos:
• 100 mL de água	• Misture 100 mL de água com 5 g de amido de batata em uma panela pequena.
• 5 g de amido de batata	• Adicione 5 mL de glicerina e 2 mL de vinagre à mistura.
• 5 mL de glicerina	• Leve a mistura ao fogo baixo, mexendo continuamente para evitar grumos.
• 2 mL de vinagre	• Continue mexendo até que a mistura atinja uma consistência gelatinosa e translúcida.
• Panela pequena	• Retire do fogo e despeje a mistura em uma forma ou superfície plana para resfriamento.
• Colher para misturar	• Deixe o bioplástico secar à temperatura ambiente até adquirir uma consistência sólida e flexível.
• Fonte de calor (fogão ou placa de aquecimento)	
• Forma ou superfície plana para resfriamento	

Fonte: Autoria própria (2024), adaptado de Assis (2022).

Já o bioplástico de gelatina (Fakhouri, 2009) foi preparado com gelatina, glicerina e água, também submetido a aquecimento, criando uma massa flexível após a solidificação. A descrição exata do procedimento pode ser vista na Figura 6, proposta aos alunos.

Figura 6 - Materiais e procedimento de preparação do bioplástico de gelatina

Bioplástico de Gelatina	
Materiais:	Procedimentos:
• 100 mL de água	• Dissolva 10 g de gelatina incolor em 100 mL de água fria em uma panela pequena.
• 10 g de gelatina incolor e sem sabor	• Adicione 5 mL de glicerina à mistura.
• 5 mL de glicerina	• Leve a mistura ao fogo baixo, mexendo continuamente até que a gelatina se dissolva completamente e a mistura fique homogênea.
• Panela pequena	• Continue mexendo até que a mistura comece a engrossar, formando uma massa gelatinosa.
• Colher para misturar	• Retire do fogo e despeje a mistura em uma forma ou superfície plana para resfriamento.
• Fonte de calor (fogão ou placa de aquecimento)	• Deixe o bioplástico secar à temperatura ambiente até atingir uma consistência sólida, mas ainda flexível.
• Forma ou superfície plana para resfriamento	

Fonte: Autoria própria (2024), adaptado de Fakhouri (2009).

Os bioplásticos escolhidos para a preparação foram selecionados pela facilidade de serem preparados e por serem feitos com materiais comuns às crianças, batata e gelatina. Após prontos, ambos foram deixados na sala de aula para secar. Além dos bioplásticos, os alunos recolheram outros três tipos de plásticos para comparação: sacola biodegradável de supermercado, copo plástico biodegradável e sacola de plástico convencional.

Uma forma de fazer com que os alunos fossem motivados a compreender a biodegradação foi a utilização de algo tátil onde eles pudessem participar ativamente durante todo o processo, como o plantio de feijões. Nesse momento, o mais importante foi que os alunos compreendessem o comportamento de cada sistema (potes com feijão) diante de um corpo (plástico ou bioplástico) que, tecnicamente, não deveria estar inserido no meio.

Para isso, eles montaram o protótipo em dez vasos transparentes, onde as sementes de feijão foram plantadas em meio aos diferentes plásticos e bioplásticos. Os vasos foram dispostos em um ambiente controlado na sala de aula, garantindo as mesmas condições de luz, temperatura e umidade para todos. Os alunos foram divididos em grupos de 5 ou 6 alunos para montar os vasos, realizar o plantio e acompanhar o desenvolvimento do experimento.

Por se tratar de um processo registral, a professora desde o início informou aos alunos da importância da observação regular e de que essa observação deveria ser transposta pelos alunos. O monitoramento dos feijões foi feito do plantio ao total crescimento, e o registro de acordo com que a professora instruiu. As observações dos alunos foram feitas somente de acordo com o crescimento dos feijões, mas também sobre o comportamento dos bioplásticos e plásticos contidos no plantio. A cada registro a professora realizou rodas de conversa acerca do crescimento das plantas e da biodegradação, em relação à aparência e textura, para que os alunos pudessem averiguar se as observações anotadas eram compartilhadas por todos.

Partindo de uma abordagem fenomenológica, os alunos foram convidados a uma reflexão sobre o que observaram e foram encorajados a compreender o que as observações os fizeram sentir e pensar. As rodas de conversas expostas foram essenciais para que os alunos compartilhassem seus pontos de vista e suas experiências, os incentivando a aprofundarem as suas compreensões coletivas e pessoais alcançadas durante o projeto.

4.6.2 Análise dos produtos dos alunos

O registro por parte dos alunos foi incentivado pela professora de forma constante para que se pudesse ter uma visão completa de como o projeto se deu do início ao fim e para que, ao final, os alunos pudessem refletir sobre as mudanças que aconteceram.

O que se consideram como produto dos alunos são:

- a) Cadernos de campo intitulados “Little Scientists Notebook”;
- b) Artigos escritos para o jornal
- c) Falas e respostas às perguntas feitas a eles durante as rodas de conversas ou de forma mais informal, durante algum momento qualquer durante outras aulas.

A análise que foi feita de toda essa produção teve como foco observar as descrições detalhadas das observações dos alunos e suas interpretações sobre os diferentes momentos da aplicação do protótipo. Os alunos também tiraram fotografias, o que foi de extrema importância para comparação do que estava sendo descrito por eles e como estava acontecendo.

Os alunos também registraram suas hipóteses sobre os problemas enfrentados e foram incentivados a encontrar soluções, sempre utilizando o método científico como base para que mudassem ou adaptassem algo no protótipo. Essas mudanças ou adaptações decididas por eles com base na necessidade sempre tinham que ser explicadas e documentadas.

De forma a entender se eles estavam compreendendo o que estava se passando, os alunos também deveriam fazer pesquisas em livros, internet e outras fontes para tentar explicar os fenômenos que estavam observando e estudando. É importante ressaltar que isso se deu com o mínimo de interferência possível da parte da professora no sentido de instruir os alunos sobre o que fazer e como. Eles deveriam eles mesmo buscar as informações sobre como agir e então, partindo do princípio de tentativa e erro, decidir no que fazer.

Outra avaliação feita sobre a produção dos alunos é sobre a qualidade e profundidade de suas observações com o intuito de identificar quais mudanças estavam ocorrendo no experimento, mas principalmente no entendimento deles sobre o assunto. Também se focou nas correlações que os alunos fizeram sobre o crescimento ou qualidade

das plantas e o tipo de plástico ou bioplástico em que estavam inseridas, para saber se impactaram no crescimento dos feijões.

Para fazer a análise de toda essa produção, foi utilizada a metodologia de análise de conteúdo, conforme proposta por Bardin (1977). Essa abordagem permitiu categorizar e interpretar qualitativamente os registros dos alunos, a fim de compreender os aspectos mais relevantes em termos de aprendizagem científica e ambiental. Foram definidas as seguintes categorias:

- a) Observação científica: Englobou os aspectos relacionados à capacidade dos alunos de observar e registrar, de maneira sistemática e detalhada, os fenômenos ocorridos durante o experimento. Foram analisados os registros sobre as mudanças nos plásticos e bioplásticos, bem como o crescimento das plantas, a fim de avaliar a aplicação do método científico.
- b) Percepção ambiental: Esta categoria buscou identificar o nível de consciência dos alunos em relação aos impactos ambientais dos diferentes tipos de plásticos, especialmente no que tange à degradação e seus efeitos no solo e nas plantas. Foi analisado como os alunos expressaram suas percepções sobre a relação entre o plástico e o ambiente em suas produções escritas e artísticas e durante as rodas de conversa.
- c) Atitudes em relação a soluções ambientais: Aqui focou-se nas atitudes e sugestões dos alunos em relação a possíveis soluções para os problemas ambientais abordados no experimento. Foram analisadas as propostas feitas pelos alunos, suas reflexões sobre o uso de bioplásticos e alternativas sustentáveis, e as soluções criadas para mitigar os impactos dos plásticos no ambiente. Além disso, propostas de ação relacionadas ao ambiente ao redor deles.
- d) Percepções emocionais: Esta categoria analisou a faceta socioemocional do projeto, como as reações dos alunos ao longo do processo experimental. Foi considerado como os alunos expressaram sentimentos de surpresa, preocupação, frustração ou empatia em relação ao impacto ambiental e às dificuldades encontradas no experimento. A análise focou também em como essas emoções influenciaram suas percepções sobre o problema e o desenvolvimento de uma postura mais consciente e ativa.

A organização dessas categorias possibilitou uma análise ampla e detalhada dos produtos gerados pelos alunos, revelando não apenas suas habilidades científicas, mas também suas percepções e atitudes em relação às questões ambientais e emocionais abordadas ao longo do projeto. As produções dos alunos foram fundamentais para avaliar como eles assimilaram os conceitos científicos por meio de suas experiências práticas e subjetivas, além de fornecerem subsídios para que a professora também compartilhasse suas percepções sobre essa vivência.

4.6.3 Análise e observação comportamental e socioemocional

As produções dos alunos foram fundamentais para embasar a análise quantitativa e qualitativa do experimento, mas para compreender o impacto completo do projeto no desenvolvimento dos alunos, foi necessário um olhar mais atento sobre os aspectos comportamentais e socioemocionais. A observação comportamental e socioemocional foi realizada através de dois instrumentos principais: o diário de bordo da professora e as rodas de conversa realizadas com os alunos ao longo do projeto.

O diário de bordo serviu como uma ferramenta reflexiva que documentou observações diárias sobre o comportamento dos alunos, reações emocionais diante dos desafios do experimento e a dinâmica de grupo. Esse registro contínuo permitiu uma visão detalhada sobre o progresso dos alunos e como o envolvimento com o protótipo pedagógico evoluiu ao longo do tempo. Além de observações objetivas, como o grau de motivação e engajamento nas atividades, o diário também incluiu notas sobre as emoções expressas pelos alunos, como entusiasmo, curiosidade, frustração e empatia. Ele também contou com as impressões, reflexões e sentimentos da professora.

Tipos de registros foram, por exemplo, se os alunos demonstraram insegurança em relação ao manuseio dos materiais, ou se mostraram mais confiantes e prontos para liderar o grupo. Foram observadas diferenças individuais, a colaboração entre alunos de diferentes perfis e a motivação, verificando se esta variou em função dos resultados obtidos, se houve frustração ao não observarem resultados imediatos ou como resolveram problemas que surgiram.

Já as rodas de conversa, que foram realizadas regularmente após os momentos de acompanhamento dos experimentos, serviram como um espaço de diálogo aberto entre a professora e os alunos. Nesses momentos, os alunos foram incentivados a compartilhar suas impressões, dificuldades e sucessos. A professora, por sua vez, pôde avaliar como os alunos lidaram com os desafios científicos e como interagiram uns com os outros no contexto de grupo.

Essas conversas proporcionaram uma oportunidade para avaliar alguns aspectos do desenvolvimento socioemocional dos alunos, especialmente em relação à colaboração e à resolução de problemas em equipe. Foi possível observar, por exemplo, se os alunos começaram a compartilhar responsabilidades e a tomar decisões coletivamente, fortalecendo as habilidades como empatia, comunicação e cooperação. As rodas também revelaram momentos de vulnerabilidade, onde os alunos expressaram suas frustrações diante de dificuldades, mas também momentos de superação, nos quais a troca de ideias levou a soluções criativas e coletivas.

Além de acompanhar os aspectos técnicos e científicos do projeto, esta observação comportamental e socioemocional foi essencial para captar o impacto holístico do protótipo pedagógico no desenvolvimento dos alunos. Foi possível observar que se à medida que o projeto avançava os alunos começaram a demonstrar maior responsabilidade ambiental, refletida tanto nas discussões quanto em suas atitudes em relação ao experimento.

