



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA – IFBA
CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA
DIRETORIA ACADÊMICA - DAC
COORDENAÇÃO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - CLIQUI**

ADELSON SOUSA BARBOSA

**A CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO NO MUNICÍPIO DE
BOQUIRA/BA COMO TEMA NORTEADOR PARA O ENSINO
DE QUÍMICA, SOB A LUZ DA ABORDAGEM CTS**

Vitória da Conquista –BA

2024

ADELSON SOUSA BARBOSA

**A CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO NO MUNICÍPIO DE
BOQUIRA/BA COMO TEMA NORTEADOR PARA O ENSINO
DE QUÍMICA, SOB A LUZ DA ABORDAGEM CTS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Química do Instituto Federal da Bahia, *Campus* de
Vitória da Conquista, como requisito parcial para a
obtenção do grau de licenciado em Química.

Orientador: Prof. Me. Maurício Silva Araújo

Vitória da Conquista - BA

2024

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DO
IFBA, COM OS DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)**

B238a Sousa Barbosa, Adelson

A contaminação por chumbo no município de Boquira/BA como tema norteador para o Ensino de Química, sob a luz da abordagem CTS: / Adelson Sousa Barbosa; orientador Maurício Silva Araújo -- Vitória da Conquista: IFBA, 2024.

124 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) -- Instituto Federal da Bahia, 2024.

1. Contaminação por chumbo. 2. Município de Boquira/BA. 3. Ciência, Tecnologia e Sociedade. 4. Ensino de Química. I. Silva Araújo, Maurício, orient.
II. TÍTULO.

CDD/CDU

ADELSON SOUSA BARBOSA

**A CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO NO MUNICÍPIO DE
BOQUIRA/BA COMO TEMA NORTEADOR PARA O ENSINO
DE QUÍMICA, SOB A LUZ DA ABORDAGEM CTS.**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de licenciado em Química, Curso de Licenciatura em Química, do Instituto Federal da Bahia - IFBA, *Campus* de Vitória da Conquista.

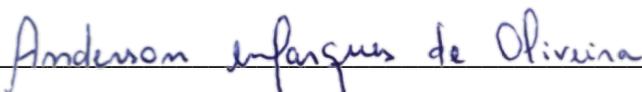
Vitória da Conquista – BA, Aprovada em 05 de fevereiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Maurício Silva Araújo - Orientador

Instituto Federal da Bahia – IFBA, *Campus* de Vitória da Conquista



Prof. Dr. Anderson Marques de Oliveira - Membro

Instituto Federal da Bahia – IFBA, *Campus* de Vitória da Conquista

Prof. Me. Wdson Costa Santos – Membro

Instituto Federal da Bahia – IFBA, *Campus* de Vitória da Conquista

AGRADECIMENTOS

Esse, teoricamente, era para ser o tópico mais tranquilo e mais rápido de se escrever de toda a monografia, porém não foi! Muito pelo contrário, foi o tópico que me roubou mais tempo, apenas imaginando como seria angustiante resumir em pouco mais de uma página toda a gratidão que tenho por todas aquelas pessoas que de alguma forma contribuíram para que eu conseguisse chegar a esse momento.

Inicio agradecendo a Deus por toda a força espiritual nos momentos de angústias e de instabilidade, por não me deixar desistir dos meus sonhos, por proporcionar saúde e por me conceder a honra de conseguir chegar a esse último degrau da longa escada que é a graduação. Agradeço agora, em partes, a todas aquelas pessoas que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse escrito.

- A minha mãe, Hilda, por estar sempre ao meu lado em todas as minhas decisões difíceis, pela sua força incalculável e pela sua preocupação com o meu bem-estar, saúde e segurança, por hora excessiva, porém necessária! afinal “mãe é mãe”, certo?

- Ao meu Pai José (*in memoriam*) pelos seus grandes ensinamentos, pelos seus incentivos aos estudos desde os meus 4 anos de idade e por me ensinar que na vida não se conquista nada sem esforços. Obrigado pai, aonde quer que eu vá, serei eternamente grato a você!!

- Ao meu irmão, José, por todo apoio, pelas discussões por hora necessárias rs, pelos momentos de resenha e descontração e por ser o fotógrafo oficial em algumas ocasiões dessa pesquisa.

- A minha tia Maria Macedo por todo apoio e incentivo aos estudos e por ter sido minha primeira professora. Muito dos meus aprendizados e escolha acadêmica dedico a você, tia, academicamente você foi minha base, foi com você que tudo começou, os meus primeiros passos só foram bem-sucedidos por conta dos seus exímios ensinamentos. Obrigado por tudo, te admiro demais, minha primeira professora!

- A minha tia Maria Aparecida (*in memoriam*) por sempre se preocupar com o meu bem-estar e por me incentivar aos estudos, sempre com suas frases motivacionais tais como “Você vai longe, Adelson”. Obrigado por tudo tia Cida. Nunca esquecerei dessa frase!

- Ao meu Avô, Antônio, por todo apoio e pelas longas e enigmáticas histórias sobre a mineração Boquira/BA. Foi show de mais vô! em questões históricas você foi meu principal referencial teórico rs.

Aos demais familiares que aqui não pude citar, mas que tiveram uma contribuição imensa para esse trabalho. Obrigado a todos e desculpe-me! Infelizmente os caracteres aqui são poucos.

- A todo o pessoal do Centro dos Estudantes Universitários de Macaúbas (CEUMAC) pelos momentos de descontração e pelos incentivos de alguns.
- A todo o pessoal do Colégio Estadual de Boquira (CEB), em especial a Diretora Jane Angélica e o Professor Matias, pelo apoio e incentivo na realização dessa pesquisa, foram muitas as contribuições de vocês. Obrigado!
- Falando em contribuições, cabe aqui enaltecer a imersão dos estudantes da primeira série nas atividades da pesquisa, foi surpreendente em alguns encontros. Obrigado queridos da ^{204}Pb , da ^{206}Pb , da ^{207}Pb e da ^{208}Pb , vocês não prometeram, mas conseguiram me surpreender.
- Agradeço também ao IFBA e a todas as pessoas especiais que esse espaço tão esplêndido me proporcionou, tais como: Karine, Paula, Igor, Esther Coqueiro, Ester Cunha, Cosme, Sara, Luan Sousa, Abmael (“tio do RI”) e Andrea.
- Agradeço o professor Fernando pelos diversos ensinamentos e pelas contribuições em outras pesquisas que se originaram a partir dessa. Obrigado por tudo prof. Fernando e como você bem diz “vai dar tudo certo!”.
- Agradecimento especial também ao professor Wdson, por em uma aula de Química analítica me fazer despertar sobre o caso de contaminação por chumbo em Boquira/BA e assim fazer surgir uma luz para o desenvolvimento dessa pesquisa.
- E agora tenho aqui a difícil missão de tentar descrever em apenas um parágrafo toda a gratidão que tenho por ter sido orientado pelo professor Maurício Silva Araújo. Maurício, obrigado por me guiar nessa longa jornada que foi o TCC. Sua orientação foi excepcional e primordial para que eu conseguisse chegar a esses resultados, lhe agradeço demais. Obrigado também por despertar em mim uma coisa essencial na vida acadêmica, a criticidade sobre as palavras, hoje leio as palavras já as questionando, hehe. Gratidão!
- E por fim agradeço a todos os demais professores que contribuíram para a minha trajetória acadêmica e que aqui não foram citados. Saibam que cada trecho escrito nessa monografia é fruto de uma pequena contribuição de cada um de vocês. Obrigado queridos!

BARBOSA, A.S. **A contaminação por chumbo no município de boquira/ba como tema norteador para o ensino de química, sob a luz da abordagem cts.** 2024. 124 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Vitória da Conquista, 2024.

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo analisar a aplicação de uma Sequência Didática (SD) para o Ensino de Química no Colégio Estadual de Boquira (CEB) a partir do caso de contaminação por chumbo (Pb) no município, sob a luz da abordagem CTS. Entre as décadas de 1950 e 1990 ocorreu no município de Boquira/BA uma intensa atividade mineradora que propiciou diversos impactos à soberania do município. Dentre os impactos destacam-se o descarte inadequado de rejeitos minerais a céu aberto na zona rural do município, local conhecido popularmente como “Bacia de rejeitos”. Nessa área as concentrações do elemento carro chefe desse trabalho, o chumbo, são alarmantes e estão acima dos valores orientadores considerados limites da resolução CONAMA 420/2009 para áreas residenciais, tal como exemplificado nos estudos realizados por Bertolino *et al.* (2014), Cunha *et al.* (2016) e Paes (2022). Pensando nesse passivo ambiental em que vive o município de Boquira/BA, planejamos uma SD para o Ensino de Química no CEB com ênfase nas discussões acerca de aspectos sociais, ambientais, humanos e éticos envolvendo a extinta Mina de Boquira/BA, atrelados à introdução de conceitos químicos em sala. Para isso utilizamos de aspectos basilares da natureza da abordagem qualitativa para atender aos objetivos traçados inicialmente. A pesquisa qualitativa foi aplicada por meio de intervenções pedagógicas sequenciais e voltadas pela busca constante de aspectos próprios das informações químicas dialogáveis com a educação para a formação cidadã. A SD foi aplicada em quatro etapas em que cada etapa tinha objetivos próprios que dialogavam com a ciência Química e com a abordagem CTS, em conformidade com os desdobramentos do caso de contaminação por chumbo no município de Boquira/BA. A aplicação da SD ocorreu através de discussões centradas em aspectos históricos, sociais, geográficos e ambientais da Mineração Boquira S/A, isso através de aulas discursivas argumentativas, aulas de campo (visitas técnicas) e aulas de aplicação direta da ciência no meio social, tal como a etapa de realização das atividades experimentais em sala, voltadas para articulação entre a ciência e a formação cidadã. Como resultados percebemos que a SD aplicada possibilitou a inserção e discussão de vários conceitos químicos em sala, exemplificando que o caso de contaminação por chumbo em Boquira/BA é um excelente tema norteador para o Ensino de Química, sob a luz da abordagem CTS, sobretudo porque consegue intermediar entre aspectos próprios da natureza da ciência voltados para a aplicação direta ao meio social, evidenciando o trabalho científico como uma atividade construída socialmente. A análise da SD permitiu ainda observarmos a relevância da abordagem CTS para estudos como esse, além claro, de nos mostrar as potenciais limitações da SD, o que permite melhores discussões e desdobramentos em estudos futuros.

Palavras-Chave: Contaminação por chumbo. Município de Boquira/BA. Ciência, Tecnologia e Sociedade. Ensino de Química.

BARBOSA, A.S. **Lead contamination in the municipality of boquira/ba as a guiding theme for chemistry teaching, in the light of the sts approach.** 2024. 124 f. Course Completion Work (Graduate Degree in Chemistry) - Federal Institute of Education, Science and Technology of Bahia - IFBA, Vitória da Conquista, 2024.

ABSTRACT

The present research aims to analyze the application of a Didactic Sequence (SD) for the Teaching of Chemistry at the Colégio Estadual de Boquira (CEB) based on the case of lead (Pb) contamination in the municipality, in the light of the CTS approach. Between the 1950s and 1990s, intense mining activity occurred in the municipality of Boquira/BA, which had several impacts on the municipality's sovereignty. Among the impacts, the inadequate disposal of mineral waste in the open air in the rural area of the municipality, a place popularly known as the "Tails Basin", stands out. In this area, concentrations of the flagship element of this work, lead, are alarming and are above the guiding values considered limits of CONAMA resolution 420/2009 for residential areas, as exemplified in studies carried out by Bertolino et al. (2014), Cunha et al. (2016) and Paes (2022). Thinking about this environmental liability in which the municipality of Boquira/BA lives, we planned an SD for Chemistry Teaching at CEB with an emphasis on discussions about social, environmental, human and ethical aspects involving the extinct Mine of Boquira/BA, linked to the introduction of chemical concepts in class. To do this, we use basic aspects of the nature of the qualitative approach to meet the objectives initially outlined. Qualitative research was applied through sequential pedagogical interventions focused on the constant search for aspects specific to chemical information that can be linked to education for citizenship training. SD was applied in four stages in which each stage had its own objectives that dialogued with Chemical science and the CTS approach in accordance with the developments in the case of lead contamination in the municipality of Boquira/BA. The application of SD occurred through discussions focused on historical, social, geographic and environmental aspects of Mineração Boquira S/A, through argumentative discursive classes, field classes (technical visits) and classes on the direct application of science in the social environment, such as the stage of carrying out experimental activities in the classroom, aimed at articulating science and civic education. As a result, we realized that the SD applied enabled the insertion and discussion of several chemical concepts in the classroom, exemplifying that the case of lead contamination in Boquira/BA is an excellent guiding theme for Chemistry Teaching, in the light of the CTS approach, especially because it manages to mediate between aspects specific to the nature of science aimed at direct application to the social environment, highlighting scientific work as a socially constructed activity. The SD analysis also allowed us to observe the relevance of the CTS approach for studies like this, in addition to showing us the potential limitations of SD, which allows for better discussions and developments in future studies.

Keywords: Lead contamination. Municipality of Boquira/BA. Science, Technology and Society. Chemistry teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do município de Boquira, Bahia, Brasil.....	19
Figura 2 - Painel rupestre com ocorrência na Serra do Caldeirão em Boquira/BA	20
Figura 3 - Painel rupestre com ocorrência na Loca da Lapinha em Boquira/BA.....	20
Figura 4 - Amostra de cerussita extraída do Morro do Pelado em Boquira/BA	22
Figura 5 - Amostra de galena extraída da Mina subterrânea em Boquira/BA	22
Figura 6 - Visão panorâmica do município de Boquira/BA a partir do Silo de Britagem	25
Figura 7 - Delimitação da bacia de rejeitos no município de Boquira/BA	26
Figura 8 - Visão Panorâmica ao sul da bacia de rejeitos.....	26
Figura 9 - Lixão de Boquira/BA em meio à bacia de rejeitos	27
Figura 10 - Reação de precipitação entre o (KI) e o $[Pb(NO_3)_2]_2$	33
Figura 11 - Colégio Estadual de Boquira (CEB).....	37
Figura 12 - Materiais utilizados durante a realização da pesquisa	42
Figura 13 - Coleta de amostras sólidas da bacia de rejeitos pelo pesquisador principal.....	44
Figura 14 - Amostra de rejeito coletada pela equipe ^{204}Pb	53
Figura 15 - Amostra de rejeito coletada pela equipe ^{206}Pb	53
Figura 16 - Amostra de rejeito coletada pela equipe ^{207}Pb	53
Figura 17 - Amostra de rejeito coletada pela equipe ^{208}Pb	53
Figura 18 – Instalações da antiga planta de beneficiamento da Mineração Boquira S/A	55
Figura 19 - Tanque de flotação da mineração Boquira	55
Figura 20 - Algarobas na região sul da bacia de rejeitos.....	58
Figura 21 - Extração ácida do rejeito com HNO_3	64
Figura 22 - Filtração simples do rejeito extraído com HNO_3	65
Figura 23 - Formação de PbI_2 na reação entre KI e o rejeito acidificado	65
Figura 24 - Massa de PbI_2 obtido pela equipe ^{204}Pb na análise gravimétrica.....	67
Figura 25 - Massa de PbI_2 obtido pela equipe ^{207}Pb na análise gravimétrica.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Locais de coleta das amostras sólidas na bacia de rejeito pelo pesquisador.....	44
Quadro 2 - registros das equipes referente ao nome de identificação	49
Quadro 3 - Palavras-chave escolhidas pelas equipes para o encontro III	52
Quadro 4 - Locais de coleta das amostras sólidas na bacia de rejeitos pelas equipes.....	52
Quadro 5 - Anotações das equipes acerca da visita técnica	56
Quadro 6 - Dados das entrevistas apresentadas pelas equipes	59
Quadro 7 - Conclusões das equipes acerca da experimentação II em sala	70
Quadro 8 – Anotações das equipes sobre possíveis propostas de solução para o problema...	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da experimentação por filtração simples do rejeito.....	45
Tabela 2 - Resultados da filtração simples do rejeito e posterior reação com KI 1mol/L.....	45
Tabela 3 - Dados da extração ácida do rejeito proveniente da bacia de rejeitos	46
Tabela 4 - Resultados da análise em triplicata das amostras A1, A2 e A3	46
Tabela 5 - Resultados da experimentação I em sala.....	61
Tabela 6 - Massas de PbI_2 obtidas pelas equipes na experimentação II.....	68
Tabela 7 - Teores de Pb obtidos pelas equipes na experimentação II	69
Tabela 8 - Comparação dos teores de Pb obtido pelas equipes com valores de referência	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A1	Amostra 1
A2	Amostra 2
A3	Amostra 3
AAS	Espectrometria de Absorção Atômica
CAAE	Certificação de Apresentação de Apreciação Ética
CEB	Colégio Estadual de Boquira
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTS	Ciência Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência Tecnologia e Sociedade e Ambiente
HFC	História e Filosofia da Ciência
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP-MS	Espectrometria de Massa com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado
ICP-OES	Espectrometria de Emissão Óptica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado
IFBA	Instituto Federal da Bahia
SD	Sequência Didática
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 BOQUIRA/BA EM MEMÓRIAS: ORIGEM DO MUNICÍPIO, ATIVIDADE MINERADORA, RISCOS E INCERTEZAS	19
3.2 BACIA DE REJEITOS: UMA CONTAMINAÇÃO SILENCIOSA.....	25
3.3 A TOXIDADE DOS METAIS: O CHUMBO	27
3.4 A CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA/BA COMO TEMA NORTEADOR PARA O ENSINO DE QUÍMICA	29
3.5 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA E A FORMAÇÃO CIDADÃ.....	29
3.6 APLICAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO NA ANÁLISE DE CHUMBO EM AMOSTRAS REAIS: CONCEPÇÕES ACERCA DA UTILIZAÇÃO DA GRAVIMETRIA.	32
4 METODOLOGIA.....	35
4.1 NATUREZA DA PESQUISA E DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	35
4.2 O CONTEXTO DA PESQUISA	36
4.3 INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS	38
4.3.1 Anotações em diário de campo	38
4.3.2 Análise documental: Sucessão de questionários abertos	39
4.4 ETAPAS DE APLICAÇÃO DA SD NO CEB	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 PREPARANDO O TERRENO: DISCUTINDO AS ANÁLISES EXPERIMENTAIS PRÉ-APLICAÇÃO DA SD	43
5.2 O PORQUÊ DAS COISAS: DISCUTINDO A PRIMEIRA ETAPA.....	47
5.3 IMERGINDO NO PROBLEMA: DISCUTINDO A SEGUNDA ETAPA	50
5.4 “EXPERIMENTANDO A CIÊNCIA”: DISCUTINDO A TERCEIRA ETAPA.....	61

5.5 CONECTANDO A INTER-RELAÇÃO CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: DISCUTINDO A QUARTA ETAPA	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
APÊNDICES	82

1 INTRODUÇÃO

A germinação desse trabalho ocorreu após longos estudos, inquietações e fatos vivenciados por mim, ainda na época da educação básica, acerca do caso de contaminação por chumbo na minha terra natal, o município de Boquira/BA, oriundo de uma intensa atividade mineradora entre as décadas de 1950 e 1990, da qual houve a extração dos minérios de chumbo, zinco, prata, ferro e até ouro (Navarro Filho, 2018).

Apesar de lucrativo na época, o projeto Mineração Boquira S/A teve um contexto histórico obscuro, centrado numa política capitalista por parte da mineradora. Esse passado tão intrigante impactou no dia-a-dia de muitos moradores da antiga Vila de Boquira, além de ceifar a vida de seres humanos que estavam a serviço da mineradora no processo de extração do minério, nas longas e temidas galerias da mina, localizadas em diversos morros do município de Boquira/BA, sendo o principal deles o Morro do Pelado (Conceição, 2016; Navarro Filho, 2018).

Todo o contexto histórico envolvendo a mineração no município de Boquira/BA e todos os relatos ouvidos a partir de familiares e ex-operários é propício a muitas reflexões, desde a vivência da população ao redor do local da extração do minério até as condições de trabalho pelas quais os operários eram intimamente expostos, seja no interior das galerias ou no processo final de flotação do minério, na planta de beneficiamento. Todo esse contexto obscuro instiga a curiosidade das pessoas em querer conhecer de forma aprofundada a história e toda a realidade que envolveu o início e o fim da extração do minério.

Essa vontade de querer mergulhar no campo das ciências sociais e destrinchar toda a história por trás da mineração em Boquira/BA, foi algo que me inquietou, inclusive, lá nos meus 15 anos de idade ao passar pelo local, porém o tempo passou, não mais me questioneei acerca do assunto, até que um dia na vida em uma aula do componente curricular Química analítica, já na graduação em Licenciatura em Química pelo Instituto Federal da Bahia (IFBA) – *Campus Vitória da Conquista* e com mais conhecimento sobre tabela periódica e sobre a toxicidade do chumbo (Pb), o docente do referido componente estava contextualizando os conceitos acerca das titulações condutimétricas e exemplificou como ocorreria o monitoramento da condutância e sobretudo as trocas iônicas em uma titulação condutimétrica de nitrato de chumbo (PbNO₃)₂ com iodeto de potássio (KI).

Nesse dado instante, rememorando o passado e sabendo que grande parte dos rejeitos minerais da extinta mina de Boquira/BA possuía chumbo em sua composição, surge uma

inquietação, “Seria possível determinar chumbo em amostras do solo ou da água do município de Boquira/BA, utilizando o iodeto de potássio como agente precipitante?”

Foi nesse momento e sob orientação do professor Me. Maurício Silva Araújo que surge a primeira ideia de realizar um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) centrado no contexto da mineração em Boquira/BA. A princípio nossas ideias estavam se contradizendo, pensávamos em realizar uma experimentação para determinar a concentração de chumbo em amostras do solo da bacia de rejeitos do município de Boquira/BA, mas como realizar isso com uma boa exatidão? Será que determinar a concentração de chumbo pela reação do iodeto de potássio com amostras reais do local era viável quantitativamente? Como realizar isso? Foi aqui que a literatura revelou algumas surpresas... Já havia diversos estudos acadêmicos acerca do contexto da mineração em Boquira/BA.

Uma pesquisa exploratória na literatura nos mostrou que trabalhos como os de Bertolino *et al.* (2014), Cunha *et al.* (2016), Daltro (2017) e Paes (2022) já dimensionavam, com métodos padrões, a concentração de chumbo e de outros compostos ou elementos em amostras de água de poços artesianos, nascentes e da própria bacia de rejeitos no município de Boquira/BA, logo, em tese a nossa pesquisa não necessitaria quantificar esse dado por experimentação. Aí surge, após alguns estudos teóricos e inquietações sobre reações de precipitação, porque não utilizar a experimentação através de uma reação química de precipitação entre o iodeto (I⁻), presente no iodeto de potássio (KI) e o chumbo (Pb²⁺), presente nos rejeitos extraídos da atividade mineradora, para ensinar conceitos químicos em escolas do município de Boquira/BA, tais como no Colégio Estadual de Boquira (CEB)?

Mas será que somente a realização da experimentação em sala seria capaz de despertar nos estudantes do CEB reflexões e criticidade acerca dos impactos socioambientais ocasionados pela atividade mineradora no município? Sendo assim, após o debruço sob a literatura, surge uma luz, a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade, mais conhecida como CTS ou Ciência-Tecnologia-Sociedade e Ambiente (CTSA), para alguns autores atuais. Essa abordagem teórico-metodológica visa desenvolver nos estudantes um processo de tomada de decisão em relação a um dado problema de seu conhecimento e os possibilita conhecimentos não somente para sua formação como estudante, mas também para o pleno desenvolvimento do seu senso crítico e formação cidadã (Brasil, 1998; Morin, 2003; Santos; Schnetzer, 2010).

Sendo assim, considerando essa reflexão sobre a abordagem CTS, surge uma inquietação: **como então a aplicação de uma Sequência Didática (SD) no Colégio Estadual de Boquira/BA, a partir do caso de contaminação por chumbo no município poderia**

contribuir para a implementação de um ensino de conceitos químicos centrado na educação científica dos estudantes como cidadãos conhecedores de sua realidade?

O enfoque CTS, tal como defende Santos e Schnetzer (2010) é uma abordagem que visa aproximar a ciência da realidade do estudante, de apresentar para ele que a ciência não se consolida como neutra e nem segue padrões pré-definidos. Sendo assim, um Ensino de Química com abordagem CTS visa integrar o mundo naturalístico com o mundo desenvolvido pelo homem e com o mundo social (Santos; Schnetzer, 2010). Porém, cabe aqui enfatizar, que a abordagem CTS vai além do ambiente da sala de aula e dos muros da escola, ela perpassa por um estudo da realidade integrada com os conceitos químicos e de outras áreas da grade curricular, bem como pelos aspectos basilares da natureza do pensamento científico.

Além disso, a abordagem CTS possibilita ainda um estudo integrado de um dado problema por meio da utilização de diferentes estratégias metodológicas ao longo do processo. No ensino da ciência Química, o desenvolvimento do senso crítico pode ser estimulado através de temas sociais de interesse dos estudantes, ou seja, que esteja vinculado à sua realidade. Para isso, a articulação entre os conhecimentos científicos e tecnológicos com o contexto social podem ocorrer através da imersão direta dos aprendizes no estudo de um dado problema, com as devidas orientações do (s) docente (s) através da promoção de debates, palestras, entrevistas, atividades em grupos ou experimentação em sala/laboratório (Santos; Mortimer, 2002).

A utilização das estratégias mencionadas acima é um caminho plausível para a implementação de uma educação científica dos estudantes como cidadãos capazes de participarem ativamente do seu meio comunitário, além de refletirem acerca da importância da Química enquanto ciência voltada para a sociedade e no desenvolvimento do que Morin (2003) chama de “cabeça bem feita”, ou seja, uma formação diversificada da qual, no contexto aqui apresentado, a Química seria o componente central na articulação das demais áreas em prol da formação cidadã.

Essa concepção de formação cidadã, apontada pela abordagem CTS, foi o que nos permitiu articular as possíveis conexões entre o caso de contaminação por chumbo em Boquira/BA, com um Ensino de Química integrado à realidade dos estudantes do CEB. Essas relações teóricas permitiram o planejamento de uma Sequência didática (SD) (Apêndice A) voltada para o ensino de conceitos químicos, através de diferentes estratégias metodológicas.

Com essas diferentes estratégias buscamos um comprometimento com as inter-relações entre Ciência, Tecnologia e decisões, tal como enfatiza Santos e Mortimer (2002), da qual os estudantes, através de discussões envolvendo aspectos históricos, éticos, políticos e

socioeconômicos da Mineração Boquira/BA, construíram conhecimentos, habilidades e valores considerados necessários para tomarem decisões responsáveis acerca de possíveis soluções para o caso de contaminação por chumbo no município (Santos; Mortimer, 2002).

Portanto, o presente trabalho buscou contribuir com pesquisas na área do Ensino de Química, uma vez que investigou as possibilidades de ensinar conceitos químicos em escolas de nível médio do município de Boquira/BA, partindo de um problema de saúde pública local, porém com impactos a nível nacional; o descarte inadequado de rejeitos tóxicos minerais a céu aberto na zona rural de Boquira/BA, bem como todo contexto histórico envolvendo a Mineração Boquira/BA.

As atividades da SD foram realizadas em equipes e se concentrou em apresentar e discutir o problema com os estudantes, além de instigá-los em diversos momentos acerca dos impactos gerados pela extração mineral em Boquira/BA. Os encontros com a turma perpassaram também por momentos de debates sobre a toxicidade do chumbo, apresentação de vídeos sobre a mineração, entrevistas realizadas pelos próprios estudantes, visitas técnicas nos locais da bacia de rejeitos e planta de beneficiamento, bem como a experimentação com amostras reais, em sala. Tudo isso incorporado na SD, planejada inicialmente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a aplicação de uma Sequência Didática (SD) para o Ensino de Química no Colégio Estadual de Boquira (CEB) a partir do caso de contaminação por chumbo (Pb) no município, sob a luz da abordagem CTS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar os impactos socioambientais ocasionados pela extração do minério de chumbo no município de Boquira/BA, como elementos potencializadores para o desenvolvimento de uma SD, numa abordagem CTS;

- Desenvolver uma SD para o ensino de conceitos químicos a partir do caso de contaminação por chumbo (Pb) no município de Boquira/BA, sob a luz da abordagem CTS;

- Avaliar as etapas de aplicação da SD para o Ensino de Química no CEB, numa perspectiva de educação para formação dos estudantes como cidadãos críticos e conscientes de seu papel em sociedade.

