

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Faculdade de Educação – FaE

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais -CECIMIG

Especialização em Educação em Ciências

ROBERTA CRISTINA GOMES ARAUJO

MINERAÇÃO E SUAS CONTROVÉRSIAS: desafios de uma abordagem CTSA

Belo Horizonte

2019

ROBERTA CRISTINA GOMES ARAUJO

MINERAÇÃO E SUAS CONTROVÉRSIAS: desafios de uma abordagem CTS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Especialização em Educação em Ciências, do Centro de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de especialista.

Área de concentração: Ensino de Ciências.

Orientador(a): Daniela Campolina

Belo Horizonte

2019

A663m
TCC

Araújo, Roberta Cristina Gomes, 1986-
Mineração e suas controvérsias [manuscrito] : desafios de uma
abordagem CTSA / Roberta Cristina Gomes Araújo. - Belo Horizonte,
2019.

35 f. : enc, il.

Monografia -- (Especialização) - Universidade Federal de Minas
Gerais, Faculdade de Educação.

Orientadora: Daniela Campolina Vieira.

Bibliografia: f. 30-35.

1. Educação. 2. Educação ambiental. 3. Ciências (Ensino médio) --
Estudo e ensino. 4. Minas e mineração -- Ruína de estruturas.
5. Barragens de rejeitos -- Aspectos ambientais. 6. Água -- Conservação
-- Estudo e ensino (Ensino médio). 7. Abastecimento de água.
8. Aprendizagem por atividades. 9. Nova Lima (MG) -- Educação.
I. Título. II. Vieira, Daniela Campolina, 1983-. III. Universidade
Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 363.70071

Catálogo da Fonte : Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)

Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O

Dados de Identificação:

ALUNO: ROBERTA CRISTINA GOMES ARAUJO

TÍTULO DO TRABALHO: *Divulgação e suas contradições:
desafios de uma abordagem CTS-A.*

Banca Examinadora:

Professor Orientador: Daniela Campolina Vieira

Professor Examinador: Claudio Sergio Estevam

Parecer:

Aos *30* dias do mês de *novembro* de *2019*, reuniram-se na sala *501* do CECIMIG, o professor orientador e o examinador, acima descritos, para avaliação do trabalho final do(a) aluno(a) *Roberta Cristina Gomes Araujo*. Após a apresentação, o(a) aluno(a) foi arguido e a banca fez considerações conforme formulário anexo:

Assim sendo, a banca considera o trabalho () aprovado
() aprovado mediante modificações com entrega até 03/02/2020
() reprovado. Agendamento de nova defesa até 27/02/2020

Belo Horizonte, *30* de *novembro* de *2019*.

Assinatura da banca:

Daniela Campolina Vieira / Claudio Sergio Estevam

NOTA: *9,4*

Obs: no caso da banca indicar reformulações, o orientador deverá encaminhar ao colegiado, ao final do prazo estipulado, carta informando se as modificações foram feitas conforme recomendado pela banca examinadora. O colegiado, então, submeterá o parecer a aprovação.

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 REFERENCIAIS TEÓRICOS	11
2.1 Abordagem CTSA e Controvérsias Sociocientíficas	11
2.2 Controvérsias Sociocientíficas de Forte Impacto Local (CoSFIL)	14
3 METODOLOGIA	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Categoria Importância da Mineração	18
4.2 Categoria localização	20
4.3 Categoria barragens	21
4.4 Categoria nível de confiabilidade nas tecnologias de barragens	22
4.5 Categoria Gestão	26
4.6 Tomada de decisão	27
5 CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	30

RESUMO

Este artigo apresenta a estruturação e análise de uma sequência didática desenvolvida em uma escola pública em Nova Lima. Cidade que possui grande histórico com a atividade minerária. A sequência didática foi desenvolvida com alunos do 3º ano do ensino médio, aborda as Controvérsias Sociocientíficas de forte impacto local (CoSFIL) a partir do foco nas barragens de rejeitos, em uma perspectiva de análise do território. Foram discutidas diferentes percepções de riscos e as formas de ser atingido, sendo a questão da insegurança hídrica uma das vertentes de análise. O objetivo da sequência foi envolver os alunos numa abordagem CTSA e CoSFIL que permitisse trabalhar na construção de conhecimentos, valores e habilidades essenciais na tomada de decisões diante de situações envolvendo mineração. Os resultados demonstraram o desafio em se produzir materiais e uma sequência didática sobre uma temática controversa em âmbito local, mas também apontou uma boa aceitação dos estudantes em relação as atividades didáticas desenvolvidas.