Essa análise combinada dos registros comportamentais e das interações em grupo deu uma visão mais completa sobre os efeitos do protótipo pedagógico. Ao documentar e refletir sobre os aspectos emocionais e colaborativos, a professora foi capaz de ajustar suas intervenções ao longo do processo, garantindo que todos os alunos mantivessem o entusiasmo e que o aprendizado fosse, ao mesmo tempo, em nível cognitivo e socioemocional.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos ao longo do projeto, destacando as principais descobertas em relação à alfabetização científica ambiental crítica e holística dos alunos e sua interação com o tema dos bioplásticos. Os dados coletados por meio das oficinas pedagógicas experimentais e das atividades práticas realizadas revelam não apenas o nível de compreensão dos estudantes sobre os conceitos científicos, mas também suas percepções e atitudes em relação às questões ambientais. A análise dos produtos gerados pelos alunos fornece uma visão abrangente de como internalizaram os conhecimentos adquiridos e como isso se reflete em suas práticas e reflexões. Além disso, discute-se a importância desses resultados no contexto da educação ambiental e suas implicações para futuras práticas pedagógicas.

5.1 FASE DE SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL LÚDICA

Os resultados preliminares obtidos a partir da sensibilização com os filmes "Happy Feet" e "O Lorax: Em Busca da Trúfula Perdida" demonstram uma rica variedade de observações, reações, comentários e produções dos alunos. Durante as atividades, os alunos foram incentivados a refletir sobre questões ambientais e a expressar suas percepções por meio de desenhos e discussões em grupo.

A exibição de "Happy Feet" ajudou os alunos a compreenderem como as ações humanas, como a pesca predatória e a poluição dos oceanos, afetam diretamente a vida dos animais marinhos. O filme sensibilizou os alunos para a importância de proteger os habitats naturais e promover práticas sustentáveis, inspirando uma conexão mais do cunho emocional com o tema ambiental através dos personagens engraçados, interessantes e suas jornadas incríveis.

Através das histórias dos personagens, os alunos puderam internalizar os conceitos discutidos e formar suas próprias opiniões, desenvolvendo empatia pelos seres vivos diversos e uma compreensão maior das consequências de suas ações no ambiente. Isso preparou o terreno para as etapas seguintes do projeto, onde a alfabetização científica e a educação ambiental seriam exploradas de forma mais aprofundada.

Após ver os filmes e serem realizadas pequenas rodas de conversa (duração média de 20 minutos) foram solicitados desenhos aos alunos, propondo-se temáticas como objetivos da atividade. Nesta etapa, a tradução foi intersemiótica, ou seja, a transposição dos símbolos e linguagem dos filmes em outros signos que foram os desenhos (Queiroz, 2010; Mello, 2022).

5.1.1 Primeiro conjunto de desenhos

Os alunos foram solicitados a desenhar algo positivo que podemos fazer para ajudar o Planeta e algo negativo que também podemos causar.

A maioria dos alunos focou seus desenhos, como pode ser observado na Figura 7, em temas relacionados à reciclagem. Esta observação está alinhada com pesquisas que indicam que a reciclagem é um dos temas mais abordados em educação ambiental no ensino fundamental I (Guenther *et al.*, 2019; Santana *et al.*, 2022). Exemplos incluem desenhos de lixeiras coloridas para reciclagem, pessoas separando lixo e símbolos de reciclagem. A predominância desse tema sugere uma forte internalização do conceito de reciclagem como uma ação individual significativa para a proteção ambiental. No entanto, podemos questionar se o tema reciclagem é problematizado socialmente e politicamente, inserindo-o como meta que deve ser demandada como efetiva política governamental ambiental, fomentando e organizando a cadeia integrada da reciclagem que inclui as cooperativas de coletadores, a frequência dos caminhões de coleta seletiva, as empresas responsáveis pela logística reversa e certamente, a educação ambiental da sociedade.

Já quanto aos efeitos negativos, pôde ser observado uma divisão quase no meio entre alunos que focaram as “ações ruins” em ações individuais, tais como jogar lixo na rua ou nos oceanos, cortar árvores e arrancar plantas. Já o outro grupo se concentrou em ações de empresas, ou coletivas, como fábricas que poluem o ambiente em grande escala. Um dos alunos, inclusive, nomeou uma das empresas como “inovate” e quando perguntado sobre o porquê do nome, ele respondeu que:

A1 - “Muitas empresas para fazer tecnologia usam um monte de materiais da Terra e depois jogam fora e poluem ela”

Figura 7 - Desenhos feitos pelos alunos comparando ações ambientais positivas e negativas



Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024)

Tradução (da autora, na ordem em que aparece): “inovar”/ “reciclando a Terra”/ “não reciclando a Terra”

A análise dos desenhos dos alunos, que retratam ações ambientais positivas e negativas, revela uma importante dicotomia nas percepções dos estudantes sobre a questão ambiental. Embora a maioria tenha enfatizado a reciclagem como uma prática individual e positiva, essa ênfase pode ser vista como uma simplificação do complexo

contexto socioambiental. Conforme destacado por Guenther et al. (2019) e Santana et al. (2022), a reciclagem é frequentemente abordada em educação ambiental como uma ação direta que cada indivíduo pode realizar. No entanto, essa abordagem individualista pode obscurecer a necessidade de um entendimento mais amplo sobre as estruturas sociais e políticas que sustentam as práticas de reciclagem.

Por outro lado, os alunos que representaram ações negativas em seus desenhos demonstraram uma conscientização crítica em relação às responsabilidades coletivas, indicando uma compreensão de que as ações individuais, como jogar lixo na rua ou poluir, são influenciadas por decisões corporativas e políticas. Essa divisão nas representações destaca a importância de uma educação ambiental crítica que não apenas informe sobre práticas sustentáveis, mas que também problematize as implicações sociais e políticas dessas práticas. Em uma perspectiva de educação ambiental crítica, como sugere Sauvé (2005), é fundamental que os educadores conduzam os alunos a refletir sobre como as suas a  es se inserem em um contexto maior que envolve sistemas econ  micos, sociais e políticos.

Além disso, a falta de representa  o de solu  es coletivas nos desenhos dos alunos, como a atua  o de cooperativas de reciclagem ou políticas governamentais de gestão de resíduos, indica uma lacuna na forma  o da consciência crítica dos alunos sobre a interconexão entre suas a  es individuais e as políticas públicas. A educa  o ambiental deve estimular a reflexão crítica e a a  o social, desafiando os alunos a pensar não apenas sobre o que podem fazer individualmente, mas também sobre como podem se engajar coletivamente em a  es que promovam a justiça social e ambiental (Freire, 2018). Portanto, ao promover uma educa  o ambiental que integre dimensões sociais e políticas,    possível não apenas ampliar a compreensão dos alunos sobre as questões ambientais, mas também capacit  -los a se tornarem agentes ativos de mudança em suas comunidades (Sato, 2018).

5.1.2 Segundo conjunto de desenhos

Com a tarefa de imaginar um mundo sem árvores, inspirado no cenário do filme "O Lorax".

Neste conjunto, os desenhos exibiram uma maior diversidade de linhas de raciocínio. A pergunta mais aberta e imaginativa permitiu que os alunos explorassem diferentes aspectos de um mundo sem árvores. Alguns focaram na temperatura, desenhando um planeta quente e desolado, evidenciando o seu conhecimento dos problemas relacionados à crise climática. Inclusive, uma das alunas (Figura 8) que escolheu focar seu desenho na questão da temperatura foi a que, durante a roda de conversa, teve a seguinte interação:

Professora - “How would a world with no trees be like?”

(Como seria um mundo sem árvores?)

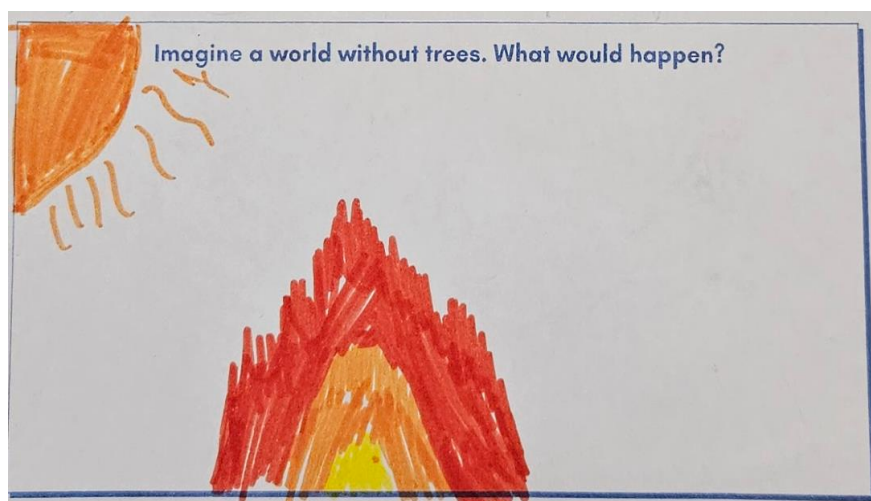
Aluna - “Very, very hot”

(Muito, muito quente)

Aluna - “Too sunny, teacher”

(Muito sol, professora)

Figura 8 - Desenho mostrando a visão de uma aluna sobre um mundo sem árvores



Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024).

Tradução (autora): Imagine um mundo sem árvores. O que aconteceria?

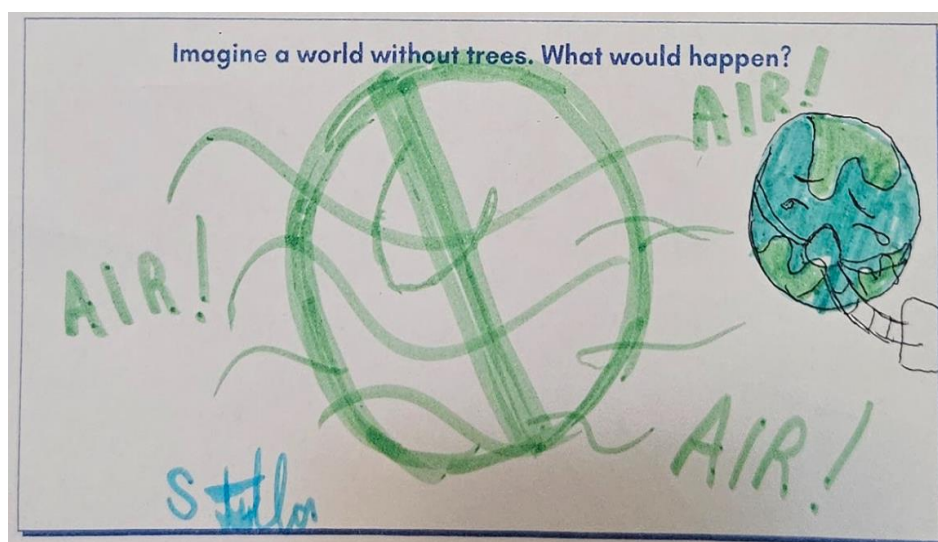
Outros resolveram focar na falta de ar, mostrando a importância das árvores como parte da manutenção do equilíbrio químico necessário para a vida. Uma das alunas, durante a roda de conversa trouxe isso à tona, quando disse que:

“Plants produce oxygen”

(Plantas produzem oxigênio)

Esse comentário gerou uma discussão entre os colegas, que passaram a conectar o processo de fotossíntese com a produção de oxigênio e a necessidade de manter florestas e áreas verdes intactas. Esta aluna escolheu focar seu desenho na ideia da "falta de ar", representando visualmente o impacto da destruição ambiental. No desenho, ela ilustrou o planeta Terra com uma expressão triste, usando uma máscara de oxigênio (Figura 9), simbolizando a ausência de ar puro e a dificuldade de sobrevivência sem as árvores. Essa representação foi além de uma simples ilustração; ela refletiu a profunda compreensão da aluna sobre o papel crucial das plantas no ciclo do oxigênio e a consequência da sua ausência para todos os seres vivos.

Figura 9 - Desenho mostrando a visão de outra aluna sobre um mundo sem árvores



Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024).

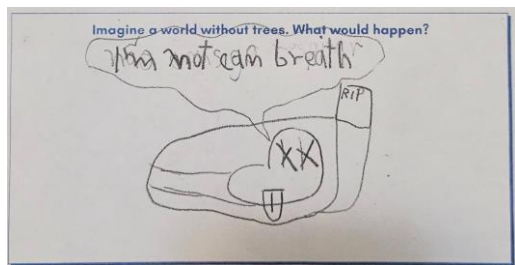
Tradução (autora): Imagine um mundo sem árvores. O que aconteceria? / Ar! Ar! Ar!

