

# EXPLORANDO SOLUÇÕES PARA A NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE CARBONO: UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

*Exploring Solutions for Carbon Emission Neutralization: An Investigative Activity*

**Mirian da Luz Severo<sup>1</sup>**

**Fábio de Souza Alves<sup>2</sup>**

*Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Criciúma  
Rodovia, SC-443, 845 - Vila Rica, Criciúma - SC- 88813-600*

## Resumo

O tema da neutralização das emissões de carbono, se apresenta devido a preocupação com as mudanças climáticas e este assunto permeia a Educação Ambiental. A literatura indica que uma das estratégias para abordar esse tema é o ensino por investigação, que torna o estudante mais ativo e protagonista no processo de ensino e aprendizagem. Portanto o objetivo deste artigo é apresentar os achados de uma Sequência Didática (SD) a partir da utilização da Atividade Investigativa (AI) onde os alunos exploram o ciclo do carbono, identificam fontes de emissão e propõem soluções viáveis, como o uso de energias renováveis, a reciclagem e o reflorestamento. Esse processo não só fortalece o conhecimento científico, mas também estimula a responsabilidade ambiental e o exercício da cidadania ativa. Ao final, os resultados apontaram que os estudantes compreenderam o quanto é importante mitigar os impactos da emissões de gases de efeito estufa. O trabalho se mostrou uma experiência transformadora tanto para os alunos quanto para o professor na condição de facilitador e pesquisador, as discussões e provocações ao longo das atividades foram fundamentais para construir o conhecimento.

**Palavras-chave:** Atividade Investigativa; Neutralização de Carbono Sustentabilidade; Educação Ambiental

## Abstract

The topic of carbon emissions neutralization arises from concerns about climate change, and this issue permeates Environmental Education. The literature indicates that one of the strategies to address this topic is inquiry-based learning, which makes students more active and takes on a leading role in the teaching and learning process. Therefore, the objective of this article is to present the findings of a Didactic Sequence (DS) based on the use of Inquiry-Based Activity (IA), in which students explore the carbon cycle, identify emission sources, and propose viable solutions, such as the use of renewable energy, recycling, and reforestation. This process not only strengthens scientific knowledge but also fosters environmental responsibility and active citizenship. In the end, the results showed that students understood the importance of mitigating the impacts of greenhouse gas emissions. The experience proved to be transformative for both students and the teacher, acting as a facilitator and researcher. Discussions and thought-provoking activities throughout the process were essential for building knowledge.

**Keywords:** Investigative Activity; Carbon Neutralization; Sustainability; Environmental

---

<sup>1</sup> Acadêmica do Curso de Pós Graduação é 10. Graduada em Pedagogia. E-mail: miriansevero@gmail.com

<sup>2</sup> Orientador Doutor em Educação. E-mail: fabio.alves@ifsc.edu.br

## **Introdução**

Este artigo busca apresentar práticas que instigaram o interesse dos estudantes sobre a neutralização do carbono através de uma Sequência Didática (SD) baseada em Atividades Investigativas (AI), aplicada a uma turma de 8º ano do Ensino Fundamental de uma Unidade Escolar do município de São José / SC. Um dos objetivos foi explorar o impacto das ações humanas no meio ambiente e propor soluções viáveis para a redução das emissões de carbono, mostrando como pequenas mudanças de hábitos podem gerar grandes impactos.

Desenvolver este tema com nossos estudantes promoveu a consciência ambiental dos estudantes, destacando a neutralização do carbono dentro de um assunto mais amplo que é o meio ambiente, apesar de não ser abordada diretamente nos documentos norteadores. Baseado nas ideias da autora Ana Maria Saul, que em sua obra enfatiza uma educação crítica e transformadora, incentivando a reflexão sobre modelos insustentáveis e a proposição de ações sustentáveis. Os autores Basu e Calabrese Barton através de sua obra reforçam a importância de um ensino contextualizado e relevante da ciência na educação básica.

Segundo os autores acima a curiosidade humana deveria ser orientada pela investigação e o desenvolvimento de atividades investigativas (AI), conectada a um problema que permite aos estudantes formular e testar suas hipóteses, possibilitando que eles se posicionem, argumentem e debata os temas em estudo com seus pares e professores.

Na Educação Ambiental, conectar desafios ambientais ao cotidiano dos estudantes envolve a comunidade e impulsiona mudanças sociais com base no conhecimento científico. Piaget destaca a importância da exploração e descoberta ativa, enquanto Dewey enfatiza a aprendizagem experiencial, tornando o conhecimento mais significativo.

Os estudantes devem vivenciar problemas ambientais reais. Joseph Schwab, trás a ideia do conhecimento como algo dinâmico, enfatizando a investigação científica no ensino. A educação para este autor deve partir de problemas reais, dando a oportunidade aos estudantes se engajem ativamente na construção do conhecimento.