Palavras-chave: Barragens de rejeitos. Questões controvérsias. Ensino em ciências.

ABSTRACT

This article presents the structuring and analysis of a didactic sequence developed in a public school in Nova Lima. City that has great history with mining activity. The didactic sequence was developed with students from the 3rd year of high school, addressing the Socio-scientific Controversies with strong local impact (CoSFIL) from the focus on tailings dams, in a perspective of territorial analysis. Different perceptions of risks and ways of being reached were discussed, with the issue of water insecurity being one of the aspects of analysis. The purpose of the sequence was to involve students in a CTSA and CoSFIL approach that would allow them to work on building essential knowledge, values and skills in decision-making in situations involving mining. The results demonstrated the challenge of producing materials and a didactic sequence on a controversial topic at the local level, but also pointed out a good acceptance by students in relation to the didactic activities developed.

Keywords: Tailings dams. Controversial issues. Science teaching.

1 INTRODUÇÃO

A mineração está intimamente ligada à história e à formação do Estado de Minas Gerais. No período colonial, a partir de 1690, já havia centenas de lavras de ouro aluvionar (ouro da atividade garimpeira que segundo Lins (1992), é o reboque e desgaste do minério de ouro pelos rios, riachos e planícies de cascalho) na região Central do Estado. A partir de 1700, Minas produziu cerca de dois terços do ouro e boa parte das gemas e diamantes extraídos no Brasil. Essa produção mineral fomentou a abertura de estradas, a implantação de núcleos urbanos, a unificação do território, a criação de uma estrutura administrativa própria e a construção da Estrada Real. Cidades como Ouro Preto, Congonhas, Nova Lima, Sabará, São João Del Rei, Tiradentes, Diamantina, Serro e várias outras prosperaram em torno das minas (ALVES, 2008).

Segundo Silva (2006) nas atividades de extração mineral, os problemas no relacionamento com a comunidade são habituais próximo à região de mineração, correspondente a ação de perfuração e desmonte de rochas. Mas, os impactos da mineração vão muito além da área de extração de mineral, assim como sua abrangência vai além do complexo minerário onde se extrai e beneficia o minério. E nem sempre as pessoas sabem do risco ao qual podem estar submetidas em relação a mineração (SILVA, *et al.* 2006).

Minas Gerais ficou marcada por duas tragédias ocorridas; em 2015 em Bento Rodrigues e em 2019 em Brumadinho, devido ao rompimento de barragens de contenção de rejeitos e ainda sofre com insegurança de várias outras barragens que seguem com risco de rompimento e possibilidades de novos desastres. De acordo com dados da Agência Nacional das Águas (ANA, 2018), Minas Gerais é o estado que mais tem barragens de todos os tipos no Brasil e concentra 65% das barragens de contenção de rejeitos existentes no país. Estas concentram-se especialmente na região do quadrilátero ferrífero-aquífero, onde se localizam grandes complexos minerários e também a região mais populosa do estado.

No caso do desastre dos rompimentos, são tratados pelos autores, não como episódios, mas, processos que continuam ocorrendo e causando afetações, pois seus efeitos ainda são vivenciados em diversas localidades, territórios. Tragédias estas que vêm causando além do sofrimento coletivo, impactando o abastecimento e diversas formas de vida e de geração de renda, também desencadearam o desequilíbrio ambiental, proliferação de doenças, além de ameaçar diversas espécies.

A atividade minerária envolve muitas controversas e relações entre Ciência-Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) apresentando-se como também grande potencial didático no intuito de uma educação problematizadora e para a tomada de decisão. Dentre as controversas associadas a mineração podemos citar a questão da insegurança de suas barragens de rejeitos. Estas podem ser consideradas Controvérsias Sociocientíficas (CSC), que segundo KRUPCZAK *et al.* (2019) são situações polêmicas, envoltas em questões éticas e morais, relacionadas à C&T e à forma como estas afetam a sociedade.