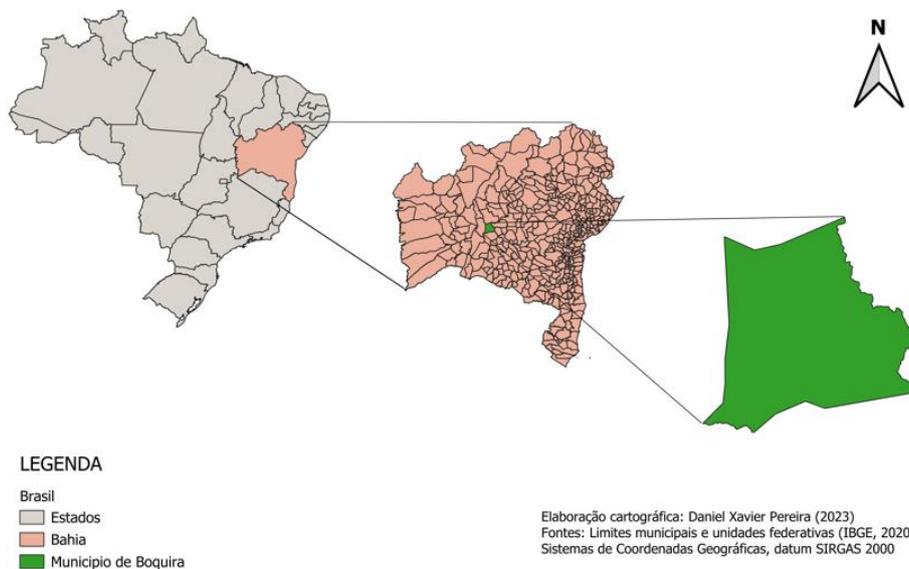
3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse tópico discutiremos aspectos que foram basilares para o planejamento e execução dessa investigação científica. Começaremos contando uma breve e contextualizada história da minha terra natal, Boquira/BA, e como se deu a inserção da atividade mineradora nesse município. Adiante apresentaremos como a extração mineral impactou negativamente na soberania do município, bem como pode ser um excelente tema norteador para o Ensino de Química em escolas do município, sob a luz de abordagens tais como a abordagem CTS.

3.1 BOQUIRA/BA EM MEMÓRIAS: ORIGEM DO MUNICÍPIO, ATIVIDADE MINERADORA, RISCOS E INCERTEZAS

O município de Boquira/BA, localizado na Chapada Diamantina Meridional, no alto do sertão baiano (Figura 1), bacia hidrográfica do Rio São Francisco e a cerca de 660 km¹ da capital salvador, é hoje amplamente conhecido por ter sido palco de uma das mais controvérsias ocorrências já existentes no Brasil, a intensa atividade mineradora entre as décadas de 1950 e 1990, da qual houve a extração do seu bem mais precioso, o minério, que em sua maior totalidade era de chumbo (Navarro Filho, 2018; Santos, 2007).

Figura 1- Mapa de localização do município de Boquira, Bahia, Brasil



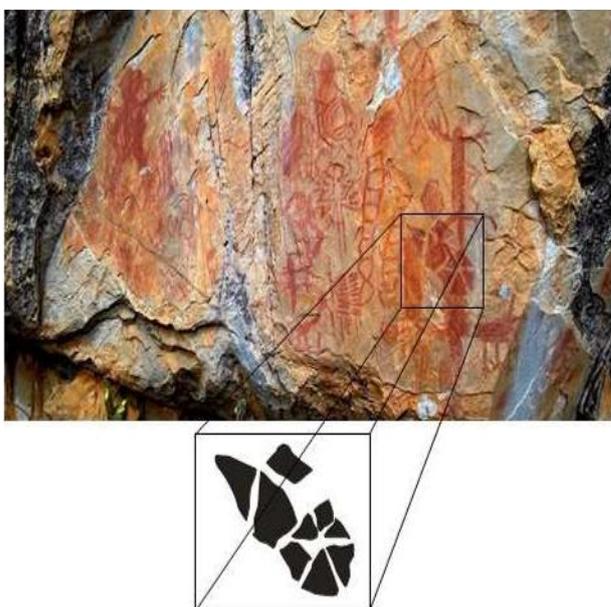
Fonte: Xavier (2024)

¹ Distância de Boquira/BA à Salvador/BA via BR-242, descrita pelo Google Maps no ano de 2024.

Se tratando de origem, o município perpassou por um conturbado processo de ascensão, até se tornar independente em 06 de abril de 1962, através do projeto de emancipação política proposto pela Câmara Municipal de Vereadores de Macaúbas (Santos, 2007). Segundo Santos (2007), muitos foram os nomes associados ao até então distrito de Santa Rita, pertencente ao município de Macaúbas/BA. Nomes como Sítio dos Macacos, Fazenda dos Macacos (devido a quantidade de macacos no local), povoado de Nossa Senhora da Abadia e Vila Assunção, foram os primeiros nomes que a terra do minério recebeu, todos relacionados a questões culturais daquela região.

Os registros históricos apresentam que os primeiros povos a ocuparem as terras boqueirenses eram indígenas. Santos (2007) afirma que há vestígios indígenas por quase toda a região, principalmente nos locais denominados como 'Pedra do Índio', Comunidade do Caldeirão, Comunidade da Lapinha etc. Esses locais possuem uma grande quantidade de pinturas rupestres, que após a análise criteriosa de arqueólogos, chegou-se às conclusões de que se tratava de sítios arqueológicos confeccionados pelos povos originários do município, tal como exemplifica as Figuras 2 e 3 a seguir, obtidas e analisadas por Oliveira e Marques (2019).

Figura 2 - Painel rupestre com ocorrência na Serra do Caldeirão em Boquira/BA



Fonte: Oliveira e Marques (2019)

Figura 3 - Painel rupestre com ocorrência na Loca da Lapinha em Boquira/BA



Fonte: Oliveira e Marques (2019)

Esses sítios arqueológicos exemplificam a importância dos povos originários para a ascensão do município de Boquira/BA, bem como para a valorização e manutenção de culturas. Essas pinturas aqui evidenciadas, representam características dos povos que habitavam o município em tempos pretéritos e que de alguma forma procuravam registrar nas pinturas, aspectos culturais, sociais e cognitivos da sua vivência local, algo que veio a contribuir significativamente para a origem de Boquira/BA (Oliveira; Marques, 2019). Inclusive, o próprio nome Boquira é de ascendência indígena, que significa Broto D'água, devido à grande quantidade de mananciais aquáticos que existiam naquelas terras (Boquira, 2023).

Por mais que o nome Boquira seja de origem indígena, esse foi promulgado já numa época que não havia mais registros de indígenas na região, ou se existiam, foram expulsos devido a ganância pela galena. Essa tal de galena foi um dos primeiros minérios de chumbo descobertos nas terras boqueirenses e que provocou uma conturbação no local. Tudo isso devido ao interesse particular de um padre cearense, denominado de Macário Maia de Freitas ou Nazário, tal como afirma Navarro Filho (2018). Esse sacerdote nem sequer foi o primeiro a suspeitar da riqueza mineral em Boquira/BA, mas foi o primeiro que teve “coragem” de tentar explorá-lo, através de associações com empresas nacionais e internacionais para dar início à uma empreitada denominada de Mineração Boquira S/A (Conceição, 2016; Ferran, 2007; Navarro Filho, 2018).

O início da longa história envolvendo a mineração em Boquira/BA segundo afirma Ferran (2007), data-se de 6 de janeiro de 1938, quando um senhor, conhecido como Joaquim Pereira Santos estava vindo de Macaúbas em direção à Comunidade de Tiros e porventura acabou encontrando uma pedra de coloração escura que aparentava ser bem mais densa que as demais ao seu redor. O senhor Joaquim levou a pedra para Macaúbas, que após ser analisada por Horácio, o ferreiro local, houve a constatação de que provavelmente se tratava de um mineral com alto teor de chumbo.

A História conta que apesar da descoberta por volta da década de 40, a extração do minério, composto em sua grande maioria por Galena (Sulfeto de chumbo - PbS), Cerussita (Carbonato de chumbo – PbCO₃) e Anglessita (Sulfato de chumbo – PbSO₄), só iniciou em 1950, com o padre Macário, que estava à procura de uma local para a construção do que ele afirmava ser uma paróquia, no até então município de Macaúbas/BA, e acabou encontrando as pedras semelhantes àsquelas encontradas pelo senhor Joaquim. O padre então às enviou para o Rio de Janeiro para análise e após constatação de que realmente se tratava de uma rocha com

alto teor de chumbo, simplesmente abandonou a batina, se casou, e iniciou a busca por estratégias de extração do minério de chumbo (Conceição, 2016; Daltro, 2017).

Macário fez então o uso de atos ilícitos para se apropriar das terras na qual se encontrava o minério, fazendo todos os moradores locais assinarem um documento que o próprio designava de abaixo-assinado para pressionar o governo a construir a “paróquia” no local (Navarro Filho, 2018). Os moradores assinaram e quando menos esperavam, o golpe veio. Chegaram os tratores derrubando tudo, a mando de Macário.

Macário tinha em mãos muitas laudas assinadas pelos moradores locais, logo se houvesse resistência em abandonar as terras, teriam consequências... Segundo Navarro Filho (2018), a regra era, se resistisse à desapropriação, a mineradora a mando de Macário seria obrigada “a ‘trabalhar como tatu’, você sabe como tatu trabalha?” Pois bem, havia a escavação de túneis subterrâneos até o surgimento repentino na terra do morador resistente, e aí não havia mais solução: casa, plantações etc. eram destruídos sem a menor empatia.

Para iniciar essas atividades de desapropriação das terras e extração do minério, o padre Macário se filiou inicialmente à Prest-o-lite, fábrica de baterias sediada em São Paulo, por volta de 1950 para a extração, inicialmente, da cerussita ($PbCO_3$), apresentado na Figura 4, que era uma camada oxidada do minério que recobria o Morro do Pelado e galena (PbS), representada na Figura 5 e que era o minério encontrado em camadas mais profundas do Morro, obrigando a Prest-o-lite a iniciar a abertura de galerias subterrâneas no Morro do Pelado em Boquira/BA (Ferran, 2007).

Figura 4 - Amostra de cerussita extraída do Morro do Pelado em Boquira/BA



Fonte: Daltro (2017)

Figura 5 - Amostra de galena extraída da Mina subterrânea em Boquira/BA



Fonte: Daltro (2017)

A chegada da Prest-o-lite à Boquira se dava por Vitória da Conquista, via BR-116 e depois por estrada de terra, passando por Brumado, Caetité e Macaúbas (Ferran, 2007). Segundo Conceição (2016), a associação entre Macário e a Prest-o-lite, designada de Mineração Boquira S/A, não ocorreu como esperado e houve uma ruptura na empreitada, promovendo a chegada da renomada Plumbum Mineração e Metalurgia Ltda em Boquira/BA (Ferran, 2007).

A Plumbum, após instalar a indústria mineradora em Boquira/BA começou a extração do minério e permaneceu no município até meados de 1986. Durante esse período a mineradora usufruía de uma planta de beneficiamento que poderia tratar cerca de 40 mil toneladas de minério concentrado por ano, segundo Santos (2007), o que mostrava o quão lucrativo era a extração mineral. Para a extração desse minério, a Plumbum empregava uma quantidade enorme de operários em diversos locais de abrangência da mina. No entanto, segundo Conceição (2016), muitos desses operários acabavam por terem suas vidas ceifadas no trabalho árduo que enfrentavam. Muitos morriam de doenças “misteriosas”, outros acabavam sendo soterrados/esmagados por rochas dentro das galerias subterrâneas.

A história conta que a vida morro adentro, nos cerca de 30 quilômetros de galerias não era nada fácil (Mineração..., 2017). Conceição (2016) enfatiza, ao apresentar relatos de uma entrevista com ex-operários, o quão aterrorizante eram as condições de trabalho na mina subterrânea e sobretudo no processo final de flotação do minério, a área de concentração (Planta de beneficiamento). Imaginar que a qualquer momento a morte poderia vir, era uma condição real para os operários.

Considerando todo esse contexto histórico discutido, peço licença ao caro leitor, aqui presente, para apresentar-lhe um relato pessoal da minha “amarga” experiência com o caso de contaminação por chumbo em Boquira/BA, que data-se de abril de 2015, num rápido e relevante contato entre mim e toda aquela área abandonada, em meio à caatinga, trata-se da planta de beneficiamento ou área da Concentração, como é conhecido pela população boqueirense.

Ao passar por esse local, que fica localizado em uma rua designada de rua da mineração, me senti um pouco perplexo ao vislumbrar todo aquele maquinário, casas e estruturas abandonadas. Curioso e em meio ao assoprar do vento gerado pela alta velocidade em que estávamos, resolvi perguntar ao meu tio do que se tratava aquela área abandonada:

- “Tio, o que é isso? que tanto de coisa abandonada é essa aqui?”

- “Aqui nessa área foi onde ocorreu a mineração de Boquira, Adelson, há muitos anos atrás”, me respondeu ele em um tom de voz alto, uma vez que o assopro do vento atrapalhava

o nosso diálogo em condições não recomendadas, pois estávamos de moto. Pois bem, foi aqui nesse contato rápido e improvável que se iniciou a germinação do presente trabalho.

Mais tarde, ao chegar em casa, tive uma longa e enigmática conversa com meu Avô, uma pessoa conhecedora de todo o passado sombrio que envolveu a mineração em Boquira/BA. Nessa conversa ele me contou que a extração do minério de chumbo movimentou a economia e promoveu o crescimento, a prosperidade e gerou fama ao município de Boquira/BA, tal como descreve Andrade *et al.* (2017). Nessa conversa a palavra chumbo me chamou a atenção, por que mineração de chumbo? Melhor dizendo, o que era chumbo? Claro que na época, por estar ainda iniciando na educação básica, eu não via a menor relação entre o chumbo e a ciência Química, mal sabia eu que a existência dessas jazidas de chumbo só fora extraída por conta dos conhecimentos proporcionados pela ciência Química.

Essas jazidas, inclusive, não só permitiram a progressão da Vila de Assunção e assim fez surgir Boquira/BA (Santos, 2007), como também ocasionou em um problema ambiental grave no município, a contaminação por metais tóxicos provenientes do descarte inadequado de um lixo mineral na zona rural durante a atividade mineradora no município, que além de oferecer riscos ao meio ambiente, provoca muitas incertezas quanto o futuro dessa região, conhecida como terra do minério.

Este caso de contaminação por metais tóxicos em Boquira/BA só reforça o quão agonizante pode se tornar atividades mineradoras, principalmente se forem operadas sem as devidas fiscalizações ou uma responsabilidade social, tal como afirma Farias (2002). Ignorar esses parâmetros e sobretudo a existência de vida naquele local é de uma ignorância tamanha e pode resultar em problemas ambientais graves, tais como a bacia de rejeitos em Boquira/BA, que segundo Santos, Anjos e Klammler (2020), foi construída sem considerar quaisquer parâmetros de qualidade ambiental.

Hoje, após cerca de 62 anos de emancipação e com todas essas incertezas deixadas pela mineração, o município de Boquira/BA, mostrado na Figura 6, abaixo, encontra-se buscando se estabilizar e crescer economicamente dentro do cenário nacional. Com cerca de 19.322 mil habitantes, Boquira/BA está na posição 417º na Bahia e 5570º no Brasil, na avaliação populacional pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no censo de 2022. O clima do município é predominantemente semiárido com período de chuvas, geralmente recorrente, entre os meses de outubro e abril. Nessa época de chuvas os moradores locais costumam realizar plantações de milho e feijão em suas lavouras, o que exemplifica a agricultura como umas das principais atividades econômicas do município.

Figura 6 - Visão panorâmica do município de Boquira/BA a partir do Silo de Britagem²



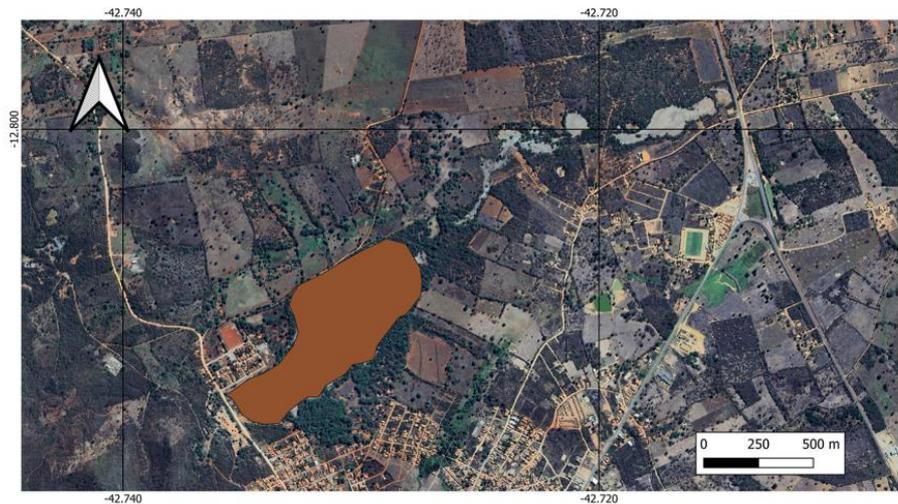
3.2 BACIA DE REJEITOS: UMA CONTAMINAÇÃO SILENCIOSA

“Eu já vi gado morrendo, égua morrendo, até os urubus que comiam a carniça, morriam também”. Essa é uma fala curta e preocupante dita por seu Franciso à BA-TV em 2004, durante uma entrevista sobre os malefícios deixados pelo abandono da extração do minério de chumbo no município de Boquira/BA (Mineração..., 2017). A fala do morador reflete especificamente sobre a bacia de rejeitos, que fica localizada na zona rural de Boquira/BA, na qual foi depositado um valor estimado em massa de cerca de 6 milhões de toneladas de rejeitos provenientes da atividade mineradora nesse município (Navarro Filho, 2018; O impacto..., 2021).

A bacia de rejeitos é uma área existente na zona norte do município de Boquira/BA, em meio à caatinga, com uma extensão territorial delimitada tal como descrito pela Figura 7 e compreendida por cerca de 300 mil metros quadrados (30 hectares), valor estimado através dos cálculos realizados por Xavier (2024) por meio do Software Qgis, versão 3.32.2, tendo como base o Sistema de Coordenadas Geográficas, datum SIRGAS 2000 (IBGE, 2023). Essa bacia estéril é responsável por muitos riscos e incertezas no município devido as concentrações elevadas de substâncias químicas tóxicas no local, tal como apresentado pelos estudos de Bertolino *et al.* (2014), Cunha *et al.* (2016) e Paes (2022), que exemplificam que além de chumbo (Pb), o rejeito abrange bário, cádmio, cobre, cromo, ferro, níquel, prata e zinco em altas concentrações.

² Fotografia realizada pelo pesquisador principal, Adelson Sousa Barbosa

Figura 7 - Delimitação da bacia de rejeitos no município de Boquira/BA



Autor: Daniel Xavier Pereira
Fonte: IBGE; Base de dados de satélite do Google

Legenda
 Bacia de rejeitos

Fonte: Xavier (2024)

Esses estudos realizados com coletas de amostras sólidas na bacia de rejeitos, local com granulometria com fração silte, areia fina, de coloração cinza-prateada (Figura 8), com valores granulométricos variando entre $0,210 < 0,053$ mm (Bertolino *et al.*, 2014), mostram elevadas concentrações do elemento carro chefe desse trabalho, o chumbo, sendo esse elemento a principal fonte de contaminação do local. Para Paes (2022), a falta de cobertura vegetal na extensa área de rejeitos acaba favorecendo o carreamento do material tóxico para outras regiões, por ação dos ventos, o que acaba por contaminar residências, ruas e até outros solos.

Figura 8 – Visão Panorâmica ao sul da bacia de rejeitos²



O estudo de Cunha *et al.* (2016), realizado entre 2013 e 2014 mostrou a trajetória de algumas substâncias tóxicas no município, tais como o chumbo e possibilitou analisar a dimensão que o material granulométrico proveniente da bacia de rejeitos pode abranger no município. As amostras sólidas, analisadas por Cunha *et al.* (2016) foram coletadas em diversos pontos do município, sendo eles: Bacia de rejeitos, moradias e ruas. A título de interesse da presente pesquisa, as análises mostraram que a poeira das moradias e os sedimentos de ruas possuem teores elevados de metais tóxicos, tais como chumbo e cobre, o que é preocupante. Essa fonte de contaminação em residências e nas ruas pode ser oriunda da própria bacia de rejeitos, uma vez que por se tratar de um material de granulometria pequena, a própria ação dos ventos pode carrear esse material para a área urbana (Paes, 2022).

Além disso, todo o lixo produzido pela população boqueirense é depositado no lixão instalado em meio aos rejeitos minerais, como é possível observar na Figura 9, abaixo. Sendo assim, o fluxo contínuo de caminhões no local acaba por suspender as partículas e favorecer o transporte do material tóxico para outras localidades, sem considerar que o lixão em uma área como essa é totalmente impróprio para a saúde do meio ambiente e de todos os seres vivos que habitam o local, que nem se quer imaginam o risco a qual estão submetidos.

Figura 9 - Lixão de Boquira/BA em meio à bacia de rejeitos²



3.3 A TOXIDADE DOS METAIS: O CHUMBO

Os metais são elementos não degradáveis e que compartilham propriedades químicas e físicas semelhantes, tais como brilho e altas condutividades térmicas e elétricas. Com exceção

do mercúrio (Hg), que é líquido à temperatura ambiente, todos os demais metais são sólidos (Brown *et al.*, 2016). Em sua forma elementar, particularmente, os metais não apresentam toxicidade significativa, geralmente são tóxicos em sua forma catiônica.

Metais tóxicos, assim como o Pb, geralmente possuem uma massa molar elevada e a capacidade de se acumularem em organismos vivos, mesmo que em baixas concentrações. O Pb mais especificamente é um elemento que em condições normais de temperatura e pressão forma uma substância simples de coloração cinza-azulada, brilhante, dúctil, maleável, com massa específica de $11,37 \text{ g/cm}^3$, ponto de fusão de 327° C , ponto de ebulição de 1.717° C e massa molar de $207,2 \text{ g/mol}$. Esse metal, assim como mercúrio (Hg) e o cádmio (Cd) são os principais poluentes do solo e da água, uma vez que pode contaminar rios, ar, lençóis freáticos e solo, e ainda ocasionar em seres humanos problemas cerebrais, renais, ao sistema imune, ao sistema reprodutor, ao fígado e aos rins, sendo também tóxico para outros seres vivos do ecossistema (Daltro, 2017; Silva, 2022; Veiga, 2009).

Uma vez presente no meio ambiente, o Pb tem a capacidade de depositar-se sobre organismos vivos e ocasionar uma série de complicações meramente silenciosas, mas que podem levar à morte, já que sua vida útil no solo, após extraído, varia de 740 a 5.900 anos tal como afirma Andrade *et al.* (2017). Em Boquira/BA, muitos são os ex-operários da mineração ou pessoas que tiveram contato com o rejeito, que relatam algum tipo de problema de saúde desenvolvido, isso não quer dizer necessariamente que tenha relação com a exposição ao minério de chumbo, são necessários estudos para comprovar essa hipótese, no entanto, pelos conhecimentos acerca do comportamento desse metal no corpo humano, é nítido que essa hipótese pode ser verdadeira (Andrade *et al.*, 2017; Jesus, *et al.*, 2018).

As análises de Paes (2022), por exemplo, acerca do potencial toxicológico do material particulado proveniente da bacia de rejeitos para seres humanos, apontaram o Pb como o principal “vilão” para a saúde humana nesse local, uma vez que os solos da área avaliada apresentam teores de Pb acima dos limites de prevenção estabelecidos pela resolução CONAMA 420/2009, e por seguinte os algoritmos utilizados por Paes (2022) apontam ainda o potencial carcinogênico desses solos contaminados, para seres humanos, principalmente para as crianças, evidenciando que a longa exposição na bacia de rejeitos aumenta a probabilidade do desenvolvimento de câncer (Paes, 2022).

3.4 A CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA/BA COMO TEMA NORTEADOR PARA O ENSINO DE QUÍMICA

“Ao invés de solicitar aos nossos alunos que determinem o pH de uma solução qualquer, porque não lhes solicitar que determinem o pH de soluções da água da chuva, água de rios ou de outras localidades que tenham relação com algum problema social?” (Santos; Schnetzer, 2010, p. 119). O trecho anterior, em poucas palavras, resume como pode ocorrer estratégias de ensino, para além dos muros da escola e focalizado na formação cidadã.

Santos e Schnetzer (2010) assim como Morin (2003) são autores que defendem uma educação para a formação cidadã, que proponha não só uma reflexão, mas também uma tomada de decisão por parte dos aprendizes acerca de problemas de dimensão social, tais como os problemas ambientais, o que possibilita uma sensibilização coletiva por parte dos educandos em relação às questões ambientais, promovendo assim uma conexão entre o saber ambiental (Leff, 2001) e a formação cidadã.

Considerando as discussões acima, bem como todo o contexto envolvendo a atividade mineradora no município de Boquira/BA, destaca-se que o caso de contaminação por chumbo em Boquira/BA pode ser um excelente tema norteador para a inserção temas relacionados a inter-relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no ensino de conceitos químicos em escolas do município. O estudo do problema possibilita uma conexão direta entre a ciência e o meio social, permitindo assim um planejamento de ensino para a ciência Química focado em um problema da realidade dos educandos, o que abre possibilidades para a educação ir além dos muros da escola, promovendo reflexões e novas concepções acerca do meio social, uma educação digna de libertadora, tal como descreve Freire (1987).

3.5 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA E A FORMAÇÃO CIDADÃ

Em pleno século XXI a Química ainda é vista como uma ciência de difícil compreensão e “chata” para a maioria dos aprendizes (Bouzan *et al.*, 2018). O motivo dessa “rejeição” pode estar atrelado à forma como essa ciência é apresentada para os estudantes, que muitas das vezes é centrada numa conduta conteudista e de memorização de conceitos, tal como afirma Bouzon *et al.* (2018). Uma alternativa para contornar tal impasse seria a implementação de estratégias tais como o enfoque CTS. Nesse tipo de abordagem o estudante é agente ativo da sua própria aprendizagem e tende a integrar os conceitos científicos com o mundo tecnológico construído pelo homem e conseqüentemente com seus impactos na sociedade.

No enfoque CTS, os conceitos químicos podem ser apresentados e discutidos de forma que o estudante conheça e estude o problema em sua totalidade, podendo assim, se preparar para o processo de tomada de decisão, que é um dos estágios da abordagem CTS. Tal abordagem, inclusive, discute a importância de o educador valorizar os saberes construídos essencialmente pelos educandos na prática comunitária, como é possível analisar no trecho a seguir. “Por que não aproveitar a experiência que têm os alunos de viver em áreas da cidade descuidadas pelo poder público para discutir, por exemplo, a poluição de riachos e dos córregos e dos lixões e os riscos que oferecem à saúde das gentes?” (Freire, 2014, p. 31). Isso certamente é uma das estratégias que pode aproximar a ciência do meio social.

Esse aproximar a ciência do meio social nada mais é do que promover um diálogo contínuo e coordenado entre a educação científica dos estudantes com a cidadania. Para Morin (2003), a aprendizagem cidadã deve contribuir para a autoformação do educando de forma que esse possa assumir a sua condição humana de viver em sociedade. Segundo o supracitado autor, em uma democracia um cidadão pode ser entendido como um ser que seja solidário e responsável pela sua nação. Portanto educar para a cidadania é preparar os estudantes para exercer seus direitos dentro de uma democracia (Santos; Schnetzer, 2010).

Considerando esse contexto defendido por Morin (2003), Santos e Mortimer (2002) assim como Santos e Schnetzer (2010) enfatizam como aspectos basilares da natureza da ciência podem ser articulados com a educação para formação cidadã. Para os autores os currículos CTS dialogam com a educação científica no sentido de que a ciência é uma construção humana e que suas decisões impactam diretamente na vivência em sociedade, seja positivamente ou negativamente.

Pensando nisso, podemos aqui discutir como a História e Filosofia da Ciência (HFC) pode influenciar diretamente no planejamento de currículos CTS, sobretudo no processo de tomada de decisão pelos educandos. Para Santos e Schnetzer (2010) os poucos estudos referentes à HFC contribuem para que os aprendizes tenham uma visão deformada de neutralidade e infalibilidade da ciência, sendo que isso não se consolida como uma verdade, já que a ciência é um processo contínuo de trabalho humano (Santos; Schnetzer, 2010).

