



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ

CURSO DE TECNOLOGIA EM MINERAÇÃO

LUCIANA CRUZ DOS SANTOS MACHADO

YURI MARQUES CAMPOS

MINERAÇÃO SUSTENTÁVEL E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: um estudo de caso
em escolas no estado do Amapá

MACAPÁ

2026

LUCIANA CRUZ DOS SANTOS MACHADO
YURI MARQUES CAMPOS

**MINERAÇÃO SUSTENTÁVEL E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: um estudo de caso
em escolas no estado do Amapá**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Tecnologia em Mineração do Instituto Federal do Amapá – IFAP, como requisito avaliativo para obtenção do título de Tecnólogo em Mineração.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Almeida de Brito.

MACAPÁ

2026

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- M149m Machado, Luciana Cruz dos Santos
Mineração sustentável e transição energética: um estudo de caso em escolas no estado do Amapá / Luciana Cruz dos Santos Machado, Yuri Marques Campos. - Macapá, 2026.
53 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Tecnologia em Mineração, 2026.
- Orientador: Dr. Jefferson Almeida de Brito.
1. Mineração sustentável. 2. Transição energética. I. Campos, Yuri Marques. I. Brito, Dr. Jefferson Almeida de, orient. II. Título.


Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LUCIANA CRUZ DOS SANTOS MACHADO
YURI MARQUES CAMPOS


MINERAÇÃO SUSTENTÁVEL E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: um estudo de caso
em escolas no estado do Amapá

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Tecnologia em Mineração do Instituto
Federal do Amapá, Campus Macapá,
como requisito avaliativo para obtenção
do título de Tecnólogo em Mineração.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **JEFFERSON ALMEIDA DE BRITO**
Data: 23/04/2026 17:56:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jefferson Almeida de Brito (Orientador)
Instituto Federal do Amapá – IFAP

Documento assinado digitalmente
 **LIDIA DELY ALVES DE SOUSA**
Data: 29/04/2026 14:22:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Ma. Lídia Dely Alves de Sousa
Instituto Federal do Amapá – IFAP

Documento assinado digitalmente
 **JEFFERSON GONCALVES FARIAS**
Data: 23/04/2026 18:43:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Esp. Jefferson Gonçalves Farias
Agência Nacional de Mineração – ANM

Apresentado em: 11/ 04/ 2026.

Conceito/Nota: 8,8

Àqueles que nos criaram e nos ensinaram a valorizar o conhecimento, dedicando esforço, cuidado e apoio em cada etapa da nossa formação.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradecemos a Deus, cuja presença e cuidado constante nos fez aguentar cada etapa desta jornada. Gratidão pela força e inspiração diária para enfrentar os momentos de mais dificuldade e dúvida.

Nosso agradecimento às nossas famílias, que sempre foram o pilar de tudo. Em especial, deixamos nosso carinho e reconhecimento aos que estiveram mais próximos, oferecendo apoio, compreensão e incentivo mesmo nos dias mais difíceis. A eles dedicamos este esforço, pois foram essenciais para nossa motivação e o desejo de seguir evoluindo.

Expressamos nossa gratidão ao Esp. Jefferson Farias, que, enquanto professor e orientador inicial, contribuiu com paciência, dedicação e ensinamentos fundamentais para este processo, suas orientações cuidadosas e a confiança em nosso potencial marcaram nossa trajetória profissional. Agradecemos igualmente ao Prof. Dr. Jefferson Brito, que, apesar do pouco tempo de contato, prontamente se dispôs a conduzir este trabalho, sempre demonstrando total disponibilidade e apoio essencial para o êxito desta etapa final.

Agradecemos a todos os professores do colegiado, que contribuíram com saberes e reflexões ao longo de toda a graduação. Cada disciplina, cada conversa e cada desafio proposto nos ajudaram a construir o caminho que resulta neste trabalho.

Por fim, deixamos nosso reconhecimento ao Instituto Federal do Amapá, Campus Macapá, por todo suporte no decorrer do curso.

A todos que, de alguma forma, caminharam conosco, deixamos registrado nossa profunda gratidão.

Que a incessante obstinação pela vitória te sirva de exemplo de vida.

Autor desconhecido

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise das ações desenvolvidas em um projeto de ensino e extensão intitulado “PROJETO DE ENSINO MINERAÇÃO SUSTENTÁVEL E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA” que ocorreu nas escolas da cidade de Macapá/AP, durante o mês de abril ao mês de julho do ano 2025. O projeto faz parte do ProEN “Pró-Reitoria”, desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP/Campus Macapá. Por meio deste projeto de ensino, buscou-se promover a divulgação dos conceitos de mineração sustentável e de transição energética, contribuindo para a aproximação desses temas ao contexto escolar. A iniciativa colaborou com as instituições de ensino ao estimular o interesse dos adolescentes por essa área do conhecimento, favorecendo a reflexão crítica sobre sustentabilidade, desenvolvimento e uso responsável dos recursos minerais. As palestras abrangeram diferentes tópicos, abordados com linguagem simples e acessível, sem abdicar da devida descrição física. Para isso, utilizaram-se recursos audiovisuais, jogos didáticos e pequenas demonstrações, que facilitaram e viabilizaram o entendimento dos fenômenos por parte dos alunos do ensino médio e ensino fundamental II. Durante esse período, foram realizadas três palestras educativas, sendo uma em cada instituição: na Escola Estadual Doutor Alexandre Vaz Tavares, na Escola de Ensino Integral Colégio Amapaense e na Escola Estadual Prof.^a Ruth de Almeida Bezerra. Além disso, o projeto foi ampliado por meio de demonstrações e atividades direcionadas aos alunos do ensino médio técnico integrado do Instituto Federal do Amapá (IFAP), totalizando um público estimado de cerca de 250 estudantes. Ao final da apresentação, procedeu-se à avaliação da palestra por meio de um questionário aplicado a uma amostra de 35 alunos. Os resultados dessa avaliação evidenciaram a relevância do projeto para a divulgação da mineração sustentável e da transição energética.

Palavras-chave: mineração sustentável; transição energética; escolas; jogos didáticos; ensino e extensão.

ABSTRACT

This study presents an analysis of the actions developed in a teaching and outreach project entitled “SUSTAINABLE MINING AND ENERGY TRANSITION TEACHING PROJECT,” which took place in schools in the city of Macapá, Amapá, from April to July 2025. The project is part of ProEN (Pro-Rectorate), developed at the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Amapá - IFAP/Macapá Campus. Through this teaching project, the aim was to promote the dissemination of sustainable mining and energy transition concepts, bringing these themes closer to the school context. The initiative collaborated with educational institutions by stimulating teenagers' interest in this field of knowledge, fostering critical reflection on sustainability, development, and the responsible use of mineral resources. The lectures covered various topics, addressed in simple and accessible language, without compromising the required physical descriptions. For this purpose, audiovisual resources were used, along with educational games and small demonstrations, which facilitated and enabled the understanding of the phenomena by middle and high school students. During this period, three educational lectures were held, one at each institution: Escola Estadual Doutor Alexandre Vaz Tavares, Escola de Ensino Integral Colégio Amapaense, and Escola Estadual Prof.^a Ruth de Almeida Bezerra. Additionally, the project was expanded through demonstrations and activities aimed at technical high school students at the Federal Institute of Amapá (IFAP), reaching an estimated audience of approximately 250 students. At the end of the presentation, the lecture was evaluated through a questionnaire applied to a sample of 35 students. The results of this evaluation evidenced the relevance of the project for the dissemination of sustainable mining and energy transition.

Keywords: sustainable mining; energy transition; schools; educational games; teaching and outreach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do percurso metodológico do trabalho	28
Figura 2 - Apresentação na Escola Estadual Dr. Alexandre Vaz Tavares com alunos do 3º ano do ensino médio	32
Figura 3 - Momento de debate com os alunos	33
Figura 4 - Alunos conhecendo os tipos de rochas, suas características e suas aplicações	33
Figura 5 - Registro complementar da análise dos alunos sobre as rochas e suas aplicações	34
Figura 6 - Gráfico sobre a importância da mineração sustentável	34
Figura 7 - Gráfico mineração sustentável em relação a qualidade de vida	35
Figura 8 - Gráfico de interesse sobre o tema	35
Figura 9 - Gráfico de resposta a ciência em relação aos cursos do IFAP	36
Figura 10 - Gráfico de interesse em ingressar em cursos da área de mineração no IFAP	37
Figura 11 - Apresentação do conteúdo no Colégio Amapaense com alunos do 2º ano do ensino médio	38
Figura 12 - Perspectiva dos alunos observando os tipos de rochas	38
Figura 13 - Aplicação do projeto na Escola Estadual Prof. ^a Ruth de Almeida Bezerra com participação ativa e interesse de aluna	39
Figura 14 - Entretenimento dos alunos do 6º ano do ensino fundamental com jogos lúdicos	39
Figura 15 - Visão geral dos alunos nas dinâmicas e com participação nas ações	40
Figura 16 - Participação dos alunos do ensino médio técnico em mineração nas ações do projeto	41
Figura 17 - Evento externo para exposição do projeto, com alunos do ensino médio técnico participando	41