Campolina *et al.*(2019), afirmam que a mineração é um exemplo de Controvérsias Sociocientíficas de Forte Impacto Local (CoSFIL). Segundo as autoras, CoSFIL são questões controversas, geralmente vinculadas a conflitos ambientais, em situações nas quais o discurso técnico tende a silenciar os possíveis riscos e impactos, especialmente locais, muitas vezes “para um bem comum”. Estas controvérsias são vivenciadas de maneira distinta pelas comunidades que são afetadas por determinada atividade econômica que disputa o uso do território. A falta de informações torna possíveis afetados ainda mais vulneráveis, pois muitos simplesmente desconhecem dos riscos aos quais estão e/ou possam estar submetidos.

Além da CoSFIL relacionada a insegurança de barragens, outra controvérsia sociocientífica vinculada a mineração de ferro em MG, refere-se a situação específica envolvendo o território do quadrilátero ferrífero, também chamado por ambientalistas e pesquisadores como quadrilátero ferrífero-aquífero. Segundo Lamounier (2011) no quadrilátero ferrífero (região localizada no centro-sul de Minas Gerais, maior produtora nacional de minério de ferro) existe o bem mais precioso

para a sobrevivência de todos os seres vivos: Estes são essenciais no abastecimento da capital, da região metropolitana e de várias cidades ao longo dos principais rios do estado.

Outras especificidades ainda contemplam a região do quadrilátero. Além da mineração de ferro destruir o espaço geográfico em que se encontra os aquíferos, o abastecimento das cidades também está ameaçado pelas barragens de rejeitos de mineração. O exemplo mais crítico é o caso do Rio das Velhas. Em torno de 80 barragens de rejeitos localizadas no alto da bacia hidrográfica¹ do Rio das Velhas como mostra a Figura 1, comprometem o abastecimento de 70% da população de Belo Horizonte e 40% da região metropolitana, pois encontram-se acima da captação de água da estação de tratamento da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), estação de “Bela Fama”, localizada na cidade de Nova Lima- MG, distrito de Honório Bicalho.

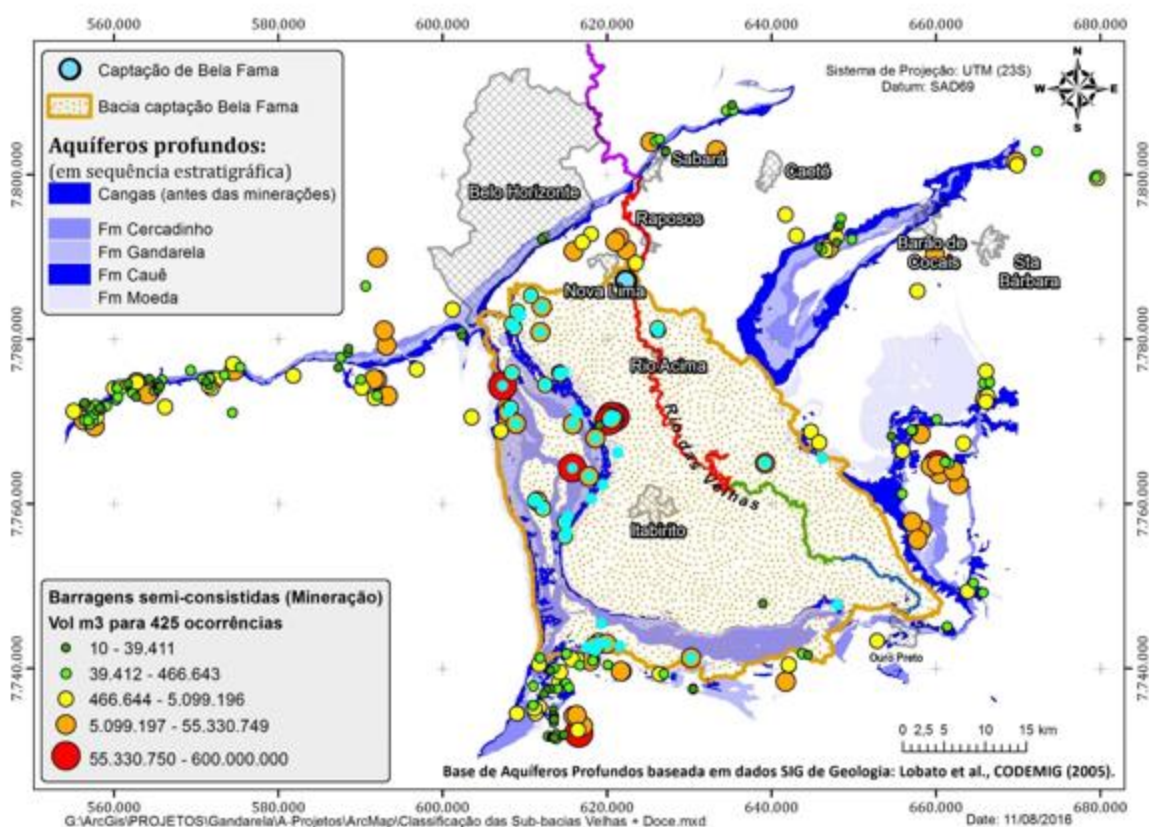


Figura 1: Mapa das barragens de rejeitos acima Bela Fama – (MovSAM, 2018)