Além das reflexões sobre a produção de oxigênio pelas plantas, outros alunos abordaram a questão da ausência de biodiversidade (Figura 10), ilustrando paisagens desertas sem animais. É importante ressaltar que a dimensão emocional foi fortemente evidenciada nas produções dos alunos. Muitos utilizaram símbolos de "tristeza" para transmitir a gravidade da perda da biodiversidade. Por exemplo, um aluno escreveu a palavra "*sad (triste)*" ao lado do planeta Terra, enfatizando a melancolia resultante da degradação ambiental. Outros desenharam carinhas tristes diretamente no globo terrestre, simbolizando a dor e a preocupação com o futuro do planeta. Além disso, alguns alunos incorporaram símbolos de proibido (⊘) em seus desenhos, sugerindo a necessidade urgente de interromper práticas que ameaçam a biodiversidade.

Essas expressões demonstraram uma conexão emocional com as questões ambientais. A utilização de elementos visuais como rostos tristes e sinais de proibição reforçou a mensagem de alerta e a urgência em proteger a diversidade biológica. Os demais desenhos, que também ilustraram diferentes aspectos da perda de biodiversidade e suas consequências, podem ser visualizados abaixo:

Figura 10 - Desenho mostrando a visão dos alunos sobre um mundo sem árvores





Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024).

Tradução (autora): Imagine um mundo sem árvores. O que aconteceria? / triste (2) / Ar (4) / Ruim (6) / Eu não consigo respirar (7).

Os resultados preliminares revelam uma clara ligação entre os desenhos dos alunos e os conceitos de educação ambiental que geralmente eles discutem na escola: reciclagem, lixo e poluição. No segundo conjunto de desenhos (Figura 10), a imaginação dos alunos foi estimulada de maneira a refletir sobre consequências mais amplas e menos imediatas da ausência de árvores, indicando uma compreensão mais profunda e emocionalmente envolvida das questões ambientais.

Segundo Santaella (2002), a semiótica estuda a produção de significados e a interpretação dos signos. Nesse contexto, os filmes "Happy Feet" e "O Lorax" serviram como signos que mediarão a compreensão e reflexão dos alunos sobre questões ambientais. Os alunos assim conseguiram fazer conexões entre os temas abordados nos filmes e suas próprias experiências e percepções ambientais. Por exemplo, ao relacionar o desmatamento mostrado em "O Lorax" com a falta de árvores em seus desenhos, os alunos demonstraram uma compreensão bem fundamentada e até emocionalmente significativa do impacto ambiental.

A utilização de filmes como ferramenta pedagógica, associada à produção artística, mostrou-se eficaz em promover a reflexão e a expressão das percepções ambientais dos alunos, alinhando-se aos objetivos da educação ambiental de fomentar a consciência e a responsabilidade ambiental desde o ensino fundamental. Este método não apenas engaja os alunos emocionalmente, mas também os incentiva a explorar e expressar suas ideias de maneira criativa e crítica.

5.2 FASE DA PRÉ-INTERVENÇÃO AO PROTÓTIPO PEDAGÓGICO AMBIENTAL EXPERIMENTALISTA

A fase de pré-intervenção ao protótipo pedagógico experimentalista foi iniciada com a realização de uma roda de conversa com os alunos. Esta atividade teve como objetivo explorar o que os alunos já sabiam, o conhecimento prévio deles sobre temas ambientais e suas percepções em relação à ciência, à sustentabilidade e sobre a temática dos plásticos. As perguntas previamente elaboradas (disponíveis no Apêndice A) serviram como uma base para guiar a conversa, mas foram adaptadas ao longo da dinâmica para melhor se adequar às respostas e interesses dos alunos. Afinal, uma conversa é dinâmica e muda muito e principalmente com crianças, é preciso que se adapte. As questões abrangiam conceitos básicos sobre ciência, tópicos específicos sobre plásticos, bioplásticos e sobre o projeto.

A dinâmica obtida pela roda de conversa, conhecida na sala pelos alunos como “*Circle Time (Hora do círculo)*”, mostrou-se muito eficaz para promover um ambiente de aprendizagem colaborativo, reflexivo e carinhoso. Durante esses momentos, os alunos se sentiram encorajados a expressar suas ideias e sentimentos e queriam dar suas opiniões a todo momento. Essa metodologia permitiu que cada aluno tivesse voz, ajudou eles a desenvolverem mais suas habilidades de comunicação e seu pensamento crítico.

Quando a conversa começava a se desviar do foco, as perguntas previamente preparadas ajudavam a trazer novamente este foco, para que fosse possível alcançar os objetivos pedagógicos estipulados e garantir que as reflexões dos alunos fossem conectadas aos conceitos científicos e ambientais pretendidos e que não houvesse a interpretação errônea de certos pontos.

Durante a roda de conversa, algumas respostas e interações dos alunos foram registradas por meio de áudios, permitindo uma análise da dinâmica obtida. Foi possível observar, durante a conversa, o nível de entendimento dos alunos sobre os temas abordados, suas preocupações ambientais e sugestões para melhorias.

A elaboração dos projetos pedagógicos ambientais foi mediada pela professora, que incentivou a constante participação dos alunos. Essas participações foram registradas pela professora em seu diário de bordo. Uma dessas interações foi relatada abaixo:

“Hoje foi um dia muito legal. Começamos a roda de conversa discutindo se eles gostaram dos filmes e os alunos estavam muito engajados e trouxeram vários pontos de vista interessantes. A2 falou que em Happy Feet, os pinguins tinham que dividir o peixe porque quase não tinha mais, e eu perguntei por que ele achava que não tinha mais peixe e ele disse que era porque os humanos tinham pegado todos eles.”

Neste trecho, observa-se um engajamento e interesse na discussão. A resposta do aluno demonstra a capacidade dos alunos de identificar e discutir as consequências das ações humanas sobre o ambiente. A fala sobre a falta de peixes e a sua causa atribuída à ação humana também mostra um nível de compreensão importante sobre a relação entre seres humanos e o ecossistema.

Mais para frente, ainda no mesmo dia, mas num segundo momento quando se discutia o filme “O Lorax”, outro comentário surgiu:

“Quando estávamos falando do Lorax, a A1 comparou a venda de garrafinhas de ar [no filme] à venda de água, dizendo que essas coisas não deveriam ser vendidas. Eu achei o pensamento dela muito interessante e super relevante para o que estávamos falando.”

Essa observação, comparando a venda de ar com a venda de água, é na verdade uma comparação das questões de privatização de recursos naturais e sua implicação para a sustentabilidade ambiental. Este comentário mostra como os alunos conseguem fazer conexões entre a ficção apresentada no filme e a realidade deles, o que é um dos objetivos esperados deles para que consigam pensar em meios de atuar no seu entorno.

Sobre a fase de elaboração dos protótipos pedagógicos ambientais experimentalistas, pode-se destacar a sua importância para desenvolver nos alunos habilidades científicas. Primeiramente, através da coleta de dados, os alunos aprenderam a observar de forma sistemática e a registrar suas observações de maneira organizada em seus cadernos de campo. Esse processo ensinou-lhes a importância da precisão e da paciência também, habilidades essenciais para qualquer cientista.

O planejamento do experimento, que incluiu tanto a parte prática quanto a formulação de hipóteses sobre a degradação do plástico biodegradável, permitiu aos alunos exercitarem sua capacidade de formular suposições com base em conhecimentos teóricos deles e na compreensão dos fenômenos observados no seu dia a dia.

Além disso tudo, os alunos também se tornaram jornalistas dos seus próprios experimentos e escreveram e desenharam matérias para o jornal da escola, comunicando suas descobertas e hipóteses de maneira clara e acessível. Essa atividade não serviu apenas para melhorar suas habilidades de escrita, mas também sua capacidade de divulgar informações científicas de forma eficaz e correta, evitando dar informação errada.

5.3 ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO PEDAGÓGICO AMBIENTAL EXPERIMENTALISTA

Esta etapa da consistiu na produção dos bioplásticos pelos alunos, seguida pela montagem do protótipo experimental, que visava observar o crescimento de sementes de feijão em diferentes tipos de meio. A produção dos bioplásticos foi uma atividade central para o sucesso do protótipo pedagógico. Os alunos foram orientados a seguir o procedimento experimental para criar bioplásticos à base de amido de batata e gelatina. Este processo envolveu a medição e mistura dos ingredientes, a aplicação de calor e a moldagem final do bioplástico. Desde o início, os alunos demonstraram grande interesse e curiosidade em relação à preparação dos materiais, como pode ser visto no excerto do diário de bordo da professora, feito no dia do experimento.

“Todos os alunos queriam participar, saber pra que servia cada coisa no laboratório e também queria colocar as quantidades certinhas como estava no roteiro do experimento, porque eles sabiam que se fosse errado, todo o experimento poderia dar errado e não iríamos conseguir realmente fazer o bioplástico.”

Os resultados dessa etapa foram altamente satisfatórios em termos de aprendizado prático. Observou-se que, à medida que os alunos se envolviam no processo de produção, eles começaram a compreender a importância da precisão nas medições e na aplicação dos procedimentos. Por exemplo, o erro de um dos grupos em mexer bem a gelatina fez

com que a mistura ficasse cheia de aglutinações. Entendendo que isso poderia dar problema na textura do bioplástico, uma das integrantes do grupo foi a professora,

A6 - Teacher, we did it wrong.

Professora, nós fizemos errado.

Professora - What did you do wrong?

O que vocês fizeram errado?

A6 - We didn't mix it right. It has little balls of gelatine. I think it's not going to become like plastic"

Nós não misturamos direito. Tem bolinhas de gelatina. Eu acho que não vai virar plástico.

Essa etapa, inclusive os erros, foi essencial para reforçar o entendimento dos alunos sobre o método científico, uma vez que os erros e acertos durante a produção do bioplástico serviram como ponto de partida para que eles refletissem sobre o processo de investigação científica. Além disso, ao lidarem com problemas e buscarem soluções, os alunos demonstraram um fortalecimento de suas habilidades de resolução de problemas e pensamento crítico. Quando foram perguntados sobre o que acharam do momento no laboratório e o que aprenderam, algumas das respostas foram:

A7 - "I like the lab. It's like a kitchen but kitchen of experiments"

Eu gosto do laboratório. É igual uma cozinha de experimentos.

A8 - "I learned that it's very important to follow the rules or the experiments go wrong"

Eu aprendi que é muito importante seguir as regras ou os experimentos dão errado.

A9 - "We need to know what we have to do before going to the lab"

Nós precisamos saber o que fazer antes de ir pro laboratório.

A10 - “When something is wrong, we have to do it one more time”

Quando algo dá errado, a gente tem que fazer mais uma vez.

A11 - “It’s complicated if you don’t pay attention to the instructions”

É complicado se você não prestar atenção às instruções.

Após a produção dos bioplásticos, os alunos se dedicaram à montagem dos vasos, onde as sementes de feijão seriam plantadas. Esse processo exigiu não apenas habilidades manuais, mas também planejamento colaborativo, à medida que discutiam a melhor forma de organizar os vasos. A fase de montagem do protótipo envolveu a colocação dos bioplásticos e plásticos convencionais e biodegradáveis no fundo dos vasos e em volta dos feijões, permitindo que os alunos observassem de maneira comparativa como esses diferentes materiais influenciariam o crescimento e a saúde das plantas ao longo do tempo. Além disso, os alunos tiveram que refletir sobre a influência dos materiais no ciclo de vida das plantas, prevendo possíveis desafios como a retenção de água e o impacto na raiz das plantas. Esse momento foi essencial para consolidar os conceitos discutidos em sala sobre biodegradabilidade e impacto ambiental, conectando teoria e prática de maneira significativa para o projeto.