Figura 18 - Interface e componentes do Jogo de Tabuleiro "Minera-Ação"	44
Figura 19 - Jogo de Corrida "Minera-Ação" com elementos minerários	44
Figura 20 - Tabuleiro "Caça ao Tesouro" focado em estratégia	45
Figura 21 - Jogo da "Memória Mineral" com elementos característicos da área	45
Figura 22 - "Quebra-Cabeça Operacional" ilustrando métodos de extração e equipamentos	45

LISTA DE SIGLAS

ANM	Agência Nacional de Mineração
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
ESG	Environmental, Social and Governance
GAIA	Green Awareness In Action
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IFAP	Instituto Federal do Amapá
IoT	Internet of Things
MME	Ministério de Minas e Energia
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
SEMIN	Secretaria de Estado da Mineração
SGB	Serviço Geológico do Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos	17
3	JUSTIFICATIVA	18
4	REFERENCIAL TEÓRICO	21
4.1	Mineração sustentável: conceitos e práticas	21
4.2	A mineração e a transição energética	22
4.3	Educação ambiental e popularização da ciência	23
4.4	Divulgação científica nas escolas	24
4.5	O projeto de ensino: Mineração sustentável e transição energética	25
4.6	A percepção da sociedade sobre a mineração	26
4.7	Mineração como tema de debate nas escolas	27
5	METODOLOGIA	28
5.1	Tipo de pesquisa	28
5.2	Estratégia de capacitação e engajamento	29
5.3	Seleção das escolas e público-alvo	29
5.4	Desenvolvimento das atividades educativas	30
5.4.1	Pesquisa bibliográfica	30
5.4.2	Pesquisa de campo	30
5.5	Instrumentos de coleta de dados	30
5.6	Justificativa da amostra e limitações	31
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6.1	Avaliação do impacto educacional e social	32
6.2	Análise dos dados quantitativos	34
6.3	O lúdico no contexto das escolas públicas	38

6.3.1	Resultados da produção de materiais didáticos e estratégias educativas	42
6.3.2	Detalhamento dos recursos lúdicos e percepção discente	43
7	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	53

1 INTRODUÇÃO

A mineração no Brasil exerce, há décadas, um papel estratégico e, ao mesmo tempo, contraditório sob diferentes perspectivas. A atividade impulsiona a economia nacional, gera empregos e sustenta extensas cadeias produtivas, enquanto exerce pressão significativa sobre regiões ambientalmente sensíveis. O estado do Amapá configura-se como um exemplo emblemático desse cenário, por apresentar expressivo potencial mineral, e enfrentar dificuldades históricas na conciliação entre a exploração dos recursos, o desenvolvimento regional e as crescentes exigências associadas à sustentabilidade. Essa tensão se intensificou com a transição energética, já que minerais como lítio, níquel, cobalto e grafita passaram a ter grande demanda em tecnologias de baixo carbono, aumentando a importância econômica e geopolítica do setor mineral (BEZERRA; XAVIER; VIANA, 2025).

Entretanto, essa expansão pode estar associada a custos socioambientais significativos. Quando não adequadamente planejada e gerida, a atividade minerária pode desencadear impactos relevantes, como a degradação do solo, a contaminação de recursos hídricos, a supressão da cobertura vegetal e o aumento das pressões sobre ecossistemas frágeis. Esses efeitos, amplamente reconhecidos na literatura especializada, reforçam a necessidade de adoção de modelos regulatórios mais robustos e de práticas operacionais alinhadas aos critérios ESG (Environmental, Social and Governance). Nesse contexto, o principal desafio consiste em compatibilizar um setor historicamente marcado por práticas extrativistas com uma lógica de preservação ambiental e de responsabilidade socioambiental que ainda não se encontra plenamente incorporada às operações minerárias (DRUMMOND CANÇADO TRINDADE; BOTELHO, 2023).

A transição energética global, por sua vez, tem gerado uma espécie de paradoxo: quanto mais buscamos fontes renováveis, mais cresce a necessidade de minerais críticos. Isso coloca o Brasil, e particularmente o Amapá, numa posição de destaque mas também de risco. O país tem potencial para suprir parte dessa demanda, porém isso exige planejamento profundo, inovação tecnológica, governança e compromisso com modelos sustentáveis, ou a expansão da mineração apenas ampliará impactos socioambientais já conhecidos (BRASIL, 2025).

Nesse cenário, a educação aparece como um elemento que muitas vezes é tratado como secundário, mas que tem papel essencial na formação crítica das comunidades afetadas. Iniciativas educativas em regiões mineradoras mostram que oficinas, debates, jogos didáticos e outras ações pedagógicas conseguem aproximar estudantes de temas complexos como transição energética e mineração sustentável muitas vezes temas distantes da rotina escolar formal (KADEL JR.; LIMA; MOREIRA, 2024).

Na Amazônia, projetos de educação ambiental reforçam isso de forma evidente. Em escolas rurais e urbanas, programas contextualizados com a realidade local costumam gerar maior engajamento dos estudantes e contribuem para valorizar o território. É comum observar que atividades práticas, ligadas ao cotidiano da comunidade, ajudam a compreender a relação entre sociedade, natureza e demandas econômicas que se sobrepõem no território (FUNDAÇÃO ECOLÓGICA CRISTALINO, 2023).

Diante da importância e dos desafios socioambientais associados à mineração no Amapá e considerando ainda o momento de transição energética torna-se cada vez mais necessário levar essas discussões para o ambiente escolar. A escola, por sua função social, acaba sendo um dos poucos espaços onde é possível debater sustentabilidade, justiça social e diferentes modelos de desenvolvimento a partir de uma perspectiva formativa e crítica (MACÊDO; TAMAIO, 2025). Ainda assim, a inserção desses temas no contexto escolar não ocorre sem desafios, uma vez que depende da formação adequada dos docentes, da disponibilidade de materiais didáticos apropriados e da articulação efetiva entre a escola e a comunidade.

Somado a isso, o presente trabalho tem como foco analisar a implementação de um projeto educativo em escolas públicas do Amapá. O projeto foi estruturado a partir de palestras informativas e jogos educativos sobre mineração sustentável e transição energética. O objetivo do estudo não se restringe à verificação do aumento do aprendizado dos estudantes, mas busca compreender o nível de envolvimento com as atividades desenvolvidas, a capacidade dos conteúdos em estimular a reflexão crítica e a ocorrência de possíveis mudanças nas percepções relacionadas à mineração, ao desenvolvimento e à preservação ambiental.

Este estudo busca responder a questões que emergem da tentativa de

aproximar a temática da mineração ao contexto da educação básica, tais como: de que maneira a abordagem integrada entre mineração sustentável e transição energética influencia o processo de aprendizagem; como os estudantes interpretam as informações apresentadas e se posicionam após a realização das atividades; e em que medida os jogos educativos despertam maior interesse e favorecem a compreensão dos conteúdos, para além de seu caráter lúdico. As respostas a essas questões podem contribuir para o aprimoramento de práticas pedagógicas relacionadas à temática, bem como para o alinhamento da educação às demandas socioambientais contemporâneas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar a implementação e os resultados de um projeto de ensino sobre mineração sustentável e transição energética em escolas públicas do estado do Amapá, avaliando sua contribuição para o engajamento e a formação crítica dos estudantes.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever as etapas de desenvolvimento do projeto educativo, incluindo a elaboração das palestras e dos jogos didáticos utilizados nas atividades com os estudantes;
- Entender o nível de compreensão dos alunos sobre mineração sustentável e transição energética antes e após a participação nas atividades do projeto;
- Avaliar sobre as percepções dos estudantes quanto à importância da mineração sustentável, da preservação ambiental e da transição energética no contexto amazônico;
- Analisar de que forma a utilização de recursos lúdicos contribui para o aumento do interesse, da participação e da aprendizagem dos estudantes em relação aos temas abordados;
- Identificar os principais desafios e potencialidades da abordagem dessas temáticas no ambiente escolar, considerando o contexto socioambiental do Amapá.

3 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema fundamenta-se na divisão entre a atividade mineral e a dinâmica socioeconômica brasileira, uma vez que a indústria extrativa mineral consolida-se como um pilar estratégico da economia nacional. No entanto, existe uma lacuna dialógica entre a exploração de recursos naturais e a percepção social sobre o tema, especialmente no que diz respeito à transição energética. E isso num país em que a exploração mineral é praticamente um eixo permanente da economia. Apesar de toda a relevância econômica, a mineração, como já se sabe, carrega um histórico largo de impactos socioambientais, desde degradação ambiental até conflitos por território, além das pressões que recaem sobre populações vulneráveis. Enquanto isso, a transição energética global avança, pressionada pela necessidade de reduzir emissões de carbono. É curioso pensar que muitos dos minerais essenciais para essa mudança como lítio, níquel, cobalto, entre outros vem justamente de áreas ambientalmente sensíveis, como é o caso da Amazônia. Conforme aponta o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), a mineração brasileira enfrenta o desafio de integrar-se às metas de descarbonização, exigindo um novo modelo de governança que considere a biodiversidade amazônica (IBRAM, 2023). Tal cenário evidencia a necessidade de promover uma formação cidadã pautada pelo pensamento crítico, saindo do papel do estudante como mero espectador das transformações globais. No contexto da escola pública, essa demanda acaba se tornando imperativa, visto que a fragmentação dos temas no currículo básico limita a compreensão dos discentes sobre as dinâmicas tanto territoriais quanto socioeconômicas em que estão inseridos.