¹Bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático (Barrella, *et al.* 2000, p. 188)

Diante desse contexto, o presente artigo apresenta a análise de uma intervenção pedagógica desenvolvida por meio de uma sequência didática, sobre controvérsias ligadas a mineração, com destaque para os casos de insegurança hídrica e insegurança de barragens. A intervenção foi elaborada, aplicada e analisada, como requisito de formação do Curso de Especialização: “Educação em Ciências”, da faculdade de educação da Universidade Federal de Minas Gerais (FAE-UFMG).

A intervenção pedagógica foi desenvolvida com alunos do 3º ano do ensino médio da Escola Estadual Josefina Wanderley Azeredo, situada na cidade de Nova Lima. A escola encontra-se em um bairro banhado pelo Rio das Velhas², onde se localiza a “Captação da Bela Fama” o principal ponto de captação da COPASA na região metropolitana. Outra especificidade do entorno da escola é o fato da região ser ameaçada por várias barragens de rejeitos, algumas delas em nível máximo de alerta de emergência, segundo dados da ANM (2019).

A elaboração da sequência contou com o desafio em pensar maneiras de se discutir, em um processo de ensino-aprendizagem no ambiente formal da sala de aula, de maneira interdisciplinar tragédias vinculadas a mineração, suas consequências e possibilidades de participação dos alunos frente as controvérsias de insegurança de barragens e insegurança hídrica envolvendo essa atividade econômica.

De acordo com dados da prefeitura municipal de Nova Lima, o município possui cerca de 90 mil habitantes, localizado há 18km de Belo Horizonte e possui história com atividades vinculadas à extração mineral. A cidade por muitos anos sobreviveu da produção do ouro após a descoberta da Mina de Morro Velho, por volta de 1720, onde por centenas de anos foi explorado obtendo quantias significativas de ouro e se tornando a mina mais profunda do mundo. (De Souza *et al.*, 2003). Segundo De Souza (2003) entre 1820 e 1860, a região foi responsável pela produção de 50,7% do total de ouro produzido no país.

² Rio brasileiro localizado na região central do estado de Minas Gerais. Ele nasce no município de Ouro Preto e deságua (foz) no seu principal afluente, o rio São Francisco, no município mineiro de Várzea da Palma.

O minério de ferro atualmente é a principal riqueza explorada no município. A exploração em larga escala iniciou-se em 1958, pela Minerações Brasileira Reunidas – MBR, que hoje integra a VALE S.A. Atualmente o município é o primeiro colocado na lista dos que mais arrecadam CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais) no estado de MG, e o terceiro colocado na lista dos municípios que mais arrecadam no Brasil, de acordo com dados da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2019) referentes ao mês de junho de 2019.

A intervenção pedagógica objetivou a discussão sobre controvérsias ligadas a atividade minerária em uma perspectiva territorial, considerando o contexto do município diante da problemática. Acreditamos que as atividades desenvolvidas possam contribuir com o aprendizado e problematização de uma temática que envolve o contexto de vida dos alunos, pois estes residem em um território em que o risco frente a várias barragens de rejeitos faz parte do cotidiano. As atividades didáticas elaboradas visaram proporcionar um debate que possibilite aos alunos opinarem sobre CoSFIL relacionadas à mineração, contribuindo para a formação científica e crítica dos estudantes. As atividades possibilitaram a identificação de fenômenos que ocorrem ao seu redor, estimulando-os a apresentar medidas de solução ou melhoria para tal fato.