Explorar questões ambientais por meio da investigação desenvolve o pensamento crítico e a capacidade de tomar decisões informadas. Prince e Felder incentivam a resolução colaborativa de problemas ambientais complexos, com base em evidências. Esses autores convergem para a ideia de que a educação ambiental deve ser ativa, reflexiva e investigativa, permitindo aos estudantes compreender desafios ambientais e propor soluções fundamentadas em ciência e prática. Segundo a obra de John Dewey:

A relevância deste estudo é justificada pelo crescente interesse e necessidade de se discutir neutralização das emissões de carbono, especialmente em um contexto de que nosso planeta está sofrendo grandes mudanças climáticas nos últimos anos, Basu e Calabrese Barton, afirmam que tais mudanças já estão batendo à nossa porta e se tornando nosso “normal”. Os processos formativos de educadores ambientais, bem como a justiça climática, que preconiza o acesso aos processos educativos por grupos em situação de vulnerabilidade, de forma a possibilitar as melhores escolhas e a

elaboração de medidas que minimizem as ameaças do clima (Santo, 2003, 2014, 2020; Souza; Sato, 2019).

O estudo sobre a neutralização das emissões de carbono mesmo sendo essencial, ainda não está amplamente presente nos documentos orientadores de políticas educacionais dos Estados, Municípios e até mesmo nas diretrizes da própria escola." Essa ideia reflete a falta de ênfase explícita em temas de sustentabilidade e mudança climática nas diretrizes formais de educação”.

No Currículo Nacional (Base Nacional Comum Curricular - BNCC), o tema mais próximo da emissão de carbono é o estudo sobre mudanças climáticas e sustentabilidade. Esse tema é abordado dentro de várias áreas do conhecimento, especialmente nas disciplinas de Ciências e Geografia. Segundo Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017),

Ciências: A BNCC sugere que os alunos explorem temas como os efeitos das atividades humanas no meio ambiente, incluindo o impacto das emissões de gases de efeito estufa (como o CO<sub>2</sub>), mudanças climáticas e a importância de práticas sustentáveis. Geografia: A BNCC também incentiva o estudo de problemas ambientais globais, como o aquecimento global e a gestão dos recursos naturais, incluindo discussões sobre o uso de energias renováveis e a neutralização das emissões de carbono.

O conceito de neutralização do carbono em si não é especificamente mencionado, ele se insere nas discussões sobre sustentabilidade e educação ambiental, que aparece nos temas transversais importantes da BNCC. A educação ambiental é abordada no contexto de formação crítica e cidadania e envolve compreender os desafios ambientais globais e locais, promovendo ações de preservação e mitigação dos impactos negativos no meio ambiente.

Por este motivo nos coube fazer a seguinte pergunta aos estudantes : “ Como podemos desenvolver e implementar práticas e tecnologias para a neutralização das emissões de carbono que sejam viáveis e eficazes, especialmente em contextos educacionais, e que incentivam a conscientização ambiental e o engajamento social dos estudantes? “ que tentaremos responder ao longo deste artigo.

## **Objetivo Geral**

Investigar as práticas e tecnologias relacionadas à neutralização das emissões de carbono, analisando suas implicações para a sustentabilidade ambiental e propondo soluções viáveis para mitigar os impactos das emissões de gases de efeito estufa, com ênfase na conscientização e na atuação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem sobre o tema.

## **Objetivos Específicos**

- ❖ Analisar o ciclo do carbono e identificar as principais fontes de emissão de gases de efeito estufa, destacando suas consequências para o meio ambiente.
- ❖ Investigar tecnologias e práticas sustentáveis que contribuem para a neutralização das emissões de carbono, como o uso de energias renováveis, a captura e o armazenamento de carbono.

- ❖ Desenvolver soluções práticas e viáveis para a redução das emissões de carbono, incentivando a adoção de hábitos sustentáveis no cotidiano dos alunos e da comunidade escolar.
- ❖ Promover a conscientização ambiental entre os estudantes, estimulando-os a refletir sobre o impacto das ações humanas no clima e a importância da neutralização das emissões de carbono para um futuro sustentável.

## **Justificativa**

A escolha do tema da neutralização das emissões de carbono que tem o objetivo de investigar e propor soluções viáveis para a neutralização das emissões de carbono o projeto de investigação se justifica pela urgência e relevância do tema ambiental, segundo Bill McKibben, a ausência do tema específico relacionado a emissão de carbono, especialmente no que se refere ao enfrentamento das mudanças climáticas e à mitigação de seus efeitos. Em um momento em que o aquecimento global gera impactos significativos para os ecossistemas e para a qualidade de vida da população, torna-se imprescindível que a educação escolar promova o entendimento e a atuação ativa em temas como sustentabilidade e responsabilidade ambiental.( David Orr, 2005).

É James Hansen (2009), quem trás a questão das emissões de carbono está diretamente ligada ao agravamento do efeito estufa e ao aquecimento global, cujas consequências afetam o mundo inteiro. Segundo James Hansen,

Além dos impactos climáticos globais, como o aumento da frequência de eventos climáticos extremos, essa questão também influencia diretamente a realidade local das comunidades, com efeitos visíveis, como secas, enchentes e perda de biodiversidade. Dessa forma, estudar e aplicar práticas de neutralização de carbono torna-se essencial tanto em uma perspectiva global quanto local, aproximando os estudantes das questões ambientais que afetam seu próprio cotidiano.

A neutralização de carbono não é apenas uma meta técnica, mas uma mudança cultural que exige um entendimento profundo das relações entre a atividade humana e o meio ambiente.(David Orr, 1994 p. 3-18). Incluir os estudantes nesse processo investigativo contribui para o desenvolvimento de uma consciência crítica e sustentável, formando cidadãos mais informados e comprometidos com a redução do impacto ambiental.