Muitos estudantes crescem sem entender como a mineração influencia a vida cotidiana deles ou o território em que vivem. A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) estabelece que a educação ambiental deve ser um componente essencial e permanente na educação nacional, devendo ser abordada de forma articulada e interdisciplinar (BRASIL, 1999). A escola, justamente por ser um espaço de convivência e formação, poderia se tornar um ambiente propício para inserir essas temáticas. E isso não significa torná-la mais “conteudista”, mas aproximar os alunos de questões que fazem parte da realidade, mesmo quando não são percebidas diretamente.

A problemática desta pesquisa se estruturou a partir dessa lacuna instrutiva: de que maneira a inserção da mineração sustentável e da transição energética pode ocorrer de forma eficaz no ambiente escolar? Para investigar essa questão, a pesquisa propõe a aplicação de um projeto educativo que utiliza palestras e jogos didáticos como ferramentas de mediação. Essa escolha metodológica fundamenta-se na busca por uma ação pedagógica que articule teoria e prática, priorizando o engajamento do discente e a construção de um conhecimento contextualizado.

Do ponto de vista teórico, o trabalho se conecta ao campo da educação ambiental, ao propor que temas socioambientais contemporâneos como mineração sustentável, transição energética, impactos territoriais sejam integrados às práticas pedagógicas. E, na prática, o estudo pode servir como apoio para professores e escolas que desejem incluir esses assuntos no currículo de forma mais contextualizada e acessível. A análise das percepções dos estudantes também contribui para melhorar metodologias educativas voltadas à sustentabilidade, especialmente quando pensamos no que a próxima geração terá de enfrentar. O impacto social do estudo também é significativo. O Amapá convive com desafios específicos relacionados à exploração mineral e às desigualdades socioambientais, e não raro esses temas ficam restritos a debates especializados, distantes do cotidiano das pessoas. O debate sobre a mineração muitas vezes permanece restrito a esferas técnicas ou corporativas, alheio à realidade das comunidades locais. Ao transportar essa discussão para as escolas, o projeto democratiza o acesso ao conhecimento técnico-científico e fortalece o conhecimento da juventude amapaense sobre o futuro do seu território. Recentemente, o governo estadual, através da Secretaria de Estado da Mineração (SEMIN) criada em 2023, busca atualizar dados geológicos em parceria com o Serviço Geológico do Brasil (SGB) para atrair novos investimentos, focando também no potencial de minerais estratégicos como nióbio e titânio. Dados do Plano de Mineração do Estado do Amapá indicam que o setor é vital para a arrecadação estadual, porém carece de mecanismos que ampliem a percepção da sociedade civil sobre o desenvolvimento sustentável (AMAPÁ, 2024). Levar essas discussões para o ambiente escolar amplia o alcance da educação e permite que jovens compreendam, ainda cedo, como seu território é afetado e qual papel podem desempenhar no futuro. Portanto, esta pesquisa justifica-

se pela urgência em capacitar a educação básica frente aos desafios do setor mineral no Amapá. Ao unir a fundamentação teórica da educação ambiental à aplicação de recursos didáticos lúdicos, o estudo não apenas preenche uma lacuna acadêmica sobre metodologias de ensino, mas também cumpre uma função social estratégica: preparar a juventude amapaense para atuar criticamente na governança e na sustentabilidade de seu próprio estado.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Mineração sustentável: conceitos e práticas

A mineração, entendida como atividade econômica e industrial, envolve desde a pesquisa até a lavra e o beneficiamento do minério presente no solo e no subsolo (BRASIL, [s.d.]). No entanto, quando se tenta discutir o que seria “mineração sustentável”, percebe-se que o conceito não é tão linear quanto costuma aparecer em documentos oficiais. Ele é descrito como a capacidade de extrair recursos minerais reduzindo, na medida do possível, impactos ambientais, sociais e econômicos, ao mesmo tempo em que se incorporam práticas de responsabilidade socioambiental em toda a cadeia produtiva. Isso inclui governança, manejo de resíduos, recuperação ambiental e algum nível de participação comunitária, numa tentativa de equilibrar exploração e sustentabilidade (BRASIL, 2021).

No Brasil, esse tema vem aparecendo com mais força em políticas públicas recentes que buscam integrar princípios ESG ao setor mineral. A integração desses princípios ao setor mineral tem sido impulsionada por políticas públicas que buscam alinhar a atividade extrativa à Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999). O setor caminha para um modelo de gestão focado em mais rigorosidade, o discurso contém: licenciamento mais rigoroso, monitoramento constante, recuperação de áreas degradadas e abertura de canais com comunidades afetadas (BRASIL, 2024). Ainda assim, vários obstáculos permanecem: fiscalização limitada em regiões remotas, passivos ambientais antigos que seguem sem solução e uma adoção ainda restrita de tecnologias modernas de monitoramento pelas empresas. Esses pontos mostram que a sustentabilidade no setor não se resolve apenas com normas; depende também de participação social, transparência e educação ambiental (PALHETA et al., 2023). Estudos no Amapá, por exemplo, já evidenciaram risco expressivo de contaminação hídrica e tensões sobre comunidades tradicionais.

A abordagem contemporânea de mineração sustentável também tem enfatizado inovação tecnológica. Ferramentas como sensoriamento remoto, automação e sistemas de gestão ambiental passaram a ser vistas como fundamentais

para reduzir impactos e aumentar eficiência, especialmente em regiões sensíveis (DMT GROUP, 2025). Assim, pensar sustentabilidade em mineração implica entender um processo integrado, em que governança, responsabilidade ambiental, relações comunitárias e viabilidade econômica precisam caminhar lado a lado, mesmo que, na prática, isso nem sempre aconteça com facilidade.

4.2 A mineração e a transição energética

A transição energética direcionada para fontes renováveis vem puxando uma demanda global crescente por minerais críticos como lítio, cobre, níquel, cobalto e terras raras, fundamentais para baterias, turbinas eólicas, painéis solares e outras tecnologias de baixa emissão. Esse movimento torna a mineração um setor ainda mais estratégico, mas igualmente pressionado por riscos socioambientais já conhecidos (CARR-WILSON; PATTANAYAK; WEINTHAL, 2024).

É importante esclarecer que, embora sejam termos correlacionados, os conceitos de minerais críticos e estratégicos possuem naturezas distintas. Os minerais críticos são aqueles essenciais para cadeias produtivas de alta tecnologia como a transição energética e que apresentam alto risco de interrupção no fornecimento, seja por escassez geológica, restrições geopolíticas ou ausência de substitutos viáveis. No contexto deste trabalho, destacam-se o lítio, o cobalto e as terras raras, fundamentais para a fabricação de baterias de longa duração e motores de veículos elétricos. O ponto crítico desses elementos reside no fato de que sua ausência inviabilizaria o cumprimento das metas globais de descarbonização (USGS, 2023).

Por outro lado, os minerais estratégicos são definidos pelo Estado em função de sua importância para a soberania econômica, segurança nacional ou balança comercial. No Brasil, o Decreto nº 10.657/2021 estabelece critérios claros para essa classificação, definindo como estratégicos os bens minerais dos quais o país depende de importação em altos percentuais para setores vitais (como o potássio para fertilizantes), ou aqueles que possuem potencial de gerar superávit cambial e são essenciais para tecnologias de baixo carbono. Um exemplo emblemático é o nióbio, do qual o Brasil é o maior produtor mundial, ele é estratégico pela vantagem competitiva econômica que confere ao país, além de ser crítico para a indústria de

superligas metálicas e inovações tecnológicas (BRASIL, 2021). Portanto, enquanto a criticidade olha para o risco de falta do material, o caráter estratégico foca na relevância política e econômica do recurso para o desenvolvimento nacional.

Estudos recentes apontam que a expansão da atividade mineral motivada pela transição energética pode trazer riscos relevantes como: degradação de ecossistemas, tensões com comunidades locais, aumento de resíduos e vulnerabilidades sociais. Sem regulações sólidas e práticas realmente sustentáveis, o processo de descarbonização pode reproduzir ou até intensificar injustiças ambientais (CARR-WILSON; PATTANAYAK; WEINTHAL, 2024).