Com esses pressupostos evidencia-se que o processo de tomada de decisão pelos estudantes, dentro da abordagem CTS, perpassa por um momento de familiarização com conhecimentos acerca da HFC, tais como: História, interesses coletivos, solidariedade, responsabilidade, reciprocidade, ética, consciência etc. (Santos; Mortimer, 2002).

Segundo Santos e Mortimer (2002) é preciso considerar ainda o fato de que a abordagem CTS é originária de países industrializados, com cenários totalmente diferentes do Brasil, o que nos desafia a articular os currículos CTS com o cenário educacional brasileiro, dentro de uma perceptiva de que a educação científica estimule discussões e a criticidade dos educandos perante a estrutura social, política e econômica do nosso país, sem se estagnar como uma educação meramente alienada e voltada para a cidadania capitalista (Santos; Mortimer, 2002).

Sendo assim, Santos e Schnetzer (2010) considera ideal escolher temas sociais relevantes para os cursos CTS, sobretudo problemas locais, pois isso facilita o estudo e o engajamento dos educandos no estudo do caso. Os autores citam ainda como a experimentação pode dialogar com os currículos CTS, dentro de uma perspectiva de educação científica interconectada entre os aspectos macro e micro da ciência.

Sobre a experimentação, Giordan (1999, p. 6) afirma que “Fazer ciência desenvolve-se um processo de representação da realidade, em que predominam acordos simbólicos e linguísticos num exercício continuado de discursos mentais, sociais e propriedade do coletivo”. O trecho acima exemplifica um dos papéis centrais da experimentação no ensino de ciências. Esse trecho em específico, trata da relevância do erro dentro da experimentação. O erro é essencial para desenvolver nos estudantes uma concepção de que a ciência não se consolida como neutra e nem que segue padrões pré-definidos, sendo uma forma de aproximá-los do que Bachelard (1996) denomina de formação do espírito científico.

A experimentação no Ensino de Química, levando em consideração a perspectiva de educação científica para a formação cidadã, pode ser uma estratégia interessante para analisar problemas de dimensão real, levando os estudantes a testarem suas próprias hipóteses e analisarem inconsistências entre o seu modo de pensar e aquele aceito cientificamente, podendo ser vinculada à uma educação com perspectivas de formar os educandos como cidadãos conhecedores do seu mundo habitacional, sem quaisquer preocupações com a validação ou comprovação de conceitos teóricos, algo que Galiazzi e Gonçalves (2004) considera um equívoco na aplicação de atividades experimentais.

Sendo assim, a experimentação dentro do desenvolvimento da SD para o ensino de conceitos químicos no Colégio Estadual de Boquira (CEB) foi planejada sob a luz da abordagem CTS, perpassando por várias etapas de alinhamento com a natureza da ciência, porém sem focalizar na busca pela comprovação teórica ou no denominado ensino para o “cotidiano” (Gonçalves, 2005; Santos; Mortimer, 2002; Santos; Schnetzer, 2010).

A estratégia experimental aqui implantada visou contribuir para a formação cidadã e não meramente investigar a contaminação por chumbo no município de Boquira/BA. Essa experimentação, que por sinal, não foi aplicada de forma isolada, mas sim dentro de uma sequência de aulas previamente planejadas, buscou sensibilizar os estudantes acerca de um problema de saúde pública grave, dialogando assim com os princípios básicos da abordagem CTS, relacionando o conhecimento científico com o meio tecnológico e com a sociedade (Gonçalves, 2005).

Implementar experimentações como a descrita acima para o Ensino de Química talvez ainda soe como “estranho” para a comunidade acadêmica, já que pouco se discute sobre o papel da experimentação enquanto estratégia central para interligar o Ensino de Química à formação cidadã. Essa discussão parece ser ainda incipiente, como afirma Gonçalves *et al* (2018), pois a maioria das pesquisas ou artigos discute apenas experimentos investigativos, ilustrativos ou para reelaborar conceitos, como foi possível observar no estudo de Lisbôa (2015).

3.6 APLICAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO NA ANÁLISE DE CHUMBO EM AMOSTRAS REAIS: CONCEPÇÕES ACERCA DA UTILIZAÇÃO DA GRAVIMETRIA.

No tópico anterior, apresentamos e discutimos sobre como a experimentação pode ser implementada enquanto estratégia para o Ensino de Química numa perspectiva de educação para a formação cidadã. Nesse tópico discutiremos especificamente sobre um tipo de experimentação, a análise gravimétrica ou gravimetria, empregada para a análise de Pb em amostras reais.

A detecção de Pb em amostras reais geralmente é realizada utilizando métodos instrumentais padrões, tais como a Espectrometria de Massas (MS), a Espectrometria de Emissão Óptica (OES), a Espectrometria de Absorção Atômica (AAS), tal como afirma Veiga (2009) ou até mesmo a Difração de Raio-X (DRX) tal como utilizado por Bertolino *et al.* (2014).

Utilizar essas técnicas analíticas para a analisar íons Pb^{2+} em amostras reais abrange diferentes formas. A Espectrometria de Massas pode ser aplicada com fonte de plasma, denominada de Espectrometria de Massa com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS), como afirma Veiga (2009), ou ainda por ionização térmica, por meio da Espectrometria de Massa por Ionização Térmica (TIMS), tal como afirma Vecchia *et al.* (2017). A Espectrometria de Emissão Óptica é outra técnica que também pode ser aplicada com fonte de plasma indutivamente acoplado, através da ICP-OES.

Já a Espectrometria de Absorção Atômica pode ser aplicada de diferentes modalidades para analisar íons metálicos, porém segundo Veiga (2009) a sua utilização através de um forno de grafite (GFAAS) possibilita menores Limites de Detecção (LD`s), comparáveis até mesmo à ICP-MS.

Técnicas como AAS, ICP-OES e ICP-MS são as principais técnicas analíticas empregadas na determinação de íons Pb^{2+} em amostras (Veiga, 2009), no entanto, análises mais simples podem ser realizadas utilizando a gravimetria por precipitação, que ocorre por meio de uma reação química entre íons de cargas opostas, que se atraem tão fortemente e que acabam por formar um composto iônico pouco solúvel (Brown *et al.*, 2016).

Um dos exemplos de reações de precipitação mais comuns que ocorrem em meio aquoso é a reação entre uma solução de iodeto de potássio (KI) com uma solução de nitrato de chumbo [$Pb(NO_3)_2$], como pode ser observado através da equação abaixo (Chang, 2010).



Essa reação é um exemplo clássico de aplicação da análise gravimétrica, já que se forma um sólido amarelo pouco solúvel, que se separa da solução, o iodeto de chumbo (PbI_2), como representado na Figura 10 a seguir.

Figura 10 - Reação de precipitação entre o (KI) e o [$Pb(NO_3)_2$]



Nesse tipo de reação de precipitação a baixa solubilidade do composto formado, o sal PbI_2 , se deve à pouca afinidade química entre esse composto e o meio aquoso, o que faz com que em uma situação de equilíbrio iônico em água, o sal tende a permanecer em sua maior quantidade na forma de PbI_2 , como é explicado com mais detalhes abaixo, tendo como base as equações 2 e 3. Essa baixa solubilidade, inclusive, resulta em um baixo valor para a Constante

do produto de solubilidade (K_{ps}) para esse sal, que é uma constante adimensional que descreve a solubilidade de sais pouco solúveis em uma solução saturada (Skoog, 2006). Segundo Skoog (2006) à 25°C o K_{ps} do PbI_2 é de $7,9 \times 10^{-9}$.



$$K_{ps} = [Pb^{2+}] [I^{-}]^2 \quad (3)$$

$$7,9 \times 10^{-9} = [Pb^{2+}] [I^{-}]^2$$

Pela relação estabelecida na equação 3 é possível deduzir que à 25° C a solubilidade do PbI_2 em água é considerada baixa, isso implica dizer que na condição de equilíbrio iônico, haverá uma maior concentração de PbI_2 do que de Pb^{2+} e I^{-} no meio aquoso, haja vista que antes do estabelecimento do equilíbrio a reação química aponta na direção da formação dos produtos Pb^{2+} e I^{-} , porém ao atingir a condição de equilíbrio é possível estabelecer a relação dada na equação 3, e essa relação resulta em um valor de K_{ps} elevado à potência de 10^{-9} , ou seja, um valor baixo, evidenciando que após o estabelecimento da condição de equilíbrio, a tendência é que haja mais reagentes (PbI_2) do que produtos (Pb^{2+} e I^{-}) no meio aquoso.

Considerando essa baixa solubilidade do PbI_2 em água é possível evidenciar que a análise gravimétrica pode ser aplicada em diversas análises que envolvem compostos pouco solúveis em meio aquoso, como o PbI_2 , por exemplo. Pode ser aplicada, inclusive, no monitoramento ambiental da quantidade de metais tóxicos, tais como o Pb, em amostras de água (Atkins; Jones, 2012), ou até mesmo em amostras de rejeitos minerais, da qual já haja métodos-padrão que exemplificam a quantidade desse metal no meio em questão, como na bacia de rejeitos do município de Boquira/BA, por exemplo. A questão que vem à tona é só a seguinte: Como analisar a presença de Pb nas amostras sólidas da bacia de rejeitos em Boquira/BA, utilizando o iodeto de potássio como agente precipitante?

Esse questionamento foi essencial para o planejamento da SD, haja vista que uma das etapas da SD, a experimentação, perpassou diretamente pela resposta a esse questionamento, o que nos desafiou a realizar alguns testes prévios para melhor responder à essa questão. Essa inquietação, inclusive, resultou em algumas discussões durante a aula pré-experimentação, o que foi essencial para que a etapa experimental da SD fosse mais bem planejada e conduzida.

4 METODOLOGIA

Apresentamos aqui a natureza da nossa pesquisa e como esta compartilha características próprias das pesquisas do tipo intervenção pedagógica. O percurso metodológico traçado foi basicamente dividido em duas seções, sendo a primeira seção destinada a apresentar alguns aspectos da investigação científica, tais como a natureza da pesquisa e delineamento metodológico, o contexto da pesquisa e os instrumentos de coleta de dados. Já a segunda seção foi focalizada em apresentar as principais características da elaboração da SD (Apêndice A) bem como das sucessivas etapas de aplicação.

4.1 NATUREZA DA PESQUISA E DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Esta pesquisa foi guiada pelas características da análise qualitativa. Para Monteiro (1991) e Lüdke e André (1986), as pesquisas qualitativas são processuais, ou seja, estão mais centralizadas nos desdobramentos que ocorrem ao longo da aplicação da pesquisa. Na nossa pesquisa, o foco não foi somente no resultado final, mas sim com todo processo, pois nesse tipo de pesquisa o pesquisador precisa se preocupar como o problema a ser investigado se manifesta nas atividades, nos procedimentos e principalmente nas interações rotineiras dos participantes, ou seja, o problema é estudado em sua totalidade e não apenas fragmentando em análises específicas.

A forma como se desenhou o delineamento da nossa investigação científica a classifica como sendo uma pesquisa do tipo intervenção pedagógica, haja vista que investigamos, por meio de várias intermediações em uma turma de primeira série do CEB, todo o processo estratégico de aplicação de uma SD voltado para um problema da realidade social dos estudantes, o que permitiu diversas reflexões e um diálogo com Damiani *et al.* (2013), que afirma que as pesquisas do tipo intervenção pedagógica se caracterizam por envolver o planejamento e a implementação de interferências que podem ocasionar mudanças significativas na forma com que os participantes pensam ou veem uma dada realidade.

Ainda segundo as supracitadas autoras, as mudanças/ inovações promovidas pelas pesquisas do tipo intervenção pedagógica visam produzir avanços e melhorias para os sujeitos que dela participam e posteriormente uma avaliação da aplicação de cada uma das interferências, o que foi notoriamente proposto na nossa pesquisa, que visou analisar a possibilidade de ensinar conceitos químicos numa perspectiva educação para formação cidadã no CEB, a partir do caso de contaminação por Pb no município de Boquira/BA.

A pesquisa do tipo intervenção pedagógica da qual esta pesquisa se enquadra, se baseou nos princípios basilares da natureza da abordagem CTS, numa perspectiva de explorar aspectos da natureza do trabalho científico (Santos; Schnetzer, 2010). Esta pesquisa, portanto, foi desenvolvida por meio de uma série de intervenções programadas para intermediarem vários aspectos da natureza da ciência, porém sem equiparar a conduta dos estudantes com as de um cientista, pois sabemos e estamos de acordo com Gonçalves (2005) de que o trabalho da comunidade científica requer extensas pesquisas e necessita de uma certa familiaridade dos pesquisadores para com os fenômenos de estudo, o que não era o caso aqui, já que os estudantes ainda iriam se familiarizar com os aspectos teóricos, que envolviam o estudo do problema.

No entanto, apesar de não se caracterizar como uma investigação científica, as atividades realizadas pelos estudantes dentro da SD sobre caso de contaminação por chumbo no município de Boquira/BA, contaram com uma série de etapas que sem dúvidas evidenciaram o agir e pensar da natureza da ciência (Kosminsk; Giordan, 2002). Isso foi primordial para a análise da possibilidade de ensinar conceitos químicos a partir de um problema que faz parte da vivência dos aprendizes.

Sendo assim, na aplicação da SD os estudantes foram instigados a pensarem, argumentarem e levantarem suas próprias hipóteses acerca do problema a ser estudado. Assim, a SD abrangeu visitas técnicas, etapas de discussão de artigos científicos, experimentação em sala e aulas com propósito de exemplificar aos estudantes a aplicação da ciência no meio social. Para essas aulas os estudantes se habituaram com aspectos básicos da HFC, o que é essencial para uma percepção de que o trabalho científico é também um trabalho humano e suscetível a erros e questionamentos constantes (Santos; Schnetzer, 2010; Kosminsk; Giordan, 2002).

Por fim, os trabalhos desenvolvidos pelos estudantes ao longo de toda as aulas foram analisados por nós, como forma de exemplificar as potencialidades/limitações da SD.

A seguir descrevemos melhor outros aspectos basilares que compulsaram a nossa pesquisa, desde o ambiente e participantes da pesquisa às etapas de aplicação da SD no CEB, perpassando pelo contexto da pesquisa e os instrumentos de coletas de dados.

4.2 O CONTEXTO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada no Colégio Estadual de Boquira (CEB), antigo Colégio Estadual Luís Eduardo Magalhães (CELEM), mostrado na Figura 11 e que fica localizado na avenida Via Do Acesso - Sn – Barreiro, no município de Boquira/BA.

Figura 11 - Colégio Estadual de Boquira (CEB)²



O CEB é uma das escolas que compõe a 12ª Diretoria Regional de Educação (DIREC-12) da bacia do Paramirim no estado da Bahia. Atualmente a escola oferta ensino nas seguintes modalidades: Ensino médio em tempo integral, Ensino médio em tempo parcial, Tempos formativos (etapas VI e VII), Tempos Juvenil II e Educação profissional.

Na época de realização dessa investigação científica o CEB possuía: Uma turma de primeira série na modalidade de ensino médio em tempo integral; quatro turmas de primeira série, sete de segunda série e seis de terceira série na modalidade em tempo parcial; na modalidade Tempos Formativos possuía uma turma na etapa VI e outra na VII; em Tempos juvenil possuía apenas uma turma para a etapa VI e na educação profissional possuía duas turmas, sendo uma de ensino médio integrado e outra do Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos (PROEJA).

As atividades desta pesquisa ocorreram em uma turma da **primeira série** do Ensino Médio em tempo integral transdisciplinar do CEB, na qual os estudantes foram convidados a participarem por livre e espontânea vontade, após a devida autorização dos seus responsáveis legais, através da assinatura dos documentos comprobatórios exigidos pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Instituto Federal da Bahia (IFBA), em harmonia com as resoluções nº 466/2012 e nº 510/2016 (Brasil, 2012; Brasil 2016), sendo aprovado através do seguinte número de Certificação de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 73541323.9.0000.5031.

A turma da primeira série, composta por trinta e dois estudantes matriculados, se mostrou assídua e participativa durante os nove encontros de aplicação da SD no CEB. Poucas eram as ausências, o que notoriamente contribuiu para uma abrangência maior das estratégias traçadas para cada encontro.

As atividades da pesquisa na turma da primeira série foram realizadas em equipes, da qual os trinta e dois estudantes foram divididos em quatro equipes, tendo oito integrantes por equipe. Essa divisão ocorreu por livre espontânea vontade dos aprendizes.

Após a formação das equipes foi realizado um sorteio em sala com o intuito de identificação dessas. A identificação ocorreu com os seguintes nomes: ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb e ^{208}Pb , sendo essa identificação referente aos isótopos estáveis do elemento químico chumbo encontrados na natureza, tal como afirmam Vecchia *et al.* (2017) e Oliveira (2016).

Essa identificação e sobretudo a coleta de dados em equipes foi uma estratégia traçada inicialmente para não haver quaisquer identificações dos participantes, preservando assim a identidade e a integridade desses durante e após a aplicação das atividades da SD, tal como preza as resoluções nº 466/2012 e nº 510/2016 do CEP (Brasil, 2012; Brasil, 2016). Portanto, nessa monografia e quaisquer trabalhos que originar-se a partir dessa, os participantes da pesquisa serão mencionados no texto apenas pelo respectivo nome da sua equipe ou por: “integrante da equipe X”, quando se tratar de contribuições/indagações/dúvidas isoladas de um membro da equipe X.

4.3 INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS

Nas subseções a seguir são apresentados os principais instrumentos de coleta de dados utilizados nessa investigação científica, a fim de obter dados para posterior análise.

4.3.1 Anotações em diário de campo

Considerando o contexto interacional desta pesquisa, o principal instrumento de coleta de dados utilizado foi a observação, mais especificamente a observação participante tal como exemplifica Ludke e André (1986), com posterior anotações em diário de campo. As observações analisadas a partir das produções dos participantes durante a realização da pesquisa foram posteriormente transcritas por nós de forma que reproduzisse o mais fielmente possível as colocações dos estudantes em sala, não havendo necessidade de elaboração prévia de um roteiro de observações, pois trata-se de observações naturais do ambiente da sala de aula.

No cenário descrito anteriormente a observação participante foi essencial, pois permitiu recorrer à própria experiência com os participantes para obter conhecimentos sobre a realidade a ser estudada de forma que os pesquisadores fossem também instrumentos passíveis de coleta de dados (Lüdke; André, 1986).

A interação direta com as equipes através da observação participante durante a realização dessa pesquisa, nos permitiu que as anotações em diário, bem como a confecção do material escrito fossem mais bem interpretadas, pois segundo Stake (2011) a interação entre pesquisador e participantes resultam em diversas descobertas e acabam por apresentar ao pesquisador diferentes pontos de vistas para um mesmo problema a ser investigado, o que facilita a interpretação dos resultados, pois segundo Marconi e Lakatos (2003), a interpretação dos dados é uma etapa essencial da pesquisa e precisa ser clara e acessível. Nessa situação, para a obtenção desse material escrito, as falas dos participantes durante os encontros foram analisadas e interpretadas por nós.

4.3.2 Análise documental: Sucessão de questionários abertos

Além da observação participante seguido das constantes anotações em diário, outro importante instrumento de coleta de dados para essa pesquisa foi a análise documental, mais especificamente a análise de uma sucessão de questionários abertos presente nos cadernos personalizados de cada equipe, tal como descrito no Apêndice B, para o exemplo do caderno personalizado da equipe ²⁰⁸Pb. A confecção desses cadernos para cada equipe se deu com o intuito de facilitar o diálogo, as discussões bem como as interpretações dos dados obtidos pelas equipes da primeira série, durante a aplicação da SD.

O recebimento dos cadernos pelas equipes ocorreu mediante a assinatura dos integrantes de cada equipe no Apêndice C, como forma de garantia para a confecção dos cadernos personalizados com o nome de todos os integrantes de cada equipe, já que após a realização da pesquisa esses cadernos ficariam armazenadas no CEB.

Nesses cadernos, estão descritas todas as orientações para a utilização do material bem como a descrição do tema de cada aula. Vale ressaltar que nesse material os encontros iniciaram pela aula de discussão acerca do nome de identificação das equipes, encontro esse que na SD é o terceiro. Isso ocorre porque os cadernos personalizados consideram o início de aplicação direta das atividades da SD, não consideram os dois primeiros encontros, que foram destinados à apresentação da pesquisa, já o desenvolvimento da SD considera por hora, todos os encontros, desde o início.

A análise documental dos questionários abertos ocorreu através da transcrição para essa monografia, de alguns trechos expressos pelos estudantes nos cadernos personalizados, bem como foi também, em alguns trechos, realizado interpretações a partir dos dados obtido nos questionários abertos.

4.4 ETAPAS DE APLICAÇÃO DA SD NO CEB

Aqui iremos apresentar ao leitor as respectivas etapas de aplicação da SD na turma da primeira série em tempo integral transdisciplinar do CEB. A SD foi planejada tal como descrito no Apêndice A, sendo aplicada basicamente em 9 aulas, divididas em quatro etapas, realizadas nos respectivos componentes curriculares: Química, Estações do Saber I (IS - I), Aula de Estações do Saber VIII (IS - VIII) e Estações do Saber VI (IS - VI). A aplicação ocorreu nas aulas desses componentes devidos as disponibilidades de horários.

Para cada etapa de aplicação da SD estão apresentados a seguir os planejamentos, os temas das etapas e o que foi realizado, de fato.

A primeira etapa da SD, centrada em explicar o Porquê das coisas, consistiu em três encontros com a turma da primeira série, tendo cada encontro a duração de 45, 45 e 90 minutos, respectivamente, em que foi apresentado os objetivos da pesquisa e foi realizado a divisão e identificação das equipes. Essa etapa, planejada tal como descrito no Apêndice D, teve como objetivos conhecer melhor os participantes da pesquisa, bem como apresentar-lhes a relevância da realização da presente pesquisa.

Na terceira aula dessa etapa iniciou-se a utilização dos cadernos personalizados, um documento com sucessões de questionários abertos e espaços destinados para preenchimento com comentários para cada equipe, tais como o espaço destinado às PALAVRAS-CHAVE, analisadas por nós à cada encontro com a turma da primeira série.

Cabe enfatizar aqui que esses três primeiros encontros foram tidos como diagnósticos para esta pesquisa, haja vista que nessa etapa inicial foi observado como os estudantes reagiriam (questionamentos/inquietações/contribuições) acerca do caso de contaminação por Pb em Boquira/BA e sobre a atividade mineradora, de forma geral. O objetivo dessa observação, que se caracteriza como observação participante, tal como afirma Lüdke e André (1986), foi analisar o quão familiarizados com essa temática os estudantes estavam, pois isso poderia refletir diretamente nas demais atividades da pesquisa, já que o conhecer ou não o problema poderia resultar em questionamentos, inquietações e contribuições diferentes, adiante.

Nessa premissa, a segunda etapa, intitulada como imergindo no problema e realizada em três encontros, teve como foco aproximar os estudantes do problema a ser estudado, tal como descrito nos planejamentos do Apêndice E, tendo cada aula a duração de 90 minutos. Sendo assim, essa etapa propiciou espaços para discussões e diversos questionamentos por parte das equipes, sendo um momento de imersão direta dos aprendizes no problema de estudo.

Foi nessa etapa também que houve a apresentação de alguns vídeos acerca do contexto da mineração. O primeiro vídeo³ apresentado (5 min), teve como foco enfatizar como era as condições de trabalho dos operários nas diversas galerias dos morros de Boquira/BA, este vídeo em questão, trata-se mais especificamente da galeria subterrânea denominada de rampa nº 1 da Mineração Boquira/BA. Já o segundo vídeo⁴ em questão (18 min), foi exibido apenas a parte entre 7min40s e 17min50s, que apresenta imagens áreas da planta de beneficiamento, bacia de rejeitos e do Morro do Espinhaço. Já o terceiro vídeo⁵ (3 min) aborda os principais impactos ambientais gerados a partir da extinta atividade mineradora, através das montanhas de lixo tóxico abandonado a céu aberto e no meio da caatinga do município.

Na penúltima etapa, denominada de experimentando a ciência, os estudantes tiveram o prazer de “experimentar” um dos métodos mais tradicionais da ciência; a experimentação! Aqui eles vivenciaram uma relação direta de aplicação da ciência no meio social.

Para o planejamento dessa etapa experimental foi necessário a realização de algumas análises prévias de Pb em amostras reais da bacia de rejeitos, através da gravimetria, o que será mais bem discutido adiante. Essas análises prévias visaram traçar melhor os objetivos dessa etapa dentro da SD, para que fosse mais bem enfatizado a influência da nossa experimentação no processo de formação cidadã.

Cabe aqui enfatizar que todos os testes para o planejamento dessa etapa, utilizando amostras da bacia de rejeitos, foram realizados previamente ao desenvolvimento da SD.

O desenvolvimento dessa etapa, planejada tal como descrito no Apêndice F, foi realizada através de dois encontros, tendo o primeiro a duração de 45 minutos e o segundo de 130 minutos. Nesses encontros o foco foi discutir com os estudantes as propriedades químicas e físicas do Pb, bem como os problemas ambientais e de saúde pública ocasionados por esse metal, e ainda analisar, a partir dos resultados obtidos na experimentação II, as possíveis consequências resultantes desse elemento e dos demais estudados, presentes na bacia de rejeitos para a população, bem como para o bem-estar da fauna e flora do município de Boquira/BA.

A realização das experimentações em sala se deu, em grande parte, a partir da utilização de materiais de aquisição nossa, descritos na Figura 12 a seguir. Foi utilizado também outros materiais obtidos posteriormente a realização da fotografia a seguir, que estão descritos no

³ Vídeo não creditado disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=60jVNFZKMsA&t=39s>.

⁴ Vídeo não creditado disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QurtTdf0bTk>.

⁵ Vídeo não creditado disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=oF5x5xs7bRU>.

Apêndice F, bem como alguns béqueres e pipetas Pasteur do próprio CEB, além claro, das soluções 0,5 mol/L de HNO_3 , 1 mol/L de KI e 0,2 mol/L de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, previamente preparadas.

Figura 12 - Materiais utilizados durante a realização da pesquisa²



Finalizando a aplicação da SD, a última etapa teve como premissa conectar a inter-relação Ciência-Tecnologia-Sociedade. Sendo realizada em apenas um encontro, essa etapa foi essencial para a investigação científica, pois todo o contexto visto até aqui, na SD, bem como os resultados obtidos na experimentação II, foram discutidos numa perspectiva de interconexão entre a ciência e o meio social.

Partindo desse pressuposto, a etapa foi planejada tal como descrito no Apêndice G, com duração de 90 minutos, sendo que os primeiros 15 minutos da aula foram utilizados para que fossem feitas as devidas interpretações dos dados da experimentação II.

Ao final da aula, as equipes previamente organizadas, propuseram a título de interesse desta pesquisa, bem como da abordagem CTS, qual seria o melhor caminho a ser trilhado para buscar soluções para o problema de contaminação por Pb em Boquira/BA, considerando a Química como ciência central nessa caminhada por soluções.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse tópico foi dividido em duas seções. Começaremos apresentando e discutindo os resultados obtidos nos testes experimentais que antecedeu o planejamento da SD. Continuaremos apresentando os resultados da pesquisa bem como suas interpretações, que serão discutidas a partir das etapas de aplicação da SD, sob a luz da abordagem CTS. Salienta-se que as discussões dos resultados serão apresentadas em ordem cronológica, enfatizando as aplicações e interações com os participantes, considerado todos os dados obtidos a partir das anotações em diário, bem como da análise documental.

5.1 PREPARANDO O TERRENO: DISCUTINDO AS ANÁLISES EXPERIMENTAIS PRÉ-APLICAÇÃO DA SD

Peço aqui, licença ao leitor, para enfatizar que essa foi uma etapa que não ocorreu em sala e nem com a participação dos estudantes, muito pelo contrário, foi uma etapa “solitária”, cansativa, porém necessária, realizada entre a cozinha dos químicos e eu; o laboratório. Trata-se dos constantes testes experimentais realizados com foco em analisar uma estratégia mais eficaz para evidenciar a presença de Pb no solo da bacia de rejeitos; o “tem ou não tem” por meio de uma reação química de precipitação em meio aquoso, entre os íons Pb^{2+} e os íons I⁻, utilizando uma solução de iodeto de potássio (KI) como base. Essas análises prévias nos permitiram estudar as diferentes vertentes de aplicação da experimentação dentro do contexto da formação cidadã.

Como discutido na introdução e reforçado no referencial teórico desse estudo, as inquietações que tive na aula de Química analítica eram centradas em verificar uma forma de evidenciar a presença de Pb no solo da bacia de rejeitos utilizando o KI com agente precipitante, já que esta é uma reação comum, visual e que se aplicava ao contexto dessa pesquisa, o que seria essencial para introduzir alguns conceitos químicos em sala, através da aplicação da SD.