A educação tem um papel essencial na preparação dos jovens para o enfrentamento dos desafios do século XXI. Ao abordar temas como mudanças climáticas e neutralização de emissões, a escola não só fornece conhecimentos científicos, mas também fomenta uma cidadania ativa e engajada, essencial para promover mudanças reais na sociedade.

## **Metodologia**

Nesta subdivisão, será apresentado como foi desenvolvido o projeto investigativo sobre a neutralização das emissões de carbono, sendo de suma importância adotar alguns conceitos relacionados à Atividade Investigativa de Aprendizagem (AIA), por meio da qual determinado professor media um movimento dialógico entre os estudantes que resolvem problemas de aprendizagem para se apropriarem de conhecimentos científicos. (MORTIMER & SCOTT.

2003).

Sendo assim, este artigo se sustenta numa metodologia baseada nos princípios do ensino de ciências por Investigação, destacando-se como uma abordagem conceitual a Atividade Investigativa de Ensino (AIE) articulado aos princípios da educação humanizadora e da escola como espaço de aprendizagem e de apropriação da cultura, torna-se elemento mediador e organizador do ensino e da aprendizagem. Na realização de uma AIE, atividade de ensino e atividade de aprendizagem são processos interdependentes, de modo a articular o quê e o como ensinar com o quê e o como aprender dos sujeitos envolvidos – professor e estudantes (AZEVEDO, 2013a).

O ensino por investigação será a abordagem central do projeto. Segundo Cachapuz, Praia e Jorge (2004), essa metodologia fomenta a curiosidade e a autonomia dos estudantes, incentivando-os a questionar e explorar temas complexos por meio de problematizações e investigações orientadas. Dessa forma, os estudantes são protagonistas no processo de aprendizagem, desenvolvendo habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração, essenciais para uma educação ambiental transformadora.

Nessa compreensão, o trabalho traduz-se em práxis, na inseparabilidade entre a atividade teórica e a atividade prática, entre a atividade de planejamento e de produção/ execução, sem que uma se contraponha à outra. Para Kosik (1976), a práxis é mais que a articulação teoria/prática: em sua interpretação do materialismo histórico e dialético, a práxis consiste na própria existência humana, na totalidade do ser humano, produzida historicamente: “A práxis é ativa, é atividade que se produz historicamente – quer dizer, que se renova continuamente e se constitui praticamente –, unidade do homem, do mundo, da matéria e do espírito, do sujeito e do objeto, do produto e da produtividade” (KOSIK, 1976, p. 202, grifo do autor).

Essa metodologia implicou na criação de espaços de diálogo onde os estudantes pudessem refletir sobre suas próprias práticas e a de suas comunidades, discutindo o papel de cada um na construção de um futuro mais sustentável. Dessa forma, o projeto estimula não só o conhecimento científico, mas também a formação de uma consciência cidadã.

A abordagem investigativa é uma estratégia valiosa para desenvolver o tema da neutralização do carbono porque promove a aprendizagem ativa e crítica, permitindo que os alunos se tornem protagonistas do processo de construção do conhecimento. Eis algumas razões para optar por essa metodologia.

A neutralização do carbono é um tema atual e de grande relevância para a sociedade. Por meio da investigação, os estudantes podem explorar desafios locais e globais relacionados às emissões de gases de efeito estufa, compreendendo a importância de agir para mitigar os impactos das mudanças climáticas. Isso torna o aprendizado mais significativo.

A investigação geralmente ocorre em grupos, incentivando o trabalho colaborativo. Os estudantes compartilham ideias, debatem e constroem juntos o conhecimento, o que é essencial para resolver problemas complexos como o proposto.

A abordagem investigativa possibilita que os estudantes apliquem o conhecimento adquirido em projetos concretos, como calcular a pegada de carbono da escola, implementar ações de compensação (como o plantio de árvores) e criar campanhas de conscientização. Essa estratégia transforma o tema da investigação sobre a neutralização das emissões de carbono em uma oportunidade não apenas de aprendizado, mas também de ação, empoderando os estudantes a contribuir para um futuro mais sustentável.

### **Uma Abordagem Investigativa em Sala de Aula - A Investigação Sobre a Neutralização das Emissões de Carbono**

Nossa prática foi realizada com uma turma de 8º ano em uma escola da rede estadual de ensino, localizada no bairro Forquilha, município de São José, no estado de Santa Catarina. A escola possui três turnos: manhã, tarde e noite, oferecendo as modalidades de Ensino Fundamental II, além do Ensino Médio, atendendo cerca de 2 mil alunos no total. A escola comporta 39 salas de aula, secretaria, banheiros e ginásio. O público escolar é composto por turmas provenientes da classe trabalhadora das proximidades da escola.

A sala de aula é heterogênea, composta por estudantes de perfis variados em termos de interesses, níveis de compreensão, e atitudes em relação às questões ambientais. Alguns estudantes já demonstravam certo conhecimento e interesse sobre sustentabilidade, enquanto outros viam o tema como algo distante de sua realidade cotidiana. Essa diversidade se refletiu nas discussões e nas atividades investigativas, promovendo interações ricas e colaborativas.

No início, alguns estudantes estavam curiosos e animados com o tema, enquanto outros se mostravam mais apáticos, questionando como o estudo das emissões de carbono se relacionava diretamente com suas vidas. No entanto, a problematização inicial, que conectou as mudanças climáticas com o impacto no cotidiano escolar e comunitário, despertou um engajamento maior. Observou-se um aumento no interesse ao longo das atividades, especialmente quando passaram a entender como suas próprias ações poderiam contribuir para a mudança climática e, ao mesmo tempo, para soluções de neutralização de carbono.