Durante essa etapa, foi possível observar um aumento significativo na autonomia dos alunos. A responsabilidade de organizar o espaço, preparar os materiais e iniciar o plantio das sementes, assim como a tarefa de documentar tudo isso, promoveu o senso de propriedade sobre o projeto. Grupos, ou alunos, que no início mostravam dificuldade em cooperar, começaram a trabalhar de maneira mais coesa, com divisão clara de tarefas e uma comunicação mais eficaz. É importante ressaltar que no decorrer do experimento, embora os alunos tenham sido organizados em grupos, essa divisão não implicou na separação das tarefas de modo que alguns ficassem excluídos de determinadas etapas do projeto. A formação dos grupos teve como principal objetivo proporcionar um espaço de estudo e discussão colaborativa, permitindo que cada aluno participasse ativamente de todas as fases do experimento. Essa abordagem difere da organização em grupos que muitas vezes resulta na distribuição de responsabilidades específicas para cada grupo, o que pode limitar a participação integral de cada aluno. No presente experimento, todos os

estudantes foram encorajados a se envolver com todas as atividades, assegurando uma experiência de aprendizado mais completa e integrada. Algumas dessas fases podem ser vistas na Figura 11.

Figura 11 - Desenho mostrando a visão dos alunos sobre um mundo sem árvores



Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024).

Os resultados práticos dessa fase ficaram evidentes na forma como os alunos refletiram sobre as possíveis consequências do uso de diferentes materiais plásticos no ambiente. O ato de manipular diretamente os materiais e preparar o solo para o plantio gerou uma discussão mais profunda sobre o impacto dos plásticos no solo, o que ampliou sua percepção ambiental. A conexão prática entre a produção do bioplástico e o crescimento das plantas permitiu que os alunos visualisassem, de maneira concreta, o impacto de suas ações. Uma das interações bem interessantes durante o plantio foi a seguinte:

A2 - *“I don’t think this plastic will disappear”*

Eu não acho que esse plástico vai desaparecer.

Professora - *“Why not?”*

Por que não?

[A2 manipula o copo plástico enquanto o prepara pra colocar na terra]

A2 - *It’s too hard [A2 amassa e desamassa o copo]. Bacteria can’t destroy this.*

É muito duro. Bactérias não conseguem destruir isso.

Professora - What about this one? [Dá ao aluno o bioplástico de amido de batata]

E esse aqui?

A2 - I think bacteria can eat this easy because it's food!

Eu acho que as bactérias conseguem comer esse fácil porque é comida!

A consideração da aluna sobre a bactéria conseguir “comer [o bioplástico de amido de batata] porque é comida”, embora precise ser revista em termos de aprofundar o conhecimento científico e exatidão, mostrou que a aluna, e outros que concordaram com ela e demonstraram pensamentos similares, estavam começando a se apropriar da discussão sobre biodegradabilidade.

A consideração da aluna sobre a bactéria conseguir “comer [o bioplástico de amido de batata] porque é comida”, embora simplificada, revelou um avanço importante no seu raciocínio sobre biodegradabilidade. A observação precisou passar por reforma para estar cientificamente adequada, pois a decomposição do bioplástico não ocorre apenas porque é “comida”, mas porque materiais como o amido de batata podem ser degradados enzimaticamente por microrganismos, em condições adequadas. No entanto, essa degradação depende de fatores como temperatura, umidade e a presença de bactérias adequadas no ambiente, sendo mais eficiente em processos de compostagem industrial, por exemplo. Mesmo assim, o comentário demonstra que a aluna, juntamente com outros que concordaram com ela, estava começando a se apropriar da discussão sobre a biodegradabilidade de forma prática e significativa.

Outro ponto a ser notado é que através da manipulação dos materiais e da montagem do protótipo, os alunos puderam fazer conexões claras entre a ciência aplicada e as questões ambientais globais.

A observação comportamental durante essa etapa também mostrou que a participação deles no processo experimental aumentou o engajamento e a motivação dos alunos. Aqueles que, no início, estavam mais distantes do processo, se envolveram mais

à medida que viam o produto final de seus esforços tomando forma e quando começaram a pensar sobre se os feijões realmente iriam crescer, visto que muitos deles estavam céticos e achavam que iria morrer em poucos dias. O trabalho colaborativo foi um fator-chave para o sucesso dessa fase, ajudando a aumentar as habilidades de comunicação e cooperação deles, o que foi essencial para que continuassem a discutir sobre o projeto nas subsequentes semanas.

Assim, essa fase inicial preparou o terreno para as próximas etapas da intervenção, criando uma base sólida para a continuidade do projeto. Ao aprenderem a produzir os bioplásticos e a montar o protótipo, sempre colocando as mãos na massa, os alunos não apenas desenvolveram habilidades científicas, mas também passaram a adotar uma postura mais responsável e consciente em relação ao projeto.

5.4 ACOMPANHAMENTO DO PROTÓTIPO PEDAGÓGICO AMBIENTAL EXPERIMENTALISTA: FASE DE INTERVENÇÃO

Durante esta fase, o acompanhamento do crescimento dos feijões e a manutenção do protótipo experimental desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento científico, crítico e colaborativo dos alunos. Essa etapa revelou um progresso significativo tanto nas habilidades práticas quanto na reflexão sobre o impacto ambiental dos materiais testados, além de promover a integração com outras áreas do conhecimento, como matemática, arte, história e redação.

Logo nos primeiros dias de acompanhamento, surgiram alguns desafios em relação à rega das plantas. Inicialmente, não havia um sistema organizado para definir quais alunos seriam responsáveis por essa tarefa, resultando em dias em que os feijões eram aguados excessivamente, enquanto em outros não recebiam água suficiente. Isso trouxe à tona a necessidade de organização coletiva para o bom andamento do experimento.

A solução encontrada pelos próprios alunos foi a criação de uma tabela, onde cada dia duas crianças seriam responsáveis por regar. Esse sistema demonstrou a capacidade dos alunos de reconhecer problemas e tomar a iniciativa de encontrar soluções. A criação da tabela melhorou significativamente o equilíbrio na hora de aguar as plantas, mostrando assim o desenvolvimento de habilidades organizacionais e de responsabilidade coletiva.

Outro aspecto importante foi o cuidado com a área de plantio. Durante as rodas de conversa, os alunos mencionaram a importância de manter o ambiente limpo para evitar odores desagradáveis que eles perceberam quando a água se acumulava nas estantes e debaixo dos vasos. Esse zelo demonstra não apenas a preocupação com o sucesso do experimento, mas também a internalização de valores como responsabilidade e manutenção de um ambiente saudável. Inclusive, alguns alunos até mencionaram o problema de que deixar o ambiente com poças de água poderiam contribuir para a aparição de focos de dengue e que isso era muito preocupante. Assim, começaram a se organizar para que a constante limpeza do local ocorresse, como pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 - Alunas limpando o ambiente do plantio para evitar odores desagradáveis, acúmulo de insetos ou focos de dengue



Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024).

Após algumas semanas de acompanhamento, observou-se a formação de mofo em dois dos sistemas experimentais: aqueles contendo bioplásticos à base de amido de batata e de gelatina. Este evento gerou grande curiosidade entre os alunos, que se engajaram ativamente na tentativa de explicar o fenômeno. Eles registraram em seus cadernos de campo, como visto o exemplo na Figura 13, e então começaram a pesquisar sobre isso

para que pudessem então agir sobre isso de forma a evitar a morte do feijão de forma prematura.

Figura 13 - Ilustração de uma das folhas com mofo, observada por um dos alunos e registrada no caderno de campo



Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024).

Tradução (autora): planta doente / mofo

Durante as discussões das rodas de conversa, os alunos levantaram duas hipóteses principais: a primeira era de que o mofo estava se desenvolvendo devido ao meio orgânico propiciado pelos bioplásticos, criando um ambiente favorável para a proliferação de fungos e a segunda hipótese sugeria que o excesso de água no solo poderia ter sido o que tinha causado isso. Para testar suas suposições, os alunos decidiram diminuir a quantidade de água utilizada na rega, observando as plantas nas semanas seguintes para verificar se essa mudança afetaria o desenvolvimento do mofo. Esse momento foi surpreendente para a professora, que registrou no diário de bordo:

Durante o acompanhamento do experimento, percebemos que mofo começou a aparecer nas plantas com amido e o com a gelatina e então falamos sobre isso na roda de conversa. Eu realmente fiquei surpresa com a reação dos alunos de sugerir explicações de uma forma tão natural sobre o que poderia estar causando o mofo. Eles inclusive

chegaram a hipóteses e planejaram uma forma de tentar testar. Fiquei emocionada ao ver como eles, sem nem perceber e sem direcionamento, aplicaram o método científico para tentar entender o que estava acontecendo. Sem que eu tivesse que guiar muito a conversa deles, eles decidiram diminuir a quantidade de água nas plantas para testar se essa seria a causa do mofo. Eles por conta própria propuseram uma experiência para testar suas hipóteses. O mais incrível foi ver a curiosidade e a confiança deles ao sugerir essas ideias. Ver como conseguiram conectar o que estavam vendo com o que já tínhamos discutido sobre decomposição, adubo, umidade e os materiais usados no projeto, me deu certeza de que eles estão não apenas aprendendo conteúdo, mas desenvolvendo uma conduta investigativa que vão levar para a vida.

Esse processo de formulação de hipóteses e ajustes experimentais demonstrou uma clara evolução no pensamento científico dos alunos. Eles não apenas identificaram o problema, mas também aplicaram o método científico ao propor e testar soluções. Essa etapa foi particularmente importante para reforçar a percepção ambiental dos alunos, pois eles puderam relacionar o impacto dos materiais biodegradáveis no solo com questões reais de decomposição de resíduos orgânicos.

Outro desafio surgiu quando o feriado do Dia das Crianças se aproximava, deixando os alunos preocupados com a sobrevivência dos feijões durante os cinco dias em que estariam longe da escola e não teria ninguém para aguar as plantas. O medo de que as plantas morressem levou os alunos a refletirem sobre como poderiam criar um sistema de irrigação automática, uma questão que demandava criatividade e habilidades de resolução de problemas.

Os alunos foram incentivados a desenhar propostas para o sistema de irrigação usando materiais simples. As sugestões foram variadas, mas após votação coletiva, eles decidiram por uma solução que consistia em uma garrafa d'água pendurada, conectada a mangueiras levemente apertadas para que a água escorresse aos poucos. Esse momento foi crucial para integrar outros campos do conhecimento ao projeto, como a matemática, quando os alunos tentaram calcular quanto tempo demoraria para que a água da garrafa se esgotasse, levando em conta a vazão da água. Eles colaram as fotos de suas propostas no vidro perto da estante de plantas, assim como a Figura 14 mostra.

Figura 14 - Propostas de irrigação junto à tabela de organização para regar os feijões

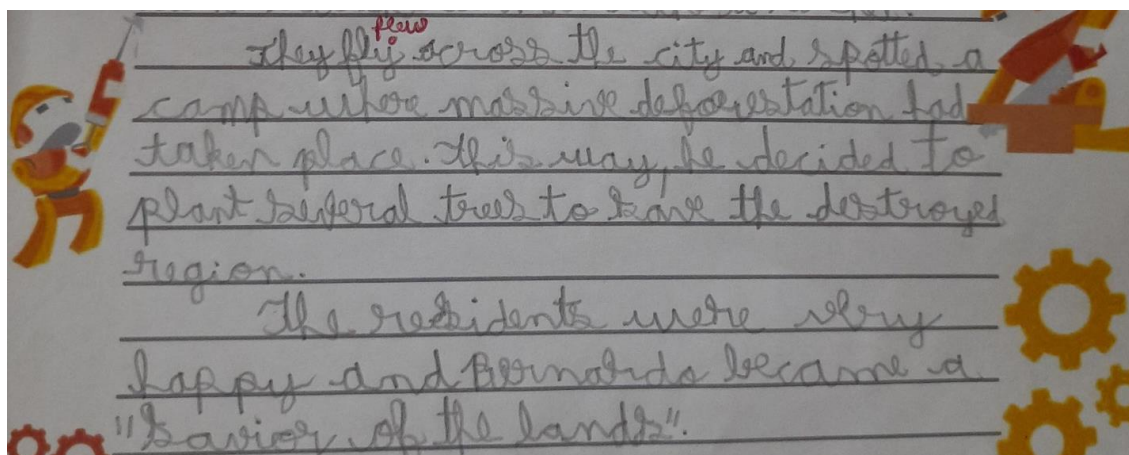


Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024).