Pensando nisso, foi necessário a minha ida à bacia de rejeitos para a coleta de três amostras sólidas do local, como apresentado na Figura 13 a seguir.

Figura 13 - Coleta de amostras sólidas da bacia de rejeitos pelo pesquisador principal²



As três amostras foram coletadas em diferentes locais da bacia de rejeitos (Quadro 1) sendo realizadas no sentido horizontal e na superfície do solo, de acordo com a CETESB (1999). Após coletadas, as amostras foram armazenadas em materiais de plástico para posterior análise gravimétrica em laboratório, sendo rotuladas com as seguintes siglas: A1, A2 e A3.

Quadro 1 - Locais de coleta das amostras sólidas na bacia de rejeito pelo pesquisador⁶

Amostras	Local de coleta
A1	No açude ao norte da bacia de rejeitos
A2	No açude à leste da bacia de rejeitos
A3	No córrego central da bacia de rejeitos

Em laboratório as análises se centralizaram em verificar uma forma de reagir o Pb do rejeito como uma solução de iodeto potássio, mas como realizar essa reação? considerando que o Pb estava ligado aos retículos cristalinos de outros compostos, tais como Galena (PbS), Cerussita (PbCO₃) e Anglessita (PbSO₄), tal como afirma Bertolino *et al.* (2014).

Para essas análises, inicialmente realizamos um teste através da filtração simples com as três amostras e posterior reação com a solução de KI. Para isso, adicionamos uma massa

⁶ Quadro de autoria própria

avulsa das amostras A1, A2 e A3, em três Béqueres de 250 mL e posteriormente adicionamos 100mL de água da torneira em cada béquer. As misturas foram agitadas constantemente com bastão de vidro, durante 10 minutos. Durante esse período preparamos o branco, com água da torneira e depois as soluções 1 mol/L de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e KI. Esses dados estão expressos na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Dados da experimentação por filtração simples do rejeito⁷

Molaridade do $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (mol/L)	Molaridade do KI (mol/L)	Volume do Branco (mL)	Volume de H_2O adicionado em cada béquer com rejeito (mL)
1	1	10	100

Passados os dez minutos, as amostras de rejeito foram filtradas, utilizando funil simples e papel filtro. Posteriormente, adicionamos respectivamente em cinco tubos de ensaio, 2 mL do branco, 2 mL da solução 1 mol/L de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, 2 mL do rejeito filtrado A1, 2 mL do rejeito filtrado A2 e 2 mL do rejeito filtrado A3. Após isso adicionamos 2 mL da solução 1 mol/L de KI, em cada um dos tubos. Os resultados estão expressos na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Resultados da filtração simples do rejeito e posterior reação com KI 1mol/L⁷

Tubos	Volume do branco (mL)	Volume de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1 mol/L (mL)	Volume do rejeito filtrado A1 (mL)	Volume do rejeito filtrado A2 (mL)	Volume do rejeito filtrado A3 (mL)	Volume de KI 1 mol/L (mL)	Coloração formada
1	2					2	Incolor
2		2				2	Amarelo
3			2			2	Incolor
4				2		2	Incolor
5					2	2	Incolor

Pelos resultados obtidos na Tabela 2, ficou evidente que a filtração simples do rejeito não seria capaz de solubilizar os íons de Pb^{2+} , para posterior reação com o KI 1 mol/L, visto que apenas no tubo 2, com a presença das soluções de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e KI é que ocorreu a reação entre os íons de Pb^{2+} com os íons de I^- , formando o precipitado amarelo, o sal PbI_2 , o que já era esperado.

Após alguns estudos na literatura, optamos por tentar a extração ácida do rejeito para posteriormente reagir-lo com a solução de KI. Sendo assim, em ambiente laboratorial

⁷ Tabela de autoria própria

preparamos uma solução 1 mol/L de HNO_3 . Preparamos também uma solução 1 mol/L de KI e o branco, com água da torneira. Para essa análise não utilizamos a solução de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Posteriormente, em três Béqueres diferente de 250 mL, adicionamos três colheres de chá das amostras A1, A2 e A3 e 200 mL da solução de ácido nítrico (HNO_3) em cada béquer, sendo agitado por 10 minutos. Esses dados estão expressos na Tabela 3, abaixo.

Tabela 3 - Dados da extração ácida do rejeito proveniente da bacia de rejeitos⁷

Molaridade do HNO_3 (mol/L)	Molaridade do KI (mol/L)	Volume do Branco (mL)	Volume de HNO_3 adicionado em cada béquer com o rejeito (mL)
1	1	10	200

Passados os 10 minutos, as amostras de rejeito acidificadas foram filtradas de forma simples. Com isso, adicionamos em 12 tubos de ensaio, 2 mL das amostras da seguinte forma: tubos 1 ao 3 (2 mL do Branco em cada tubo); tubos 4 ao 6 (2 mL do rejeito ácido filtrado A1, em cada tubo); tubos 7 ao 9 (2 mL do rejeito ácido filtrado A2, em cada tubo); tubos 10 ao 12 (2 mL do rejeito ácido filtrado A3, em cada tubo); após isso gotejamos lentamente 2 mL da solução 1 mol/L de KI em cada um dos 12 tubos. Os resultados para essas análises estão expressos na Tabela 4, abaixo.

Tabela 4 - Resultados da análise em triplicata das amostras A1, A2 e A3⁷

Tubos	Volume do branco (mL)	Volume do rejeito ácido filtrado A1 (mL)	Volume do rejeito ácido filtrado A2 (mL)	Volume do rejeito ácido filtrado A3 (mL)	Volume de KI 1 mol/L (mL)	Coloração formada
1	2				2	Incolor
2	2				2	Incolor
3	2				2	Incolor
4		2			2	Amarelo
5		2			2	Amarelo
6		2			2	Amarelo
7			2		2	Amarelo
8			2		2	Amarelo
9			2		2	Amarelo
10				2	2	Incolor
11				2	2	Incolor
12				2	2	Incolor

Pelos resultados obtidos na tabela 4 foi possível evidenciar que apenas as análises das amostras A3 não precipitaram. Algumas questões podem ser levantadas aqui: Primeiro pode ter havido interferências de outras espécies na reação, já que no córrego central, assim como em outros locais da bacia de rejeitos, tal como afirma Cunha *et al.* (2016) há uma crosta esbranquiçada e cinza, o que pode ser precipitação de sais. Segundo, por ser um local de ação direta das águas pluviais, grande parte dos minérios de Pb pode estar sendo carreado para outras regiões. Salienta-se que são apenas hipóteses, é necessário novos estudos na área para posterior comprovação.

A partir dessas análises percebemos que é possível identificar a presença de Pb em amostras sólidas da bacia de rejeitos, por meio de uma reação com KI, desde que seja feita uma extração ácida do rejeito, previamente.

Sendo assim, a partir dessas análises prévias, planejamos a SD tendo a experimentação como eixo central para as discussões acerca da contaminação por chumbo no município de Boquira/BA, o que contribuiu para uma melhor inter-relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

5.2 O PORQUÊ DAS COISAS: DISCUTINDO A PRIMEIRA ETAPA

Para iniciar a análise dessa etapa, tenho mais uma vez que pedir licença ao leitor para contar um relato pertinente. A data era 05 de setembro de 2023, às 14h00, em uma terça-feira ensolarada e de calor intenso no semiárido do município de Boquira/BA, algo normal por aqui, principalmente nessas épocas do ano. Ao trafegar pela BA-156 em um sol “escaldante” em direção ao CEB, para ministrar aquela que seria a primeira aula com a turma da primeira série, avistei ao norte um incêndio, às margens da zona urbana da cidade Boquira/BA. Era no lixão, local que fica em meio à bacia de rejeitos, zona rural do município. Ao vislumbrar tal situação o meu emocional foi afetado, me perdi nas reflexões e na empolgação de citar tal ocorrência durante o primeiro encontro.

Em sala, após apresentar os objetivos da pesquisa, os pesquisadores, os aspectos éticos, bem como convidar os estudantes para participarem voluntariamente do estudo, é claro que a situação relatada no parágrafo anterior foi devidamente apresentada e contextualizada com a turma, principalmente acerca do quão tóxica poderia ser aquela fumaça oriunda da queima do lixo em meio aos rejeitos de metais tóxicos da bacia estéril. Esse relato permitiu uma melhor interação com a turma no momento de apresentação do porquê estávamos realizando a pesquisa centrada nos desdobramentos da mineração em Boquira/BA.

Mediante a esse espaço inicial de conversação, o segundo encontro com a turma foi centrado na divisão e sorteio de identificação das equipes (Apêndice D, p. 103), para isso o documento do Apêndice C foi entregue à turma para que os integrantes assinassem no espaço destinado à sua equipe, a título apenas do recebimento dos cadernos personalizados. Após a devida assinatura dos estudantes, veio o primeiro grande desafio para equipes, “Cartas sobre a mesa!” cada equipe teria a missão de pesquisar, para posterior apresentação em sala, o porquê foi identificado com aquele número e sigla.

O objetivo aqui era “dar um Google mesmo”, ler livros ou artigos que falavam sobre os isótopos do chumbo ou sobre a relação desse elemento com a mineração em Boquira/BA, ou ainda questionar pessoas que tinham conhecimentos acerca do Pb e da mineração em Boquira/BA.

Durante essa aula, logo após o sorteio de identificação das equipes, um estudante da equipe ^{204}Pb nos questionou o porquê que não existia a equipe ^{205}Pb , para ele havíamos rompido uma sequência lógica. Dissemos a ele apenas que era “Cena para os próximos capítulos”. Outro integrante da equipe ^{204}Pb disse nessa mesma aula que a sigla Pb significava chumbo, porém não soube exemplificar o que significava o número.

Isso despertou o interesse de outro integrante da mesma equipe, que imediatamente relatou que já havia lido algum artigo sobre a mineração em Boquira/BA, que discutia sobre o Pb. Segundo o estudante, no artigo relatava que o Pb é perigoso, porém ele não se recordava qual era a relação desse Pb com a mineração em Boquira/BA.

Por esses relatos iniciais, através da observação participante, percebemos que o fato de haver uma provável relação entre o nome de identificação das equipes e a atividade mineradora em Boquira/BA, gerou uma expectativa nos estudantes para com a realização da pesquisa. Isso advém do fato de se tratar de um problema da realidade dos aprendizes, que notoriamente é um caso de descuido do poder público, o que Freire (2014) considera como excelente tema para discutir a razão de ser de alguns desses saberes com o ensino dos conceitos em sala.

No encontro seguinte, último dessa etapa, de forma unânime as equipes relataram dificuldades em encontrar informações acerca do nome de identificação de sua equipe. Segundo eles, ao colocar a sigla no Google, obtiveram poucas informações, mas ainda assim conseguiram obter informações em outros meios.

Já com os cadernos personalizados em mãos, as equipes apresentaram os resultados da sua pesquisa. Todas as equipes expuseram que o Pb da sigla de sua equipe significava chumbo, no entanto nem todas as equipes conseguiram apresentar o que significava o número (204, 206,

207, 208) que antecederiam a sigla Pb. A equipe ^{206}Pb relatou que em suas pesquisas a única palavra que encontraram foi “Decaimento”. Apenas a equipe ^{204}Pb expos que “provavelmente” o número 204 significava isótopos estáveis do Pb, mas não foi uma resposta convicta, apenas suposição. Em relação à mineração em Boquira/BA, todas as equipes disseram que o Pb era um dos elementos extraídos na mineração.

Após esse momento das apresentações, ministramos uma aula com duração de 45 minutos sobre isótopos, radioatividade e tabela periódica. A aula foi centrada em esclarecer às equipes o que eram isótopos e porque existiam diferentes formas isotópicas na natureza. Nesse momento, um integrante da ^{204}Pb nos questionou até qual número vão os isótopos do Pb, considerando que além dos aqui apresentados, existem cerca de outros 40 instáveis, tal como afirma Daltro (2017). Esse foi um momento de discussões acerca de estabilidade atômica, já que pode existir uma infinidade de isótopos de Pb na natureza, a questão é se eles são estáveis naturalmente, isso foi frisado em sala tendo como base os estudos de Vecchia *et al.* (2017) e Oliveira (2016). Foi aqui que esclarecemos sobre o porquê de não existir a equipe ^{205}Pb .

Terminado esse momento, os 25 minutos finais da aula foram reservados para que as equipes, com base no que foi discutido anteriormente sobre isótopos, pesquisassem e relatassem novamente nos cadernos a sua visão acerca da identificação da sua equipe, bem como o preenchimento do campo destinado às palavras-chave para esse encontro. Os resultados estão expressos no Quadro 2 a seguir, obtidos pela análise dos cadernos personalizados.

Quadro 2 - registros das equipes referente ao nome de identificação⁶

Equipe	Anotações sobre a identificação da equipe	Palavras-chave
^{204}Pb	“Vimos que nossa equipe tem o nome ^{204}Pb , este nome significa o único isótopo natural radioativo, que devido a sua longa meia vida, pode ser considerado estável”	Chumbo, mineração, isótopos e igualdade
^{206}Pb	“204, 206, 207 e 208 são isótopos que fazem parte do decaimento do Pb = chumbo”	Chumbo, decaimento e tabela periódica
^{207}Pb	“O Pb significa chumbo e o número antes do Pb significa isótopos de chumbo. Vale ressaltar que esses isótopos são muito encontrados na natureza”	Decaimento, isótopos, tabela periódica; estabilidade, radioativo, chumbo
^{208}Pb	“A equipe 208, no caso a nossa, teve o maior privilégio, pois é a mais encontrado na natureza. O isótopo mais extraído na mineração é o ^{208}Pb , com 52%. O chumbo é tóxico, pois tem a capacidade de se acumular em elementos vivos”	Chumbo, tabela periódica, Decaimento, radioativo

Analisando o Quadro 2, percebemos que as equipes conseguiram sistematizar as informações obtidas na aula, principalmente quanto ao número de identificação de sua equipe. Algumas informações interessantes apareceram aqui, como por exemplo a equipe ^{204}Pb citar que o isótopo ^{204}Pb é o único isótopo natural radioativo e que devido a sua longa meia vida, pode ser considerado estável. Apesar de não citarmos em sala, essa é uma informação coerente, apenas o termo “radioativo” talvez não faça tanto sentido aqui, já que segundo Vecchia *et al.* (2017) e Oliveira (2016), o isótopo ^{204}Pb é um isótopo não radiogênico, sendo o único que não tem sua abundância no planeta Terra afetada pelo decaimento radioativo do Urânio (U) e do Tório (Th), já que a abundância dos demais, ^{206}Pb , ^{207}Pb e ^{208}Pb , variam com o decaimento radioativo dos isótopos ^{238}U , ^{235}U e ^{232}Th , respectivamente (Vecchia *et al.*, 2017; Oliveira, 2016).

Outra informação importante e um tanto quanto curiosa, foi a equipe ^{208}Pb se considerar privilegiada, devido ao isótopo ^{208}Pb ser o mais abundante na natureza. Mais à frente a equipe diz que o ^{208}Pb era o isótopo mais extraído na mineração em Boquira/BA, com cerca de 52% de extração. Aqui provavelmente houve um equívoco, já que esse 52% se referem à abundância do isótopo ^{208}Pb na natureza, já que segundo Oliveira (2016) a abundância dos quatro isótopos estáveis do Pb na natureza é: ^{204}Pb (1,38%), ^{206}Pb (25,28%), ^{207}Pb (21,13%) e ^{208}Pb (52,23%).

Mas claro que na mineração em Boquira/BA o isótopo ^{208}Pb pode ter sido sim o mais extraído, a nossa revisão bibliográfica acerca dos estudos desenvolvidos sobre a mineração no município não apresentam essa informação, no entanto, pela abundância do ^{208}Pb em solo terrestre ser bem maior que a dos demais isótopos, o ^{208}Pb pode ter sido o mais extraído na mina de Boquira e a hipótese da equipe ^{208}Pb está certa.

5.3 IMERGINDO NO PROBLEMA: DISCUTINDO A SEGUNDA ETAPA

A primeira aula dessa etapa (Apêndice E, p. 108), foi centrada em discutir sobre o contexto histórico da mineração no município de Boquira/BA, desde os primeiros achados minerais até o processo final de abandono da mina e posterior impactos gerados no meio ambiente, sobretudo na violação dos direitos sociais e humanos (Conceição, 2016; Navarro Filho, 2018). O encontro iniciou com apresentação de três vídeos sobre o contexto da mineração em Boquira/BA, com o intuito de contextualizar o problema e posteriormente discutir em sala o conteúdo apresentado em cada um dos três vídeos, estando assim de acordo com Morán (1995), quanto a utilização do vídeo em sala de aula.

Assim que os três vídeos foram apresentados, indagamos as equipes acerca de como pode ter se iniciado o processo de extração do minério de chumbo em Boquira/BA.

Nesse momento dois integrantes da equipe ²⁰⁴Pb pediram a palavra e se mostraram empolgados em contar suas versões sobre a história da mineração em Boquira/BA. O primeiro integrante relatou que seu Avô havia contado que a mineração em Boquira/BA se iniciou com um padre chamado Macário, que encontrou algumas pedras brilhantes no Morro do Pelado. Já o segundo integrante citou que sua família conta uma história de que o seu Tataravô foi uma das pessoas que tiveram suas terras desapropriadas pelo padre Macário na época de início da mineração.

Pelos relatos acima percebemos o quão inseridos no problema de pesquisa estavam os estudantes da primeira série, mostrando que questões descuidadas pelo poder público acabam por instigar os estudantes a quererem conhecer profundamente aquela dada temática (Freire, 2014).

Outrossim, reforça que a escolha por problemas comunitários locais à vivência dos estudantes, pode facilitar o estudo e as discussões acerca dos aspectos basilares da abordagem CTS para com o problema de estudo (Santos; Schnetzer, 2010).

Considerando uma informação que foi apresentada no terceiro vídeo que dizia que a mineração em Boquira/BA produzia cerca de 1.500kg de Pb por dia (Mineração..., 2017), um integrante da ²⁰⁶Pb nos questionou o porquê então que o município de Boquira não era “rico” nos dias atuais, já que extraía tanto Pb assim. Foi aqui que se instaurou em sala uma empolgante e intrigante discussão acerca do local para onde era transportado o minério extraído em Boquira/BA, alguns estudantes responderam Itália, Portugal, França... Apenas um integrante da ²⁰⁴Pb respondeu Santo Amaro/BA e ele estava certo, pois segundo Cunha *et al.* (2016) o minério de chumbo lavrado e beneficiado na mina de Boquira/BA, era transportado para Santo Amaro, no Recôncavo Baiano, para posterior produção de ligas de chumbo.

Ao serem questionados sobre a violação dos direitos sociais e humanos de acordo com o observado nos vídeos 2 e 3, as equipes expuseram que certamente todos os direitos humanos foram e estão sendo violados, haja vista que até os dias atuais os boqueirenses sofrem com os rejeitos minerais da extinta mina dispostos a céu aberto na zona rural do município. Algumas informações a mais podem ser deduzidas a partir das palavras-chave escolhidas pelas equipes para esse encontro, Quadro 3 abaixo.

Quadro 3 - Palavras-chave escolhidas pelas equipes para o encontro III

Equipes	Palavras-chave
²⁰⁴ Pb	Contaminação, galerias, visitas, crateras, Santo Amaro
²⁰⁶ Pb	Documentário, padre Macário, exportação.
²⁰⁷ Pb	Extração dos minérios, contaminação e rejeitos
²⁰⁸ Pb	Mineração, exportação, galerias, pilha de rejeitos

Ao final desse encontro as equipes elaboraram cinco questões para serem realizadas com uma pessoa conhecedora de toda a história da mineração em Boquira/BA. Pela análise dos cadernos, percebemos que as equipes centralizaram seus questionamentos em cinco tópicos: História da mineração, condições de trabalho, economia local, metais extraídos e geração de impactos ambientais. Por aqui, considerando Quadro3, já foi possível perceber alguns aspectos da formação cidadã na prática, haja vista que algumas equipes já expressavam incomodadas com alguns fatos da mineração Boquira/BA, e isso só estava sendo possível por meio das informações químicas atreladas ao contexto social (Santos; Schnetzer, 2010).

Na aula de campo, a visita iniciou as 8h15min no lixão do município, em meio aos rejeitos minerais (Apêndice E, p. 111), da qual o deslocamento dos estudantes, juntamente com o pesquisador principal e um professor articular da educação em tempo integral do CEB, ocorreu por meio do ônibus do transporte escolar municipal, disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Boquira, através da Secretaria Municipal de Educação.

Na bacia de rejeitos os estudantes visitaram quatro pontos específicos e permaneceram cerca de 35 minutos nesse local, devido ao rápido aquecimento do solo. Em meio aos rejeitos minerais as equipes coletaram amostras do solo de diferentes pontos da bacia estéril (Apêndice E, p. 111), para posterior análise em sala, por meio da experimentação. O ponto de coleta de cada equipe foi determinado por meio de um sorteio que realizamos no local da visita, estando apresentado no Quadro 4, abaixo, para cada equipe, tendo como base a amostragem em solos descritas por CETESB (1999).

Quadro 4 - Locais de coleta das amostras sólidas na bacia de rejeitos pelas equipes⁶

Equipes	Ponto de coleta da amostra
²⁰⁴ Pb	P1 – Rejeito em meio ao lixão do município
²⁰⁶ Pb	P3 – Açude ao sul da bacia de rejeitos
²⁰⁷ Pb	P4 – Açude a sudoeste da bacia de rejeitos
²⁰⁸ Pb	P2 – Próximo ao córrego central da bacia de rejeitos

As amostras do solo foram coletadas por um integrante de cada equipe, pré-selecionado pela própria equipe. Após coletadas, as amostras foram devidamente rotuladas, como pode ser observado nas Figuras 14, 15, 16 e 17, abaixo.

Figura 14 - Amostra de rejeito coletada pela equipe $^{204}\text{Pb}^2$



Figura 15 - Amostra de rejeito coletada pela equipe $^{206}\text{Pb}^2$

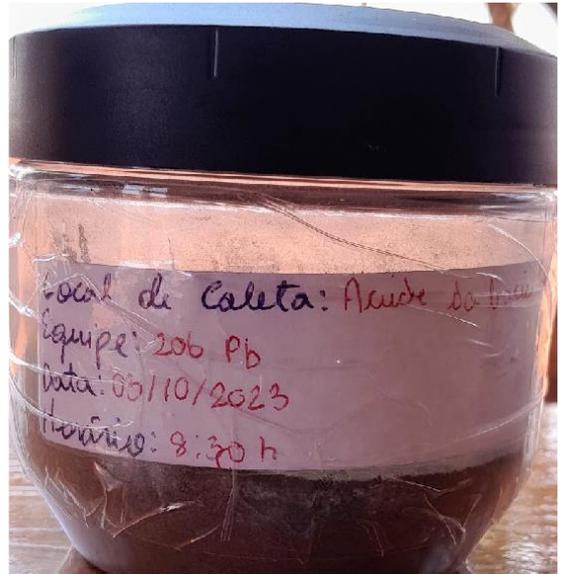


Figura 16 - Amostra de rejeito coletada pela equipe $^{207}\text{Pb}^2$

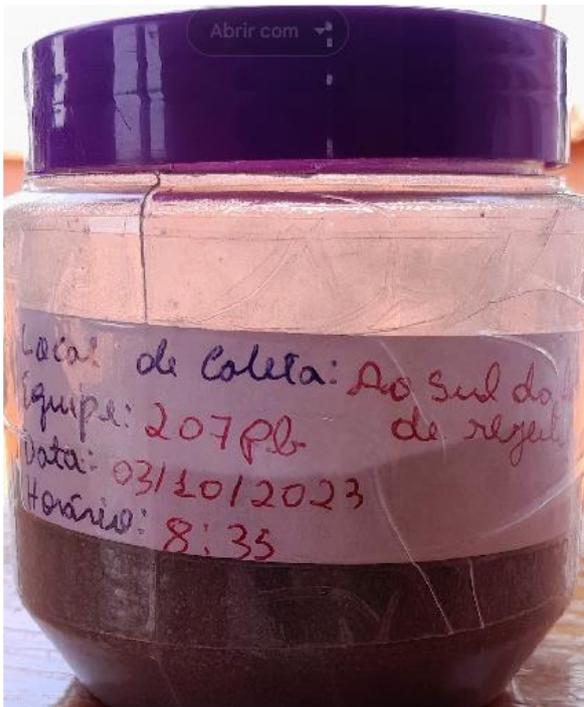


Figura 17 - Amostra de rejeito coletada pela equipe $^{208}\text{Pb}^2$



Após a coleta e a devida etiquetagem, as amostras ficaram sob a nossa posse até a data de realização da experimentação II em sala. Essa medida foi tomada por nós, prezando pela devida segurança dos participantes. O uso de máscaras PFF2 por todos durante a realização das visitas e luvas de vinil, no caso dos estudantes que iriam coletar amostras do solo da bacia de rejeitos, foram outras medidas de segurança adotadas.

Na bacia de rejeitos, as equipes perceberam o quão preocupante é a situação local, principalmente por conta de a presença do lixão do município ser em meio aos rejeitos minerais, sobretudo porque no local existe pessoas coletando materiais do lixão, assim como muitos animais (bovinos e caprinos) pastando no local. Os estudantes presenciaram toda essa situação e alguns nos questionaram se não era um risco habitar aquela área, respondemos provocando uma indagação em relação toxicidade daquele solo, considerando que a mineração extraia principalmente Pb.

A equipe ^{204}Pb rapidamente relatou que provavelmente seria um solo muito tóxico por causa da presença de rejeitos de Pb, pois como visto em aula, o Pb é um metal tóxico.

Quando questionados acerca de possíveis formas de exemplificar se o rejeito realmente poderia ser considerado toxicológico, um integrante da ^{208}Pb respondeu que poderíamos misturar o rejeito com algum outro composto, mas não soube destrinchar qual composto ou reagente usar.

Percebemos aqui que o estudante tinha uma concepção formada sobre reações químicas, apesar de não citar explicitamente o termo “reação química”, ele entende que se misturamos o rejeito com algum outro composto, poderia haver alguma mudança no meio e isso talvez nos mostre alguma característica específica para identificar o Pb, ou seja, ela tem noção do conceito químico, mas ainda lhe falta algum conhecimento a mais.

Continuando a visita, a segunda parte foi realizada na planta de beneficiamento, local conhecido pela população boqueirense como área da concentração da mineração Boquira/BA (Figura 18).

Figura 18 – Instalações da antiga planta de beneficiamento da Mineração Boquira S/A²



Na concentração, chamou atenção das equipes os descuidos locais deixados pela mineradora Plumbum, que fechou as portas e abandonou uma enorme quantidade de máquinas e equipamentos utilizados na flotação do minério, tais como a tanque de flotação do minério, apresentado na Figura 19 abaixo.

Figura 19 - Tanque de flotação da mineração Boquira²



Aqui foi possível evidenciar mais uma vez, como questões descuidadas pelo poder público, tal como enfatiza Freire (2014) pode ser excelentes temas para promover uma educação para a formação cidadã, haja vista que os estudantes ficaram perplexos ao vislumbrarem a situação, algumas equipes alertaram sobre os riscos com as máquinas abandonadas e as estruturas metálicas enferrujadas e ainda “nos pôs contra a parede”, questionando o porquê de não visitarmos também as galerias subterrâneas, já que era nesse local que de fato era extraído as pedras de minério que vinham para a concentração, para posteriormente serem tratadas. Respondemos claro, enfatizado as dificuldades e os riscos de visitar o local sem um guia e ponto.

Ao final da visita ficou claro que o sair da sala de aula mexeu com o emocional dos estudantes, muitos não conheciam a realidade pela qual presenciaram no dia 03 de outubro de 2023. Aqui eles perceberem uma relação direta dos impactos ocasionados pela tecnologia no meio social, através da ação antrópica, mostrando que ao mesmo tempo que nos traz inúmeros benefícios, a tecnologia também pode trazer malefícios.

Segundo Santos e Mortimer (2002), a tecnologia dentro dos currículos CTS precisa ir além do simplesmente fornecer conhecimentos técnicos para determinados artefatos tecnológicos. Preparar o cidadão apenas para saber usar os meios tecnológicos contribui para a manutenção dos ideais do capitalismo exacerbado da contemporaneidade, sem se preocupar com o desenvolvimento sustentável. Assim faz se necessário os estudantes conhecerem não só como usar e seus benefícios, mas também os malefícios e as contribuições para o desenvolvimento sustentável que a tecnologia pode propiciar. Para isso a educação precisa ir além dos aspectos teóricos.