A abordagem investigativa permite conectar conteúdos de diversas áreas, como ciências, matemática, geografia e tecnologia. Por exemplo: Ciências: Analisar o impacto ambiental dos gases de efeito estufa; Matemática: Calcular emissões e propor estratégias de compensação; Geografia: Estudar como diferentes regiões são afetadas pelas mudanças climáticas; Tecnologia: Explorar ferramentas e tecnologias para monitorar e reduzir emissões. E nesta prática pudemos contar com a participação de outros colegas docentes; propondo uma dinâmica interdisciplinar e transdisciplinar que proporcionou dinâmica e movimento nas aulas.

Tema da atividade investigação buscou trazer a discussão para sala de aula: como podemos reduzir nosso impacto ambiental e construir um futuro sustentável? Essa investigação explora as fontes de emissões de carbono, as tecnologias e práticas que contribuem para a neutralização e a importância de ações sustentáveis na escola e na comunidade.

Objetivos pedagógicos foram desenvolvidos pensando em uma jornada didática que conduzisse os alunos a desenvolverem seu aprendizado autônomo. Compreender o conceito de emissões de carbono e sua relação com o efeito estufa e as mudanças climáticas; Identificar as principais fontes de emissão de carbono no contexto escolar e comunitário; Investigar práticas e tecnologias de neutralização de carbono, explorando sua viabilidade e aplicabilidade; Desenvolver uma postura crítica e responsável em relação às práticas ambientais; Elaborar e implementar propostas práticas para reduzir as emissões de carbono na escola e na comunidade.

Conteúdos abordados em nossa prática pedagógica : Conceitos básicos de emissões de carbono e efeito estufa; Principais fontes de carbono: atividades cotidianas e setores responsáveis; Mudanças climáticas: causas e impactos; Tecnologias de neutralização de carbono: energias renováveis, reflorestamento, reciclagem, compensação de emissões; Sustentabilidade e responsabilidade ambiental.

Para a execução da AI foram realizadas 6 aulas de 45 minutos cada. Atividades investigativas escolhidas para desenvolver as aulas:

- ❖ Identificação e Análise das Fontes de Carbono;
- ❖ Levantamento das atividades cotidianas que contribuem para as emissões de carbono no ambiente escolar e familiar; Estudo de Caso;

Análise de práticas e tecnologias de neutralização de carbono, incluindo projetos de reflorestamento, energias renováveis e compensação de emissões; Pesquisa de Campo: Investigação dos hábitos de consumo de energia e transporte na escola e na comunidade; Propostas Sustentáveis: Criação de um plano de ações práticas de neutralização de carbono, que possa ser implementado na escola ou na comunidade.

### **ABORDAGEM DE ENSINO - Utilização de Atividades Investigativas**

A abordagem investigativa em nossa prática de ensino colocou os alunos como protagonistas do processo de aprendizado. Eles exploraram problemas, formularam hipóteses, realizaram experimentos e construíram conhecimento ativamente, promovendo o desenvolvimento de habilidades críticas e solucionadoras. Abaixo estão os principais elementos dessa sequência didática além de exemplos práticos para sua aplicação.

#### ❖ Aula 1 - Introdução ao Tema e Problematização

Objetivo: Introduzir o tema e engajar os estudantes na investigação.

Atividade: Apresentar a questão inicial – "Como nossas atividades diárias afetam o meio ambiente?" Os estudantes debatem os impactos das emissões de carbono e refletem sobre os efeitos visíveis das mudanças climáticas.

Figura 1. Os estudantes aqui aparecem respondendo à questão proposta



Fonte: O Autor, (2024)

❖ Aula 2 - Identificação das Fontes de Emissão de Carbono

Objetivo: Identificar e entender as fontes de emissões de carbono.

Atividade: Em grupos, os estudantes listam atividades da escola e da comunidade que contribuem para as emissões de carbono. Eles coletam dados sobre consumo de energia, uso de transporte e produção de resíduos.

Neste ponto da aula todos os estudantes da turma estão em grupo e desenvolvendo as atividades. A sala de aula esta dividida em quatro grupos grandes.

Figura 2. Alunos realizando as atividades propostas nos seus grupos



Fonte: O Autor, (2024)

❖ Aula 3 - Análise dos Dados e Introdução ao Conceito de Neutralização de Carbono

Objetivo: Interpretar os dados coletados e entender o que é neutralização de carbono.

Atividade: Os grupos apresentam suas análises sobre as principais fontes de emissão. Em seguida, o professor explica o conceito de neutralização de carbono e explora exemplos práticos.

Figura 3. Os alunos são apresentados a software de apresentação



Fonte: O Autor, (2024)

Na figura 3, os alunos são apresentados de alguns software de produção para realização de apresentações tais como o canva com intuito de conseguirem elaborar suas apresentações.

- ❖ Aula 4 - Estudo de Tecnologias e Práticas de Neutralização de Carbono  
Objetivo: Explorar práticas e tecnologias de neutralização de carbono  
Atividade: Apresentação de casos reais de tecnologias, como energias renováveis e reflorestamento. Os alunos discutem como essas práticas podem ser aplicadas no contexto local e avaliam a viabilidade de cada uma.