Essa iniciativa não apenas mostrou o potencial criativo dos alunos, mas também reforçou o caráter colaborativo e interdisciplinar do projeto. A capacidade de encontrar soluções práticas para problemas reais é uma habilidade que transcende as ciências e se aplica a várias outras áreas da vida deles.

Outro aspecto deste projeto foi seu caráter holístico e transdisciplinar, indo além dos limites da ciência. À medida que os alunos avançavam no acompanhamento do protótipo, eles começaram a incorporar os conhecimentos adquiridos em suas produções em outras disciplinas. Como exemplo, pode-se citar as aulas de redação, onde muitos dos alunos escolheram escrever sobre o ambiente e o impacto dos plásticos no planeta, demonstrando que as reflexões geradas pelo projeto estavam sendo aplicadas de forma criativa em contextos diversos. A forma como usaram o vocabulário adquirido e apropriação e vontade de mudança pôde ser bem percebida, assim como no exemplo da Figura 15.

Figura 15 - Parte da redação de um aluno

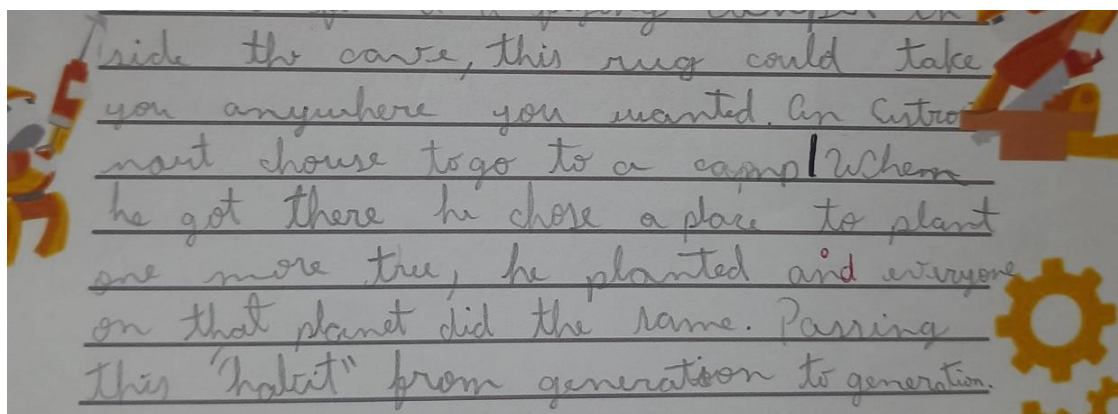


Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024).

Tradução (autora): Eles voaram pela cidade e viram um acampamento onde um massivo desmatamento tinha acontecido. Dessa forma, ele decidiu plantar várias árvores para salvar a região destruída. Os residentes ficaram muito felizes e Bernardo se tornou o “Salvador das Terras”.

Nesse exemplo, o aluno falou sobre desmatamento (deforestation), e sugeriu uma solução no texto: plantar várias árvores e assim se tornar o “salvador das terras”. Uma linha de raciocínio similar pôde ser observada no texto de uma outra aluna, na Figura 16, em que fala também sobre plantar árvores, e passar esse “hábito” para as próximas gerações, mostrando assim a importância de não apenas se conscientizar, mas também conscientizar outros de forma a realmente fazer mudanças reais no seu entorno e no mundo.

Figura 16 - Parte da redação de uma aluna



Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024).

Tradução (autora): ...esse tapete [mágico] podia te levar pra onde você quisesse. O astronauta decidiu ir para um acampamento. Quando ele chegou lá, ele escolheu um lugar para plantar uma árvore. Ele plantou e todos naquele planeta fizeram o mesmo, passando esse “hábito” de geração em geração.

Além disso, os alunos também foram convidados a se expressar de forma artística e muitos alunos pintaram árvores (Figura 17), feijões, plantações, paisagens naturais e elementos da natureza, e, ao explicar o porquê, inseriram o projeto em suas explicações. Esses trabalhos artísticos serviram como uma forma de expressão dos sentimentos e percepções que eles estavam desenvolvendo ao longo do processo, especialmente em relação à importância da preservação ambiental e do uso consciente dos recursos.

Figura 17 - Momento de criação das artes para exposição na escola aberta



Fonte: Imagens (fotografias) da autora (2024).

Como uma extensão do projeto e uma demonstração do engajamento dos alunos e da capacidade deles de criar iniciativas, eles planejaram e executaram uma ação de limpeza na Praia do Flamengo, uma área próxima à escola. Essa iniciativa não só permitiu que os alunos aplicassem na prática o que haviam aprendido sobre responsabilidade ambiental da forma que eles decidiram, mas também os colocou em contato direto com a comunidade. A ação foi recebida com entusiasmo e pela comunidade escolar e, como reconhecimento do impacto positivo, o evento foi destacado em um jornal local (Figura 18), ampliando a conscientização sobre a importância de manter áreas públicas limpas e preservadas.

Figura 18 - Reportagem sobre preservação das praias em que os alunos apareceram



Fonte: Youtube, disponível em <https://youtu.be/5rj5-kdSEKQ?si=av6Q6kLNoswNKON>

Essas ações demonstram o alcance do projeto além do ambiente escolar, evidenciando como as atividades práticas despertaram nos alunos uma responsabilidade profunda sobre sustentabilidade e o desejo de atuar como agentes de mudança em suas comunidades.

5.5 FASE DA PÓS-INTERVENÇÃO

Ao final do projeto, na fase tratamento de dados, teve-se como objetivo analisar como a aplicação deste protótipo experimentalista influenciou a percepção ambiental e o entendimento dos alunos sobre o impacto dos plásticos no ambiente, além de explorar como o engajamento dos alunos com o tema se manifestou ao longo do projeto. Para esse tratamento de dados, utilizou-se a análise de conteúdo de Bardin (1977), que, em sua primeira fase, de pré análise, foca na organização dos dados coletados e a preparação para a análise. Isso foi feito neste trabalho da seguinte forma:

- a) Corpus de análise: O corpus incluiu todos os registros das observações feitas pelos alunos (orais nas rodas de conversa e momentos informais e escritas, nos artigos

de jornal e cadernos de campo), anotações sobre o desenvolvimento do experimento, fotos dos estágios do plantio, e quaisquer outras atividades complementares (como desenhos ou apresentações feitas pelos alunos).

b) Definição das hipóteses: Após a leitura inicial, pôde-se obter como hipóteses preliminares:

- os alunos demonstraram maior conscientização sobre os problemas na escola após o experimento no laboratório;
- a observação do processo de degradação influenciou a percepção dos alunos sobre a importância de substitutos para os plásticos, como os bioplásticos;
- os alunos ficaram mais engajados com o experimento quando eles puderam atuar e fazer alguma intervenção ao redor deles, como entrevistas com a comunidade escolar.

c) Seleção de documentos: Foi feita uma escolha dos registros mais relevantes para a análise, como falas significativas durante o acompanhamento do experimento, além de reflexões dos alunos sobre as mudanças que observaram nos diferentes tipos de plásticos e bioplásticos. Nessa parte, focou-se na escolha de registros que mostrassem o desenvolvimento dos alunos no decorrer do projeto. Como exemplo, os excertos abaixo são de dois momentos distintos, ao início e ao final da aplicação do projeto, numa interação com o mesmo aluno:

A3 - *“Of course plastic is bad. It [will] stay in the planet forever.”*

Claro que plástico é ruim. Ele fica no planeta pra sempre.

Professora - *“What about biodegradable plastic?”*

E plástico biodegradável?

A3 - *“It is good plastic?”*

É plástico bom?

Professora - *“What do you think?”*

O que você acha?

A3 - *Hmmm, I don't know.*

Hmmm, eu não sei

Professora - *"You should research that, don't you think?"*

Você deveria pesquisar, não acha?

(10/08/2023)

e,

A4 - *"This plastic is not biodegradable. They're lying. It didn't disappear."*

Esse plástico não é biodegradável. Eles estão mentindo. Ele não desapareceu.

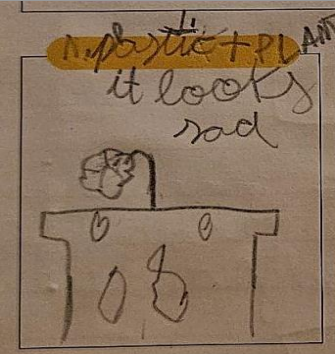
A3 - *"They aren't lying. It didn't disappear 'cause it don't have enough time. Biodegradable doesn't mean it's fast."*

Eles não estão mentindo. Não desapareceu porque não teve tempo suficiente. Biodegradável não significa rápido.

(07/11/2023)

- d) Formulação de categorias: As categorias visaram organizar os registros de forma a desenvolver indicadores que pudessem orientar a interpretação final. Foram escolhidas as seguintes temáticas (Quadro 4), das quais exemplos foram destacados em cada categoria.

Quadro 4 – Categorias utilizadas para tratamento de dados

Temática	Explicação	Exemplo	Tradução
<i>Observação científica</i>	Como os alunos relataram o processo do protótipo, suas hipóteses, se conseguiram identificar e explicar diferenças entre as variáveis do experimento e anotações e comentários sobre procedimentos.	“We made bioplastic in the lab. It is bioplastic of potato and gelatine. It’s natural material. We think it will make the plants grow beautiful” (hipótese).	Fizemos bioplástico no laboratório. É um bioplástico de batata e gelatina. É um material natural. A gente acha que vai fazer as plantas crescerem bonitas.
<i>Percepção ambiental</i>	Falas e observações relacionadas à consciência sobre o ambiente, sobre os recursos naturais e os impactos ambientais.	“If water is polluted the plant can die and the fruit gets rotten and it’s horrible to the health and people who eat this can die. If water is polluted with microplastic, the fruit of the plant will have microplastic.” (impacto ambiental)	Se a água estiver poluída, a planta pode morrer e o fruto apodrecer, o que é horrível para a saúde, e as pessoas que comerem isso podem morrer. Se a água estiver poluída com microplástico, o fruto da planta terá microplástico.
<i>Atitudes em relação a soluções ambientais</i>	Sugestões, iniciativas, propostas de ações, alternativas sustentáveis pensadas pelos alunos, assim como suas opiniões sobre os bioplásticos como uma possível solução para o uso do plástico.	What can kids do? • IF WE USE PLASTIC CUPS, DO NOT THROW IN THE TRASH. REUSE IT, WE CAN DO MANY THINGS. • USE REUSABLE BOTTLES. • DO NOT USE PLASTIC BAGS. • WASH AND REUSE ITEMS. • USE BINS FOR RECYCLABLES • USE RECYCLED PLASTIC TO MAKE MODELS AND TO MAKE OTHER PLASTIC THINGS. • USE THE PLASTIC OF WASTE TO MAKE TOYS. Pôster que eles colocaram na escola (iniciativa)	O que as crianças podem fazer? - Se usar copos de plástico, não jogue no lixo. Reutilize, podemos fazer muitas coisas. - Use garrafas reutilizáveis. - Não use sacolas plásticas. - Lave e reutilize os itens. - Use lixeiras para recicláveis. - Use plástico reciclado para fazer modelos e outros objetos de plástico. - Use o plástico descartado para fazer brinquedos.
<i>Percepções Emocionais</i>	Percepções emocionais exibidas pelos alunos quanto a como descrever aspectos do experimento ou sobre o que eles sentiam sobre os assuntos.		Plástico + planta = parece triste

Fonte: Autoria própria (2024).

A próxima fase da análise de conteúdo é a de exploração do material, onde foi feita a codificação e categorização. Nessa parte, o trabalho foi de organizar palavras, frases e temas identificados e agrupá-los nas categorias definidas na pré análise. O objetivo foi fragmentar o conteúdo em unidades menores, que foram analisadas e classificadas. Nesta fase, foram feitas a codificação, que consistiu em identificar trechos relevantes nos discursos e registros e vinculá-los sistematicamente às categorias estabelecidas, e a categorização, que foi o agrupamento das observações e falas conforme as categorias para então organizá-los numa tabela como no Quadro 4.