Nessa situação percebemos o quão significativo pode ser a aprendizagem e sobretudo uma educação que transcende os muros da escola (Freire, 1987), já que aplicar ou buscar compreender os conhecimentos teóricos através de assuntos comunitários, regionais, nacionais (Morin, 2003), permite ao estudante aplicar aspectos da ciência ou de qualquer outra área no estudo de um dado problema social (Santos; Schnetzer, 2010). Isso ficou mais evidente ao analisar os escritos das equipes nos cadernos, tal como observado no Quadro 5, abaixo.

Quadro 5 - Anotações das equipes acerca da visita técnica⁶

Questionamentos	Pontuações da Equipe ²⁰⁴Pb	Pontuações da Equipe ²⁰⁶Pb	Pontuações da Equipe ²⁰⁷Pb	Pontuações da Equipe ²⁰⁸Pb
Quais palavras-chave dessa visita?	Algarobas, lixão, concentração, flotação	Coleta, algarobas, resíduos químicos, casa dos mineradores	Amostras, lixo, resíduos, algarobas	Solo tóxico, Flotação, resíduos

Continuação do **Quadro 05:** Anotações das equipes acerca da visita técnica

Vocês acham seguro os ônibus escolares da prefeitura municipal de Boquira/BA ficarem estacionados próximos do local onde era extraído o minério?	“Não, pois nesse local pode conter partes de partículas do rejeito que podem entrar em contato com os seres humanos nos veículos”	“Não”	“Não achamos seguro, pois pode haver contato com poeiras dos rejeitos”	“Não, pois pode adquirir resíduos de minério através da poeira”
Por que existem muitas algarobas no local bacia de rejeitos?	“Elas foram plantadas com o intuito de esconder a pilha de rejeitos e absorver o chumbo”	“Eles plantaram com o intuito de esconder o rejeito e acreditavam que essas árvores tinham a capacidade de absorver o chumbo”	“Porque através da plantação das algarobas era possível diminuir o chumbo presente nos rejeitos”	“A ideia de tentar reconstruir o terreno para tentar amenizar a poluição”
Se esse rejeito possui uma alta concentração de chumbo, como poderíamos comprovar isso?	“Testando com experimentos, com o auxílio das amostras, para comprovar se o teor de contaminação por chumbo é alto ou não”	“Com pesquisas em laboratório, com amostra de alguns lugares da bacia de rejeitos ou da vila”	“Poderíamos comprovar com experimentos que viessem a estimar/provar o valor da concentração de chumbo nos rejeitos”	“Através das pesquisas químicas e dos produtos coletados”
A presença do lixão do município de Boquira/BA em meio dos rejeitos da mineração é um perigo para a saúde humana?	“Sim, pois estar no meio dos rejeitos pode ser um grande risco para a saúde das pessoas que ali trabalham e toda a população devido a inalação de conteúdo tóxico através da fumaça”	“Sim, nós acreditamos que possa ter muitos riscos para a saúde, tendo problemas respiratórios ou até outros, pois o chumbo é muito denso”	“Sim, visto que o chumbo em contato com o nosso organismo pode acarretar diversos problemas de saúde e até levar à morte”	“Sim, pois a população acaba respirando o ar poluente”

Observando os escritos do Quadro 5, algumas singularidades chamam atenção, tais como todas as equipes considerarem ariscado os carros escolares da prefeitura municipal de Boquira ficarem estacionados próximos do local da antiga planta de beneficiamento. Aqui

algumas equipes citaram a poeira como possível vilã, já que essa pode conter particulados de material tóxico dos rejeitos minerais.

Outro fato interessante é sobre a grande quantidade de algarobas no local da bacia de rejeitos, tal como pode ser visto na Figura 20, abaixo.

Figura 20 - Algarobas na região sul da bacia de rejeitos²



Praticamente todas as equipes associaram o plantio das algarobas no local da bacia de rejeitos com intuito de diminuir a poluição no local, no entanto não existem estudos comprovando que essas algarobas poderiam despoluir o local, na verdade a mineradora plantou essas árvores com o intuito inicial de esconder os rejeitos e reflorestar a área (O impacto..., 2021) e nisso as equipes ²⁰⁴Pb e ²⁰⁶Pb pontuaram bem.

Em relação ao lixão do município de Boquira/BA em meio aos rejeitos minerais, todas equipes concordaram em ser de grande risco para a população. A ²⁰⁴Pb pontuou que ao queimar algo em meio aos rejeitos a fumaça tóxica pode ser inalada pela população, essa é uma relação relevante, pois indiretamente a equipe está associando que pode sair algo tóxico dos rejeitos com a queima de lixo nesse meio. Aqui é possível evidenciar implicitamente conceitos tais como temperatura, transformações químicas, transformações físicas e gases. É a Química a serviço da formação cidadã, tal como pontua Santos e Schnetzer (2010).

Em outro trecho a ²⁰⁷Pb considera ainda o fato de o Pb ser tóxico para o nosso organismo, ou seja, já estão considerando que no lixão tem Pb e que ele poderia de alguma forma entrar em contato com o organismo das pessoas que ali habitam, mais uma situação de intermediação entre a Química e o meio social.

Finalizando essa etapa, veio a apresentação das entrevistas pelas equipes, organizadas através de rodadas de perguntas, centradas nos tópicos em que os questionamentos das equipes abrangiam, que foram: História da mineração, condições de trabalho, economia local, metais extraídos e geração de impactos ambientais (Apêndice E, p. 113). Vale ressaltar que a maioria

das equipes entrevistaram ex-operários, ou seja, pessoas que de fato sentiram na pele o que foi a mineração Boquira/BA.

No Quadro 6 abaixo estão as principais informações apresentadas pelas equipes nessa aula.

Quadro 6 - Dados das entrevistas apresentadas pelas equipes⁶

Tópico	Pontuações da Equipe ²⁰⁴Pb	Pontuações da Equipe ²⁰⁶Pb	Pontuações da Equipe ²⁰⁷Pb	Pontuações da Equipe ²⁰⁸Pb
História da mina	A mineração iniciou com o padre Macário e segundo a equipe, o entrevistado disse que Macário acreditava que existia ouro lá	A mineração iniciou com Macário e segundo essa equipe, o entrevistado disse que acreditava em ter ouro na mina também	Segundo a equipe o entrevistado disse que tudo se iniciou com Macário, que de forma ilícita se apropriou das terras	A mineração iniciou em 1950 e os minérios extraídos eram transportados para Santo Amaro
Condições de trabalho	Condições precárias, jornadas longas de trabalho e a mineradora não ofertava boas condições para o trabalho. A única iluminação nas galerias era as lanternas do capacete	Condições precárias, segundo o entrevistado, quando ele adentrou na mina não havia equipamentos de segurança, estes só foram obtidos depois de 1973	Segundo a equipe o entrevistado relatou que as condições eram péssimas, muita gente morria soterrado, em acidentes em máquinas, caindo em túneis e por desabamentos	As vivências dos operários eram anormais por conta das longas horas de trabalho
Economia local	Muito lucrativo na época que iniciou	Lucrativo e gerava emprego para pessoas de diversos lugares do Brasil	Era lucrativo, gerava muitos empregos	Segundo a equipe, as pessoas buscavam a mina por conta dos bons salários
Metais extraídos	Chumbo, zinco e possibilidade de ouro	Chumbo, zinco e possibilidade de ouro	Chumbo, zinco, prata	Chumbo, zinco
Impactos ambientais	Meio ambiente muito afetado pelo chumbo, principalmente da bacia de rejeitos. Muito contaminado e difícil de reverter a situação	Segundo a equipe relata, o entrevistado disse que na época da extração do minério, muitos animais morriam por beberem a água das enxurradas que vinham da mina	Os rejeitos depositados a céu aberto é o principal impacto e doenças causadas por contaminação em seres humanos, bem como o lixão no meio da bacia de rejeitos	Segundo a equipe, o entrevistado relatou que a bacia de rejeitos é o principal problema, pois contamina o solo, e o lixão nesse local é uma fonte de diversos impactos no meio ambiente

Pela análise do Quadro 6 juntamente com o momento em sala, foi possível perceber que a situação na época da mineração era bem mais obscura do que imaginávamos, as condições de trabalho pareciam violar todos e quaisquer direitos humanos. A equipe ²⁰⁶Pb relatou a partir da entrevista que as condições dentro das galerias eram insalubres e muitos operários perdiam a vida por conta de não haver equipamentos de proteção individual adequados, alguns equipamentos de proteção só vieram a aparecer em 1970, 20 anos após o início da extração do minério. Os equipamentos que apareceram nessa época foram: máscaras, luvas de proteção e “perneiro de couro” (para proteger de frepas de pedras, geradas pelas explosões das dinamites).

Falando em dinamite, a ²⁰⁶Pb relatou também que muitos operários tinham suas vidas ceifadas por conta de um fenômeno definido pelos mineradores como “Fogo Falhado” que eram restos de dinamite que explodiam assim que os operários o tocavam com os “martelinhos de quebra pedra”.

A equipe ²⁰⁷Pb relatou a partir da entrevista realizada, que era triste a realidade na época da mineração. Pelos dados obtidos, muitos operários adoeciam e até morriam por Tuberculose, Convulsões, anemias, dormências e danos nos nervos, e a mineradora não se preocupava muito, o mais importante era o minério! Situações como essas só confirmam o que Conceição (2016) e Navarro Filho (2018) enfatizam em seus relatos sobre as condições em que os operários da mineração Boquira eram submetidos.

Com isso, percebemos e sentimos no olhar de cada estudante o quão inseridos eles estavam nesse espaço de discussões. Aqui foi possível enxergar o ápice das discussões acerca da mineração Boquira/BA em que a abordagem CTS através da ciência Química, foram os pilares centrais dessa intermediação pelos diversos campos do saber (Santos; Schnetzer, 2010).

Segundo Santos e Mortimer (2002) nas abordagens acerca de temas sociais, tais como o contexto da mineração em Boquira/BA é importante evidenciar o poder em que os aprendizes podem ter como cidadãos, principalmente nas discussões referente a valores éticos e humanos relacionados com a ciência e a tecnologia.

O que Santos e Mortimer (2002) enfatizaram anteriormente se estabeleceu como basilar dentro da segunda etapa da SD. A começar pelos relatos pessoais dos estudantes acerca do passado obscuro da mineração Boquira/BA, principalmente relacionado aos seus parentes e amigos que haviam trabalhado na mina. Essa proximidade dos aprendizes com a realidade antes e pós extração mineral foi essencial para o aguçado das discussões em sala bem como para exemplificar o quão inserida nesse contexto, estava a ciência Química.

5.4 “EXPERIMENTANDO A CIÊNCIA”: DISCUTINDO A TERCEIRA ETAPA

Saindo um pouco da centralidade histórica da mineração Boquira/BA, partimos para a etapa de inserção direta da ciência no meio social. Esse foi momento de centralizar a Química como a ciência base para a intermediação entre todas as áreas do saber discutidas na SD, através da abordagem CTS.

Para isso, planejamos essa etapa com o título metafórico de “Experimentando a ciência” justamente para enfatizar que esse seria o espaço para as equipes conhecerem e se habituarem com alguns aspectos basilares da natureza da ciência, tais como a experimentação, isso claro, dentro da formação cidadã. Que nos perdoe Bachelard (1996) por parecer que estamos contribuindo para o surgimento de um obstáculo epistemológico, mas garantimos que não, essa terminologia não foi enfatizada com os aprendizes em sala e muito menos em outros momentos da nossa pesquisa, a utilizamos apenas para intitular essa etapa.

Salientamos também que para a experimentação I, assim como para a experimentação II, não utilizamos de roteiros experimentais, apenas dos planejamentos do Apêndice F. motivo? Esta é uma atividade experimental voltada para a formação cidadã e entendemos que o roteiro, comumente utilizado em atividades experimentais, possui aspectos condensados de uma busca pela comprovação teórica (Galiazzi; Gonçalves, 2004; Gonçalves *et al.*, 2018) o que não faria tanto sentido aqui, porque mesmo que buscamos analisar o “tem ou não tem” Pb em amostras sólidas da bacia de rejeitos, o objetivo geral dessa etapa era estabelecer possíveis conexões entre a ciência e a formação cidadã.

Sendo assim, as equipes numeraram 4 tubetes, entregues por nós às equipes e adicionaram respectivamente: 3 mL da solução 0,2 mol/L de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ no tubete 1, 3 mL de amostra de água I no tubete 2, 3 mL de amostra de água II no tubete 3 e 3 mL da solução de NaCl no tubete 4 (Apêndice F, p. 116-117). Após isso cada equipe gotejou lentamente 3 mL da solução de KI em cada um dos tubetes. Os resultados estão expressos na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 - Resultados da experimentação I em sala⁷

Tubetes	Solução de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	Amostra de água I	Amostra de água II	Solução de NaCl	Solução de KI	Coloração Formada
1	3mL				3mL	Amarelo
2		3mL			3mL	Incolor
3			3mL		3mL	Incolor
4				3mL	3mL	Incolor

Os resultados obtidos na Tabela 5 resultou em algumas inquietações em sala e permitiu fazermos algumas indagações acerca do porquê se formou a coloração amarela no tubete 1.

Algumas respostas como “reações de adição”, “mudança de cor” e “uma substância coloriu a outra”, foram ouvidas. Apenas um integrante da ^{204}Pb sugeriu a ocorrência de uma reação química. Então problematizamos questionando as equipes o porquê de a reação química não ter ocorrido também nos demais tubetes.

Nesse momento o silêncio tomou conta da sala de aula e então resolvemos apimentar as indagações pedindo para que as equipes analisassem o que havia em cada tubete e tentassem investigar o que pode ter contribuído para a formação da coloração amarela no tubete 1.

Foi aí que um integrante da ^{207}Pb sugeriu que poderia ser por conta do Pb que tinha naquele tubete. Com essa resposta continuamos com as discussões utilizando a lousa para apresentar e discutir com as equipes a reação entre $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e KI e comentar também que a mudança de coloração e a posterior comprovação da presença do Pb no meio reacional, só ocorre em meios com altas concentrações de Pb. Nesse momento um integrante da ^{208}Pb nos interrompeu para trazer uma argumentação necessária e essencial, ele comentou que isso então era a provável explicação para o demais tubetes não mudarem a coloração ao adicionar KI, era porque lá tinha pouco chumbo, algo que ele classificou como “Coisa de frações”.

Interessante essa colocação do integrante da ^{208}Pb , isso mostra que ele provavelmente conseguiu associar que para utilizarmos o KI para analisar a presença de Pb em amostras, necessitaríamos de ter ali, altas concentrações de Pb.

Ao final dessa aula fizemos mais uma indagação às equipes acerca de como poderíamos evidenciar que as amostras de solo coletadas pelas equipes na bacia de rejeitos continham Pb em altas concentrações.

Um integrante da ^{208}Pb propôs que poderíamos jogar KI no rejeito sólido para verificar se ficaria amarelo. Aqui percebemos que ele já associou que o ficar amarelo em uma reação entre KI e uma amostra qualquer pode significar a presença de Pb. Refletimos e continuamos indagando as equipes sobre o fato de a amostra coletada na bacia de rejeitos ser sólida e os reagentes que utilizamos eram todos em soluções.

Nesse momento uma integrante ^{206}Pb sugeriu realizar com o rejeito algo tipo quando fazemos café, isso antes de reagir-lo com a solução de KI. Coração ficou quente ao ouvir uma sugestão dessas! Implicitamente ela quis dizer adicionar água ao rejeito e depois filtrá-lo para só assim gotejarmos a solução de KI, parecido com o procedimento de fazermos café em casa.

Essa fala dita pela integrante da ^{206}Pb exemplificou implicitamente a importância da realização da reação química em questão no meio aquoso, pois o simples fato de adicionar o KI no rejeito sólido não faria o Pb^{2+} reagir com os íons de I^- . Isso nos mostrou que os constantes diálogos mantidos com as equipes estavam possibilitando uma aproximação mais significativa entre a ciência e o meio social.

Para Gonçalves (2005), durante as atividades experimentais é essencial que o professor promova diálogos com a turma. Segundo o supracitado autor, esse diálogo contribui para o reconhecimento do caráter social e humano da ciência, o que concordamos plenamente, já que nessa primeira experimentação em sala, o nosso diálogo com as equipes a todo instante foi essencial para uma melhor discussão acerca das reações químicas.

Por meio desses constantes diálogos com as equipes constatamos como o uso dos roteiros experimentais não faria sentido nessa etapa, imaginem entrarmos em sala e simplesmente entregarmos um roteiro para cada equipe e pedirmos para que eles seguissem os passos ali descritos, certamente isso iria interferir nos diálogos e nas contribuições dessa experimentação para com a formação cidadã.

Finalizando essa etapa, realizamos juntamente com as equipes, a experimentação II. Essa foi a atividade mais extensa da SD, tendo uma duração total de 130 minutos. Para essa experimentação, todos os estudantes utilizaram máscaras e luvas e manusearam os reagentes e materiais com as nossas orientações.

Dada a largada nos trabalhos, inicialmente realizamos a título de sugestão dos estudantes na aula anterior, uma solubilização seguida de filtração simples de uma das amostras de rejeito, com água da torneira para posterior reação com KI 1 mol/L, com o objetivo de verificar a precipitação ou não de PbI_2 (Apêndice F, p. 119), algo que permitiu discussões acerca da importância do erro na aprendizagem científica, tal como descreve Bachelard (1996), pois o surgimento do amarelo intenso não ocorreu.

Um integrante da ^{204}Pb comentou que tínhamos realizado tudo corretamente, segundo ele provavelmente o rejeito não continha altas concentrações de Pb.

Essa colocação possibilitou discussões acerca da composição daquele rejeito, que segundo Bertolino *et al.* (2014) é principalmente de Galena (PbS), Cerussita (PbCO_3) e Anglessita (PbSO_4). Discussões sobre ligações iônicas, cargas dos íons, interação entre íons, bem como a força interacional das ligações dos compostos citados, foram essenciais aqui.

Posterior a isso ao serem questionadas acerca de como poderíamos fazer para que esses íons de Pb^{2+} ficassem aptos no meio para posterior reação com os íons de I^- e formação de PbI_2 ,

as equipes tomaram-se pelo silêncio novamente. Então apresentamos o reagente central dessa experimentação, o HNO_3 . Esse foi o espaço para discutir sobre características ácidas e básicas dos compostos, bem como a corrosividade do HNO_3 e porque ele estava sendo utilizado aqui. O diálogo com as equipes, tal como enfatiza Gonçalves (2005) foi essencial nesse momento.

Continuando a aula, cada equipe então pesou cerca de 40 g da amostra coletada em local específico da bacia de rejeitos, utilizando copos de vidro e uma balança de precisão 0,1g. Posteriormente, por questões de segurança, nós que adicionamos 30 mL da solução de HNO_3 0,5 mol/L em cada um dos copos. A mistura então foi agitada pelas equipes, por 10 minutos, tal como visto na Figura 21.

Figura 21 - Extração ácida do rejeito com HNO_3



Fonte: Equipe ^{207}Pb

Nesse momento foi possível ouvir em sala, expressões tais como: “Tá ficando marrom”, “Formou duas fases”, “Estou sentindo cheiro de coisa podre”.

Passados os 10 minutos, as equipes filtraram o rejeito extraído utilizando garrafas PET de 250mL, funil simples e papel filtro, como observado na Figura 22 a seguir.

Figura 22- Filtração simples do rejeito extraído com HNO_3



Fonte: Equipe ^{204}Pb

Após a filtração, cada equipe adicionou 6 mL de KI 1 mol/L dentro da garrafa PET com o rejeito acidificado filtrado (Apêndice F, p. 119) e o resultado foi, “O rejeito tem muito Pb!”. Essa foi a frase que mais ouvimos em sala devido a formação do PbI_2 no meio reacional, como pode ser visto na Figura 23, abaixo.

Figura 23 - Formação de PbI_2 na reação entre KI e o rejeito acidificado

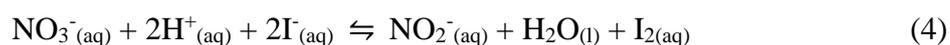


Fonte: Equipe ^{206}Pb

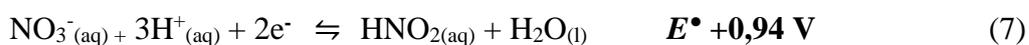
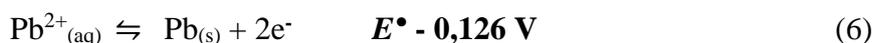
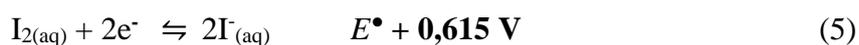
No dado instante da formação do PbI_2 , as equipes começaram a comparar, por meio da intensidade da coloração formada, qual local da bacia de rejeitos poderia ter mais teores de Pb, isso porque a coleta das amostras foram realizadas em locais diferentes. Nesse momento aguçamos as discussões em sala, pois percebemos que a experimentação de alguma forma perturbou o emocional dos estudantes, o que resultou em posterior acordos simbólicos e linguísticos próprios da natureza da experimentação realizada, possibilitando assim um diálogo com a natureza do trabalho científico e fortalecendo que a ciência é uma atividade humana (Giordan, 1999).

Segundo Giordan (1999), ao incentivar os estudantes a esporem suas ideias acerca do fenômeno estudado, como aqui fizemos, desencadeia-se nos aprendizes um processo que ele classifica como intersubjetividade do coletivo. Segundo o supracitado autor, isso contribui para o surgimento do conhecimento objetivo e exemplifica como a experimentação pode se conectar com o meio social, a partir da colaboração entre as equipes.

Continuando a experimentação aconteceu o que já era esperado... um deslocamento químico da reação entre o Pb^{2+} e a solução de KI para a formação de iodo (I_2), devido ao meio estar acidificado, o que explica a diminuição que fizemos na concentração do HNO_3 para 0,5 mol/L para essa prática, já que nos testes prévios utilizamos HNO_3 1 mol/L e a intensidade da coloração roxa formada era bem maior, provavelmente devido à alta concentração de nitrato (NO_3^-) no meio reacional, já que como observado na equação química a seguir, a presença do NO_3^- em solução ácida, da qual há também I^- , acaba por oxidar o I^- à I_2 .



Isso ocorre devido aos potenciais padrões de redução das espécies químicas no meio reacional serem significativamente diferentes, o que gera uma diferença de potencial no meio (ddp), como pode ser observado nas semi-reações padrões de redução à 25° C a seguir, obtidas a partir de Skoog (2006).



Pela análise das semi-reações acima, percebemos que o fato de o NO_3^- ser um forte agente oxidante em meios acidificados, ele acaba por oxidar o I^- à I_2 . Considerado a equação 8

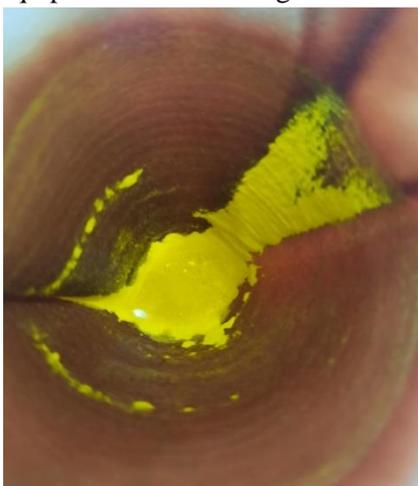
a seguir é possível evidenciar que essa é uma reação química espontânea, haja vista que o potencial de célula é positivo, isso explica o porquê houve a mudança de coloração no meio aquoso.

$$\begin{aligned} E^{\circ}_{\text{célula}} &= E^{\circ}_{\text{cátodo}} - E^{\circ}_{\text{ânodo}} & (8) \\ E^{\circ}_{\text{célula}} &= 0,94\text{V} - (+0,615\text{V}) \\ E^{\circ}_{\text{célula}} &= 0,325\text{ V} \end{aligned}$$

Com essa formação de I_2 como subproduto da reação química, as equipes nos questionaram acerca da coloração roxa. Pedimos a eles apenas que agitassem a mistura novamente e observassem o que ocorreria, assim ouvimos da equipe ^{204}Pb que a tonalidade amarela havia retornado, esse foi o momento propício para discutirmos questões envolvendo equilíbrio químico com as equipes. Enfatizamos também que essa formação de I_2 não interferia nos nossos objetivos, pois já sabíamos que no rejeito havia muito Pb, faltava apenas quantificar, apenas por curiosidade, o quanto de Pb a experimentação utilizada aqui seria capaz mostrar.

Sendo assim, cada equipe pesou um papel filtro seco, utilizando a balança e posteriormente filtrou o PbI_2 formado. Alguns resultados podem ser vistos nas Figuras 24 e 35, a seguir.

Figura 24 - Massa de PbI_2 obtido pela equipe ^{204}Pb na análise gravimétrica



Fonte: Equipe ^{204}Pb

Figura 25 - Massa de PbI_2 obtido pela equipe ^{207}Pb na análise gravimétrica



Fonte: Equipe ^{207}Pb

Feito isso, as equipes aguardaram 10 minutos e posteriormente pesaram o papel filtro juntamente com o PbI_2 , ainda um pouco úmido. Após a pesagem foi necessário descontar o peso do papel filtro para assim obter a massa real de PbI_2 na experimentação, isso considerando a

interferência da umidade no processo, haja vista que não foi possível uma secagem adequada, por não estar no ambiente laboratorial. Os resultados estão expressos na Tabela 6, abaixo.

Tabela 6 - Massas de PbI_2 obtidas pelas equipes na experimentação II⁷

Equipes	Massa do rejeito pesado (g)	Peso do papel filtro (g)	Massa de PbI_2 obtida (g)
^{204}Pb	40,0	0,9	3,0
^{206}Pb	40,3	1,0	4,9
^{207}Pb	45,1	1,0	4,8
^{208}Pb	40,0	1,0	5,0

Fonte dos dados: Equipes ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb

Salienta-se que a amostra analisada pela equipe ^{208}Pb , que resultou em uma massa de 5 g de Pb, foi coletada em um local diferente daquele em que coletamos a amostra A3, analisada por nós na etapa pré-aplicação da SD, e que não apontou formação de PbI_2 .

Após a obtenção da massa de PbI_2 pelas equipes, o próximo passo traçado foi tentar evidenciar o teor de Pb nas amostras. Para isso foi necessário estabelecer a relação estequiométrica abaixo.

Para cada 461g de PbI_2 existem _____ 207g de Pb

Então para _____ de PbI_2 existirá x massa de Pb

Com a relação acima e com base na Tabela 6, as equipes obtiveram as massas de Pb para cada amostra, vejamos abaixo o exemplo para a equipe ^{207}Pb . Os demais resultados estão expressos na Tabela 7.

$$\begin{array}{l} 461 \text{ g} \text{ _____ } 207 \text{ g} \\ 4,8 \text{ g} \text{ _____ } x \\ x = 2,15 \text{ g de Pb} \end{array}$$

Considerando a massa de Pb obtida pelas equipes e a massa de rejeito pesado inicialmente, foi possível estabelecer a seguinte relação.

$$\begin{array}{l} 40\text{g de rejeito} \text{ _____ } 100\% \text{ de rejeito analisado} \\ x \text{ massa de Pb} \text{ _____ } x\% \end{array}$$

Quadro 7 - Conclusões das equipes acerca da experimentação II em sala⁶

Equipes	Conclusões sobre a experimentação	Palavras-chave
²⁰⁴ Pb	“Concluimos após os experimentos que as amostras obtidas têm altas concentrações de Pb, pois como todas as amostras ficaram amarelas, indicam alto teor de Pb”	Ácido, Amostra, cerussita, galena, anglessita
²⁰⁶ Pb	“A nossa conclusão foi que há um grande índice de Pb em todos os lugares que pegamos as amostras. O normal era 0,3 g e a nossa superou 2,20 g de Pb”	Ácido nítrico, rejeito, iodeto de potássio (KI)
²⁰⁷ Pb	“Através do experimento podemos concluir que sim há uma grande concentração de Pb nos rejeitos e que está muito acima do recomendado para a saúde/contato do ser humano. Dessa maneira fica o alerta para a população que evite ir próximo ao local da bacia de rejeitos e para as autoridades a tentativa de intervir”	Ácido, reações químicas, iodeto, colorações
²⁰⁸ Pb	“Durante os experimentos em sala descobrimos que grande parte do rejeito tem a presença de Pb”	Ácido nítrico, carbonato de chumbo, cerussita, galena

Pelo Quadro 7 foi possível identificar que todas as equipes concordaram que as amostras poderiam ter altos valores de Pb. Chama atenção as recomendações da equipe ²⁰⁷Pb para a população boqueirense e para as autoridades acerca dos riscos da bacia de rejeitos, isso evidencia como a experimentação realizada possibilitou um diálogo com aspectos basilares da natureza da abordagem CTS tais como a responsabilidade social, a solidariedade, o pensamento lógico racional, as concepções éticas acerca do trabalho científico, o respeito com o próximo e a cooperatividade do trabalho científico, bem como o preparo para o processo de tomada de decisão (Santos; Mortimer, 2002; Santos; Schnetzer, 2010).