No Brasil, políticas voltadas à mineração sustentável ganharam mais espaço, especialmente com o MME (Ministério de Minas e Energia) reforçando a agenda ESG no setor mineral. Porém, a dependência de minerais críticos para suprir a demanda da energia limpa coloca desafios estruturais: a corrida por materiais ocorre lado a lado com fragilidades socioambientais que persistem. Isso reforça a importância de práticas sustentáveis, inovação tecnológica e participação social para evitar que a transição energética avance às custas de danos irreversíveis em regiões sensíveis, exatamente como visto em partes da Amazônia e ponto central para os debates no Amapá.

4.3 Educação ambiental e popularização da ciência

Quando inserida no ambiente escolar, a educação ambiental amplia a compreensão sobre as relações entre sociedade, natureza e tecnologia, favorecendo valores como responsabilidade e consciência ecológica (CARNEIRO; MERCADO; SANTOS, 2025). Esse papel se torna ainda mais importante em regiões impactadas pela mineração. Em áreas mineradoras, projetos educativos ajudam estudantes a compreender os efeitos da atividade no território e estimulam uma postura crítica diante dos conflitos socioambientais. Em Candiota (RS), por exemplo, ações educativas focadas em sustentabilidade conseguiram sensibilizar a comunidade escolar para os dilemas da mineração de carvão (KADEL JR.; LIMA; MOREIRA, 2024). De forma complementar, o Art. 1º da Lei nº 9.795/1999 determina que:

Art. 1º. Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999, art. 1º).

A popularização da ciência torna o conhecimento científico acessível e compreensível e tem mostrado resultados positivos no engajamento de estudantes em debates sobre energia, meio ambiente e sustentabilidade. Quando esse conhecimento chega de forma contextualizada, a escola passa a ser espaço de participação e formação cidadã (VALDERRAMA; GARZÓN VELASCO; CHAPARRO, 2025). Em regiões amazônicas essa articulação entre educação ambiental e divulgação científica permite que os alunos compreendam as conexões entre a mineração, território e desenvolvimento.

4.4 Divulgação científica nas escolas

A divulgação científica no ambiente escolar aproxima estudantes e professores dos debates sobre ciência, tecnologia e sustentabilidade. Oficinas, jogos educativos, projetos interdisciplinares e atividades práticas tornam o ensino mais significativo, favorecendo a formação de pensamento crítico. No caso de temas como transição energética e mineração sustentável, essas práticas ajudam a promover conscientização sobre impactos socioambientais (MYLONAS et al., 2018).

Um estudo europeu mostrou que o uso de kits didáticos, IoT (Internet of Things) e gamificação aumentou a consciência energética de estudantes ao integrar teoria e prática, resultando em mudanças no comportamento cotidiano (MYLONAS et al., 2018). Mais especificamente, o estudo detalha a implementação do projeto GAIA (Green Awareness In Action), que instalou uma infraestrutura de sensores IoT em prédios educacionais para monitorar parâmetros reais como consumo de energia, luminosidade e temperatura. Através de uma abordagem maker e do uso de tecnologias de código aberto, os alunos puderam interagir com esses dados em tempo real. O diferencial da metodologia foi o uso do 'GAIA Challenge', uma plataforma de gamificação que transformava a economia de energia em missões e competições saudáveis (crowdsensing quests), permitindo que os estudantes visualizassem o impacto direto de suas ações no ambiente escolar. No Brasil,

iniciativas semelhantes em regiões mineradoras têm buscado aproximar alunos da realidade local. Um exemplo é o projeto “Na trilha da mineração”, desenvolvido em escolas de Parauapebas (PA), que utilizou trabalho de campo e formação docente para explicitar impactos ambientais e incentivar o engajamento comunitário (AGUIAR et al., 2023).

4.5 O projeto de ensino: Mineração sustentável e transição energética

Projetos de ensino voltados à mineração sustentável e à transição energética têm ganhado destaque num contexto global marcado por mudanças climáticas e aumento da demanda por minerais estratégicos. Iniciativas educativas que relacionam temas ambientais reais, fundamentos científicos e atividades práticas tendem a aproximar os estudantes de debates sobre justiça socioambiental e desenvolvimento (CLARO; FARIAS, 2024).

Na literatura é mostrada que metodologias ativas e resolução de problemas elevam o engajamento dos alunos, especialmente quando as atividades têm relação direta com o território em que vivem (PEPINO; MACKEDANZ, 2024). No caso da Amazônia, esse tipo de abordagem se torna ainda mais relevante. A região enfrenta pressões intensas da mineração e inclui comunidades vulneráveis que raramente participam dos processos decisórios (SCHWEICKARDT; GUIMAS; SCHWEICKARDT, 2025).

Projetos que combinam palestras, jogos educativos e dinâmicas participativas atuam como intermediários entre o conhecimento científico e o cotidiano dos estudantes. Jogos ambientais, por exemplo, ajudam a desenvolver pensamento sistêmico e autonomia intelectual (BORGES; NEVES, 2023). Isso é crucial num setor como o mineral, no qual conflitos socioambientais e desigualdades costumam ser invisibilizados (ACOSTA, 2020).

Projetos desse tipo contribuem para a popularização da ciência, democratizando o acesso a informações sobre sustentabilidade, as tecnologias de baixo carbono e políticas ambientais (SABIONI, 2020). Isso fortalece a formação de uma cultura de responsabilidade socioambiental, algo que é indispensável para compreender e enfrentar as transformações futuras.

4.6 A percepção da sociedade sobre a mineração

A percepção social sobre a mineração corresponde ao modo como diferentes grupos interpretam e avaliam os impactos econômicos, sociais e ambientais de atividades minerárias. Essa percepção é diversa e depende de fatores como escolaridade, renda, experiência comunitária, histórico de convivência com empresas mineradoras e expectativas quanto a benefícios ou riscos (YEARLEY, 2002).

Na Amazônia, pesquisas mostram que comunidades dependentes economicamente da mineração costumam ter visões mais favoráveis ao setor, relacionando-o à geração de renda e dinamização econômica. Parauapebas e Canaã dos Carajás são exemplos onde a mineração moldou a própria formação territorial, apesar de os impactos ambientais serem amplamente reconhecidos (MATLABA et al., 2024).

Por outro lado, em locais onde os impactos são sentidos de forma direta como poluição, riscos à saúde e degradação de recursos hídricos a rejeição tende a ser maior. Em algumas regiões da Indonésia, comunidades chegaram a se opor à renovação de licenças devido ao descumprimento de compromissos ambientais por parte das empresas (SAWEDI et al., 2024).

Outro ponto importante é a diferença entre a percepção comunitária e a das empresas mineradoras. Estudos demonstraram que as empresas costumam avaliar seus impactos de forma mais positiva do que os moradores, especialmente quando destacado no que diz respeito a saúde e qualidade ambiental, o que acaba criando assimetrias que dificultam a chamada “licença social para operar” (GEROTTO et al., 2019).

Expectativas em relação a serviços públicos como saúde, educação e saneamento também influenciam fortemente a percepção social (REY-MARTÍ et al., 2023). No geral, trata-se de um fenômeno multidimensional, que depende de fatores territoriais, socioeconômicos e comunicacionais e que pode gerar percepções positivas, negativas ou ambíguas (CASTRO PEIXOTO; TEJERINA-GARRO, 2025).

4.7 Mineração como tema de debate nas escolas

As propostas pedagógicas baseadas na perspectiva CTS (Ciência–Tecnologia–Sociedade) mostram que discutir mineração na sala de aula ajuda na compreensão de temas como uso de recursos naturais, impactos ambientais, participação social e responsabilidade coletiva. Quando o tema aparece de forma contextualizada, os estudantes conseguem relacionar conceitos científicos ao seu cotidiano (SOUZA; VALADARES, 2018).

A educação também contribui para o desenvolvimento de percepções mais críticas. Pesquisas com pós-graduandos indicam que o debate sobre mineração amplia a compreensão sobre conflitos socioambientais, riscos à saúde e desafios das atividades extrativistas (PEREIRA; COSTA; BORGES, 2017).

Trabalhar a mineração como tema escolar permite reconhecer a importância histórica, econômica e territorial da atividade em regiões brasileiras, incluindo a Amazônia. Isso ajuda os alunos a desenvolver posições mais fundamentadas, fugindo de interpretações superficiais (CASTRO PEIXOTO; TEJERINA-GARRO, 2025).