Serão analisados os desafios em se estruturar e desenvolver uma sequência didática como abordagem CTSA e com as especificidades locais (CoSFIL) e como influenciaram na escolha das atividades didáticas. Serão analisados também alguns impactos das atividades desenvolvidas na aprendizagem dos alunos em relação as CSC ligadas mineração no território em que vivem.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 Abordagem CTSA e Controvérsias Sociocientíficas

Segundo Gouveia (2009), nas últimas décadas, discussões sobre questões ambientais tornaram mais constantes em nossas vidas. Estão presentes no cotidiano de todos e são problemas cada vez mais presentes na sociedade. Ainda

mais, a proximidade dos problemas ambientais da vida do aluno é característica que favorece o trabalho no que diz respeito à formação do educando enquanto cidadão que interage com o mundo e é capaz de transformar seu entorno (GOUVEIA, 2009, p.52). As questões ambientais quando vistas de uma recorte mais local, tendem a expressar conflitos ambientais. Entende-se por conflito ambiental aquele que surge dos distintos modos de apropriação técnica, econômica, social e cultural do mundo material (ZHOURI *et al.*, 2016, p. 36).

Em Minas Gerais, a mineração envolve diversos conflitos ambientais: território de vida, água, ameaça de barragens, poluição. Segundo Zhouri *et al.* (2016, p. 36) “A intensificação de investimentos extrativos primários voltados à exportação em Minas Gerais tem resultado na multiplicação dos conflitos sociais e ambientais”. Os autores associam esses conflitos também às incertezas geradas pela mineração como expresso no seguinte trecho:

“Nesse contexto, sob a égide de uma harmonia coerciva, escamoteia-se a discussão acerca do modelo de desenvolvimento adotado, os riscos envolvidos nas atividades econômicas priorizadas e as responsabilidades dos agentes corporativos na profusão de incertezas e danos.” (ZHOURI *et al.*, 2016, p. 38).

Considerando que a finalidade do Ensino em Ciências numa perspectiva CTSA e abordara Ciência em uma visão integrada, relacionando-a com a Tecnologia e evidenciando os impactos que estas têm na Sociedade e no Ambiente, bem como a influência que a Sociedade/Ambiente tem no desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia (FERNANDES *et al.*, 2018), a mineração e suas controvérsias, apresentam-se como grandes potenciais didáticos.

Reis e Galvão (2005), afirmam que é importante dar ênfase a temas com aspectos controversos que promovem o debate entre os estudantes, o que pode retratar um estímulo metodológico, já que estamos tratando abordagens contrárias à cultura escolar, com o sistema tradicional de ensino centrado em disciplinas no cenário de poder do professor especialista.

Deste modo a abordagem CTSA opõe-se a um ensino em ciência tradicional e permite adequar os conteúdos programáticos a uma nova compreensão da ciência,

mais real e mais dinâmica e, ao mesmo tempo, menos dogmática e neutra, refletindo as relações e interações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (FERNANDES *et al.*, 2018).

Zuin e colaboradores (2008), afirma que os temas controversos, que acoplam a ciência e a sociedade, são denominados de situações sociocientíficas polêmicas e a resolução destes não se dá apenas por meio da análise das evidências como outras situações na ciência.

Sadler e colaboradores (2004), afirmam que introduzir situações da atualidade às aulas de ciências, ou seja, a abordagem de questões controversas requer atenção especial às considerações éticas, morais e valorativas de assuntos sociais com os aspectos conceituais, metodológicos e tecnológicos ligados à ciência. Ou seja, é um tema que é abordado diferentemente do tipo de problema que comumente é focado nas aulas de ciências, onde tradicionalmente apresenta delimitações e pode ser compreendido pelo conhecimento disciplinar disponível e objetivo.

(...) os problemas sociocientíficos são pouco delimitados, multidisciplinares, heurísticos, carregados de valores (invocando, por exemplo, valores estéticos, ecológicos, morais, educacionais, culturais e religiosos) e afetados pela insuficiência de conhecimento. Geralmente, o envolvimento neste tipo de problemas conduz a diversas “soluções” alternativas, cada uma das quais com aspectos positivos e negativos. A partir destas diferentes propostas, toma-se uma decisão informada que envolve a consideração e o desafio de opiniões, dada a impossibilidade de recurso a qualquer algoritmo para a avaliação das potencialidades e limitações (REIS, 2006, p. 66-67).