Para Gonçalves (2005) essa conexão entre a experimentação e a abordagem CTS pode ser um excelente “atalho” para apresentar a natureza da ciência aos aprendizes, desde que sejam selecionados temas associados a problemas da sociedade e que se vinculem com o conhecimento científico e tecnológico, como é o caso do problema de contaminação por chumbo em Boquira/BA.

Nesse sentido, a experimentação aqui realizada permitiu aos estudantes a oportunidade de conhecerem aspectos da ciência e sua aplicação no meio social. Destacamos o poder dialógico dessa experimentação para com a formação cidadã, haja vista que em uma visão psicológica, essa atividade experimental não se privou aos aspectos teóricos, ela apenas quis contribuir cientificamente com a formação cidadã, sem se preocupar com erros ou acertos tais como afirma Giordan (1999). Aliás, os erros aqui foram bem-vindos e certamente contribuíram significativamente para a educação na perspectiva de formação do cidadão.

Sendo assim, destaca-se a relevância dessa etapa para os objetivos centrais da investigação científica, visto que aqui conseguimos discutir conceitos químicos e interligá-los com a realidade social, destacando sempre a relação entre os aspectos macro e microscópicos da natureza da ciência Química, algo que Santos e Schnetzer (2010) consideram essenciais em atividades experimentais que dialogam com os aspectos próprios da abordagem CTS.

5.5 CONECTANDO A INTER-RELAÇÃO CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: DISCUTINDO A QUARTA ETAPA

Essa etapa iniciou ainda discutindo aspectos da etapa anterior, isso porque os resultados obtidos na experimentação II, ainda eram motivo de reflexões.

Nesse momento as equipes conheceram alguns valores orientadores da Resolução CONAMA 420/2009 para solos contaminados com Pb por ação antrópica (Cunha *et al.*, 2016). Segundo a resolução, os valores de Pb em áreas residenciais tais como na bacia de rejeitos é limitado à 300 mg/Kg (peso seco).

Sendo assim, foi possível estabelecer uma relação dos valores de Pb obtidos pelas equipes com o valor orientador da resolução CONAMA 420/2009, isso considerando a massa de 40g (0,04 kg) de rejeito, pesado pelas equipes previamente. Veja o resultado da relação obtido pela equipe ^{204}Pb a seguir.

$$\begin{array}{r} 300\text{mg (0,3g) de Pb} \quad \text{_____} \quad 1 \text{ Kg de solo} \\ x \quad \text{_____} \quad 0,04\text{kg de solo} \\ x = 0,012 \text{ g ou } 12 \text{ mg} \end{array}$$

Pela relação estabelecida anteriormente, o valor de Pb considerado seguro em uma massa de 40g (0,04Kg) seria limitada à 0,012 g (12 mg em 0,04 kg). Os demais resultados obtidos pelas equipes estão expressos na Tabela 8, abaixo, tendo como base os valores de Pb obtido pelas equipes e descritos na Tabela 7.

Tabela 8 - Comparação dos teores de Pb obtido pelas equipes com valores de referência⁷

Equipes	Massa do rejeito pesado (Kg)	Valor limite de Pb para a referida massa (mg/0,04 kg)	Massa de Pb obtida (mg/0,04 kg)	Valor orientador de Pb para residências CONAMA 420/2009 (mg/Kg)
²⁰⁴ Pb	0,040	12,0	1350	300
²⁰⁶ Pb	0,043	13,0	2200	
²⁰⁷ Pb	0,045	13,5	2150	
²⁰⁸ Pb	0,040	12,0	2240	

Pela análise da Tabela 8, observou-se que os valores de Pb obtidos pelas equipes ultrapassaram os valores de referências estabelecidos pela resolução CONAMA 420/2009, evidenciando que o solo da bacia de rejeitos possui altas concentrações de Pb.

É claro que em relação aos valores da Tabela 8 é necessário fazer algumas ressalvas aqui. Primeiro não utilizamos métodos padrões de análise, visto que a análise gravimétrica não é uma técnica padrão para analisar Pb em amostras sólidas. Segundo, não realizamos as análises com o devido tratamento estatístico, como é o requisitado em análises químicas. Terceiro, todos os materiais utilizados na experimentação não são tidos como adequados para análises com a devida precisão e exatidão, temos como exemplo balança, que não era de alta precisão.

Todo esse esclarecimento, acima descrito, foi devidamente exemplificado para as equipes, principalmente a parte que trata do devido tratamento estatístico em análises químicas. Não propusemos a realização em triplicatas por questões de segurança, pois não estávamos no ambiente propício para isso, o laboratório. Além disso, trata-se de um experimento que envolve a formação de produtos tóxicos, o que poderia ser arriscado para as equipes manusearem uma grande quantidade de produtos com características tóxicas em sala, caso realizássemos em triplicata.

Sendo assim, essa experimentação não objetivou quantificar valores de Pb e muito menos considerá-los como valores exatos, sabemos das nossas limitações. Todos os cálculos realizados aqui tiveram uma única premissa: conectar a experimentação com o meio social e ambiental, pois segundo Santos e Schnetzer (2010), em estratégias de ensino voltadas para a formação cidadã, a utilização de cálculos matemáticos pode ser interessante, desde que os cálculos não sejam complexos ou desconexo da realidade do estudante.

Com esses cálculos obtidos, as equipes estabeleceram ainda uma comparação entre os valores de Pb obtidos com aqueles encontrados pelos estudos de Bertolino *et al.* (2014), Cunha *et al.* (2016) e Paes (2022), para a bacia de rejeitos.

Posterior a isso, chegamos a um dos estágios finais da aplicação da SD e sobretudo da abordagem CTS, o processo de tomada de decisão. Nesse momento ouvimos das equipes as possíveis soluções para o caso de contaminação por chumbo no município de Boquira/BA. Vejamos os resultados das apresentações expressos no Quadro 8, abaixo, obtido a partir da análise documental dos cadernos personalizados das equipes.

Quadro 8 – Anotações das equipes sobre possíveis propostas de solução para o problema⁶

Equipes	A presença de Pb na bacia de rejeitos oferece algum risco ao meio ambiente, aos animais e as pessoas que moram em Boquira/BA?	Palavras-chave	Solução para o problema de contaminação por Pb em Boquira/BA.
²⁰⁴ Pb	“Sim, tanto ao ambiente como os animais e as pessoas, pois o Pb tem a capacidade de contaminar o solo, águas, e até alimentos”	Solução, Contaminação, Poluição, controle	“Tentar retornar com o rejeito para as galerias; usar reações químicas que possa retirar o Pb do rejeito; concretar o local da bacia de rejeitos; tentar isolar a área e mudar o lixão”
²⁰⁶ Pb	“Sim, oferece riscos porque os resíduos estão expostos ao ar livre, podendo ser um grande passivo de doenças, através do ar e no lixão, que possui pessoas trabalhando sem proteção alguma”	Contaminação, alto índice, resolução para o problema	“Nós juntamos e pensamos que a incineração pode ser uma das soluções, mesmo causando impactos no ar, mais é melhor do que simplesmente deixar lá, pensamos também na lavagem do solo com alguns agentes químicos que possam reagir com o Pb”
²⁰⁷ Pb	“A presença de Pb oferece riscos aos seres vivos, visto que ao entrar em contato com os mesmos podem ocasionar diversos problemas à saúde”	Alta concentração de Pb, riscos, contaminação	“Acreditamos que para solucionar o problema é necessário o apoio do estado, visto que o poder municipal sozinho já não resolveria. Então uma solução possível seria isolar a área contaminada e utilizar outro lugar destinado ao lixão e criar um sistema de reciclagem”
²⁰⁸ Pb	“Sim, pois a população pode se contaminar, pois está inalando a poeira todos os dias”	Solução, massa de Pb	“Retirar o rejeito do local com a ajuda de empresas e utilizá-lo para outro fim, isolar a área”

Pela análise do Quadro 8, bem como das discussões em sala, foi possível evidenciar mais uma vez aspectos próprios da formação cidadã em pauta. Destaca-se o fato de todas as equipes considerarem o Pb um risco para o meio ambiente do município de Boquira/BA. A equipe ^{206}Pb inclusive, fez um destaque interessante em relação às pessoas que trabalham no lixão da cidade, sem quaisquer proteções, o que é preocupante. Em sala, a equipe considerou grave essa situação. A ^{208}Pb também postulou uma informação interessante ao considerar os perigos da poeira da bacia de rejeitos, já que os seres humanos podem inalar essa poeira e se contaminar.

Já em relação ao momento clímax dessa etapa, o processo de tomada de decisão, muitas foram as contribuições das equipes. A ^{204}Pb trouxe não só uma, mais várias propostas de solução para o problema. Segundo a equipe, dentre as soluções viáveis citadas no Quadro 8, o retorno com o rejeito para as galerias seria o mais adequado. Problemizamos questionando se a equipe não considerava complexo a volta de cerca de 6 milhões de toneladas de rejeito para as galerias (Navarro Filho, 2018; O impacto..., 2021).

A equipe disse que pior seria continuar com o rejeito a céu aberto na zona rural de Boquira/BA causando os diversos problemas ao meio ambiente.

Outra proposta interessante e que estiveram presentes falas das equipes ^{204}Pb e ^{206}Pb foi a possibilidade de utilizar reagentes químicos que pudessem reagir com o Pb do rejeito para posteriormente retirá-lo de lá. Proposta considerada cara, mas chama a atenção o fato de as equipes considerarem a Química como uma ciência importante no processo de recuperação da área. O que é interessante, já que todo esse processo de construção do conhecimento pelas equipes até chegar no processo de tomada de decisão só foi possível através da ciência Química.

Em relação à proposta da equipe ^{206}Pb , que considerou a incineração e posterior lavagem do solo com uma possível solução, problemizamos mais uma vez, questionando-os acerca da complexidade de incinerar cerca de 6 milhões de tonelada de rejeitos (Navarro Filho, 2018; O impacto..., 2021) com altas concentrações de metais tóxicos, tais como o Pb. Poderia ser um problema de contaminação atmosférica a nível nacional.

A equipe concordou conosco, porém enfatizou que ou se toma uma atitude ou os passivos ambientais irão continuar.

Destacamos também o fato de a ^{204}Pb e ^{207}Pb relatarem a importância de mudança do local do lixão do município, haja vista que muitas pessoas trabalham ali e como a ^{207}Pb pontuou bem, todos sem quaisquer proteções. A ^{207}Pb pontuou ainda a importância de se criar um sistema de reciclagem para tratar o lixo descartado.

Outra proposta de solução citada pelas equipes ^{204}Pb , ^{207}Pb e ^{208}Pb foi de isolar a área, criar uma espécie de reserva, com a concretagem da bacia rejeitos e não permitir que ninguém adentre no local. Tipo como fizeram em Chernobyl, destacou a ^{207}Pb . Então problematizamos novamente enfatizando a possibilidade de mesmo com o isolamento e posterior criação da reserva, os problemas ambientais continuaram, haja vista que concretar uma área de cerca 300 mil metros quadrados (Xavier, 2024) exige muitos recursos.

As equipes comentaram que poderia continuar, mas iria amenizar os problemas, principalmente pelo fato de ser restrito a entrada de pessoas ou quaisquer outros seres vivos no local. A ^{207}Pb chamou a atenção ainda para o fato de esse não ser mais um problema municipal, mas sim estadual, segundo a equipe é necessário que o Estado intervenha nessa situação e juntamente com o município, busquem por soluções.

O que nos chamou a atenção durante essa aula foi o fato de as equipes defenderem com “unhas de dentes” as suas propostas de soluções, mostrando convicção e destacando que não importa a forma, mas é necessário que algo seja realizado. Isso evidenciou como a Ciência Química, através da abordagem CTS conseguiu intervir no intelectual dos estudantes, pois apesar de serem apenas propostas de soluções, elas podem sim vir a serem uma solução, e com a participação dos estudantes. Tudo é possível! O que é apenas uma proposta hoje, pode ser uma realidade amanhã, haja vista que para chegar nesse processo de tomada de decisão, as equipes se preparam com aspectos teóricos da formação cidadã, tais como a responsabilidade social, a consciência ética e cooperação entre as equipes. Foi um processo construído aula após aula, ao longo de toda a SD, e não meramente através de escolhas quaisquer.

Destacamos aqui a importância da ciência Química na construção de todo esse processo de tomada de decisão. A Química foi essencial e necessária dentro dessa SD focalizada na formação cidadã. Como já diz Brown *et al.* (2016) em seu slogan de destaque, a Química é a ciência central! Nessa SD e em todos os momentos da investigação científica, a Química foi sempre a centralidade de todo o processo, até mesmo naqueles momentos em que parecíamos estar nos distanciando dos objetivos centrais, tínhamos convicção de que para chegar naquelas discussões, foi necessário antes perpassar por conhecimentos próprios da ciência Química, o que reforça como a SD desenvolvida para o ensino de conceitos químicos no CEB, a partir da contaminação por chumbo no município, consegue dialogar entre a informação química e o contexto social (Santos; Schnetzer, 2010).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de todos os apontamentos e discussões dispostos ao longo da aplicação da SD, destaca-se como a abordagem CTS se conecta com aspectos basilares e teóricos da natureza da ciência Química. Na SD, a vinculação da abordagem CTS com a ciência Química foi essencial para que os objetivos centrais dessa pesquisa fossem atingidos, haja visto que todos os desdobramentos do caso de contaminação por chumbo no município de Boquira/BA foram discutidos sempre com base nas contribuições químicas atreladas à formação cidadã.

Assim, a união entre a Química e a formação cidadã se consolida como uma estratégia interessante para ensinar conceitos químicos e apresentar aos educandos como a natureza da ciência se centraliza em uma atividade humana.

Durante a aplicação da SD, foi possível evidenciar o ensino de conceitos químicos tais como: Tabela periódica, transformações químicas, separação de misturas, interações intermoleculares, quantidades em química: Massa e volume, soluções, concentrações de soluções, comportamento ácido-base, reações químicas, estequiometria, balanceamento de reações, solubilidade, ligações químicas, radioatividade e equilíbrio químico.

Com isso, destaca-se como a aplicação da SD no CEB, a partir do caso de contaminação por chumbo (Pb) no município de Boquira/BA possibilitou um Ensino de Química centrado na educação científica dos estudantes como cidadãos conhecedores da realidade pela qual se encontra a sua terra natal. Em diversos momentos de aplicação da SD foi possível evidenciar como as informações químicas se atrelavam naturalmente com o contexto social dos educandos, de forma que fosse possível discutir conceitos macro e microscópicos próprios da ciência Química com ênfase nos desdobramentos da mineração Boquira/BA.

Isso reforça como a utilização das estratégias traçadas inicialmente contribuíram para pesquisas na área do Ensino de Química, visto que as diversas intervenções realizadas foram todas focalizadas em possibilitar o ensino de ao menos algum conceito químico por aula, mesmo que fosse para discutir história, sociologia, geografia, biologia, filosofia, matemática ou aspectos físicos da mineração Boquira/BA, de alguma forma isso só ocorria mediante à introdução de algum conceito químico em sala.

Diante disso, é importante exemplificar também a importância da experimentação dentro dessa SD. A atividade experimental aqui implementada permitiu que todas as discussões realizadas em sala dialogassem diretamente com a vivência dos estudantes no município de Boquira/BA, o que permitiu evidenciar aspectos da ciência dentro da formação para a cidadania.

Sendo assim, destaca-se o caso de contaminação por chumbo no município de Boquira/BA como norteador para o Ensino de Química, sob a luz da abordagem CTS. É possível as escolas do município realizarem um planejamento interdisciplinar anual, semestral ou trimestral, com ênfase na introdução de conceitos químicos a partir dos desdobramentos do caso. E Isso não necessariamente deve ser realizado utilizando a abordagem CTS, pode ser utilizado outras abordagens, o importante aqui é apresentar o caso aos educandos e discuti-lo com ênfase nos aspectos teóricos da área de estudo, seja ela qual for.

Esse planejamento pode ser realizado de forma ordenada e de forma interdisciplinar com outras áreas de interesse, bem como ocorreu na aplicação dessa SD. O interessante é que o diálogo entre os aspectos teóricos da área de estudo não sejam suprimidos ao longo das atividades, haja vista que a articulação entre os aspectos práticos da mineração Boquira/BA precisa ser conectada com os conceitos teóricos em sala.

Dessa forma, evidenciamos ao longo dessa investigação científica que a contaminação por chumbo no município de Boquira/BA é um caso de preocupação constante para a população que vive ao redor desse passivo ambiental, causado em sua maior parte pela bacia de rejeitos. As equipes, através dos seus estudos apontaram questões drásticas do presente e do passado da extinta mina, o que reforça o quanto necessário é a recuperação dessa área, que foi contaminada através da ganância capitalista pelo querer mais, sem se preocupar com os impactos ambientais e sociais para a população e para todo o ecossistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Á. A. X.; SOARES, E. M. B.; CUNHA, D. A.; OLIVEIRA, M. L. R. Riscos e incertezas: a realidade pós-extração do minério de chumbo em boqueira/ba. **Interações**, Campo Grande, Ms, v. 18, n. 1, p. 103-117, 10 mar. 2017.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. 1 ed. Rio de Janeiro: Contraponto Ltda, 1996. 316 p.

BERTOLINO, L. C.; ALVES, F. E. A.; MENDES, J. C.; NEUMANN, R. Caracterização mineralógica preliminar de amostras do rejeito da antiga mineração de chumbo em Boquira, Bahia. **Comunicações Geológicas** 101, Especial II, p. 965-968, 2014.

BOQUIRA, P.M. **História**, Boquira. Disponível em: <https://www.boquira.ba.gov.br/site/dadosmunicipais>. Acesso em: 26 nov. 2023.

BOUZON, J. D.; BRANDÃO, J. B.; SANTOS, T. C.; CHRISPINO, Á. O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro: uma revisão bibliográfica de publicações em periódicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 214-225, ago. 2018.

BRASIL. [Constituição (1998)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, [2016]. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 13 dez. 2023.

BRASIL. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Brasília, DF, 12 dez. 2012.

BRASIL. **Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016**. Brasília, DF, 07 abr. 2016.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M.; STOLTZFUS, M. W. **Química**: a ciência central. 13. ed. São Paulo: Peardon Education, 2016.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Amostragem do solo - 6300**. São Paulo: Cetesb, 1999. 44 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/17/2013/11/6300.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2024.

CHANG, R. **Química Geral**: conceitos essenciais. 4. ed. Porto Alegre: Amgh, 2010. 778 p.

CONAMA. **Resolução nº 420 de 13 de dezembro de 2009**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas: Brasília, DF.

CONCEIÇÃO, A.S. Boquira e a mineração: a cidade e suas memórias (1956-1979). *in*: Encontro Nacional de História, 8., 2016, Feira de Santana - ba. **anais eletrônicos**. Feira Santana - ba: anpuh, 2016. p. 1-11.

CUNHA, F. G.; VIGLIO, E. P.; ANJOS, J. Â. S. A.; LOUREIRO, T. B. **Estudos geoquímicos no município de Boquira - Estado da Bahia**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2016. 37 p.

DALTRO, R. R. **impactos ambientais nos recursos hídricos por metais tóxicos: o caso do município de Boquira, no semiárido baiano**. 2017. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. S.; Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, Pelotas, v. 45, p. 57-67, ago. 2013.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil**. Brasília - DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2002. 42 p. Contribuição de: José Mário Coelho.

FERRAN, A. P. N. de. **A Mineração e a flotação no Brasil: Uma perspectiva histórica**. DNPM - Departamento de Produção Mineral, Ministério de Minas e Energia, 2007.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 49. ed. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 2014. 143 p.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: Uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 326-331, dez. 2004.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, nov. 1999.

GONÇALVES, F. P. **O Texto de Experimentação na Educação em Química: discursos pedagógicos e epistemológicos**. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

GONÇALVES, F. P.; FERNANDES, C. S.; SZPOGANICZ, B; VIEIRA FILHO, V. J. V.; YUNES, S. F.; MARQUES, C. A.; MACHADO, A.A.S.C. Atividades experimentais em articulação com a abordagem cts na educação em química/ ciências. *In*: GONÇALVES, F. P.; FERNANDES, C. S.; YUNE, S. F. **Experimentação no ensino de ciências na interação entre educação superior e educação básica**. Ponta Grossa (Pr): Editora Atena, 2018. Cap. 1. p. 01-22.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIRGAS - Centro de Análise - IBGE**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/sirgas/16257-centro-de-analise-ibge.html>. Acesso em: 18 dez. 2023.

JESUS, L. D. F.; MOREIRA, M. F. R.; AZEVEDO, S. V.; BORGES, R. M.; GOMES, R. A. A.; BERGAMINI, F. P. B.; TEIXEIRA, L. R. Avaliação dos níveis de chumbo e mercúrio em população exposta ambientalmente na Região Centro-oeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 34, n. 2, p. 01-13, 1 mar. 2018.

KOSMINSK, L.; GIORDAN, M. Visões de Ciências e sobre o cientista entre os estudantes do ensino médio. **Química Nova na Escola**, [s. l.], n. 15, p. 11-18, maio 2002.

LEFF, E. **Saber Ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Tradução de: Lúcia Mathilde Endlich Orth. 4. ed. Petrópolis, Rj: Vozes, 2001. 494 p

LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 198-202, dez. 2015.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986. 112p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MINERAÇÃO Boquira: A Herança Maldita! 14 anos depois dessa reportagem e nada foi feito! [S. l.: s. n.], 2017. 1 vídeo (2 min). Publicado pelo canal Rede Boquira News. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=oF5x5xs7bRU>. Acesso em: 13 de dez. 2023.

MONTEIRO, R. C. A pesquisa Qualitativa como opção metodológica. **Pró-Posições**, Campinas - Sp, v. 1, n. 5, p. 27-35, ago. 1991.

MORÁN, J. M. O vídeo na sala de aula. **Comunicação e Educação**, São Paulo, v. 2, p. 27-25, abr. 1995.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma reformar o pensamento. Tradução de: ELOÁ JACOBINA. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 128 p.

NAVARRO FILHO, C. **Boquira**. Salvador: Indesign Cc, 2018. 125 p.

O IMPACTO ambiental do chumbo e cádmio em Boquira, Bahia. [S. l.: s. n.], 2021. 1 Vídeo (72min). Publicado pelo canal IFG UFBA. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6onaCOR6qos&t=3408s>. Acesso em: 13 de dez 2023.

OLIVEIRA, E. C. **Geoquímica elemental e isotópica pb-sr-nd dos sedimentos de fundo do sistema estuarino de belém e do litoral paraense**. 2016. 219 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociência, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

OLIVEIRA, F.; MARQUES, J. Considerações iniciais sobre os elementos gráficos dos painéis rupestres de boquira – ba. **Revista de Ciências Humanas Caeté 2019**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 119-140. 2019.

PAES, É. C. **Predição e espacialização de elementos potencialmente tóxicos em solos no entorno de pilha de rejeito de mineração: riscos à saúde humana e fitorremediação.** 2022. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Planta), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.

SANTOS, A. R. **Memórias: de macacos a boquira.** Boquira: O Autor, 2007. 142 p.

SANTOS, N. L.; ANJOS, J. Â. S. A.; KLAMMLER, H. Exposição da Zona Urbana de Boquira, estado da Bahia, aos Metais Tóxicos Associados à Bacia de Rejeito de Mineração Abandonada. **Anuário do Instituto de Geociências - Ufrj**, [s. l], v. 43, n. 3, p. 280-291, 30 set. 2020.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, dez. 2002.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania.** 4. ed. Ijuí - Rs: Unijuí, 2010. 160 p.

SILVA, J. A. M. **Efeitos da contaminação por chumbo em cenários futuros de acidificação oceânica sobre a população de Nitokra sp. (Copepoda: Harpacticoida).** 2022. 52 f. Dissertação (Mestrado em Bioprodutos e Bioprocessos). Universidade Federal de São Paulo, *Campus Baixada Santista*, Santos, 2022.

SKOOG, A. D.; WEST, M. D.; HOLLER; CROUCH, S.R. **Fundamentos de química analítica.** 8. ed. São Paulo: Thomson, 2006.

STAKE, R. E. **Pesquisa Qualitativa: estudando como as coisas funcionam.** Tradução de Karla reis; revisão técnica de Nilda Jacks. Porto Alegre: Penso, 2011. 263 p.

VECCHIA, A. M. D.; RODRIGUES, P. C. H.; RIOS, F. J.; LADEIRA, A. C. Q. Investigations into Pb isotope signatures in groundwater and sediments in a uranium-mineralized area. **Brazilian Journal Of Geology**, [s. l], v. 47, n. 1, p. 147-151, mar. 2017.

VEIGA, M. A.M. S. Coleta de amostras e métodos analíticos para a determinação de chumbo. **Medicina (Ribeirão Preto)**, Ribeirão Preto - Sp, v. 3, n. 42, p. 330-336, dez. 2009.

XAVIER, D. **Mapas territoriais do município de boquira/ba.** Macaúbas/Ba, 22 jan. 2024. Facebook: @Danielxavier. Disponível em: <https://www.facebook.com/profile.php?id=100046827811919>. Acesso em: 23 jan. 2024.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Sequência Didática (SD) desenvolvida para a investigação científica.