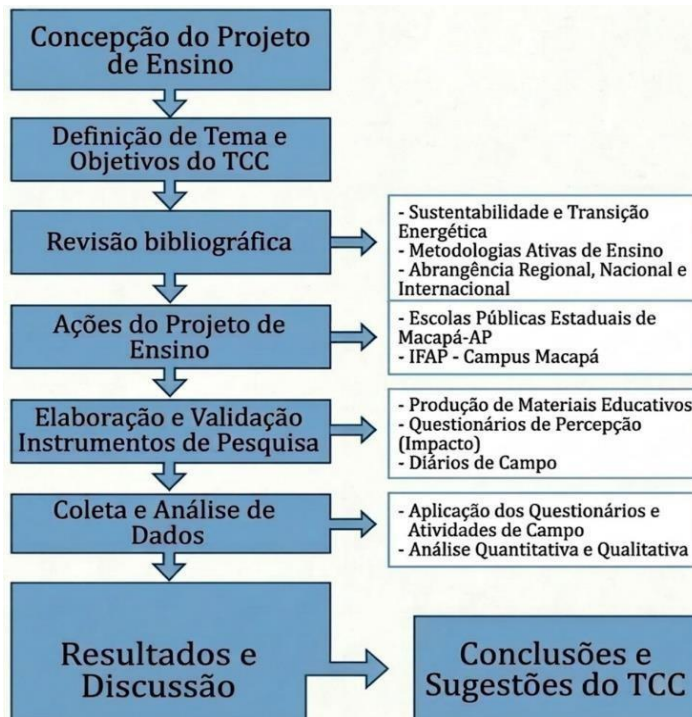
Contudo, desafios persistem. Muitos professores não se sentem preparados para discutir mineração criticamente e há escassez de materiais didáticos atualizados. Isso evidencia a necessidade de formação continuada e revisão curricular para que o tema esteja inserido de forma qualificada e interdisciplinar no ambiente escolar. O estudo “Percepção de professores e alunos sobre os impactos ambientais associados à mineração” (COSTA et al., 2020) mostra que 71% dos professores ensinam educação ambiental de forma autodidata, sem formação acadêmica na área, reforçando a lacuna existente.

5 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho baseou-se na aplicação e análise das ações desenvolvidas no projeto de ensino “Mineração Sustentável e Transição Energética”, executado em escolas públicas estaduais da cidade de Macapá-AP e no IFAP. O percurso metodológico combinou pesquisa bibliográfica, atividades de campo, produção de materiais educativos e instrumentos de avaliação que permitiram compreender o impacto das ações sobre o aprendizado e a percepção dos estudantes acerca da mineração sustentável e dos desafios da transição energética.

Abaixo são descritas as etapas metodológicas organizadas conforme os pontos principais para o desenvolvimento, execução e avaliação do projeto, demonstradas na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do percurso metodológico do trabalho.



Fonte: Autoria própria (2026).

5.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa caracteriza-se como:

- Pesquisa aplicada, por buscar compreender e transformar a realidade

educacional envolvendo temas socioambientais e tecnológicos;

- Pesquisa de métodos mistos, de caráter qualitativo e quantitativo, já que combina análise interpretativa (observações, percepções e engajamento dos participantes) e dados numéricos (resultados dos formulários avaliativos);
- Pesquisa de campo, pela realização de ações presenciais nas escolas e nas turmas do IFAP;
- Pesquisa participativa, pois envolve estudantes, professores e monitores na construção de experiências educativas.

5.2 Estratégia de capacitação e engajamento

A estratégia central foi promover ações educativas integradas fundamentadas em:

- Popularização da ciência com o uso de linguagem acessível, exemplos reais, imagens de campo, vídeos e objetos concretos da mineração;
- Metodologias ativas no qual incluíram dinâmicas interativas, debates guiados, jogos didáticos e resolução de problemas;
- Aprendizagem contextualizada em conteúdos relacionados às realidades amazônicas e às discussões globais sobre energia limpa;
- Educação ambiental crítica, valorizando o debate sobre impactos socioambientais, responsabilidade coletiva e tomada de decisão informada.

5.3 Seleção das escolas e público-alvo

A seleção das instituições participantes buscou uma amostragem que refletisse a diversidade do sistema público de ensino em Macapá, adotando os seguintes critérios:

- Representatividade institucional: Inclusão de escolas da rede estadual e do ensino técnico federal (IFAP);
- Relevância socioambiental: Escolha de unidades inseridas no contexto de Macapá, onde o debate sobre o potencial mineral e a transição energética é urgente;

- Disponibilidade e engajamento: Abertura da gestão escolar para atividades de extensão.

As escolas participantes foram a E. E. Dr. Alexandre Vaz Tavares, o Colégio Amapaense e a E. E. Prof.^a Ruth de Almeida Bezerra, além de turmas do ensino médio técnico do IFAP. O público total superou 250 estudantes, dos quais 35 compõem a amostra principal de análise desta pesquisa.

5.4 Desenvolvimento das atividades educativas

As atividades ocorreram em duas frentes articuladas:

5.4.1 Pesquisa bibliográfica

A fundamentação teórica concentrou-se em literatura científica recente sobre minerais críticos, documentos oficiais da Agência Nacional de Mineração (ANM), do IBRAM e do MME, além de estudos de divulgação científica. Esta etapa embasou a formulação das palestras e a construção dos jogos educativos.

5.4.2 Pesquisa de campo

A pesquisa de campo estruturou-se como a parte central da metodologia, envolvendo as intervenções pedagógicas diretas nas escolas e a aplicação prática das ferramentas lúdicas desenvolvidas. Esta etapa permitiu o contato direto com a realidade escolar e a observação do comportamento dos estudantes diante dos temas propostos.

5.5 Instrumentos de coleta de dados

Para mensurar o alcance dos objetivos, utilizou-se um questionário com estrutura de múltipla escolha, aplicado ao final das intervenções. O instrumento foi produzido para coletar dados quantitativos sobre a eficácia da ação pedagógica, sendo organizado em torno de eixos temáticos principais:

- Percepção e conhecimento: Questões voltadas a identificar a compreensão dos alunos sobre a importância da mineração sustentável e seu papel na melhoria da qualidade de vida e preservação ambiental;
- Engajamento e interesse: Perguntas destinadas a medir o desejo dos estudantes em aprofundar-se no tema e buscar soluções sustentáveis na área mineral;
- Orientação profissional e acadêmica: Questões específicas sobre o conhecimento dos cursos oferecidos pelo IFAP e o interesse dos alunos em ingressar na carreira técnica ou superior em mineração.

5.6 Justificativa da amostra e limitações

Embora as ações do projeto tenham alcançado mais de 250 estudantes, a análise dos dados quantitativos baseia-se em uma amostragem de 35 alunos. Essa delimitação foi adotada como critério de refino e consistência estatística, selecionando-se os formulários que apresentaram preenchimento integral e respostas validadas para todas as variáveis do estudo. Isto permitiu uma análise mais criteriosa e profunda dos impactos pedagógicos, garantindo que os resultados apresentados reflitam com precisão as percepções do grupo amostral.

Em contrapartida, as observações diretas e os registros fotográficos utilizados na análise qualitativa abrangem a totalidade dos participantes do projeto, permitindo uma visão ampla do engajamento e da aceitação das metodologias lúdicas nos diversos contextos escolares visitados.

Como limitações, o estudo tem caráter local e específico, pois busca compreender os fenômenos observados em Macapá, sem a intenção de generalizar estatisticamente os resultados. Além disso, existe a tendência da percepção imediata, já que o interesse e a sensibilidade dos estudantes são registrados no momento das intervenções. Então, é reconhecido que o estudo não acompanha efeitos de longo prazo, apenas captura uma impressão imediata, que pode não representar a percepção mais madura ou duradoura dos estudantes.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados integra a execução prática nas escolas com os dados coletados via questionário, permitindo uma visão integral sobre o impacto do projeto.

6.1 Avaliação do impacto educacional e social

As atividades iniciaram-se com exposições teóricas e diálogos abertos. Na Figura 2, observa-se a intervenção na Escola Estadual Dr. Alexandre Vaz Tavares, onde o foco inicial foi desconstruir preconceitos sobre o setor mineral. Esse processo foi aprofundado por meio de debates (Figura 3), nos quais os estudantes puderam expressar suas dúvidas e visões sobre os impactos ambientais no Amapá.

Figura 2 – Apresentação na Escola Estadual Dr. Alexandre Vaz Tavares com alunos do 3º ano do ensino médio.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 3 – Momento de debate com os alunos.



Fonte: Autoria própria (2025).

A compreensão teórica foi materializada através do contato direto com amostras minerais. As Figuras 4 e 5 registram o momento em que os alunos analisaram diferentes tipos de rochas e suas aplicações cotidianas.

Figura 4 – Alunos conhecendo os tipos de rochas, suas características e suas aplicações.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 5 – Registro complementar da análise dos alunos sobre as rochas e suas aplicações.



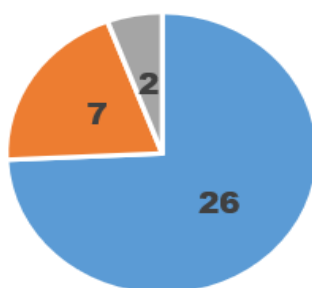
Fonte: Autoria própria (2025).

Essa etapa foi fundamental para conectar a mineração, muitas vezes vista como algo distante ou puramente destrutivo com os objetos tecnológicos presentes na realidade dos alunos. O tato e a observação das rochas funcionaram como um "gancho" para despertar a curiosidade científica.