Por último, foi feito o tratamento dos resultados e interpretação onde os dados foram analisados buscando compreender as mensagens presentes nos textos e tirar conclusões para a pesquisa que foi sistematizada neste trabalho.

Ao tratar os resultados obtidos no projeto sobre bioplásticos, foi possível identificar padrões claros nas respostas e nas observações dos alunos. O experimento desempenhou um papel crucial na promoção da conscientização ambiental, com muitos alunos demonstrando uma mudança perceptível em suas percepções e ações. Um dos exemplos disso foi a mudança na utilização de copos descartáveis. No começo do projeto, muitos alunos esqueciam as garrafinhas de água em casa e então pediam copo descartável na escola, mas ao decorrer da aplicação do projeto, os alunos começaram a chamar a atenção um dos outros sobre a necessidade de diminuir o lixo plástico, tema recorrente nas discussões, e utilizar uma garrafinha reutilizável. Essa conscientização coletiva, discutida durante as rodas de conversa, foi categorizada dentro de “Atitudes em relação a soluções ambientais”.

Outro ponto importante foi como a observação direta do processo de degradação dos diferentes materiais, plásticos comuns e bioplásticos, despertou neles uma compreensão mais profunda sobre o impacto dos plásticos no ambiente, visto que a comparação feita por eles, num período de tempo que eles mesmos acompanharam do início ao fim, deu a eles provas concretas para basear suas argumentações. Alunos, ao fim do experimento, podiam falar, *“Eu vi como a diferença é marcante”*.

Foi possível observar que, à medida que o projeto avançava, os alunos demonstraram uma crescente responsabilidade ambiental, refletida tanto nas discussões quanto nas atitudes em relação ao experimento. Houve um fortalecimento das habilidades

de empatia e cooperação, com os alunos mostrando mais sensibilidade às dificuldades enfrentadas pelos colegas e mais abertura para oferecer ajuda. O diário de bordo e as rodas de conversa mostraram que o envolvimento prático com o tema dos bioplásticos e o impacto dos plásticos no ambiente despertou nos alunos um senso de responsabilidade e urgência em relação às questões ambientais. A curiosidade inicial se transformou em um compromisso mais profundo com o tema, à medida que os alunos compreendiam o papel que eles poderiam desempenhar na construção de soluções sustentáveis.

O engajamento dos alunos ao longo do projeto também foi significativo. Frases recorrentes foram sobre o a curiosidade sobre o que ia acontecer, o interesse no desenvolvimento do feijão e a responsabilidade por educar outros em sua comunidade e fazer a diferença. Durante projetos longos como este, é muito comum que se perca o engajamento dos alunos, porém, eles se mostraram entusiasmados em acompanhar as mudanças e discutir os resultados, o que reflete o impacto positivo e necessário das abordagens práticas e experimentais no ensino. As falas dos alunos não só indicaram o entendimento do conteúdo científico envolvido, mas também uma mudança de atitude em relação ao uso de plásticos e a importância de buscar alternativas sustentáveis, como ficou evidente no seu desenvolvimento.

5.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os resultados obtidos com o experimento revelaram diferenças significativas na capacidade de degradação entre os bioplásticos e os plásticos convencionais. Enquanto os plásticos convencionais mantiveram, em sua maior parte, sua integridade física durante o período de observação, os bioplásticos demonstraram sinais claros não só de degradação, mas também de integração com o ecossistema do feijão. Ao final do experimento, os materiais bioplásticos com feijões (vasos 2 e 4) haviam desaparecido, o que ocorreu de forma mais rápida em comparação aos plásticos tradicionais (vasos 6, 8 e 10). Esta diferença na observação experimental foi observada, identificada e discutida pelos alunos, indicando o desenvolvimento do método observacional experimentalista. A degradação dos bioplásticos está alinhada com a literatura sobre materiais biodegradáveis, que enfatiza a sua maior suscetibilidade à ação de micro-organismos do solo. Esses micro-organismos, ao encontrarem substratos orgânicos no ambiente, utilizam enzimas para quebrar as cadeias moleculares dos bioplásticos, transformando-as em

compostos mais simples, como água, dióxido de carbono e biomassa, que acabam por dar um meio propício para o plantio água (De Souza et al., 2016).

Por outro lado, os plásticos convencionais, compostos por polímeros sintéticos de longa cadeia, possuem uma estrutura molecular densa e altamente resistente à biodegradação. A ausência de alterações estruturais visíveis nos plásticos convencionais ao longo do experimento evidencia sua persistência no ambiente, um problema conhecido em relação a esses materiais. Essa resistência dos plásticos à decomposição é um dos fatores que contribuem para o acúmulo de resíduos plásticos no solo, nos oceanos e em outros ecossistemas, causando impactos negativos à vida vegetal e animal, além de alterar as características físico-químicas dos ambientes onde se acumulam (Pompêo *et al.*, 2022).

A análise dos efeitos da presença desses materiais no solo também mostrou um impacto direto no desenvolvimento das plantas. Durante o cultivo dos feijões, foi observado que as sementes plantadas em contato com os bioplásticos apresentaram um crescimento maior e mais saudável. A degradação dos bioplásticos parece ter contribuído para criar um ambiente mais propício ao crescimento das plantas, reduzindo barreiras físicas no solo e possivelmente aumentando a disponibilidade de espaços porosos, que são fundamentais para a circulação de ar e a drenagem de água (De Souza et al., 2016). Esse resultado sugere que, embora os bioplásticos ainda sejam artificiais, sua decomposição contribui para a manutenção de um ambiente favorável ao desenvolvimento vegetal, tornando-os uma alternativa menos prejudicial em comparação aos plásticos tradicionais.

Em contraste, os feijões plantados em solos com plásticos convencionais enfrentaram maior dificuldade de crescimento. A presença de resíduos plásticos inteiros no solo provavelmente interferiu na penetração das raízes, criando uma barreira física que limitou a expansão radicular. Além disso, os plásticos convencionais podem ter comprometido a troca gasosa no solo e dificultado a retenção de água, fatores que são essenciais para a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plantas. Estudos prévios indicam que a presença de plásticos não biodegradáveis no solo pode alterar a estrutura física do substrato, impactando negativamente a germinação e o crescimento de diferentes espécies vegetais (Zanin, Mancini, 2015). Esse efeito observado no experimento corrobora a literatura e reforça a necessidade de reduzir o uso

de plásticos convencionais em atividades cotidianas e substituí-los por alternativas biodegradáveis.

Durante o experimento, também foi observado pelos alunos o crescimento de fungos em bioplásticos à base de amido, especialmente em condições de umidade. Esse fenômeno mostra a presença de micro-organismos decompositores no ambiente, que desempenham um papel essencial na reciclagem da matéria orgânica. A observação dos fungos permitiu que uma discussão mais ampla sobre o ciclo da vida e a importância da decomposição para a manutenção dos ecossistemas fosse aberta com os alunos. Paralelamente a isso, também foi abordada a questão da segurança alimentar, destacando que alimentos contaminados por fungos estão em processo de degradação e podem representar riscos à saúde. Essa reflexão levou a uma conversa sobre o consumo de fungos na alimentação humana, como no caso do queijo gorgonzola, cuja produção envolve fungos específicos que contribuem para suas características e não representam perigo quando cultivados de forma controlada.

Diante desses achados, propõe-se que estudos futuros investiguem com maior profundidade a relação entre a degradação dos bioplásticos e a atividade microbiológica no solo. A análise da microbiota do solo durante o processo de degradação poderia fornecer informações valiosas sobre quais micro-organismos são mais ativos na decomposição dos bioplásticos e como essa atividade influencia a qualidade do solo para o desenvolvimento de plantas. Além disso, seria interessante explorar se a liberação de subprodutos durante a decomposição dos bioplásticos exerce algum efeito direto sobre o crescimento das plantas, como a presença de compostos que possam atuar como nutrientes adicionais.

Esses resultados reforçam a ideia de que a utilização de bioplásticos pode representar um passo importante na mitigação dos impactos ambientais causados por resíduos sintéticos. A introdução de bioplásticos em substituição aos plásticos convencionais pode ser particularmente vantajosa em contextos em que a decomposição natural no solo seja viável, como em sistemas de compostagem ou em áreas agrícolas, contribuindo para um ciclo mais sustentável de uso e descarte de materiais.

6 O PRODUTO

A proposição e desenvolvimento do protótipo pedagógico ambiental experimentalista "Feijões em plásticos e bioplásticos" abordou a decomposição de plásticos e seus impactos ambientais como parte central do projeto, proporcionando uma experiência científica e experimentalista para os alunos. Este experimento permitiu que os alunos observassem diretamente o processo de degradação de diferentes tipos de plásticos e tirassem suas próprias conclusões para compreender seus impactos ambientais.

A turma foi dividida em grupos, o que incentivou a colaboração e a responsabilidade entre os alunos, permitindo que cada grupo se concentrasse em tarefas específicas e compartilhasse suas descobertas com os outros. Isso também ajudou a organizar a atividade, visto que os alunos poderiam facilmente se desorganizar, especialmente ao realizar algo novo. Mesmo com a organização em grupos, a responsabilidade do cuidado era compartilhada e decidida pelos próprios alunos, que tinham pleno controle e acesso à todas as partes do protótipo. Exemplo disto foi a discussão dos alunos sobre o problema identificado também por eles que foi a questão da rega no fim de semana.

Sob orientação da professora, os alunos foram ao laboratório da escola e produziram dois tipos de bioplásticos, utilizando amido como principal componente de um e gelatina no outro. Esse processo incluiu etapas como a mistura de ingredientes, aquecimento e moldagem dos bioplásticos, oferecendo uma experiência prática de ciência aplicada.

Nessa etapa, a metodologia e lista de materiais, assim como equipamentos, foram apresentados aos alunos. Antes de irem ao laboratório, eles precisavam entender muito bem o que iriam fazer e como, além de conhecer todo o vocabulário necessário, para que não se perdessem ao misturar os ingredientes e tentar produzir o bioplástico. Para essa etapa, os alunos foram apresentados a todo o conteúdo previamente por meio de uma apresentação de slides elaborada de forma a ser informativa e acessível ao entendimento deles.

A apresentação foi desenvolvida com elementos visuais chamativos, incluindo imagens, ilustrações, e gráficos que facilitavam a compreensão do que eles iriam fazer e como (Figura 19). Cada slide foi pensado para ser claro e direto, utilizando uma linguagem visual que permitisse aos alunos de 8 a 9 anos compreenderem os passos do experimento de forma intuitiva.

Ao final da apresentação, foram realizadas perguntas para assegurar que os alunos haviam assimilado as informações e estavam preparados para executar as atividades no laboratório. Essa abordagem multimodal não apenas despertou o interesse dos alunos, mas também reforçou a retenção do conteúdo, permitindo que eles se sentissem confiantes e bem-preparados para a fase prática do experimento.

Figura 19 - Exemplo dos slides utilizados para apresentação aos alunos



Fonte: Autoria própria (2024)

Tradução (autora): Nós vamos fazer dois tipos de bioplástico / bioplástico de amido de batata / origem vegetal / bioplástico de gelatina / origem animal / nós vamos precisar: / liquidificador / peneira / colheres / panela / jarra / copo medidor / tabuleiro

Além dos bioplásticos produzidos pelos próprios alunos, eles também coletaram três tipos adicionais de plásticos para o experimento: uma sacola biodegradável maleável, um copo plástico biodegradável e uma sacola de plástico convencional. Essa variedade de materiais, que foram as variáveis, permitiu uma comparação abrangente dos diferentes tipos de plásticos em condições controladas. Após a produção do bioplástico e a coleta dos diferentes tipos de plástico, os alunos realizaram a montagem do protótipo.

Os alunos, então, vestiram jalecos, adotando o papel de cientistas durante a execução do experimento, e cada grupo registrou suas observações, medições e desenhos ao longo do experimento. Eles foram instruídos a observar e registrar diversos aspectos,

como mudanças na aparência dos plásticos, crescimento dos feijões ou interações observadas entre os plásticos e o ambiente do solo.