Figura 4. Estudantes discutindo as práticas e o que pode ser aplicado



Fonte: O Autor, (2024)

- ❖ Aula 5 - Discussão e Elaboração de Propostas de Ação Sustentável  
Objetivo: Criar propostas práticas de ações sustentáveis.  
Atividade: Os grupos elaboram planos de ação para reduzir ou neutralizar as emissões na escola. Eles podem sugerir atividades como campanhas de conscientização, programas de reciclagem, ou projetos de reflorestamento.

#### ❖ Aula 6 - Apresentação das Propostas e Avaliação Reflexiva

Objetivo: Consolidar o aprendizado e avaliar o impacto da investigação.

Atividade: Cada grupo apresenta sua proposta. O professor conduz uma avaliação reflexiva, discutindo o que os estudantes aprenderam e como podem aplicar esses conhecimentos em

Figura 6. Os estudantes são levados até o pátio coberto da escola onde apresentam suas propostas



Fonte: O Autor, (2024)

#### Atividade Investigativa - Coleta e Análise de Dados

A coleta e análise de dados são etapas fundamentais para uma abordagem investigativa robusta. Inicialmente, os estudantes fizeram uma pesquisa de campo para identificar e quantificar fontes de emissões de carbono no ambiente escolar ou em suas comunidades. Eles puderam registrar dados sobre consumo de energia, uso de transporte, descarte de resíduos, entre outros aspectos. Posteriormente, os dados foram organizados e analisados, permitindo que os estudantes compreendessem o impacto ambiental de suas atividades e explorassem alternativas para minimizar as emissões de carbono.

Registro das atividades durante a pesquisa de campo se deu através dos seguintes registros: Os estudantes usaram cadernos de campo, planilhas digitais ou aplicativos para coletar dados. Por exemplo consumo de energia (kWh), número de veículos utilizados, tipos de resíduos descartados.

Quadro 1 – Sistematização das falas dos estudantes durante a realização da aula 2, refletindo sobre o consumo de energia elétrica. (Nome dos estudantes foi alterado)

Aluno(a)	Fala sobre Neutralização do Carbono	Fala sobre Consumo de Energia Elétrica
João	<i>"A neutralização do carbono é essencial para reduzir o impacto das nossas atividades no meio ambiente. Plantar árvores pode ajudar, mas também precisamos de soluções tecnológicas."</i>	<i>"Usar lâmpadas LED e desligar os aparelhos da tomada quando não estamos usando são formas simples de economizar energia."</i>
Maria	<i>"Muitas empresas estão investindo em</i>	<i>"Se todos usassem painéis solares em</i>

Aluno(a)	Fala sobre Neutralização do Carbono	Fala sobre Consumo de Energia Elétrica
	<i>compensação de carbono, mas acho que o ideal é reduzir as emissões desde o início."</i>	<i>casa, poderíamos diminuir bastante o uso de energia de fontes poluentes."</i>
Pedro	<i>"Os carros elétricos são uma alternativa interessante para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> no transporte."</i>	<i>"A energia elétrica que consumimos vem, em grande parte, de hidrelétricas, mas há impactos ambientais na construção dessas usinas."</i>
Ana	<i>"Vi que algumas empresas capturam carbono da atmosfera para transformar em materiais reutilizáveis, isso pode ser uma boa solução no futuro."</i>	<i>"Acho que a conscientização sobre o desperdício de energia deveria ser maior, às vezes deixamos luzes acesas sem necessidade."</i>
Lucas	<i>"Neutralizar carbono significa equilibrar as emissões com ações que removam CO<sub>2</sub> da atmosfera, mas precisamos reduzir a emissão na fonte também."</i>	<i>"Além de economizar energia, deveríamos investir mais em fontes renováveis, como a eólica e solar."</i>

Essa abordagem, segundo Triviños (1987), permitiu que os estudantes trabalhassem com dados empíricos, o que contribui para a construção de um conhecimento mais concreto e significativo. Além disso, o processo de análise de dados desenvolve habilidades quantitativas e analíticas, essenciais para a compreensão científica dos temas ambientais.

### Atividade Investigativa - Avaliação Formativa e Reflexiva

A avaliação formativa foi contínua, acompanhando o desenvolvimento dos estudantes ao longo do projeto, com base em critérios como participação, aprofundamento das investigações, cooperação, e capacidade de análise crítica. De acordo com Luckesi (2011), a avaliação formativa promove a autorreflexão e permite que os estudantes tomem consciência de seu processo de aprendizagem, ajustando e aprimorando suas práticas ao longo do projeto. Essa etapa contribuiu para consolidar o aprendizado e estimular o protagonismo dos estudantes em questões ambientais.

Quadro 2. Algumas das reflexões dos estudantes.