Para Freitas *et al.* (2006) as situações de ensino e aprendizagem baseadas na discussão de problemáticas, questões sociocientíficas (QSC) revelam um grande potencial na construção de uma visão mais real do desenvolvimento da ciência e como esta pode auxiliar na formação da cidadania crítica. Trabalhar QSC podem contribuir para a promoção do desenvolvimento cognitivo e emocional dos alunos, pois o envolvimento dos mesmos na análise e discussão de problemas que contemplem as relações CTSA permite elaborar uma compreensão mais profunda de aspectos centrais da natureza da ciência e da tecnologia, bem como suas implicações na nossa sociedade (FONTES *et al.*, 2004; Reis e Galvão, 2004; ZUIN *et al.*, 2006).

2.2 Controvérsias Sociocientíficas de Forte Impacto Local (CoSFIL)

Campolina *et al.* (2019) propõe trabalhar QSC controversas em um recorte territorial é também um processo que estimula o olhar sobre a geoespacialidade de problemáticas que possuem vertentes sócio-econômica-ambientais, a esta abordagem designam de Controvérsias Sociocientíficas de Forte Impacto Local (CoSFIL). Os autores também afirmam que a abordagem CoSFIL, por discutir QSC em nível territorial contribuem para a formação cidadã e propicia tomadas de decisão que possam influenciar na gestão do território em que vivem. Entender QSC e seu desenrolar no território é também perceber os riscos aos quais os alunos e professores estão e podem estar submetidos, assim como identificar mecanismos de participação e controle social que podem realmente influenciar na tomada decisões. Sugerem que mais do que uma abordagem didática, os contextos de CoSFIL, estimulam o empoderamento da comunidade e este tem na escola um grande aliado. Mas, afirmam que há grandes desafios para a abordagem, dentre eles destaca-se a falta de materiais didáticos e formação de professores.

Neste sentido CoSFIL são potenciais didáticos em uma proposta de ensino em ciências contextualizado e que objetiva formar cidadãos críticos. Para tal, a discussão de controversas sociocientíficas que envolvam situações de risco considerando-se território de vida do aluno e professor são também caminhos necessários para o abandono da concepção de um progresso como algo linear e consequência direta da C&T. Os rompimentos de barragens em MG tem exemplificado como a ciência não é neutral, é limitada e insuficiente na resolução de conflitos socioambientais envolvendo QSC (CAMPOLINA *et al.*, 2018). A mineração em MG segue ameaçando pessoas e ecossistemas, além de inviabilizar algumas formas de produção e de vida.

Dentre as controvérsias vinculadas a mineração no município de Nova Lima, que integra o território do quadrilátero ferrífero-aquífero de MG, a intervenção pedagógica refere-se insegurança hídrica e mais intensamente à (in)segurança de barragens de rejeitos. Esta é uma CoSFIL, uma “situação visceral” (CAMPOLINA *et al.*, 2018), tanto que a população está vivendo sob incertezas e ameaças quanto ao

rompimento de barragens, ameaça de crise hídrica entre outras situações já informadas anteriormente.

3 METODOLOGIA

A estruturação de uma sequência/intervenção didática iniciou-se com uma revisão bibliográfica sobre a temática de insegurança de barragens na região em que escola se localiza, com a posterior seleção e produção de materiais a serem utilizados na sequência, especialmente na apresentação em PowerPoint que correu na 6^o etapa. A proposta de intervenção elaborada foi apresentada à direção e supervisão da escola que a aceitaram sem ressalvas. A intervenção foi desenvolvida com alunos do 3^o ano, divididos em duas turmas, totalizando 65 estudantes. Inicialmente um questionário montado na plataforma do “Google” contendo 12 perguntas com questões dissertativas e de múltipla escolha divididas em categorias: importância econômica da mineração; localização (quadrilátero ferrífero, bacia hidrográfica); barragens; gestão, com intuito de avaliar previamente os conhecimentos dos alunos.

Os dados analisados referem-se ao questionário de levantamento prévio, comparando-o com os materiais e sequência de atividades e o jornal elaborado pelos estudantes. Esses dados foram tabulados de acordo com 4 categorias:

- 1- Importância econômica da mineração (CFEM e se os alunos acham a atividade minerária importante para a cidade);
- 2- Localização (quadrilátero ferrífero, bacia hidrográfica – o que é e a qual o município faz parte);
- 3- Barragens (localização, nível de segurança, eficiência de tecnologias, toxidade ou não da lama, impactos de rompimentos);
- 4- Gestão (quem fiscaliza e quem autoriza construção de barragens).