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA – IFBA
CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DA BAHIA – (SEC)
COLÉGIO ESTADUAL DE BOQUIRA - (CEB)**

Pesquisador Principal: Adelson Sousa Barbosa

Orientador: Prof. Me. Maurício Silva Araújo

ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD)

Etapa 1- O porquê das coisas	Disciplina/Data /Período
<p>Encontro 1 - Primeiro contato com a turma (Ambientação, apresentação do projeto de pesquisa e convite para participação da pesquisa).</p> <p>Nesse momento, assim que o CEP autorizar a realização da pesquisa e os responsáveis legais já houverem autorizado a participação de seus/suas filhos (as) por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); em data marcada, os estudantes da primeira série integral transdisciplinar do CEB serão notificados da natureza da pesquisa. Nesse momento, em ambiente de sala de aula, será entregue a eles o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e serão lhes apresentado o projeto de pesquisa e os objetivos da pesquisa, assim como cada um dos pesquisadores do estudo. Nessa etapa, os estudantes serão convidados a participarem da pesquisa e caso haja alguma objeção, o/os estudante/s terão sua autonomia garantida.</p>	<p>Aula de Química</p> <p>05/09/2023 (Terça-feira)</p>

<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as etapas de ocorrência da pesquisa e os benefícios em que esta pode resultar; • Analisar, considerando os benefícios apresentados e as demandas da escola, a viabilidade da participação como voluntário na pesquisa intitulada como <i>“O CASO DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA/BA COMO TEMA NORTEADOR PARA O ENSINO DE QUÍMICA, SOB A LUZ DA ABORDAGEM CTS”</i>. 	
<p>Encontro 2 - Divisão e identificação de cada uma das equipes que participarão da pesquisa.</p> <p>Como há 32 estudantes na turma, esta será dividida em 4 equipes de 8 estudantes em cada equipe. Essa divisão será feita, a princípio, pelos próprios estudantes. Caso haja alguma necessidade, os pesquisadores interferirão na divisão. Após a divisão, cada equipe será identificada com um dos seguintes nomes, por meio de um sorteio em sala: ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb. Após o sorteio, as equipes irão escrever os nomes dos integrantes em uma lista disponibilizada pelo pesquisador para posteriormente receberem um caderno personalizado com o selo de sua equipe na capa, nome dos integrantes da equipe e sucessões de questionários abertos. Este caderno será utilizado para anotações da equipe durante a realização da pesquisa. O primeiro grande desafio dos estudantes será investigar o porquê sua equipe recebeu aquele nome e qual a relação desse com a pesquisa a ser realizada.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisar, com base na natureza da pesquisa, o nome pelo qual cada equipe foi identificada pelos pesquisadores; • Investigar possíveis relações do caso de contaminação por chumbo em Boquira/BA com o nome de identificação da equipe na pesquisa. 	<p>Aula de Química</p> <p>12/09/2023 (Terça-feira)</p>
<p>Encontro 3 - Apresentação do significado dos nomes de identificação das equipes</p> <p>Nessa intervenção, cada equipe apresentará o porquê do nome de sua equipe está relacionado com o símbolo do elemento químico chumbo e qual a relação disso com a mineração em Boquira/BA. Após a apresentação das equipes, o pesquisador irá intervir exemplificando as</p>	<p>Aula de Estações do Saber I (IS - I)</p>

<p>relações diretas do nome de identificação de cada equipe com os objetivos da pesquisa a ser realizada.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar, através da pesquisa e da intervenção em sala, o nome de identificação da equipe com a pesquisa a ser realizada; • Identificar a ocorrência dos diferentes tipos de isótopos de chumbo na natureza e seus possíveis impactos no meio ambiente; 	<p>26/09/2023 (terça-feira)</p>
<p>Etapa 2 – Imergindo no Problema</p>	
<p style="text-align: center;">Encontro 4 – O contexto histórico da mineração: Direitos sociais e humanos em pauta</p> <p>Nessa intervenção será apresentado três vídeos sobre a mineração em Boquira/BA. O primeiro vídeo mostra um pouco sobre as galerias que os operários adentravam para extrair o minério (5 min). Já o segundo vídeo mostra uma visão aérea da atual situação do local da extração de mineração e da bacia de rejeitos (locais de interesse desse estudo, exibido apenas entre 7min40s e 17min50s. O último vídeo exemplifica especificamente sobre a bacia de rejeitos e seus perigos ambientais e para os seres vivos que vivem próximo (3 min). Após a visualização desses vídeos, o pesquisador irá conversar com as equipes e discutir/refletir acerca de todo histórico envolvendo a mineração em Boquira/BA, considerando o conteúdo dos vídeos e todos os direitos humanos violados, antes, durante e após o fechamento da mina em Boquira/BA. Após essa discussão em sala, cada equipe irá se organizar e elaborar algumas perguntas para serem feitas durante uma entrevista que farão com algum residente do município, que seja conhecedor de toda história da mineração, de preferência um ex-operário da mineradora. As perguntas elaboradas serão analisadas pelos pesquisadores para que posteriormente sejam utilizadas na entrevista. A entrevista terá como foco analisar como era as condições dentro das galerias, como iniciou a extração do minério, possíveis acidentes, óbitos em decorrência da extração do minério e possíveis impactos futuros à saúde dos ex-operários e moradores do município.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisar, a partir dos vídeos apresentados, as condições enfrentadas pelos operários nas galerias da mineração; 	<p>Aula de Estações do Saber VIII (IS - VIII)</p> <p>27/09/2023 (Quarta-feira)</p>

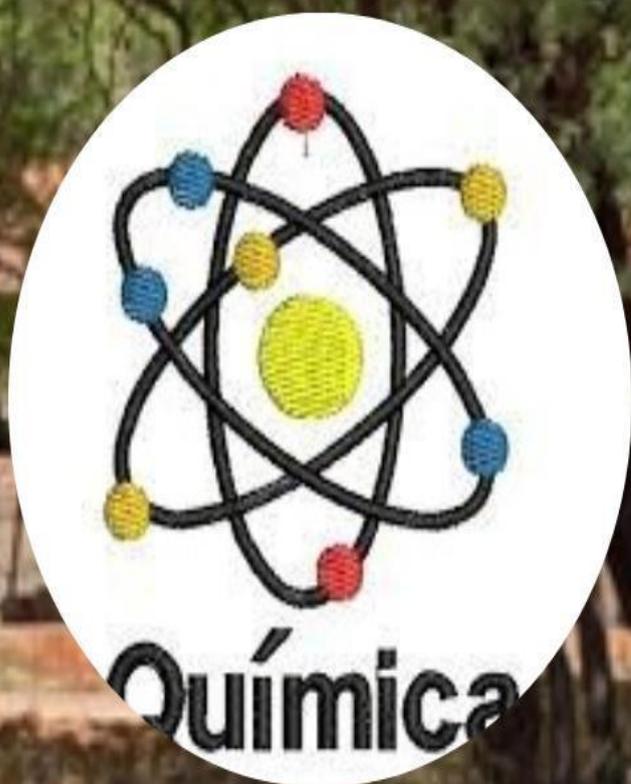
<ul style="list-style-type: none"> • Analisar, a partir das discussões acerca dos vídeos, a violação ou não dos direitos fundamentais dos seres humanos, antes, durante e após a extração do minério de chumbo em Boquira/BA. 	
<p style="text-align: center;">Encontro 5 – Visitas aos locais da bacia de rejeitos e da concentração (local de flotação do minério em Boquira/BA)</p> <p>Para a realização da visita técnica pelos participantes da pesquisa, além do TCLE, devidamente assinado pelos pais/responsáveis e da autorização via vídeo chamada, a próprio Colégio Estadual de Boquira (CEB) enviará um documento de autorização para que os pais dos estudantes assinem, é um procedimento padrão para quaisquer vistas realizadas pela escola. O deslocamento até a bacia de rejeitos e o local da antiga mineração (Rua da Mineração) se dará via ônibus, concedido pela prefeitura Municipal de Boquira, através da Secretaria Municipal de Educação. Durante as visitas além dos estudantes e do pesquisador, o Articulador do ensino integral, acompanharão. No local do processo de flotação de minério de chumbo, cada equipe ficará responsável por anotar os aspectos relevantes evidenciados na visita para posterior discussão em sala.</p> <p>Na bacia de rejeitos, as equipes ^{204}Pb, ^{206}Pb, ^{207}Pb e ^{208}Pb irão coletar amostras do solo para posterior análise por experimentação em sala. No local, o pesquisador irá instigar os estudantes acerca da toxicidade do rejeito. No local serão feitas algumas indagações às equipes, tais como:</p> <p>Por que existem muitas algarobas nesse local?</p> <p>Se esse rejeito possui uma alta concentração de chumbo, como poderíamos comprovar isso?</p> <p>A presença do lixão da cidade no meio dos rejeitos da mineração é um perigo para a saúde humana e do meio ambiente?</p> <p>Por que não há evidências de outras vegetações na bacia de rejeitos?</p> <p>Quem plantou as algarobas nesse local?</p> <p>Ao final da aula o pesquisador solicitará a cada equipe que pesquisem e estudem sobre o chumbo de forma geral e a relação desse elemento com a saúde dos seres vivos e do meio ambiente e reações químicas que seja possível identificar a presença de chumbo.</p> <p>Observação: As amostras de solo, coletadas por cada equipe ocorrerão em diferentes locais da bacia de rejeitos, a título de comparação dos resultados. Nas coletas, um estudante de cada equipe, utilizando máscara e luvas de vinil, irá coletar a amostra e identificara-la, com o local onde</p>	<p style="text-align: center;">03/10/2023 (7h50min às 10h)</p>

<p>foi coletada, a data e o nome da equipe. Após coletadas e devidamente identificadas, as amostras irão ficar sob posse do pesquisador até a data de análise.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisar, com base no maquinário abandonado e em toda a estrutura local, o contexto histórico e as condições de trabalho impostas aos operários que trabalhavam no processo da extração do minério; • Analisar os possíveis impactos ambientais resultantes da bacia de rejeitos, localizada a céu aberto no município de Boquira/BA. 	
<p>Encontro 6 – apresentação das entrevistas realizadas por cada equipe</p> <p>A intenção é que essa intervenção seja um momento de argumentações pertinentes entre as equipes. Primeiro cada equipe apresentará as informações obtidas na entrevista (10 minutos para cada apresentação). Após isso, o pesquisador instigará as equipes a refletirem sobre os benefícios e malefícios da mineração em Boquira.</p> <p>Observação: Os dados dos residentes entrevistados pelas equipes não serão utilizados como resultados desta pesquisa, apenas as discussões realizadas em sala, a partir das entrevistas.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisar os benefícios e malefícios da mineração em Boquira/BA para a população local; • Avaliar, a partir da fala do entrevistado, possíveis violações dos direitos sociais e humanos na época da extração do minério de chumbo em Boquira/BA. 	<p>Aula de Estações do Saber VIII</p> <p>04/10/2023 (Quarta-feira)</p>
<p>Etapa 3 – “Experimentando a ciência”</p>	
<p>Encontro 7 – Experimentação I: Identificando a presença de chumbo em amostras: reação entre o nitrato de chumbo (PbNO₃)₂ e iodeto de potássio (KI)</p> <p>Nessa aula, inicialmente as equipes irão apresentar os resultados de suas pesquisas acerca de possíveis experimentos químicos em que seja</p>	<p>Aula de Estações do Saber VI (IS - VI)</p>

<p>possível identificar a presença de chumbo. Aqui será o momento oportuno para discutir sobre reações químicas. Cada equipe irá apresentar o tipo de reação química pesquisada e discutir sobre como seria realizado tal experimento. Nessa aula, o pesquisador irá apresentar aos estudantes a reação do nitrato de chumbo (0,2 mol/L) e iodeto de potássio (1 mol/L) para exemplificar umas das formas de identificar o chumbo por meio de uma reação de precipitação (análise gravimétrica).</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisar as propriedades químicas e físicas do chumbo, bem como os problemas ambientais e de saúde pública ocasionados por esse elemento; • Analisar as possibilidades de identificação de amostras reais de chumbo do Município de Boquira/BA por meio da experimentação. 	<p>06/10/2023 (sexta-feira)</p>
<p>Encontro 8 – Experimentação II: Extração ácida do rejeito e posterior reação com iodeto de potássio</p> <p>No início dessa aula, os 10 minutos iniciais serão reservados para o pesquisador principal demonstrar às equipes uma a filtração simples do rejeito da pilha mineral e posterior reação com iodeto de potássio 1 molar. Por que será que não houve precipitação, assim como no encontro 7? Após essa demonstração, os estudantes irão realizar a experimentação em sala utilizando tubetes, papel filtro, garrafas PET, o rejeito, ácido nítrico 0,5 mol/L e uma balança. Cada equipe adicionará a solução ácida, previamente preparada no rejeito e deixará em repouso por 10 minutos, sendo constantemente agitado. Após isso, o rejeito será filtrado e depois adicionando em um tubete para posterior análise, ao gotejar o iodeto de potássio 1 mol/L no rejeito filtrado, cada equipe analisará o precipitado formado, algo que permitirá a discussão de vários conceitos químicos. Aqui as principais discussões serão a respeito da influência do HNO₃ nessa reação e a análise da estequiometria da reação, já que o rejeito será pesado no início e no final, o precipitado formado também será pesado.</p> <p>Observação: O HNO₃ 0,5 mol/L será preparado previamente pelo pesquisador, a nível de segurança dos estudantes.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar, por meio da experimentação realizada, a presença de chumbo na amostra do solo proveniente da pilha de rejeitos; 	<p>Aula de Estações do Saber VI (IS - VI)</p> <p>27/10/2023 (Sexta-Feira)</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar, recorrendo a estudos sobre o contexto da mineração no Município de Boquira/BA, as consequências para o meio social resultante do descarte inadequado de rejeitos minerais no município. 	
Etapa 4 – Conectando a inter-relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade	
<p style="text-align: center;">Encontro 9 – Discussão e socialização dos resultados obtidos pelas equipes.</p> <p>Nessa aula, as equipes irão apresentar e discutir os resultados obtidos na experimentação. Cada equipe irá discutir, com base nos resultados, o porquê aquele rejeito é tóxico. Aqui as equipes irão se organizar, sob a orientação dos pesquisadores, para apresentarem os resultados gerais da pesquisa na qual cada equipe terá a missão de propor uma solução para o problema de contaminação por chumbo no município de Boquira/BA. Nessa aula os estudantes apresentarão os resultados de forma que seja possível discutir em sala conceitos tais como: átomos, elementos químicos, reações químicas, massa molar, estequiometria, balanceamento de reações químicas, concentração, soluções, equilíbrio químico, concentrações de soluções.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar, considerando a saúde do meio ambiente e da população boqueirense, a necessidade de recuperação da área de depósito do rejeito tóxico a céu aberto na zona rural do Município; • Analisar as possíveis soluções para esse caso, considerando a ciência química como componente essencial para esse processo de recuperação da área de depósito dos rejeitos minerais; 	<p>Aula de Estações do VI</p> <p style="text-align: center;">31/10/2023 (Terça-feira)</p>

208Pb





A CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA/BA COMO TEMA NORTEADOR PARA O ENSINO DE QUÍMICA, SOB A LUZ DA ABORDAGEM CTS.

Pesquisador Principal: Adelson Sousa Barbosa

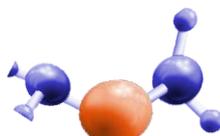
Orientador: Prof. Me. Maurício Silva Araújo

Turma: 1ª Série integral – transdisciplinar

CADERNO DE ANOTAÇÕES DA EQUIPE - ^{208}Pb

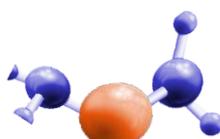
NOME DOS INTEGRANTES DA EQUIPE

Boquira – BA
Setembro – 2023



Instruções para o uso desse caderno de anotações

- ✓ Esse caderno de anotações será entregue em uma única via para a equipe e deverá ficar **sob posse do líder da equipe**;
- ✓ O caderno deverá ser utilizado em todas as aulas que envolverem a pesquisa, seja em sala ou durante as visitas técnicas;
- ✓ Os estudantes deverão anotar aqui tudo que acharem importante sobre a pesquisa;
- ✓ **INFORMAÇÃO IMPORTANTE:** Toda aula terá um espaço designado de **PALAVRAS-CHAVE**, para cada equipe preencher. O que são palavras-chave?
- ✓ **PALAVRAS-CHAVE:** São palavras que resumem, em sua totalidade, um texto, aula, encontro ou visita técnica etc.
- ✓ É importante e essencial que em todas as aulas dessa pesquisa, a equipe esteja com esse caderno em mãos.
- ✓ **Ao final de cada aula, o pesquisador Adelson Sousa Barbosa** irá verificar as palavras-chave escolhidas por cada equipe para aquela dada aula.



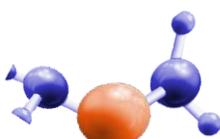
Encontro 2 - O contexto histórico da mineração e seus impactos para a sociedade; Elaboração de questões para a realização da entrevista com uma pessoa conhecedora da realidade da mineração em Boquira/BA

PALAVRAS-CHAVE

Anotações sobre o histórico da mineração em Boquira/BA

Elaboração das questões para a entrevista (Elaboração a lápis)

- As perguntas que serão feitas ao entrevistado devem **ter relação com a mineração em Boquira/BA**;
- Cada equipe terá 10 minutos para a apresentação dos resultados das entrevistas, que serão realizadas na aula de _____, em uma data a ser marcada ainda.
- As apresentações se darão de forma oral por cada equipe, com participação do pesquisador;
- Cada equipe deverá **elaborar cinco perguntas** e apresentar ao pesquisador, previamente.



- Essas perguntas devem ser elaboradas em equipe e devem ter relação direta também com: **Contaminação, chumbo, elementos químicos, sociedade, bacia de rejeitos, meio ambiente e Seres humanos.**

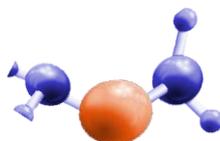
Entrevista

Nome do Entrevistado: _____

1. (Questão 1 + Resposta do Entrevistado)

2. (Questão 2 + Resposta do Entrevistado)

3. (Questão 3 + Resposta do Entrevistado)



4. (Questão 4 + Resposta do Entrevistado)

5. (Questão 5 + Resposta do Entrevistado)

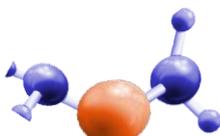
Encontro 3 - Visitas aos locais de flotação do minério de chumbo em Boquira/BA e da bacia de rejeitos.

Data de coleta da amostra: _____ Coletador: _____

PALAVRAS-CHAVE

Quais os metais eram extraídos na mineração em Boquira/BA?

Vocês acham seguro os ônibus escolares da prefeitura Municipal de Boquira/BA ficarem estacionados próximos do local onde era extraído o minério?



Por que existem tantas algarobas no local da bacia de rejeitos?

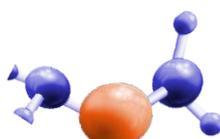
Se na bacia de rejeitos possui uma alta concentração de chumbo, como poderíamos comprovar isso ?

A presença do lixão do município de Boquira/BA no meio dos rejeitos da mineração é um risco para a saúde humana?

**Encontro 4 - Identificando a presença de chumbo em amostras reais:
reação entre o nitrato de chumbo ($PbNO_3$) e o iodeto de potássio (KI).**

PALAVRAS-CHAVE

Reações químicas que permitem identificar a presença do chumbo:



Anotações sobre o experimento (O que ocorreu na reação química? descreva aqui)

Encontro 5 - Experimentação em sala: Extração ácida do rejeito e reação com iodeto de potássio (KI)

PALAVRAS-CHAVE

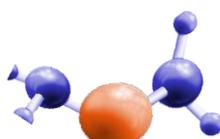
Massa da amostra (g): _____

Coloração formada após a reação química: _____

A amostra possui teor alto de Pb? _____

Massa de Pb da amostra: _____

Conclusões sobre a experimentação...



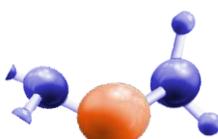
Encontro 6 - Discussão e socialização dos resultados obtidos pelas equipes.

PALAVRAS-CHAVE

De acordo com os resultados obtidos, é possível dizer que em Boquira/BA existe uma contaminação por chumbo? Explique

A presença desse chumbo oferece algum risco à saúde do meio ambiente, dos animais e das pessoas que moram no município de Boquira/BA? Explique

SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA - (APRESENTE UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO EM BOQUIRA/BA, CASO HAJA INDÍCIOS DE CONTAMINAÇÃO...)



APÊNDICE C – Ficha de assinatura das equipes



GOVERNO DO ESTADO

SECRETARIA
DA EDUCAÇÃO

COLÉGIO ESTADUAL DE BOQUIRA - (CEB)

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Título: O CASO DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA/BA COMO TEMA NORTEADOR PARA O ENSINO DE QUÍMICA, SOB A LUZ DA ABORDAGEM CTS.

Pesquisador Principal: Adelson Sousa Barbosa

Orientador: Prof. Me. Maurício Silva Araújo

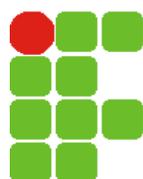
Integrantes da equipe: ^{204}Pb

Integrantes da equipe: ^{206}Pb

Integrantes da equipe: ^{207}Pb

Integrantes da equipe: ^{208}Pb

APÊNDICE D – Planejamentos de aula para a primeira etapa de aplicação da SD



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BAHIA
Campus Vitória da Conquista



SECRETARIA
DA EDUCAÇÃO

PLANO DE AULA

I Encontro: Apresentação da pesquisa e dos pesquisadores, apresentação do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e posterior assinatura pelos estudantes.

Escola	Colégio Estadual de Boquirá (CEB)	Data da aula	05/09/2023		
Pesquisador	Adelson Sousa Barbosa				
Orientador	Maurício Silva Araújo				
Série/Itinerário	1ª Série – transdisciplinar	Abordagem	CTS	CH	45 minutos
Disciplina	Química				

Objetivos

- Conhecer as etapas de ocorrência da pesquisa e os benefícios em que essa pode resultar;
- Analisar, considerando os benefícios apresentados e as demandas da escola, a viabilidade da participação como voluntário na pesquisa intitulada como “*O CASO DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA/BA COMO TEMA NORTEADOR PARA O ENSINO DE QUÍMICA SOB A LUZ DA ABORDAGEM CTS*”.

Estratégias

- Inicialmente será apresentado os pesquisadores, a natureza da pesquisa, os objetivos principais, bem como os riscos e os benefícios da pesquisa para os participantes. Nesse encontro os estudantes serão também, convidados a participarem da pesquisa por livre e espontânea vontade (45 minutos);

Recursos

- Quadro branco;
- Piloto;
- Notebook;

- Power Point;

Conhecimentos Científicos

- Levantamento de hipótese.

Conceitos Químicos

- Tabela periódica, elementos químicos, metais, chumbo

Sistema de Avaliação

- Será avaliado a desenvoltura/disponibilidade dos estudantes em quererem participar de forma voluntária da pesquisa, considerando os impactos da mineração na soberania do município de Boquira/BA.

Bibliografia Básica

- ANDRADE, Á. A. X.; SOARES, E. M. B.; CUNHA, D. A.; OLIVEIRA, M. L. R. Riscos e incertezas: a realidade pós-extração do minério de chumbo em boquira/ba. **Interações**, Campo Grande, Ms, v. 18, n. 1, p. 103-117, 10 mar. 2017.
- CUNHA, F. G.; VIGLIO, E. P.; ANJOS, J. Â. S. A.; LOUREIRO, T. B. **Estudos geoquímicos no município de Boquira - Estado da Bahia**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2016. 37 p.

Bibliografia Complementar

- NAVARRO FILHO, C. **Boquira**. Salvador: Indesign Cc, 2018. 125 p.
- SANTOS, W. L. P; SCHNETZER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4. ed. Ijuí - Rs: Unijuí, 2010. 160 p.

Adelson Sousa Barbosa
 Pesquisador principal

Manoel Silveira
 Orientador



PLANO DE AULA

II Encontro: Divisão e identificação das equipes em ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb

Escola	Colégio Estadual de Boquira (CEB)	Data da aula	12/09/2023		
Pesquisador	Adelson Sousa Barbosa				
Orientador (a)	Maurício Silva Araújo				
Série/Itinerário	1ª Série – Transdisciplinar	Abordagem	CTS	CH	45 minutos
Disciplina	Química				

Objetivos

- Analisar, com base na natureza da pesquisa, o nome pelo qual sua equipe foi identificada pelo pesquisador principal;
- Investigar possíveis relações do caso de contaminação por chumbo em Boquira/BA com o nome de identificação de sua equipe na pesquisa.

Estratégias

- Nessa intervenção a turma será dividida em quatro equipes, tendo oito integrantes em cada equipe. A divisão, a princípio será realizada pelos próprios estudantes e caso haja necessidade (10 minutos);
- Após a divisão, haverá um sorteio entre as equipes com os seguintes nomes de identificação: ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , esses nomes, que se referem aos quatro isótopos do chumbo encontrados na natureza, serão utilizados para identificar as equipes durante a realização da pesquisa. Nesse momento, os estudantes serão instigados a pesquisarem e estudarem sobre o nome da sua equipe e apresentar suas conclusões na aula seguinte (10 minutos);
- Finalizando, será disponibilizado uma lista com o espaço para cada equipes assinar os nomes dos seus integrantes, como forma de facilitar o trabalho de identificação das equipes. Será comunicado aos estudantes que cada equipe receberá um caderno personalizado com o nome de sua equipe para poder anotar os dados durante a realização da pesquisa, esse caderno terá espaço para a adição de palavras-chave para cada aula, na concepção dos estudantes (25 minutos).

Recursos

- Quadro branco;
- Piloto;
- Folhas sem pauta.

Conhecimentos Científicos

- Investigação, revisão de literatura

Conceitos Químicos

- Isótopos, chumbo, tabela periódica

Sistema de Avaliação

- Avaliação se dará de forma qualitativa, na qual será avaliado o poder de argumentação dos estudantes em relacionar o nome de identificação de sua equipe com a pesquisa realizada em sala.

Bibliografia Básica

- VECCHIA, A. M. D.; RODRIGUES, P. C. H.; RIOS, F. J.; LADEIRA, A. C. Q. Investigations into Pb isotope signatures in groundwater and sediments in a uranium-mineralized area. **Brazilian Journal Of Geology**, [s. l], v. 47, n. 1, p. 147-151, mar. 2017.
- OLIVEIRA, E. C. **Geoquímica elemental e isotópica pb-sr-nd dos sedimentos de fundo do sistema estuarino de belém e do litoral paraense**. 2016. 219 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociência, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

Bibliografia Complementar

- CUNHA, F. G.; VIGLIO, E. P.; ANJOS, J. Â. S. A.; LOUREIRO, T. B. **Estudos geoquímicos no município de Boquira - Estado da Bahia**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2016. 37 p.
- PAES, É. C. **Predição e espacialização de elementos potencialmente tóxicos em solos no entorno de pilha de rejeito de mineração: riscos à saúde humana e fitorremediação**. 2022. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Planta), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.
- SANTOS, A. R. **Memórias: de macacos a boquira**. Boquira: O Autor, 2007. 142 p.

Adelson Sousa Barbosa
Pesquisador Principal

Maurício Silva Araújo
Orientador



PLANO DE AULA

III Encontro: Apresentação do significado dos nomes de identificação das equipes

Escola	Colégio Estadual de Boquira (CEB)	Data da aula	26/09/2023		
Pesquisador	Adelson Sousa Barbosa				
Orientador (a)	Maurício Silva Araújo				
Série/Itinerário	1ª Série – Transdisciplinar	Abordagem	CTS	CH	90 minutos
Disciplina	Estações do Saber I (IS - I)				

Objetivos

- Relacionar, através da pesquisa e da intervenção em sala, o nome de identificação da equipe com a pesquisa a ser realizada;
- Identificar a ocorrência dos diferentes tipos de isótopos de chumbo na natureza e seus possíveis impactos no meio ambiente.

Estratégias

- Nessa aula, os estudantes irão inicialmente ser organizar em equipes para posteriormente apresentarem os resultados de suas pesquisas acerca do nome de identificação de suas equipes (5 min)
- Para essa esses encontros os estudantes já estavam com os cadernos personalizados em mãos. Assim cada equipes apresentarão os resultados e pesquisador principal realizará alguns questionamentos acerca das pesquisas, ao final de cada apresentação (20 min);

- Na parte final da aula o pesquisador foi para a lousa explicar melhor acerca dos isótopos, radioatividade e sobre a toxicidade do chumbo (65 min).

Recursos

- Quadro branco;
- Piloto;
- Power Point;
- Cadernos personalizados

Conhecimentos Científicos

- Argumentação das equipes; levantamento de hipóteses sobre o nome de identificação de sua equipe, justificativa, explicação.

Conceitos Químicos

- Tabela periódica, metais, isótopos, chumbo, radioatividade, tempo de meia vida, reações químicas, densidade.

Sistema de Avaliação

- Avaliação se dará de forma qualitativa, na qual será avaliado o poder de argumentação das equipes;

Bibliografia Básica

- VECCHIA, A. M. D.; RODRIGUES, P. C. H.; RIOS, F. J.; LADEIRA, A. C. Q. Investigations into Pb isotope signatures in groundwater and sediments in a uranium-mineralized area. **Brazilian Journal Of Geology**, [s. l], v. 47, n. 1, p. 147-151, mar. 2017.
- OLIVEIRA, E. C. **Geoquímica elemental e isotópica pb-sr-nd dos sedimentos de fundo do sistema estuarino de belém e do litoral paraense**. 2016. 219 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociência, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

Bibliografia Complementar

- CUNHA, F. G.; VIGLIO, E. P.; ANJOS, J. Â. S. A.; LOUREIRO, T. B. **Estudos geoquímicos no município de Boquira - Estado da Bahia**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2016. 37 p.
- DALTRO, R. R. **impactos ambientais nos recursos hídricos por metais tóxicos: o caso do município de Boquira, no semiárido baiano**. 2017. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

- PAES, É. C. **Predição e espacialização de elementos potencialmente tóxicos em solos no entorno de pilha de rejeito de mineração**: riscos à saúde humana e fitorremediação. 2022. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Planta), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.

Adelson Sousa Barbosa

Pesquisador Principal

Maurício Silva

Orientador

APÊNDICE E – Planejamentos de aula para a segunda etapa de aplicação da SD



PLANO DE AULA

IV Encontro: O contexto histórico da mineração: Direitos sociais e humanos em pauta

Escola	Colégio Estadual de Boquira (CEB)	Data da aula	27/09/2023		
Pesquisador	Adelson Sousa Barbosa				
Orientador (a)	Maurício Silva Araújo				
Série/Itinerário	1ª Série – transdisciplinar	Abordagem	CTS	CH	90 minutos
Disciplina	Aula de Estações do Saber VIII (IS - VIII)				

Objetivos

- Analisar, a partir dos vídeos apresentados, as condições enfrentadas pelos operários nas galerias da mineração;
- Analisar, a partir das discussões acerca dos vídeos, a violação ou não dos direitos fundamentais dos seres humanos, antes, durante e após a extração do minério de chumbo em Boquira/BA.

Estratégias

- Inicialmente, após as equipes se organizarem em sala, serão apresentados três vídeos relacionados à mineração em Boquira/BA, com links a seguir:

Vídeo 01: <https://www.youtube.com/watch?v=60jVNFZKMsA&t=39s>.