Aluno(a)	Reflexão sobre o próprio desempenho	Reflexão sobre o desempenho no grupo
João	<i>"Acho que participei bem das discussões, mas poderia ter aprofundado mais meus argumentos com exemplos concretos."</i>	<i>"Nosso grupo trabalhou bem, mas às vezes faltou organização para definir quem faria o quê. No final, conseguimos um bom resultado."</i>
Maria	<i>"Contribuí com ideias e pesquisas, mas percebi que preciso falar mais durante as apresentações. Fiquei um pouco nervosa."</i>	<i>"O grupo foi colaborativo, mas nem todos participaram de forma equilibrada. Algumas tarefas ficaram concentradas em poucos colegas."</i>
Pedro	<i>"Me esforcei para trazer informações novas e me envolvi bastante, mas poderia"</i>	<i>"Nosso grupo teve boas ideias, mas demoramos um pouco para chegar a um"</i>

<b>Aluno(a)</b>	<b>Reflexão sobre o próprio desempenho</b>	<b>Reflexão sobre o desempenho no grupo</b>
	<i>ter ouvido mais as opiniões dos outros antes de dar minha opinião."</i>	<i>consenso em alguns momentos."</i>
Ana	<i>"Senti que minha contribuição foi útil, mas poderia ter sido mais ativa nas discussões. Preciso confiar mais no que sei."</i>	<i>"A interação no grupo foi positiva, mas às vezes divergimos sobre as decisões. No final, conseguimos equilibrar as opiniões."</i>
Lucas	<i>"Acredito que participei bem e ajudei na organização das tarefas, mas poderia ter sido mais paciente com algumas dificuldades dos colegas."</i>	<i>"O grupo teve um bom entrosamento, mas poderíamos ter aproveitado melhor o tempo para evitar correrias de última hora."</i>

Essa abordagem permitiu que os estudantes refletissem sobre seu crescimento e a dinâmica em grupo.

A avaliação formativa e contínua, baseada na participação, cooperação e desenvolvimento das habilidades investigativas dos estudantes. Foi realizada utilizando os seguintes critérios : Engajamento e participação nas atividades: Observação da participação ativa e colaborativa durante as atividades e debates ; Coleta e análise de dados: Avaliação da capacidade dos estudantes de coletar, organizar e interpretar dados sobre emissões de carbono; Elaboração de propostas sustentáveis: Avaliação da criatividade, viabilidade e impacto das propostas apresentadas pelos grupos; Reflexão e autoavaliação: A autoavaliação dos estudantes, onde eles refletiram sobre o aprendizado e as práticas investigativas, complementares a avaliação do professor; Apresentação final: A clareza, fundamentação e relevância das propostas apresentadas pelos grupos; Essa proposta investigativa permitiu que os estudantes desenvolvessem conhecimentos científicos e assumindo uma postura crítica sobre a neutralização de carbono, aplicando o aprendizado a um contexto prático e significativo.

### **Atividade Investigativa - Resultados do Trabalho de Campo**

Durante o projeto, os estudantes produziram uma série de textos, desenhos e propostas de ação que refletem seu entendimento e engajamento com o tema: Os estudantes escreveram textos curtos em que descreveram suas percepções sobre o impacto ambiental das atividades diárias. Muitos destacaram o uso de energia elétrica, transporte e produção de lixo como fatores de emissão de carbono que antes não consideravam. Esses textos refletem uma maior conscientização sobre o impacto ambiental de suas ações cotidianas. Para representar as fontes de emissão e práticas de neutralização de carbono, muitos estudantes fizeram desenhos de árvores, painéis solares, bicicletas e campanhas de reciclagem. Esse material visual reforça o entendimento do conceito de neutralização e mostra uma capacidade criativa de relacionar as práticas estudadas com o ambiente escolar e comunitário. Cada grupo criou um plano de ação com sugestões para reduzir as emissões de carbono na escola. Algumas propostas incluíam campanhas para reduzir o consumo de energia, o uso compartilhado de transporte escolar, o incentivo à reciclagem, e até mesmo a plantação de mudas em áreas ociosas da escola. Essas propostas, além de bem fundamentadas, mostraram que os alunos internalizaram os conceitos e pensaram em soluções práticas.

Figura 7. Grupo de alunos discutindo



Fonte: O Autor, (2024)

Após a apresentação dos estudantes, foi possível perceber o impacto positivo do trabalho de campo na compreensão do tema e na conscientização sobre a neutralização do carbono. Cada grupo trouxe contribuições importantes, evidenciando como pequenas ações podem fazer diferença na redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

O **Grupo 1**, responsável por medir a pegada de carbono da escola, revelou números expressivos de emissões, destacando o consumo de energia elétrica e o transporte escolar como os principais vilões. Os dados coletados trouxeram um olhar mais crítico sobre o uso excessivo de eletricidade e a necessidade de soluções sustentáveis para a mobilidade dos estudantes.

O **Grupo 2** apresentou alternativas para reduzir essas emissões, propondo o uso de energia solar, a substituição de lâmpadas convencionais por LED e o reflorestamento como medidas eficazes. O destaque foi a constatação de que, apenas com mudanças simples, a escola poderia diminuir significativamente seu impacto ambiental.

Já o **Grupo 3**, ao realizar a simulação da compensação de carbono, trouxe um dado muito importante: seriam necessárias 35 árvores por ano para neutralizar as emissões da escola, levando aproximadamente 10 anos para um equilíbrio real. Essa descoberta reforçou a ideia de que, embora o plantio de árvores seja fundamental, ele deve ser combinado com a redução das emissões desde a origem.

O **Grupo 4** apostou na conscientização da comunidade escolar, promovendo uma campanha educativa que envolveu quiz, cartazes informativos e o desafio “1 Semana Sustentável”. Esse movimento incentivou alunos e professores a repensarem seus hábitos e contribuiu para pequenas mudanças no cotidiano da escola.