6.2 Análise dos dados quantitativos

Após as intervenções, a aplicação do questionário (n=35) permitiu mensurar a mudança de percepção. Os dados revelam um alto índice de absorção de conceitos.

Figura 6 – Gráfico sobre a importância da mineração sustentável.
O que você aprendeu sobre a importância da mineração sustentável durante a palestra?



- Aprendeu como pode ser mais responsável ao meio ambiente
- Aprendeu como pode ser prejudicial
- Não aprendeu

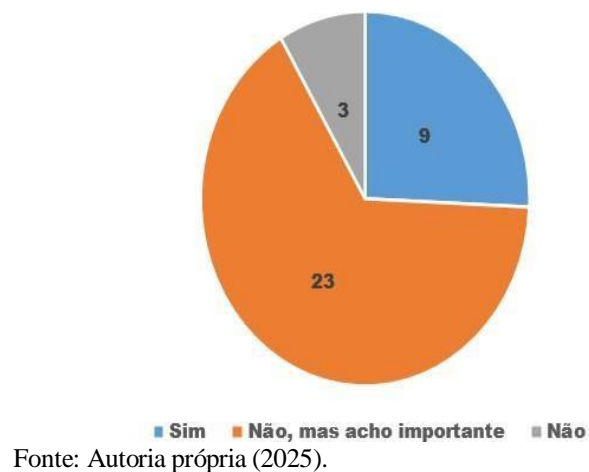
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 7 – Gráfico mineração sustentável em relação a qualidade de vida.
 Você acha que a mineração sustentável pode ajudar a melhorar a qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente?



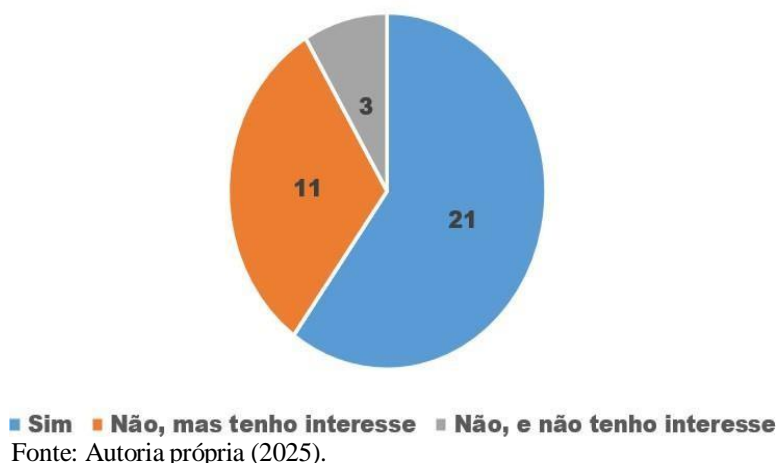
Conforme a Figura 6, a maioria dos estudantes passou a reconhecer a importância da mineração sustentável. Esse dado é reforçado pela Figura 7, onde se observa a correlação feita pelos alunos entre o setor mineral e a melhoria da qualidade de vida humana, evidenciando que a palestra cumpriu o papel de mostrar a mineração como base da sociedade moderna.

Figura 8 – Gráfico de interesse sobre o tema.
 Após a palestra, você tem interesse em aprender mais sobre o tema e se envolver com soluções sustentáveis na área da mineração?



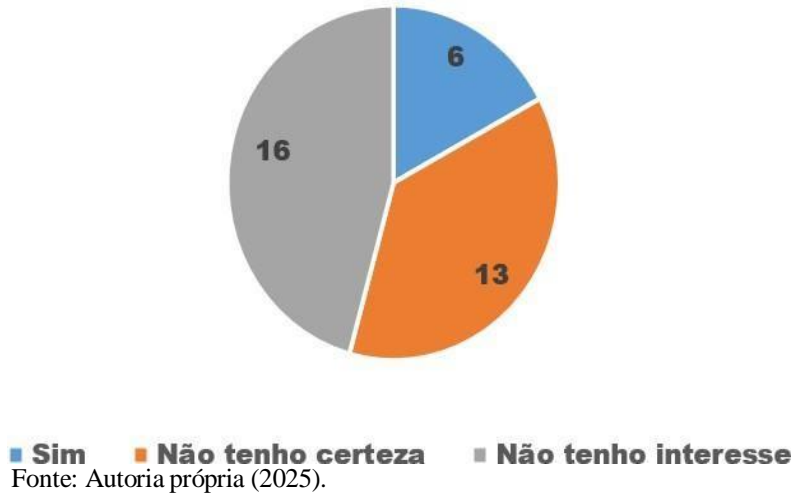
A Figura 8 apresenta a percepção dos estudantes sobre o interesse no tema após as intervenções. Observa-se que, embora o interesse direto (Sim) tenha sido manifestado por 25,7% (9 alunos), a grande maioria, correspondendo a 65,7% (23 alunos), indicou que, embora não pretenda se aprofundar, considera o tema importante. Esse dado é fundamental, pois demonstra que o projeto obteve sucesso em gerar validação social sobre a mineração sustentável, mesmo que isso não se converta imediatamente em um desejo pessoal de estudo para todos.

Figura 9 – Gráfico de resposta a ciência em relação aos cursos do IFAP.
Você sabia que o IFAP oferece cursos técnicos/superiores relacionados à mineração?



Ao analisarmos a Figura 9, que trata do conhecimento sobre os cursos do IFAP, o cenário é positivo: 60% (21 alunos) já possuíam ciência da oferta desses cursos, e 31,4% (11 alunos), apesar de não saberem, demonstraram curiosidade. Cruzando esses dados, percebe-se que o desafio do IFAP não é apenas a divulgação da existência dos cursos, mas sim a conversão do interesse. O fato de muitos conhecerem o curso e acharem o tema importante, mas ainda hesitarem em ingressar na área (conforme a Figura 10), reforça a necessidade de ações como este projeto para desmistificar a rotina profissional do setor mineral.

Figura 10 – Gráfico de interesse em ingressar em cursos da área de mineração no IFAP. Você teria interesse em participar dos próximos processos seletivos para os cursos da área de mineração no IFAP?



Os dados revelam que apenas 17,1% (6 alunos) demonstraram interesse imediato em seguir a carreira mineral, enquanto 45,7% (16 alunos) afirmaram não possuir interesse na área. Aqui fica a principal reflexão crítica deste trabalho: o desinteresse não parece estar vinculado à temática em si, tendo em vista que os estudantes participaram ativamente das dinâmicas e reconheceram a importância do tema, mas sim a uma falta de identificação com o setor mineral como projeto de vida. Isso reforça que o estigma ambiental historicamente associado à mineração na Amazônia ainda se sobrepõe às oportunidades de carreira tecnológica oferecidas.

No entanto, é necessário considerar que essa percepção pode estar em uma fase de transição, acompanhando as recentes mudanças institucionais no IFAP. É relevante destacar que o curso de Tecnologia em Mineração passou por um processo de reformulação, resultando na implementação do curso de Engenharia de Minas no Campus Macapá no ano de 2026 (BRASIL, 2026).

Essa mudança é um fator determinante para as próximas análises de interesse, visto que o título de engenharia carrega um peso acadêmico e social maior, conferindo maior visibilidade e atratividade à profissão. A transição do curso tende a reduzir a resistência observada na amostra atual, oferecendo aos estudantes uma outra perspectiva de carreira.

6.3 O lúdico no contexto das escolas públicas

A eficácia do projeto também foi testada em diferentes níveis de ensino e instituições. No Colégio Amapaense (Figura 11), o foco no 2º ano do ensino médio permitiu discussões mais densas sobre o tema, onde os alunos puderam debater e analisar rochas com foco em seu modo de aplicação geral (Figura 12).

Figura 11 – Apresentação do conteúdo no Colégio Amapaense com alunos do 2º ano do ensino médio.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 12 – Perspectiva dos alunos observando os tipos de rochas.



Fonte: Autoria própria (2025).

Na Escola Estadual Prof.^a Ruth de Almeida Bezerra, a participação ativa (como visto na Figura 13) reforçou que a contextualização amazônica do conteúdo gera maior identificação dos estudantes. Já a Figura 14 demonstra que, mesmo para o 6º ano do ensino fundamental, o uso de jogos lúdicos é capaz de gerar entretenimento e aprendizado simultâneos, provando a versatilidade da ferramenta.

Figura 13 – Aplicação do projeto na Escola Estadual Prof. ^a Ruth de Almeida Bezerra com participação ativa e interesse de aluna.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 14 – Entretenimento dos alunos do 6º ano do ensino fundamental com jogos lúdicos.



Fonte: Autoria própria (2025).

A visão geral das dinâmicas (Figura 15) reflete o principal desafio metodológico: o engajamento de grandes grupos em tempos reduzidos. A participação nas ações mostra que, embora a estrutura das escolas públicas apresente limitações, existe uma demanda reprimida por atividades práticas e diferentes da sala de aula tradicional.

Figura 15 – Visão geral dos alunos nas dinâmicas e com participação nas ações.