Os protótipos experimentalistas foram desenvolvidos para permitir que os alunos explorassem a biodegradabilidade de diversos tipos de bioplásticos em comparação com plásticos convencionais. Os alunos participaram ativamente na criação dos bioplásticos, o que incluiu a mistura dos ingredientes, a moldagem dos materiais e o plantio de feijões em diferentes tipos de plásticos e bioplásticos. A metodologia envolveu monitoramento regular dos protótipos para observar a degradação, coleta e análise de dados sobre o desempenho dos materiais e discussões em grupo sobre os resultados.

Os protótipos experimentalistas revelaram que a abordagem prática e investigativa é eficaz para ensinar conceitos complexos de forma mais compreensível e envolvente possível. Além disso, a análise dos protótipos destacou a necessidade de continuar explorando e desenvolvendo soluções alternativas para a gestão de resíduos plásticos.

O projeto não apenas ofereceu aos alunos uma oportunidade de aprendizado prático, mas também contribuiu para o desenvolvimento de uma consciência crítica sobre a sustentabilidade e a necessidade de soluções inovadoras para os problemas ambientais. Os resultados obtidos sublinham a importância de integrar a prática experimental com a teoria, preparando os alunos para enfrentar desafios ambientais de maneira mais informada e eficaz.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, algumas considerações merecem destaque. Primeiramente, o engajamento dos alunos em todas as etapas do projeto foi expressivo, revelando um interesse genuíno pelas atividades propostas. Esse envolvimento não só foi essencial para o sucesso do projeto, como também intensificou a conexão dos alunos com o conteúdo, fortalecendo seu senso de pertencimento e compromisso com as questões abordadas.

Outro aspecto relevante foi a aprendizagem social, promovida pela organização dos alunos em equipes durante as atividades práticas. Esse formato colaborativo não apenas facilitou a execução das tarefas, permitindo que os alunos se revezassem e dividissem responsabilidades, mas também criou um ambiente de troca de ideias e experiências. A colaboração em grupo permitiu que os alunos discutissem soluções conjuntas para desafios, fortalecendo suas habilidades de trabalho em equipe e enriquecendo a experiência educativa.

No que tange à educação ambiental e à alfabetização científica, observou-se uma eficiente transposição pedagógica dos conceitos teóricos. Os alunos foram capazes de assimilar os princípios científicos relacionados à degradação ambiental dos plásticos e bioplásticos demonstrando compreensão de conceitos complexos.

É importante destacar como os métodos de ensino prático e experimental, alinhados aos princípios da educação protagonista, tiveram um impacto significativo na mudança de percepção dos alunos. A literatura sobre educação ambiental e alfabetização científica aponta que a aprendizagem ativa e contextualizada, com a participação efetiva dos alunos em projetos experimentais, promove um envolvimento mais profundo e uma compreensão crítica dos problemas ambientais. Neste estudo, essa abordagem permitiu que os alunos não apenas adquirissem conhecimento sobre bioplásticos, mas também desenvolvessem habilidades socioemocionais, como o pensamento crítico e a reflexão sobre suas responsabilidades em relação ao ambiente. Isso reforça a importância de continuar promovendo abordagens educacionais inovadoras que integrem aprendizado prático, colaboração social e uma consciência ambiental crítica.

Mesmo com o sucesso desta pesquisa, é preciso problematizar o conceito de bioplásticos como uma solução definitiva para a crise do lixo plástico. As reflexões dos alunos sobre essas questões durante o trabalho demonstram que para uma compreensão crítica que vai além da simples adoção de novas tecnologias, é necessário um debate mais amplo e contínuo sobre a necessidade de mudanças estruturais nos padrões de consumo e na gestão dos resíduos. Assim, este estudo reforça que, embora os bioplásticos possam contribuir para a redução do impacto ambiental, eles devem ser apresentados como opções juntamente de alternativas, dando aos alunos subsídio teórico e prático para tomar decisões e fazer escolhas, para agir e experimentar o ambiente; para ser o ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, D.; LINSLEY, C.; SPOELMAN, N.; JOHL, A. **The Fraud of Plastic Recycling**. Center for Climate Integrity, 2024. Disponível em: <https://climateintegrity.org/uploads/media/Fraud-of-Plastic-Recycling-2024.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- ALMEIDA, L. P.; OLIVEIRA, V. B. S.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; MIRANDA, J. L. **A construção do conhecimento científico a partir da educação ambiental crítica: uma influência das relações de poder**. In: Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 20., 2023, Minas Gerais. E-Book Meio Ambiente & Sociedade. Campina Grande: EPTEC, 2023.
- ARAÚJO, R.; ALMEIDA, M. **Educação ambiental e reciclagem: práticas pedagógicas no ensino fundamental**. Revista Brasileira de Educação Ambiental, v. 12, n. 1, p. 45-58, 2017.
- ASSIS, K. T.; VEIGA, B. A. R.; DA SILVA, M. C. T.; ASSIS, G. T.; DA CUNHA, J. B. **Produção de bioplásticos da batata, do leite e da tapioca como temática para a disciplina de Projetos Integradores da área de Ciências da Natureza**. In: Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão-CONEPE, 2022.
- AZEVEDO, L. G.; NEVES, S. B. **Bioplástico: alternativa viável e sustentável ao plástico convencional**, 2019. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- BARBOSA, L. **Feijão com arroz e arroz com feijão: o Brasil no prato dos brasileiros**. Horizontes Antropológicos, Porto Alegre, ano 13, n. 28, p. 87-116, jul./dez. 2007.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução: L. A. Reto; A. Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BÉDARD, N. **Como interpretar os desenhos das crianças**. Editora Isis: São Paulo, 2013.
- BOCCHIO, M. J. C., ESPOSTO, L. M., & ASSOLINI, F. E. P. **(DES)profissionalização docente: efeitos burocratizantes no desenvolvimento profissional**. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 2, p. 14123-14134, 2022.
- BORGES, B. F. **Semiótica e desenhos infantis: uma possibilidade de interpretação**. Poiésis, v. 7, n. 11, 2013.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Diário Oficial da União, Brasília, 2000.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. São Paulo: IMESP, 1988. Cap. II, Art. 196 e Cap. IV, Art. 225.
- BRASIL. **Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRITO, B. W. D. C. S., BRITO, L. T. S., & de Souza Sales, E. **Ensino por investigação: uma abordagem didática no ensino de ciências e biologia**. Revista Vivências em Ensino de Ciências, v. 2, n. 1, 2018.

CANDIDO, S. E. A. **Emergência e dinâmicas das práticas de reciclagem de PET no BRASIL: múltiplos campos e embates de valores** / Silvio Eduardo Alvarez Candido. - São Carlos: UFSCar, 2016. 289 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, 2016.

CARVALHO, I. C. de M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2017.

CASTRO, T. H. M. **Os Bioplásticos: Impactos Ambientais e Perspectivas de Mercado**. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 72, 2019.

CEOLIN, I., CHASSOT, A.I., NOGARO, A. **Ampliando a alfabetização científica por meio do diálogo entre saberes acadêmicos, escolares e primevos**. Revista Fórum Identidades, v. 18, n. 18, p. 13-34, 2016.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Revista Brasileira de Educação, p. 89–100, 1 abr. 2003.

CHAVES, M. O.; BASSINELLO, P. Z. **O Feijão na Alimentação Humana**. EMBRAPA. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123450/1/p15.pdf> Acesso em 20 de jun. 2024.

COLÉGIO LOGOSÓFICO DO RIO DE JANEIRO. **Alunos do Fundamental 2 aprendem a fazer bioplástico**. 13 Nov 2020. Disponível em: <https://www.colegiologosofico.com.br/noticias/90710/alunos-do-fundamental-2-aprendem-a-fazer-bioplastico>. Acesso em 20 de jun. 2024.

CRUZ, L. G. **Políticas Públicas de Educação Ambiental: um estudo sobre a Agenda 21 escolar**, 2014. 200 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências, 2014.

DAMO, A.; DA SILVA SIMÕES, C.; MOURA, D. V.; MINASI, L. F.; CRUZ, R. G. **Paulo Freire, um educador ambiental: apontamentos críticos sobre a educação ambiental a partir do pensamento freireano**. DELOS: Desarrollo Local Sostenible, v. 5, n. 13, 2012.

DE SOUZA, G. T. A. M., NETO, P. F., FORTES, N. L. P., COSTA, R. A. C., SARAIVA, A. F. **Biodegradação de polietileno e bioplástico no solo**. Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 11, 1172-1180, 2016.

DI BARTOLO, A.; INFURNA, G.; DINTCHEVA, N. T. **A Review of Bioplastics and Their Adoption in the Circular Economy.** *Polymers*, v. 13, n. 8, p. 1229, 2021.

DICKMANN, I. **Contribuições do pensamento pedagógico de Paulo Freire para a educação socioambiental a partir da obra pedagogia da autonomia.** Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 165. 2010.

FAKHOURI, F. M. **Bioplásticos flexíveis e biodegradáveis à base de amido e gelatina.** Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Campinas, SP, p. 249. 2009.

FARIAS, M. R. S. **A percepção ambiental da comunidade ribeirinha acerca da poluição das águas na barragem Pirapama e criação de podcasts por estudantes do ensino médio.** Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p. 57. 2023.

FERREIRA, A., SILVA, P., & GOMES, L. **Bioplásticos na educação: Um estudo de caso em escolas de ensino fundamental.** *Revista de Ciências Ambientais*, v. 15, n. 2, 78-89, 2019.

FREINKEL, S. **Plastic: a Toxic Love Story.** Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2011.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade.** 53ª ed.; Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2018.

FREIRE, P. **Educação e mudança.** 30ª ed.; Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2007.

FREIRE, P. **Educar é um ato político.** *Diário do Povo*, [S.l.], p. 6, 14 ago. 1980.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** 84ª ed.; Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GACHTER, H.; MULLER, F. **Plastics additives handbook**, 2nd. ed. Munich: Hanser Publishers, p. 790, 1988.

GADÊLHA, J. E. F. da S.; GADÊLHA, S. C. F. da S. **EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUA IMPORTÂNCIA NA CONSCIENTIZAÇÃO DE CRIANÇAS .** *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 3, n. 1, 2023. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/858>. Acesso em: 16 set. 2024.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. **Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made.** *Science Advances*, v. 3, n. 7, 19 jul. 2017.

GEYER, R. A Brief History of Plastics. **Mare Plasticum - The Plastic Sea**, p. 31–47, 2020.

GONÇALVES, P. M. S. **Metodologia de projetos no ensino de Biologia: identificação e proposição de soluções para mitigar algumas questões ambientais de uma comunidade.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, p. 133. 2020.

GONDIM, S. M. G.; BENDASSOLLI, P. F. **Uma crítica da utilização da análise de conteúdo qualitativa em psicologia.** Psicologia em Estudo, v. 19, n. 2, p. 191–199, jun. 2014.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO. **Estudantes da Rede Estadual de Ensino utilizam batata doce e capim-braquiária para produzir plástico biodegradável.** 04/04/2022. Disponível em: <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-da-educacao/noticias/estudantes-da-rede-estadual-de-ensino-utilizam-batata-doce-e-capim-braquiaria-para-produzir-plastico-biodegradavel>. Acesso em 24 jun. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, SECREATRIA DE EDUCAÇÃO. **Aluno de Alegre produzem bioplástico.** 18/04/2024. Disponível em: <https://sedu.es.gov.br/Not%C3%ADcia/alunos-de-alegre-produzem-bioplastico>. Acesso em 24 jun. 2024.

GRANADO, F. S.; MAIA, E. G.; MENDES, L. L.; CLARO, R. M. **Reduction of traditional food consumption in Brazilian diet: trends and forecasting of bean consumption (2007–2030).** Public Health Nutrition, v. 24, n. 6, p. 1185–1192, 14 dez. 2020

GUENTHER, M.; FERREIRA, M. L. S.; SANTANA, A. D. S. **BRINCANDO COM OS RESÍDUOS: REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM NA EDUCAÇÃO INFANTIL.** Revista Brasileira de Educação ambiental, São Paulo, v. 14, n 1, p. 101-110, 2019.