Quadro 3. Apresentação dos resultados obtidos pelos alunos

<b>Grupo</b>	<b>Atividade Realizada</b>	<b>Resultados Obtidos</b>	<b>Conclusão</b>
<b>Grupo 1</b> – Pegada de Carbono na Escola	Medição do consumo de energia, transporte e desperdício de materiais.	- Consumo de energia: <b>500 kg CO<sub>2</sub>/mês.</b> - Transporte escolar: <b>200 kg CO<sub>2</sub>/semana.</b> - Desperdício de materiais: <b>50 kg CO<sub>2</sub>/mês.</b>	A escola pode reduzir emissões com economia de energia e incentivo ao transporte sustentável.
<b>Grupo 2</b> – Alternativas Sustentáveis	Pesquisa sobre fontes renováveis e eficiência energética.	- Energia solar pode reduzir <b>40% do consumo.</b> - Lâmpadas LED economizam <b>30% de energia.</b> - Reflorestamento ajuda a compensar CO <sub>2</sub> .	A combinação de diferentes soluções é a melhor forma de reduzir emissões.
<b>Grupo 3</b> – Simulação de Neutralização	Cálculo de quantas árvores seriam necessárias para neutralizar o CO <sub>2</sub> da escola.	- Emissão total da escola: <b>750 kg CO<sub>2</sub>/mês.</b> - Seriam necessárias <b>35 árvores/ano.</b> - As árvores levariam <b>10 anos</b> para equilibrar as emissões.	Reduzir emissões é mais eficaz do que apenas compensar com plantio de árvores.
<b>Grupo 4</b> – Conscientização	Campanha educativa com cartazes, quiz e desafio de consumo sustentável.	- Quiz aplicado com alunos e professores. - Campanha “1 Semana Sustentável” reduziu o consumo de energia na escola.	Pequenas mudanças de hábito fazem diferença, e a conscientização é essencial.

Ao final das apresentações, os alunos refletiram sobre o impacto do projeto em suas vidas e na escola. Muitos destacaram que não tinham noção da quantidade de carbono emitida diariamente e perceberam que podem ser agentes de mudança com pequenas atitudes. A troca de ideias e a participação ativa no trabalho fizeram com que o aprendizado fosse além da teoria, transformando-se em um compromisso real com a sustentabilidade.

Com base nesses resultados, a escola planeja dar continuidade ao projeto, implementando algumas das sugestões trazidas pelos alunos, como a troca gradual para lâmpadas LED, a criação de uma área verde para plantio de árvores e a manutenção de campanhas educativas sobre consumo consciente.

A experiência do trabalho de campo mostrou que a conscientização e a ação coletiva são fundamentais para a construção de um futuro mais sustentável. Se cada um fizer sua parte, é possível reduzir o impacto ambiental e contribuir para um planeta mais equilibrado.

### **Atividade Investigativa - Mudanças e Adaptações no Projeto de Investigação**

À medida que o projeto avançou, surgiram algumas necessidades de ajuste. Por exemplo: Aprofundamento dos Conteúdos: Em resposta a perguntas mais detalhadas de alguns estudantes que queriam entender os aspectos científicos por trás das tecnologias de

neutralização, acrescentei conteúdos complementares sobre energias renováveis e ciclos de carbono; Atividades Práticas Extras: Percebi que a aplicação de atividades práticas aumentava o interesse da turma. Introduziu-se, então, uma atividade experimental sobre a captação e armazenagem de carbono em plantas, o que ajudou a conectar o conceito de carbono com algo visível e concreto.

Ao final do projeto do AI, foi possível observar uma transformação significativa no comportamento dos estudantes. Muitos passaram a questionar suas próprias práticas e demonstraram uma nova percepção de como interferem no ambiente. Em conversas informais, alguns relataram mudanças no ambiente familiar, como o incentivo ao uso de lâmpadas LED e a separação de resíduos recicláveis. A prática investigativa aprimorou habilidades de pesquisa, análise crítica e argumentação. Em suas apresentações finais, os estudantes exibiram capacidade de identificar problemas e propor soluções, demonstrando um aprendizado significativo e aplicado. Houve um aumento notável no engajamento dos alunos, especialmente durante a elaboração das propostas de ação. Eles se envolveram ativamente na defesa de suas ideias, mostrando o impacto positivo da aprendizagem baseada em projetos.

Esse projeto revelou o quanto é importante manter uma escuta sensível e uma observação atenta ao desenvolver uma proposta investigativa em uma sala de aula heterogênea. As reações dos alunos, as ideias compartilhadas e as adaptações feitas enriqueceram o projeto, mostrando que a aprendizagem ambiental pode ser significativa e inspiradora quando os alunos se tornam protagonistas.

A avaliação final foi composta por uma análise reflexiva dos textos, desenhos, produtos e apresentações dos grupos. Esse material documenta a compreensão, o engajamento e o desenvolvimento crítico dos estudantes ao longo do projeto. A avaliação incluiu: Os alunos refletiram sobre o que aprenderam e como o projeto impactou suas percepções sobre sustentabilidade; A avaliação formativa, com observações do engajamento e colaboração dos alunos, permitiu acompanhar o desenvolvimento de cada estudante e do grupo; A clareza, fundamentação e originalidade das propostas de ação foram avaliadas como indicadores da compreensão e da capacidade dos estudantes de aplicar o conhecimento em contextos reais.