Fonte: Autoria própria (2025).

No contexto do ensino médio técnico, a participação dos discentes do IFAP foi um diferencial para o projeto. Como mostra a Figura 16, os alunos do curso técnico em mineração não atuaram apenas como ouvintes, mas também nas dinâmicas, auxiliando na mediação dos conhecimentos e compartilhando suas experiências práticas como estudantes.

Figura 16 – Participação dos alunos do ensino médio técnico em mineração nas ações do projeto.



Fonte: Autoria própria (2025).

Por fim, a Figura 17 ilustra a importância da extensão ao promover a integração entre diferentes áreas do conhecimento. A exposição do projeto em eventos externos permitiu que estudantes de outros cursos técnicos do IFAP tivessem um primeiro contato com a temática, gerando uma troca de saberes. Essa ação fortalece o papel social do instituto ao democratizar o debate sobre o tema para toda a comunidade acadêmica.

Figura 17 – Evento externo para exposição do projeto, com alunos do ensino médio técnico participando.



Fonte: Autoria própria (2025).

6.3.1 Resultados da produção de materiais didáticos e estratégias educativas

A elaboração de conteúdos didáticos voltados ao setor mineral resultou na produção de materiais específicos para estudantes do ensino fundamental e médio. Esses materiais foram desenvolvidos com linguagem clara, visualmente atrativa e adequada ao público-alvo, incorporando diagramas, imagens reais da mineração, textos curtos e exemplos de contextos regionais e nacionais.

Os conteúdos abordaram temas como responsabilidade socioambiental, processos minerários, mineração no Amapá, transição energética e minerais críticos. Esses materiais constituíram a base para todas as intervenções educativas realizadas ao longo do projeto, possibilitando a contextualização dos temas e facilitando a compreensão dos estudantes.

Destaca-se a inclusão de materiais explicativos sobre minerais críticos, com o objetivo de evidenciar sua importância econômica, tecnológica e ambiental. Minerais como lítio, cobalto, nióbio e terras raras são fundamentais para o desenvolvimento de tecnologias limpas, como motores elétricos, turbinas eólicas, painéis solares e baterias (BINNEMANS et al., 2013; HUMPHRIES, 2013; USGS, 2023). A inserção desse conteúdo contribuiu para ampliar a compreensão dos estudantes acerca do papel estratégico desses recursos na transição energética, estabelecendo conexões entre o conteúdo apresentado, o cotidiano, a inovação tecnológica e o desenvolvimento sustentável.

Como resultado complementar, foram produzidas apresentações em slides, vídeos curtos, animações explicativas e gráficos simplificados, os quais auxiliaram na visualização dos processos abordados e tornaram as atividades mais dinâmicas e acessíveis. Esses recursos audiovisuais favoreceram o engajamento dos estudantes e facilitaram a assimilação de conceitos técnicos.

Além disso, o desenvolvimento de jogos educativos didáticos permitiu a abordagem de temas complexos de forma lúdica e interativa. Os jogos contemplaram aspectos relacionados à cadeia produtiva da mineração, impactos ambientais, fontes de energia renovável, mobilidade elétrica, métodos de reciclagem e tomada de decisão em cenários minerários.

A aplicação dessas atividades resultou no estímulo à cooperação, ao debate e à

criatividade entre os estudantes, promovendo maior entendimento sobre os temas trabalhados. Observou-se também o fortalecimento do pensamento crítico e da compreensão dos processos minerários e energéticos, demonstrando o potencial dos jogos educativos como ferramenta pedagógica no ensino de conteúdos relacionados ao setor mineral.

6.3.2 Detalhamento dos recursos lúdicos e percepção discente

A fase de intervenção prática utilizou uma série de recursos lúdicos projetados para consolidar os conhecimentos teóricos apresentados. As atividades foram divididas em cinco modalidades principais: o Jogo de Tabuleiro "Minera-Ação", o Jogo de Corrida "Minera- Ação", o Tabuleiro "Caça ao Tesouro", o Jogo da Memória e o Quebra-Cabeça Operacional.

O Jogo de Tabuleiro "Minera-Ação" visava estimular o raciocínio lógico e a percepção visual. A dinâmica baseava-se em um sistema de perguntas e respostas dividido em categorias: Charadas, Mining Quiz e o "Quem sou eu?". Essas categorias abordaram uma gama diversificada de temas, abrangendo desde a identificação de métodos de lavra e processos minerários até questões técnicas sobre equipamentos e o reconhecimento visual de minerais e fontes de energia renovável. De forma complementar, o Jogo de Corrida "Minera- Ação" e o Tabuleiro "Caça ao Tesouro" exploraram o fluxo operacional e a tomada de decisão em cenários do setor, utilizando elementos de gamificação como retenção de rodadas e pinos personalizados que remetem ao maquinário de lavra, como caminhões basculantes e retroescavadeiras.

Para o fortalecimento da percepção visual, foi aplicado um Jogo da "Memória Mineral" com 48 peças, centrado na associação de elementos envolvidos com a mineração, além de um "Quebra-Cabeça Operacional" de 55 peças de nível de dificuldade intermediário retratando o cotidiano de uma lavra mineral. Ambas as atividades permitiram que os alunos visualizassem, de forma prática, a disposição espacial dos equipamentos e as etapas da extração mineral.

A aplicação desses recursos revelou um elevado nível de engajamento. Ao serem apresentados aos desafios, observou-se uma transição imediata da postura passiva para uma postura ativa, caracterizada pela competitividade saudável e pelo

Figura 20 – Tabuleiro "Caça ao Tesouro" focado em estratégia.



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 21 – Jogo da “Memória Mineral” com elementos característicos da área.



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 22 – “Quebra-Cabeça Operacional” ilustrando métodos de extração e equipamentos.



Fonte: Autoria própria (2026).

A integração desses recursos lúdicos ao cronograma de intervenções não apenas diversificou a metodologia de ensino, como também serviu para desmistificar a complexidade técnica do setor mineral. Ao final das dinâmicas, notou-se que o lúdico atuou como um facilitador do diálogo, permitindo que os estudantes expressassem suas percepções de forma mais segura e fundamentada. Assim, a produção desses materiais didáticos consolida-se como um dos principais legados deste projeto, oferecendo às escolas públicas do Amapá uma alternativa viável e eficaz para a abordagem de temas estratégicos, a exemplo da mineração sustentável e da transição energética.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou que a inserção de temas como mineração sustentável e transição energética no currículo da educação básica atua como um impulsionador para o pensamento crítico. Ao analisar a implementação do projeto, conclui-se que a superação da barreira entre o conhecimento técnico e o senso comum dos estudantes não depende apenas da disponibilidade da informação, mas da estratégia pedagógica adotada. Nesse sentido, a utilização de metodologias ativas e recursos lúdicos mostrou-se eficaz para democratizar o acesso à ciência, permitindo que jovens amapaenses discutissem as riquezas minerais do estado sob a ótica da sustentabilidade e da responsabilidade socioambiental.

Apesar dos resultados positivos, o estudo evidenciou limitações próprias do contexto das escolas públicas estaduais de Macapá, como a escassez de tempo para debates mais profundos e as limitações de recursos e espaços escolares. É importante reconhecer que, por possuir um caráter de registro de percepção imediata, a pesquisa não acompanha os efeitos de longo prazo na mentalidade dos estudantes. Portanto, a mudança definitiva na percepção sobre o setor mineral e o real despertar de vocações profissionais requerem um processo de formação contínuo, que ultrapassa a duração de ações isoladas, embora estas sejam o ponto de partida essencial.

No âmbito institucional, os resultados entregam uma contribuição estratégica para o IFAP. O projeto funcionou como uma ponte de diálogo com a comunidade, revelando que o baixo interesse inicial pela carreira técnica pode ser superado por meio da valorização acadêmica. A recente transição para o curso de Engenharia de Minas no Campus Macapá surge como um fator transformador nesse cenário, a nova titulação tende a elevar o prestígio da profissão na visão da comunidade, facilitando a conversão da curiosidade despertada pelo projeto em matrículas efetivas e na formação de novos quadros técnicos para o estado. Essa mudança demonstra um marco histórico para a educação amapaense, podendo futuramente consolidar o estado como um polo de referência na formação de engenheiros para o setor mineral.