HAPPY feet: o pinguim. Direção: George Miller. Produção: Doug Mitchell, George Miller, Bill Miller. Estados Unidos, 2006. 1 DVD (108 min), son., color.

HATTIE, J. **Hattie: O que realmente faz a diferença na aprendizagem.** Porto Alegre: Penso, 2015.

HOLMER, S. A. **Histórico da educação ambiental no Brasil e no mundo,** 2020.

HOPEWELL, J., DVORAK, R., & KOSIOR, E. **Plastics recycling: Challenges and opportunities.** Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 364, n. 1526, p. 2115-2126, 2009.

JACOBI, P. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade.** Cadernos de Pesquisa, n. 118, p. 189–206, mar. 2003.

KAZA, S. YAO, L. C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a waste 2.0 : a global snapshot of solid waste management to 2050.** Washington, Dc: World Bank Group, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10986/30317>. Acesso em 22 set. 2024.

LAYRARGUES, P. P. Educação ambiental com responsabilidade social. In: SENAC e Educação Ambiental, v. 13, n. 3, p. 50, setembro / dezembro, 2004.

LIMA, G. F. C. **Educação ambiental crítica: do socioambientalismo às sociedades sustentáveis.** Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 145-163, jan./abr. 2009.

LOUREIRO, C. F. B. **Complexidade e dialética: contribuições à práxis política e emancipatória em educação ambiental.** Educação & Sociedade, v. 26, p. 1473-1494, 2005.

MARQUES, M. D., DIAS, L. S. **Educação ambiental–A interdisciplinaridade para mudanças de intelecto, hábitos e comportamentos.** Educação ambiental em foco, v. 17, n. 28, 2014.

MARQUES, R.; LELIS, D. A. J.; FRAGUAS, T.; ALCHIERI, R. M. **As correntes e tendências político pedagógicas de educação ambiental: um elo entre perspectivas, paradigmas e concepções.** Revista Contemporânea, v. 3, n. 8, p. 9912–9946, 1 ago. 2023.

MEDINA, T. C. A.; **Educação ambiental: uma estratégia colaborativa para mudança do comportamento de crianças em risco social.** Dissertação (Mestrado em Ciências da Educação: Educação Especial) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2017. Disponível em: https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/6832/1/DM_T%C3%A2nia%20Medina.pdf. Acesso em: 16 set. 2024.

MELLO, B. A. **Uma exploração do desenho tipográfico a partir da tradução intersemiótica do filme "frenesi" de Hitchcock.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Design) - Departamento de Design, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/47085>. Acesso em: 24 jun. 2024.

MÈREDIEU, F. **O desenho infantil**; tradução de Álvaro Lorenci, Sandra M. São Paulo: Cultrix, 2006.

MESSIAS, C. G., SILVA, D. E., DA SILVA, M. B., DE LIMA, T. C., & DE ALMEIDA, C. A. **ANÁLISE DAS TAXAS DE DESMATAMENTO E SEUS FATORES ASSOCIADOS NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA NAS ÚLTIMAS TRÊS DÉCADAS.** Raega - O Espaço Geográfico em Análise, v. 52, n. 0, p. 18–41, 2 set. 2021.

MIRANDA, J. L. D., Gomes, F., de Almeida, C. D., Gerpe, R. **O Antropoceno, a educação ambiental e o ensino de química.** Revista Virtual de Química, v. 10, n. 6, p. 1990-2004, 2018.

MIRANDA, J.L., TAMIASSO-MARTINHON, P., GERPE, R. AND DE OLIVEIRA, R.F. **A Educação Ambiental na práxis do Antropoceno e dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.** Futuro do Pretérito na Celebração do Ano Internacional das Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável da UNESCO: Reflexões a partir do Ensino de Química, Educação Química, Sustentabilidade e a Semana de Arte Moderna no Brasil, 2022.

MONTAGNER, C. C.; DIASA, M. A.; PAIVA, E. M.; ALVES, J. e VIDALA, C. **MICROPLÁSTICOS: OCORRÊNCIA AMBIENTAL E DESAFIOS ANALÍTICOS**. Quim. Nova 44, vol. 10, p. 1328-1352, 2021.

O LORAX: em busca da Trúfula perdida. Direção: Chris Renaud, Kyle Balda. Produção: Chris Meledandri, Janet Healy. Estados Unidos, 2012. 1 DVD (86 min), son., color.

OLIVEIRA, M. E. **A TEMÁTICA AMBIENTAL EM DOCUMENTOS CURRICULARES NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 17, n. 2, p. 483–499, ago. 2009.

PALMER, J. A. **Educação Ambiental Crítica: o que significa e por que isso importa**. (Ed.). Educação Ambiental Crítica. p.13-34, 2008.

POMPÊO, M.; RANI-BORGES, B.; PAIVA, T. C. B. D. **Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções**, 2022.

PRATA, J. C. **Airborne microplastics: Consequences to human health?** Environmental Pollution, v. 234, p. 115–126, mar. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29172041/>. Acesso em 20 jun. 2024.

QUEIROZ, J.; AGUIAR, D. **Tradução intersemiótica ação do signo e estruturalismo hierárquico**. Revista do Programa de Pós-graduação em Comunicação Universidade Federal de Juiz de Fora, Vol.4 • nº1, 2010. UFJF ISSN 1981- 4070. Disponível em: www.ppgcomufjf.bem-vindo.net/lumina>. Acesso em 24 jun. 2024.

RAMOS, A.R., GONÇALVES, P.A.D.S.B., TAMIASSO-MARTINHON, P. AND ROCHA, A.S. **Utilização da série animada “The Last Airbender” e “Legend Of Korra” como alicerce de uma prática docente inclusiva**. Aprender – Caderno de Filosofia e Psicologia da Educação, n. 24, p. 179–195, 14 dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/aprender/article/view/7768>. Acesso em: 18 fev. 2024

RIBEIRO, T., FREITAS, A. Educação ambiental e o uso de plásticos: Desafios e perspectivas. **Revista de Educação ambiental em Ação**, v. 14, n. 3, p. 89-103, 2018.

ROBERTO, M. C.; CRESPO, L. C. **Educação ambiental: plástico como tema norteador para aulas de Química**. Revista Educação Pública, Rio de Janeiro, v. 23, nº 1, 2023. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/22/47/educacao-ambiental-plastico-como-tema-norteador-para-aulas-de-quimica> Acesso em 06 set. 2024.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. São Paulo, Editora Brasiliense, 2002.

SANTANA, E. A.; SILVA, C. V.; SOUSA, L. G. R.; MIRANDA, L. F.; FLANOFA, J. D.; SOUSA, R. M. F. **A RECICLAGEM COMO FERRAMENTA DE ENSINO**, Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. São Paulo, v.8.n.06. jun. 2022 ISSN - 2675 – 3375.

SANTOS, C. Metodologias ativas no ensino de ciências: Explorando os plásticos. **Revista Ciência Hoje**, v. 20, n. 4, p. 22-27, 2015.

SASSERON, L. H.; DE CARVALHO, A. M. P. **Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica**. Investigações em ensino de ciências, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SATO, M. **Apaixonadamente Pesquisadora em Educação Ambiental**. Revista Educação: Teoria e Prática, v. 1, n. 2, p. 24, 2001.

SATO, M.; SILVA, R.; JABER, M. **Educação ambiental: tessituras de esperanças**. Cuiabá: Editora Sustentável, EdUFMT, 2018. Disponível em: <https://editorasustentavel.com.br/wp-content/uploads/2018/05/EDUCACAO_AMBIENTAL_Tessituras-de-Esperancas_ebook.pdf> Acesso em: 07 set. 2024

SAUVÉ, L. **Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: uma análise complexa**. Revista Brasileira de Educação, v.10, n.30, p.197-219, 2005.

SAUVÉ, L. **Uma cartografia das correntes em Educação Ambiental**. In: Sato, M.; Carvalho, I. Educação Ambiental: pesquisas e desafios. – Porto Alegre: Artmed, 2008.

SAUVÉ, L. **Educação ambiental: possibilidades e limites**. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, v. 32, n. 1, p. 24-38, 2020.

SAVICZKI, M. L. F., DIAMINI, J. M., DE SÁ, C. C., LARGA, F. V. C., DE MORAES, F. M., & RIGOTTI, V. L. D. **Alfabetização científica: germinando olhares**. Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente, v. 1, n. 2, p. 14-14, 2020.

SHEN, L.; WORRELL, E.; PATEL, M. K. **Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres**. Resources, Conservation and Recycling, v. 55, n. 2, p. 260–274, dez. 2010.

SILVA; S. R.; BORDINI, S. C. **A alfabetização científica no ensino de ciências dos anos iniciais do ensino fundamental por meio da experimentação**. Cadernos Acadêmicos Unina de Educação, v. 2, n. 2, 10 nov. 2022.

SOUZA, M., LIMA, R., & SANTOS, E. **A importância dos bioplásticos no contexto da sustentabilidade ambiental**. Revista de Sustentabilidade e Inovação, v. 5, n. 3, p. 102-115, 2016.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Editora Vozes Limitada, 2012.

THAKUR, S., Chaudhary, J., Sharma, B., Verma, A., Tamulevicius, S. **Sustainability of bioplastics: Opportunities and challenges**. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, v. 13, p. 68–75, out. 2018.

THOMPSON, R. C., MOORE, C. J., SAAL, F. S., & SWAN, S. H. **Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends**. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 364, n. 1526, p. 2153-2166, 2009.

UNITED NATIONS (UN). **Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development**. United Nations, 2015.

UNITED NATIONS. **Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em 26 jun. 2024.

VASCONCELOS, R. M. P. **A GRANDEZA DO GRÃO: Os ciclos reflexivos atrelados à prática do plantio do feijão na educação básica**. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Águas Lindas de Goiás-IFG, Águas Lindas de Goiás, 2022.

VASCONCELOS, Y. **Planeta plástico**. Revista Pesquisa FAPESP, São Paulo, n. 281, p. 1-7, jul. 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/planeta-plastico/>. Acesso em 20 out. 2024.

WWF – BRASIL. **Brasil é o quarto país do mundo que mais gera lixo plástico**, 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em 24 jun. 2024.

Zaman, A.; Newman, P. **Plastics: are they part of the zero-waste agenda or the toxic-waste agenda?** Sustainable Earth, 2021.

ZANIN, M. e MANCINI, S. D. **A Reciclagem de Plásticos. In: Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia** [online]. São Carlos: EdUFSCar, p. 84-136, 2015.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA RODAS DE CONVERSA

PERGUNTAS PREVIAMENTE ELABORADAS

Original	Traduzido
1. What is your name?	1. Qual é o seu nome?
2. How old are you?	2. Quantos anos você tem?
3. What do you do?	3. O que você faz?
4. What is a scientist?	4. O que é um cientista?
5. What does a scientist do?	5. O que um cientista faz?
6. What are you studying right now?	6. O que você está estudando agora?
7. What is plastic?	7. O que é plástico?
8. Is plastic bad for the planet? Why?	8. O plástico é ruim para o planeta? Por quê?
9. How does plastic end up in the ocean?	9. Como o plástico acaba no oceano?
10. Is there a way to help?	10. Existe uma maneira de ajudar?
11. What is bioplastic?	11. O que é bioplástico?
12. Is it better than regular plastic?	12. É melhor do que o plástico comum?
13. Do you think bioplastic protects the environment? Why?	13. Você acha que o bioplástico protege o meio ambiente? Por quê?
14. Is bioplastic recycling plastic?	14. Bioplástico é reciclagem de plástico?
15. Why is it important?	15. Por que é importante?
16. How can we use less plastic?	16. Como podemos usar menos plástico?
17. Are there any materials better than plastic?	17. Existem materiais melhores que o plástico?
18. Why do people use so much plastic?	18. Por que as pessoas usam tanto plástico?
19. Is there anything kids can do to help solve the plastic problem?	19. Há algo que as crianças possam fazer para ajudar a resolver o problema do plástico?
20. Why is it important to take care of the environment and what can you do?	20. Por que é importante cuidar do meio ambiente e o que você pode fazer?