A aplicação deste projeto investigativo confirmou o potencial transformador da educação ambiental quando se adota uma abordagem investigativa e participativa. Mesmo com os desafios e a necessidade de ajustes, a experiência demonstrou que os estudantes podem não apenas aprender, mas também aplicar e transformar seu contexto, assumindo uma postura crítica e ativa frente às questões ambientais.

A aplicação deste projeto investigativo sobre a neutralização das emissões de carbono demonstrou o valor de uma abordagem pedagógica que promove a aprendizagem significativa e conecta o conteúdo escolar à realidade dos alunos. As reações dos estudantes, os ajustes feitos no decorrer das aulas e as produções desenvolvidas enriqueceram a experiência e reforçaram a importância de um ensino investigativo e participativo. Essa experiência não apenas ampliou o conhecimento dos estudantes sobre questões ambientais, mas também despertou um novo olhar crítico sobre a sustentabilidade e a responsabilidade individual e coletiva.

## Considerações Finais

A implementação da proposta investigativa sobre a neutralização das emissões de carbono evidenciou o potencial transformador de uma abordagem educacional que integra investigação, reflexão crítica e ação prática. O envolvimento dos estudantes e as mudanças observadas em suas atitudes ao longo do projeto reforçam a eficácia de um ensino contextualizado e participativo, que coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem. Além de desenvolver conhecimento sobre temas complexos, como o impacto ambiental das emissões de carbono, o projeto proporcionou uma experiência formativa que incentivou o protagonismo e a responsabilidade social entre os estudantes.

Um aspecto marcante foi a diversidade de reações e produções dos alunos, o que reflete tanto a heterogeneidade da turma quanto a riqueza do trabalho investigativo. Ao trabalhar com atividades que promovem a problematização e a construção de soluções, os alunos foram incentivados a explorar suas próprias ideias, discutindo temas que, muitas vezes, ultrapassam os limites da sala de aula e impactam diretamente suas vidas e comunidades. Este aspecto evidencia a importância de adaptar e ajustar a metodologia conforme as necessidades surgem, garantindo um ambiente de aprendizagem inclusivo e significativo para todos os envolvidos.

Por fim, o projeto também gerou reflexões importantes sobre o papel da escola na formação de cidadãos conscientes e engajados. A experiência mostrou que, ao trazer temas relevantes e atuais, como a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental, a escola pode contribuir significativamente para a construção de uma mentalidade crítica e responsável nos estudantes. Essa abordagem não apenas amplia o conhecimento teórico, mas também prepara os alunos para agirem de forma ética e proativa no mundo, transformando-os em agentes ativos na busca por um futuro mais sustentável.

## Referências Bibliográficas

**AZEVEDO, Maria Nizete; ABIB, Maria Lúcia Vital Santos; TESTONI, Leonardo André.** *Atividades investigativas de ensino: mediação entre ensino, aprendizagem e formação docente em Ciências*. Ciência & Educação (Bauru), v. 24, n. 2, p. 319-335, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/ZHsZdJpP8YzjbmYXrrVCmGR/>. Acesso em: 12/12/2024

**BARRON, B.; Darling-Hammond, L.** *Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning*. San Francisco: Jossey-Bass, 2008.

**BASU, S.; CALABRESE BARTON, A.** *Rethinking Scientific Literacy*. New York: Teaching College Press, 2007.

**BRASIL** Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: [data de acesso]

**CACHAPUZ, A.F; Praia, J. Jorge M.** *Ciência, educação e cidadania*. Porto Alegre: Artmed, 2004.

**HANSEN, James.** *Storms of My Grandchildren: The Truth About the Coming Climate Catastrophe and Our Last Chance to Save Humanity.* New York: Bloomsbury Press, 2009.

**KOSIK, Karel.** *Dialética do concreto.* Tradução de Leandro Konder. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976

**LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. de (Orgs.).** *Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania.* 5. ed. São Paulo: Cortez, 2015.

**LUCKESI, C. C.** *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições.* 22. Ed. São Paulo: Cortez, 2011.

**MARTINS, I.; MORAES, R.** *Educação em Ciências: pesquisa e prática pedagógica.* Porto Alegre: Artmed, 2013.

**MORTIMER, Eduardo F.; SCOTT, Philip.** *Meaning Making in Secondary Science Classrooms.* Maidenhead: Open University Press, 2003.

**TRIVIÑOS, A. N. S.** *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.* São Paulo: Atlas, 1987.

**SATO, M.** *Educação Ambiental: pesquisa e desafios.* São Carlos: EdUFSCar, 2003.

**SATO, M.** *Educação Ambiental: conceitos e práticas.* São Carlos: EdUFSCar, 2014.

**SATO, M.** *Justiça Climática e Educação Ambiental.* In: PEREIRA, V. A.; MALTA, M. C. (Org.). *Ontologia da Esperança: a Educação Ambiental em tempos de crise.* Juiz de Fora: Editora Garcia, 2020.

**SOUZA, C. F.; SATO, M.** *Justiça Climática e Educação Ambiental.* In: PEREIRA, V. A.; MALTA, M. C. (Org.). *Ontologia da Esperança: a Educação Ambiental em tempos de crise.* Juiz de Fora: Editora Garcia, 2019.

**ORR, David W.** *Earth in Mind: On Education, Environment, and the Human Prospect.* Washington, DC: Island Press, 1994.