Para a continuidade desta iniciativa, sugere-se a expansão do projeto por meio de parcerias público-privadas que possibilitem o financiamento de materiais

didáticos permanentes e a capacitação de professores da rede básica. Políticas educacionais que integrem a mineração sustentável como tema integrado às várias disciplinas são fundamentais para que a transição energética deixe de ser um conceito abstrato e se torne uma oportunidade real de desenvolvimento regional. Em última análise, este trabalho reforça que aproximar a ciência da comunidade escolar é o caminho para formar cidadãos capazes de tomar decisões informadas sobre os desafios éticos, sociais e ambientais que moldarão o futuro da Amazônia e do cenário mundial.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, A. Extractivism and neoextractivism: two sides of the same coin? In: VELTMEYER, H.; PETRAS, J. (eds.). **The new extractivism**. London: Zed Books, 2020.
- AGUIAR, Aglene Maria Silva; GOMES, Eliete dos Santos; CALDAS, Ágata Maise de Jesus; PONTES, Altem Nascimento. Na trilha da mineração: desvendando seus impactos ambientais através do trabalho de campo. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 126–132, 2023.
- AMAPÁ. [Governo do Estado]. **Governo do Amapá anuncia revisão do Plano de Mineração e mapeamento do potencial mineral em parceria com o Serviço Geológico do Brasil**. Macapá, 2024. Disponível em: <https://agenciaamapa.com.br/noticia/23509/governo-do-amapa-anuncia-revisao-do-plano-de-mineracao-e-mapeamento-do-potencial-mineral-em-parceria-com-o-servico-geologico-do-brasil>. Acesso em: 3 fev. 2026.
- BEZERRA, Antony Bertand Andrade; XAVIER, Yanko Marcius de Alencar; VIANA, Herbert Ricardo Garcia. Minérios críticos para a transição energética no Brasil: oportunidades estratégicas e panorama da pesquisa e lavra. **Revista de Geopolítica**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. e667, 2025.
- BINNEMANS, Koen et al. Recycling of rare earths: a critical review. **Journal of Cleaner Production**, v. 51, p. 1-22, 2013.
- BORGES, Rita Knobel; NEVES, Carla Arcoverde de Aguiar. Revisão sistemática da literatura: jogos educativos para o ensino dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs). In: ENSUS 2023 – XI Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2023, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2023. p. 261–267.
- BRASIL. Agência Nacional de Mineração (ANM). **Exploração mineral**. Brasília: ANM, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/exploracao-mineral>. Acesso em: 1 out. 2025.
- BRASIL. Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021. **Institui a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos - Pró-Minerais Estratégicos**. Brasília, 2021.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Minerais críticos e estratégicos para a transição energética**. Rio de Janeiro: EPE, 2025.
- BRASIL. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP). **Ifap lança Processo Seletivo Próprio para cinco novos cursos de graduação em 2026**. Macapá: IFAP, 2026. Disponível em: <https://www.ifap.edu.br/index.php/mais-noticias/ifap-lanca-processo-seletivo-proprio-para-cinco-novos-cursos-de-graduacao-em-2026>. Acesso em: 6 fev. 2026.
- BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental,**

institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Desenvolvimento sustentável na mineração.** Brasília: MME, 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **MME e ABNT firmam parceria para criar o “Selo Mineração ESG”.** Brasília: MME, 2024.

CARNEIRO, J. DO N.; MERCADO, L. P. L.; SANTOS, A. F. DOS. Educação ambiental para desenvolvimento sustentável: possibilidades de projetos colaborativos na educação básica. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 15, n. 3, p. 179-192, 2025.

CARR-WILSON, Savannah; PATTANAYAK, Subhrendu K.; WEINTHAL, Erika. Critical mineral mining in the energy transition: a systematic review of environmental, social, and governance risks and opportunities. **Energy Research & Social Science**, v. 116, p. 103672, 2024.

CASTRO PEIXOTO, Sandra Cristina; TEJERINA-GARRO, Francisco Leonardo. Mineração, meio ambiente e educação: análise das percepções e ações educativas sobre a atividade mineradora. **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 1–23, 2025.

CLARO, P. C. G.; FARIAS, M. R. D. Educação ambiental crítica na Amazônia: a utilização do quadro de referência como contributo pedagógico. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 7, p. e5521, 2024.

COSTA, Clayton Angelo Silva et al. Percepção de professores e alunos sobre os impactos ambientais associados à mineração. **Revista Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 15, n. 2, 2020.

DMT GROUP. **Mineração sustentável: tecnologias e práticas que estão mudando o setor.** Blog DMT Latin America, 2025. Disponível em: <https://www.dmt-group.com.br/pt/blog/anm/details/article/mineracao-sustentavel-tecnologias-e-praticas-que-estao-mudando-o-setor/>. Acesso em: 12 set. 2025.

DRUMMOND CANÇADO TRINDADE, Adriano; BOTELHO, Mariana Melo. A mineração no contexto da sustentabilidade: um estudo sobre as práticas regulatórias atuais para viabilizar a transição energética e a sustentabilidade de um recurso não renovável. **Direito.UnB - Revista de Direito da Universidade de Brasília**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 111–140, 2023.

FUNDAÇÃO ECOLÓGICA CRISTALINO. **Programa Escola da Amazônia completa 20 anos de educação ambiental na floresta.** Alta Floresta, 2023.

GEROTTO, Gisela et al. Impacto social da mineração: uma comparação entre a percepção da empresa e a da comunidade. **Contextus: Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, Fortaleza, v. 17, n. 3, p. 140-167, 2019.

HUMPHRIES, Marc. **Rare Earth Elements: The Global Supply Chain**. Congressional Research Service (CRS), 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Mineração e Sustentabilidade: O caminho para a transição energética**. Brasília: IBRAM, 2023.

KADEL JR., Nelson et al. Educação para sustentabilidade em uma região mineradora de carvão: mobilizando escolas e alunos de Candiota (RS). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. e11219, 2024.

MACÊDO, Evíle Cristina das Virgens; TAMAIO, Irineu. Arte e Educação Ambiental no ensino médio: compreensão dos conflitos socioambientais da mineração na Mina do Morro do Ouro em Paracatu (MG). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 231–250, 2025.

MATLABA, Valente José et al. Local social perception of mining in Parauapebas and Canaã dos Carajás in the eastern Amazonia, Brazil. **Resources Policy**, v. 96, p. 105237, 2024.

MYLONAS, Georgios et al. **Using an educational IoT lab kit and gamification for energy awareness in European schools**. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1145/3213818.3213823>.

PALHETA, A. R. et al. A sustentabilidade na mineração do Amapá: revisão de literatura. **Rev. Mult. Amapá - REMAP**, v. 3, n. 2, p. 72–80, 2023.

PEPINO, Lorena Vargas Soares; MACKEDANZ, Luiz Fernando. Metodologias ativas no ensino de ciências: os desafios da prática na perspectiva docente. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, v. 12, p. e24106, 2024.

PEREIRA, Aline Aparecida Silva; COSTA, Danilo Augusto Toledo; BORGES, Luis Antônio Coimbra. Percepção ambiental de pós-graduandos sobre os impactos da mineração. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 238–255, 2017.

REY-MARTÍ, Andrea et al. Developing models to assess the social impact of mining: An exploratory study through necessary conditions analysis (NCA). **Resources Policy**, v. 83, p. 103704, 2023.

SABIONI, Sayonara Cotrim. **Educação e a popularização das ciências apontam o caminho do desenvolvimento sustentável**. Piracanjuba-GO: Editora Conhecimento Livre, 2020.

SAWEDI, Muhammad et al. On the brink of social resistance: local community perceptions of mining company operating permits in East Luwu, Indonesia. **Frontiers in Sociology**, v. 9, 2024.

SCHWEICKARDT, Katia Helena Serafina Cruz et al. “Plantar Educação”: educação e sustentabilidade nos territórios da Amazônia brasileira. **Revista**

Ibero-Americana de Estudos em Educação, v. 19, 2025.

SOUZA, Bruna Costa de; VALADARES, Juarez Melgaço. **Sequência didática**: abordagem da temática mineração em sala de aula: orientações para os professores. Belo Horizonte: UFMG, 2018.

USGS – United States Geological Survey. **Mineral Commodity Summaries 2023**: Critical Minerals Review. Reston: USGS, 2023.

VALDERRAMA, Daniel Alejandro et al. Physics, Environment and Environmental Education; Perceptions from trainee Natural Science teachers. **Perspectivas**, v. 9, n. 2, p. 89- 100, 2025.

YEARLEY, Steven. The social construction of environmental problems: a theoretical review and some not-very-Herculean labors. In: DUNLAP, R. E. et al. (org.). **Sociological Theory and the Environment**: Classical Foundations, Contemporary Insights. Lanham: Rowman & Littlefield, 2002.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

1. O que você aprendeu sobre a importância da mineração sustentável durante a palestra?

Aprendeu como pode ser mais responsável ao meio ambiente ()

Aprendeu como pode ser prejudicial ()

Não aprendeu ()

2. Você acha que a mineração sustentável pode ajudar a melhorar a qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente?

Sim ()

Não faz diferença ()

Não sei responder ()

3. Após a palestra, você tem interesse em aprender mais sobre o tema e se envolver com soluções sustentáveis na área da mineração?

Sim ()

Não, mas acho importante ()

Não ()

4. Você sabia que o IFAP oferece cursos técnicos/superiores relacionados à mineração?

Sim ()

Não, mas tenho interesse ()

Não, e não tenho interesse ()

5. Você teria interesse em participar dos próximos processos seletivos para os cursos da área de mineração no IFAP?

Sim ()

Não tenho certeza ()

Não tenho interesse ()