Vídeo 02: <https://www.youtube.com/watch?v=QurtTdf0bTk>. (18 minutos)

Vídeo 03: <https://www.youtube.com/watch?v=oF5x5xs7bRU>.

- Após a apresentação desses vídeos, serão discutidos em sala (pesquisador e equipes) o contexto histórico envolvendo a mineração em Boquira/BA, considerando o conteúdo dos vídeos. Essas discussões passarão por identidade, violação de direitos sociais e humanos bem como dos impactos ambientais apresentados nos vídeos, considerando alguns estudos tais como os estudos de Cunha *et al.* (2016) e Paes (2022), (27 minutos);
- No segundo momento da aula, as equipes irão elaborar cinco questões para serem utilizadas em uma entrevista da qual irão realizar com uma pessoa que conhece detalhadamente a história da

mineração em Boquira/BA. A ideia é que os estudantes tentem entrevistar ex-operários ou residentes que viveram e conhecem a obscura história da mineração Boquira/BA. As questões serão elaboradas e revisadas, para que abranjam o máximo possível de tópicos para posterior discussão em sala. (40 minutos);

- Ao final, o pesquisador irá ouvir as palavras-chave de cada equipe sobre a aula (5 minutos).

Recursos

- Quadro branco;
- Piloto;
- Notebook;
- Power-Point;
- Vídeo;

Conhecimentos Científicos

- levantamento de hipóteses, argumentação, organização de informações.

Conceitos Químicos

- metais, chumbo, zinco,

Sistema de Avaliação

- Avaliação se dará de forma qualitativa, na qual será avaliado o poder de argumentação/discussão dos estudantes acerca dos direitos sociais e humanos antes, durante e pós extração do minério de chumbo. Será avaliado também as palavras-chave e as questões desenvolvidas pela equipe para serem realizadas na entrevista.

Bibliografia Básica

- CONCEIÇÃO, A.S. Boquira e a mineração: a cidade e suas memórias (1956-1979). *in*: Encontro Nacional de História, 8., 2016, feira de Santana - ba. **anais eletrônicos**. Feira Santana - ba: anpuh, 2016. p. 1-11.
- FERRAN, A. P. N. de. **A Mineração e a flotação no Brasil**: Uma perspectiva histórica. DNPM - Departamento de Produção Mineral, Ministério de Minas e Energia, 2007.
- NAVARRO FILHO, C. **Boquira**. Salvador: Indesign Cc, 2018. 125 p.
- SANTOS, A. R. **Memórias**: de macacos a boquira. Boquira: O Autor, 2007. 142 p.

Bibliografia complementar

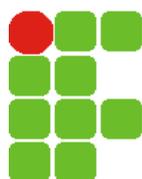
- CUNHA, F. G.; VIGLIO, E. P.; ANJOS, J. Â. S. A.; LOUREIRO, T. B. **Estudos geoquímicos no município de Boquira - Estado da Bahia.** CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2016. 37 p.
- PAES, É. C. **Predição e espacialização de elementos potencialmente tóxicos em solos no entorno de pilha de rejeito de mineração:** riscos à saúde humana e fitorremediação. 2022. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Planta), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.

Adelson Sousa Barbosa

Pesquisador Principal

Maurício Silva Araújo

Orientador



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BAHIA
Campus Vitória da Conquista



GOVERNO DO ESTADO
BAHIA

SECRETARIA
DA EDUCAÇÃO

PLANO DE AULA DE CAMPO

V Encontro: Visitas aos locais da bacia de rejeitos e da planta de beneficiamento

Escola	Colégio Estadual de Boquira (CEB)	Data da aula	03/10/2023		
Pesquisador	Adelson Sousa Barbosa				
Orientador (a)	Maurício Silva Araújo				
Série/Itinerário	1ª Série – transdisciplinar	Abordagem	CTS	CH	90 minutos
Disciplina	Aula de campo				

Objetivos

- Analisar, com base no maquinário abandonado e em toda a estrutura local, o contexto histórico e as condições de trabalho impostas aos operários que trabalhavam no processo da extração do minério;
- Analisar os possíveis impactos ambientais resultantes da bacia de rejeitos, localizada a céu aberto no município de Boquira/BA.

Estratégias

- A visita técnica se iniciará na bacia de rejeitos às 8h30min. Nesse primeiro local, os estudantes irão observar o lixão da cidade que fica em meio aos rejeitos e irão responder alguns questionamentos feitos pelo pesquisador, tais como: “**A presença de lixão da cidade de Boquira/BA em meio aos rejeitos da mineração é um perigo para a saúde humana e para o meio ambiente?**”. Após essa observação e discussão, as equipes, juntamente com o pesquisador e o articulador do ensino em tempo integral do CEB, irão seguir para os demais locais da bacia e discutir por exemplo o “**Porquê existem muitas Algarobas no local pilha de rejeitos?**” e sobre a composição da bacia de rejeitos, “**Se esse rejeito realmente possui uma alta concentração de chumbo, como poderíamos comprovar isso?**” e ainda sobre “**O porque que em determinados locais do rejeito, não há qualquer tipo de vegetação?**” Na bacia de rejeitos, as equipes irão coletar e identificar amostras do solo dos seguintes pontos (40 minutos);
 1. P1 – Lixão em meio bacia de rejeitos;
 2. P2 – próximo ao Córrego central da bacia de rejeitos;
 3. P3 – Açude ao sul da bacia de rejeitos;
 4. P4 – paredes do córrego central da bacia de rejeitos
- Após a visita à bacia de rejeitos, o próximo local é na concentração, local onde era flotado o minério de chumbo, zinco, prata... Nesse local, os estudantes irão observar as máquinas abandonadas e discutir/argumentar acerca do passo a passo do processo de finalização da extração dos metais naquele local. Aqui as equipes serão questionadas acerca da presença dos carros escolares da prefeitura Municipal de Boquira ficarem estacionados nesse local, **é seguro?** além disso as equipes irão observar e discutir/argumentar **também sobre a presença da secretaria de obras nas proximidades do local onde o minério era flotado, uma vez que no local, constantemente há muita poeira levantada devido à presença de máquinas pesadas** (50 minutos)

Recursos

- Caderno das equipes;
- 4 frascos de plástico para coleta de amostra de solo da bacia de rejeitos;
- Colher de aço inoxidável;
- Luvas de vinil;
- Máscaras PFF2 para as equipes;
- Etiquetas.

Conhecimentos Científicos

- levantamento de hipóteses, argumentação, justificativa, observação

Conceitos Químicos

- Chumbo, zinco, prata, cromo, flotação, elementos químicos, transformações químicas.

Sistema de Avaliação

- Avaliação se dará de forma qualitativa, em que será avaliado o poder de argumentação das equipes acerca dos aspectos históricos da mineração e dos impactos sociais e ambientais gerados a partir da extração do minério, considerando todo o rejeito gerado em meio à caatinga. Essa avaliação irá considerar aspectos basilares da educação para a formação cidadã e da natureza da Educação ambiental.

Bibliografia Básica

- BOUZON, J. D.; BRANDÃO, J. B.; SANTOS, T. C.; CHRISPINO, Á. O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro: uma revisão bibliográfica de publicações em periódicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 214-225, ago. 2018.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 49. ed. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 2014. 143 p.
- MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma reformar o pensamento. Tradução de: ELOÁ JACOBINA. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 128 p.
- SANTOS, W. L. P; SCHNETZER, R. P. **Educação em Química**: compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí - Rs: Unijuí, 2010. 160 p.

Bibliografia complementar

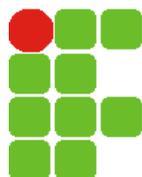
- BERTOLINO, L. C.; ALVES, F. E. A.; MENDES, J. C.; NEUMANN, R. Caracterização mineralógica preliminar de amostras do rejeito da antiga mineração de chumbo em Boquira, Bahia. **Comunicações Geológicas** 101, Especial II, p. 965-968, 2014.
- CUNHA, F. G.; VIGLIO, E. P.; ANJOS, J. Â. S. A.; LOUREIRO, T. B. **Estudos geoquímicos no município de Boquira - Estado da Bahia**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2016. 37 p.
- DALTRO, R. R. **impactos ambientais nos recursos hídricos por metais tóxicos**: o caso do município de Boquira, no semiárido baiano. 2017. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.
- PAES, É. C. **Predição e espacialização de elementos potencialmente tóxicos em solos no entorno de pilha de rejeito de mineração**: riscos à saúde humana e fitorremediação. 2022. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Planta), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.
- SANTOS, N. L.; ANJOS, J. Â. S. A.; KLAMMLER, H. Exposição da Zona Urbana de Boquira, estado da Bahia, aos Metais Tóxicos Associados à Bacia de Rejeito de Mineração Abandonada. **Anuário do Instituto de Geociências - Ufrj**, [s. 1], v. 43, n. 3, p. 280-291, 30 set. 2020.

Adelson Sousa Barbosa

Pesquisador Principal

Maurício Silva Araújo

Orientador



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BAHIA
Campus Vitória da Conquista



GOVERNO DO ESTADO
BAHIA

SECRETARIA
DA EDUCAÇÃO

PLANO DE AULA

VI Encontro: apresentação das entrevistas realizadas por cada equipe

Escola	Colégio Estadual de Boquira (CEB)	Data da aula	04/10/2023		
Pesquisador	Adelson Sousa Barbosa				
Orientador (a)	Maurício Silva Araújo				
Série/Itinerário	1ª Série – transdisciplinar	Abordagem	CTS	CH	90 minutos
Disciplina	Aula de Estações do Saber VIII				

Objetivos

- Analisar os benefícios e malefícios da mineração em Boquira/BA para a população local;
- Avaliar, a partir da fala do entrevistado, possíveis violações dos direitos sociais e humanos na época da extração do minério de chumbo em Boquira/BA.

Estratégias

- Inicialmente as equipes irão se reunir/organizar para iniciar a apresentação das entrevistas (5 minutos);
- Após isso, o pesquisador irá coordenar as apresentações por meio de tópicos relacionados à mineração em Boquira em harmonia com as perguntas elaboradas por cada equipe, como forma de analisar diferentes vertentes de cada subtópico, que serão: **História, condições de trabalho, metais que eram extraídos, impactos no meio ambiente, violação de direitos humanos, lucratividade da mineração e geração de resíduos tóxicos.** O pesquisador irá intermediar as discussões das equipes por meio de perguntas a cada rodada, na qual cada rodada será feita

perguntas específicas de uma área, por exemplo, história. O pesquisador irá também aguçar as discussões para analisar como se deu a condução de cada entrevista (75 minutos);

- Ao final da aula, o pesquisador irá comunicar aos estudantes acerca do andamento da pesquisa e do preenchimento dos cadernos de pesquisa (10 minutos).

Recursos

- Quadro branco;
- Piloto

Conhecimentos Científicos

- levantamento de hipóteses, argumentação, organização de informações.

Conceitos Químicos

- Chumbo, metais.

Sistema de Avaliação

- Avaliação se dará de forma qualitativa, na qual será avaliado o poder de argumentação/discussão dos estudantes acerca das entrevistas realizadas. Será avaliado também as questões desenvolvidas pela equipe para serem realizadas na entrevista e a desenvoltura que cada equipe para conduzir as entrevistas.

Bibliografia Básica

- CONCEIÇÃO, A.S. Boquira e a mineração: a cidade e suas memórias (1956-1979). *in*: Encontro Nacional de História, 8., 2016, feira de Santana - ba. **anais eletrônicos**. Feira Santana - ba: anpuh, 2016. p. 1-11.
- FERRAN, A. P. N. de. **A Mineração e a flotação no Brasil**: Uma perspectiva histórica. DNPM - Departamento de Produção Mineral, Ministério de Minas e Energia, 2007.
- NAVARRO FILHO, C. **Boquira**. Salvador: Indesign Cc, 2018. 125 p.
- SANTOS, A. R. **Memórias**: de macacos a boquira. Boquira: O Autor, 2007. 142 p.

Bibliografia complementar

- BERTOLINO, L. C.; ALVES, F. E. A.; MENDES, J. C.; NEUMANN, R. Caracterização mineralógica preliminar de amostras do rejeito da antiga mineração de chumbo em Boquira, Bahia. **Comunicações Geológicas** 101, Especial II, p. 965-968, 2014.

- CUNHA, F. G.; VIGLIO, E. P.; ANJOS, J. Â. S. A.; LOUREIRO, T. B. **Estudos geoquímicos no município de Boquira - Estado da Bahia**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2016. 37 p.
- DALTRO, R. R. **impactos ambientais nos recursos hídricos por metais tóxicos: o caso do município de Boquira, no semiárido baiano**. 2017. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

Adelson Sousa Barbosa

Pesquisador Principal

Marcelo Silva

Orientador

APÊNDICE F – Planejamentos de aula para a terceira etapa de aplicação da SD



PLANO DE AULA

VII Encontro: Experimentação I em sala: Identificando a presença de chumbo em amostras: reação entre o nitrato de chumbo ($\text{PbNO}_3)_2$ e iodeto de potássio (KI)

Escola	Colégio Estadual de Boquira (CEB)	Data da aula	06/10/2023		
Pesquisador	Adelson Sousa Barbosa				
Orientador (a)	Maurício Silva Araújo				
Série/Itinerário	1ª Série – transdisciplinar	Abordagem	CTS	CH	45 minutos
Disciplina	Aula de Estações do Saber VI (IS - VI)				

Objetivos

- Analisar as propriedades químicas e físicas do chumbo, bem como os problemas ambientais e de saúde pública ocasionados por esse elemento;
- Analisar as possibilidades de identificação de amostras reais de chumbo do Município de Boquira/BA por meio da experimentação.

Estratégias

- Inicialmente será apresentado aos estudantes alguns reagentes que serão utilizados na experimentação em sala, bem como como se deu o modo de preparo de cada uma das soluções. A intenção aqui é discutir um pouco com os estudantes sobre preparo de soluções, inclusive será discutido considerando uma solução de NaCl, preparada grosso modo, a título de discussão (20 minutos);
- Concluída esta etapa, o próximo passo será convocar um estudante de cada equipe para participar do momento de experimentação e sala. Cada estudante segurará um tubete, que serão numerados, sendo adicionado em dois tubetes 3 mL de água da torneira de diferentes locais (Trazidos por cada equipe), 3 mL da solução de NaCl do terceiro tubete e no quarto tubete terá uma solução de nitrato de chumbo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) 0,2 mol/L. Feito isso, será gotejado em todos os tubetes, 3 mL de Iodeto de

potássio (KI) e será analisado o que ocorrerá, através de discussões acerca da presença de reação do chumbo com o iodeto de potássio (25 minutos).

Recursos (Materiais e reagentes)

- Iodeto de Potássio (KI) 1 mol/L;
- nitrato de chumbo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) 0,2 mol/L;
- Colheres de plástico;
- Sal de cozinha (Solução de NaCl);
- Tubetes;
- Frasco de plástico;
- Piloto;
- Quadro branco;
- Copos de vidro;

Conhecimentos Científicos

- levantamento de hipóteses, argumentação, justificativa, observação, explicação

Conceitos Químicos

- Chumbo, elementos químicos, soluções, misturas heterogêneas e homogêneas, reações químicas

Sistema de Avaliação

- Será avaliado as palavras-chave apresentadas por cada equipe, bem como a desenvoltura para discutir/argumentar sobre os experimentos em sala, numa perspectiva de relacioná-los com o caso de contaminação por chumbo em Boquira/BA.

Bibliografia Básica

- GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: Uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 326-331, dez. 2004.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, nov. 1999.
- GONÇALVES, F. P. **O Texto de Experimentação na Educação em Química**: discursos pedagógicos e epistemológicos. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

Bibliografia Complementar

- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, dez. 2002.
- SANTOS, W. L. P.; SCHNETZER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4. ed. Ijuí - Rs: Unijuí, 2010. 160 p.

Adelson Sousa Barbosa

Pesquisador Principal

Maurício Silva Araújo

Orientador



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BAHIA
Campus Vitória da Conquista



GOVERNO DO ESTADO
BAHIA

SECRETARIA
DA EDUCAÇÃO

PLANO DE AULA

VIII Encontro: Experimentação II em sala: Extração ácida do rejeito e posterior reação com iodeto de potássio (KI)

Escola	Colégio Estadual de Boquira (CEB)	Data da aula	27/10/2023		
Pesquisador	Adelson Sousa Barbosa				
Orientador (a)	Maurício Silva Araújo				
Série/Itinerário	1ª Série – transdisciplinar	Abordagem	CTS	CH	130 minutos
Disciplina	Aula de Estações do Saber VI (IS - VI)				

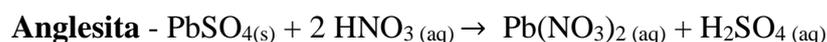
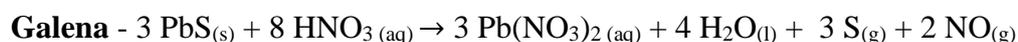
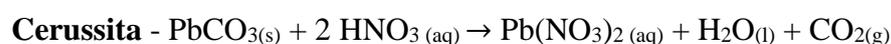
Objetivos

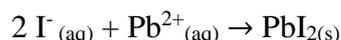
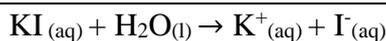
- Identificar, através da experimentação realizada, a presença ou não de chumbo nas amostras de solo coletadas na pilha de rejeitos;

- Avaliar, recorrendo a estudos sobre o contexto da mineração no Município de Boquira/BA, as consequências para o meio social resultante do descarte inadequado de rejeitos minerais no município.

Estratégias

- Considerando que no encontro anterior, intitulado como “*experimentação I: Identificando a presença de chumbo em amostras - reação entre o nitrato de chumbo e iodeto de potássio*” os estudantes sugeriram, a partir dos questionamentos do pesquisador, que talvez a melhor forma de verificar o “tem ou não tem” chumbo nas amostras coletadas na bacia de rejeitos seria realizar uma filtração simples em água, do rejeito e posteriormente reagiu com o iodeto de potássio. O pesquisador, atendendo a essa sugestão, realizará uma experimentação demonstrativa para verificar a precipitação ou não de iodeto de chumbo (PbI₂) a partir de uma filtração simples do rejeito, utilizando garrafas pet, filtro de café e funis de plástico (20 minutos);
- Constatado a não precipitação de PbI₂ por meio da filtração simples, as equipes, previamente organizadas, irão ser orientadas acerca da realização da extração ácida do rejeito para verificar a precipitação ou não de PbI₂, por esse método. Cada equipe receberá do pesquisador, um copo de vidro, duas colheres de plástico, um funil de plástico, dois papéis filtro (filtro de café), uma garrafa pet de 250 mL, uma pipeta Pasteur de 3 mL, as amostras coletadas pelas equipes e que estavam sob posse do pesquisador, além de máscaras e luvas de vinil para realização da experimentação (10 minutos);
- Após isso, o pesquisador orientará as equipes a pesarem 40 g do rejeito, utilizando o copo de vidro e uma balança para a pesagem com precisão de 0,1g. Após pesado, a massa do rejeito pesado será anotada e o próprio pesquisador (por questões de segurança) irá adicionar cerca de 30 mL de uma solução 0,5 mol/L de HNO₃ no rejeito pesado e um integrante de cada equipe, utilizando a colher, irá agitar a mistura por cerca de 10 minutos. Enquanto a extração ácida acontece, o pesquisador irá questionar os estudantes, acerca de o porquê de utilizar um composto que se comporta como ácido, nesse experimento. Esse será um momento de muitas discussões em sala (20 minutos);
- Terminada esta etapa de extração ácida do rejeito, os estudantes, utilizando a garrafa pet, o funil de plástico e o papel filtro, irão filtrar todo o rejeito extraído e posteriormente adicionar 6 mL de iodeto de potássio (KI), utilizando a pipeta Pasteur de 3 mL e observar o que acontece (10 minutos);
- Após a constatação da presença de chumbo nas amostras do rejeito, o próximo passo é filtrar o precipitado amarelo gerado, como forma de separá-lo dos demais componentes, para que caso haja tempo, o PbI₂ formado seja pesado e posteriormente analisado em parâmetros percentuais e em valores de massa, comparando com a massa total de rejeito, pesado previamente. Essa análise será realizada com base nos resultados da experimentação e considerando as equações químicas, abaixo (30 minutos);





- Finalizado essa etapa de análise de filtragem do precipitado formado, ele será pesado utilizando um copo de vidro e um papel de filtro previamente pesado na balança. Nesse momento, será comparado o valor da massa obtido com a massa de rejeito pesado previamente (Pesquisador juntamente com os estudantes), no início da experimentação. Aqui os estudantes irão responder alguns questionamentos nos cadernos das equipes, considerando todas as etapas da pesquisa realizadas até o momento e irão se preparar para proporem uma solução para o problema de contaminação por chumbo em Boquira/BA, na última etapa dessa pesquisa (25 minutos);
- A título de curiosidade, o pesquisador irá finalizar o encontro demonstrando uma extração ácida de um solo de coloração diferente, de uma região diferente da bacia de rejeitos, mas do mesmo município de Boquira/BA, e posterior reação com KI, para comprovar a não precipitação e PbI_2 , comprovando que no rejeito analisado anteriormente, existe altas concentrações de chumbo (15 minutos).

Recursos (Materiais e reagentes)

- Solução de iodeto de potássio (KI) 1 mol/L;
- Solução de ácido nítrico (HNO_3) 0,5 mol/L;
- 4 amostras de rejeito coletadas pelas equipes;
- 4 garrafas PET;
- 6 copos de vidro;
- Colheres de plástico;
- Balança digital;
- Tubetes;
- Frasco de plástico;
- Frascos de vidro;
- Papel Filtro (filtro de café)
- Funis de plástico;
- Etiquetas;
- Piloto;
- Quadro branco;

Conhecimentos Científicos

- levantamento de hipóteses, argumentação, justificativa, observação, explicação, organização e análise de dados, teste de hipóteses.

Conceitos Químicos

- Chumbo, elementos químicos, soluções, reações químicas, balanceamento de reações, número de oxidação, metais, filtração simples, ligações químicas, íons, ácidos, cinética química, equilíbrio químico.

Sistema de Avaliação

- Avaliação se dará de forma qualitativa, na qual será analisado o poder de argumentação e a desenvoltura dos estudantes na realização da experimentação, bem como os seus questionamentos, dúvidas ou posicionamentos acerca das possíveis consequências da bacia de rejeitos para o Município de Boquira/BA e acerca dos valores de Pb obtidos em sala.

Bibliografia Básica

- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. 1 ed. Rio de Janeiro: Contraponto Ltda, 1996. 316 p.
- GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: Uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 326-331, dez. 2004.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, nov. 1999.
- GONÇALVES, F. P. **O Texto de Experimentação na Educação em Química**: discursos pedagógicos e epistemológicos. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- GONÇALVES, F. P.; FERNANDES, C. S.; SZPOGANICZ, B; VIEIRA FILHO, V. J. V.; YUNES, S. F.; MARQUES, C. A.; MACHADO, A.A.S.C. Atividades experimentais em articulação com a abordagem cts na educação em química/ ciências. *In*: GONÇALVES, F. P.; FERNANDES, C. S.; YUNE, S. F. **Experimentação no ensino de ciências na interação entre educação superior e educação básica**. Ponta Grossa (Pr): Editora Atena, 2018. Cap. 1. p. 01-22.

Bibliografia complementar

- SANTOS, W. L. P; SCHNETZER, R. P. **Educação em Química**: compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí - Rs: Unijuí, 2010. 160 p.

Adelson Sousa Barbosa
 Pesquisador Principal

Maurício Silveira
 Orientador

APÊNDICE G – Planejamento de aula para a quarta etapa de aplicação da SD



PLANO DE AULA

IX Encontro: Discussão e socialização dos resultados obtidos pelas equipes.

Escola	Colégio Estadual de Boquira (CEB)	Data da aula	31/10/2023		
Pesquisador	Adelson Sousa Barbosa				
Orientador (a)	Maurício Silva Araújo				
Série/Itinerário	1ª Série – transdisciplinar	Abordagem	CTS	CH	90 minutos
Disciplina	Aula de Estações do VI				

Objetivos

- Identificar, considerando a saúde do meio ambiente e da população boqueirense, a necessidade de recuperação da área de depósito do resíduo tóxico a céu aberto na zona rural do Município;
- Analisar as possíveis soluções para esse caso, considerando a ciência química como componente essencial para esse processo de recuperação da área de depósito dos resíduos minerais.

Estratégias

- De início o pesquisador irá recapitular e discutir com a turma acerca do encontro anterior, intitulado como: “*Experimentação em sala II- Extração ácida do resíduo e reação com iodeto de potássio (KI)*”. Nesse momento será analisado os valores de massa que cada equipe pesou de PbI_2 , como forma de conferir se de fato as massas de Pb obtidas são coerentes. Também será o momento oportuno para discussões acerca de algumas limitações do método de análise da aula anterior (15 minutos);
- Após esses cálculos, o pesquisador irá apresentar às equipes os valores orientadores de substâncias químicas para solos, determinados pela resolução CONAMA nº 420/2009, como forma de comparativo entre as massas de Pb obtidas pelas equipes e os limites de segurança, determinados na resolução, para chumbo no solo de áreas residenciais. Será discutido também alguns contextos dos estudos de Bertolino *et al.* (2014), Cunha *et al.* (2016) e Paes (2022) (20 minutos);
- Terminado essa etapa, o pesquisador irá conversar com a turma acerca da gravidade do caso de contaminação por chumbo em Boquira/BA. Nesse momento o pesquisador irá instigar os estudantes

acerca da gravidade da situação. Como a química poderia se envolver na resolução desse problema? (10 minutos);

- Partindo para a finalização da pesquisa, cada equipe apresentará a sua solução para o problema de contaminação por chumbo em Boquira/BA, considerando a química, de forma integrada com outras áreas, como ciência primordial na resolução ou em buscas para a solução desse problema grave de saúde pública (45 minutos).

Recursos

- Piloto;
- Quadro branco;

Conhecimentos Científicos

- levantamento de hipóteses, argumentação, justificativa, observação, explicação

Conceitos Químicos

- Chumbo, elementos químicos, reações químicas, tabela periódica.

Sistema de Avaliação

- Avaliação se dará de forma qualitativa, em que será avaliado a desenvoltura das equipes em discutir sobre o caso e proporem uma solução considerando todo os impactos negativos a bacia de rejeito para o município bem como todo os dados analisados, a partir da realização da pesquisa, considerando a ciência química, juntamente com as demais áreas, enquanto ciência promissora para a resolução do problema.

Bibliografia Básica

- BERTOLINO, L. C.; ALVES, F. E. A.; MENDES, J. C.; NEUMANN, R. Caracterização mineralógica preliminar de amostras do rejeito da antiga mineração de chumbo em Boquira, Bahia. **Comunicações Geológicas** 101, Especial II, p. 965-968, 2014.
- CONAMA. **Resolução nº 420 de 13 de dezembro de 2009**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas: Brasília, DF.
- CUNHA, F. G.; VIGLIO, E. P.; ANJOS, J. Â. S. A.; LOUREIRO, T. B. **Estudos geoquímicos no município de Boquira - Estado da Bahia**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2016. 37 p.

- DALTRO, R. R. **impactos ambientais nos recursos hídricos por metais tóxicos: o caso do município de Boquira, no semiárido baiano.** 2017. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.
- PAES, É. C. **Predição e espacialização de elementos potencialmente tóxicos em solos no entorno de pilha de rejeito de mineração: riscos à saúde humana e fitorremediação.** 2022. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Planta), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, dez. 2002.
- SANTOS, W. L. P; SCHNETZER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania.** 4. ed. Ijuí - Rs: Unijuí, 2010. 160 p.

Bibliografia complementar

- ANDRADE, Á. A. X.; SOARES, E. M. B.; CUNHA, D. A.; OLIVEIRA, M. L. R. Riscos e incertezas: a realidade pós-extração do minério de chumbo em boquira/ba. **Interações**, Campo Grande, Ms, v. 18, n. 1, p. 103-117, 10 mar. 2017.
- GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: Uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 326-331, dez. 2004.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, nov. 1999.
- GONÇALVES, F. P. **O Texto de Experimentação na Educação em Química: discursos pedagógicos e epistemológicos.** 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- LEFF, E. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder.** Tradução de: Lúcia Mathilde Endlich Orth. 4. ed. Petrópolis, Rj: Vozes, 2001. 494 p

Adelson Sousa Barbosa
 Pesquisador Principal

Maurício Silveira
 Orientador