E ao final da atividade de intervenção (etapa 5) os estudantes foram divididos em grupos de 6 integrantes para responder e discutir as questões do questionário final distinto do primeiro, com questões mais aprofundadas, dividido em cinco categorias: mineração e história da mineração em MG; atividades de mineração em Minas

Gerais e em Nova Lima atualmente; economia (arrecadação do CFEM em Minas e no Brasil); tecnologias de barragens e nível de confiança; papel da ciência e tecnologia na utilização de barragens de rejeitos e insegurança hídrica.

Abaixo segue o quadro 01 com o resumo das atividades desenvolvidas.

Quadro 1- Estrutura da sequência didática

ETAPA	QUANTIDADE DE AULAS (50' CADA).	ATIVIDADES
1	1	1- Levantamento de conhecimentos prévios dos alunos sobre mineração e barragens: Questionário: Link: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSe8juOPVZ0Bzbva05j5FXQ-lj2bYaic1bxxlZqV83zL5kRQVA/viewform?usp=pp_url
2	1	1- Exibição do vídeo: “O que seria do mundo sem mineração” e discussão sobre a importância da mineração. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=fZVUfwQZSXY Recursos: Computador, Data show
3	2	1- Aula expositiva: Mapeando a rede hídrica da região e mapeando as barragens de rejeitos existentes na região. Exibição de imagens de satélite com indicação da localização de barragens, rede hídrica e proximidade em relação à escola. 2- Análise e discussão da reportagem (“Bomba Relógio: Barragens no alto do Rio Das Velhas ameaçam abastecimento de água da BH”) Disponível em: http://cbhvelhas.org.br/noticias/bomba-relogio/ Recursos: Computador, Datashow, Google Earth
4	2	1- Discussão sobre a segurança das barragens de rejeitos em Minas Gerais e região 2- Análise das Matérias da Revista Manuelzão (“A vale já sabia; Como o licenciamento ambiental contribuiu para o desastre; Barragens que matam; Impactos do rompimento na saúde”) - edição 84: Por meio de interpretação de textos Recursos: Gravador
5	2	1- Questionário final mineração e história da mineração em MG; atividades de mineração em Minas Gerais e em Nova Lima atualmente; economia (arrecadação do CFEM em Minas e no Brasil); papel da ciência e tecnologia na utilização de barragens de rejeitos e insegurança hídrica. Recursos: Computador com acesso à internet, material escolar.
6	4	1- Apresentação do PowerPoint: “controvérsias da mineração” 2-Proposta de elaboração de um jornal, pelos alunos, com intuito de um informativo sobre as barragens na região e seus possíveis impactos 3-Trabalho artístico de alunos expressando suas percepções sobre a tragédia ocorrida em Brumadinho. Exibição do vídeo: Quanto vale a vida. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=U2kwUnA7tpY Recursos: Computador, Datashow

Fonte: Autoria própria

A sequência contou com a participação de professores das disciplinas de biologia, química, geografia, história, língua portuguesa, artes nas etapas 3, 4, 5 e 6. Que

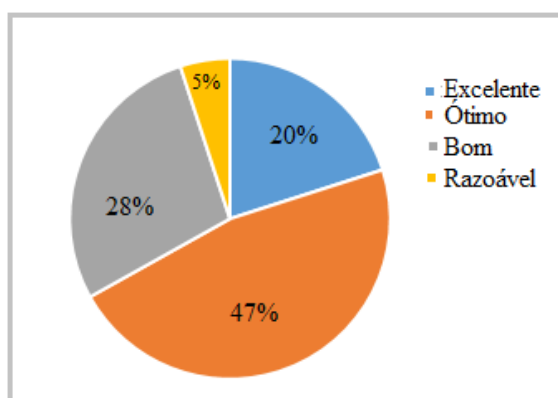
opinaram nas questões do questionário final de acordo com a respectiva disciplina. Durante as discussões da sequência didática, ocorrida em todas as etapas, foram realizadas gravações dos discursos dos estudantes após consentimento dos responsáveis assinados através de um termo de consentimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os alunos presentes que participaram do projeto, responderam ao questionário inicial e final, portanto, um total de 65 alunos responderam aos dois questionários e participaram de todas as etapas da sequência didática.

Durante todas as etapas da sequência didática, os alunos foram participativos e todos contribuíram para as atividades propostas. O projeto teve boa aceitabilidade por parte dos alunos conforme mostra o gráfico abaixo:

Gráfico 1. Aceitabilidade do projeto



Fonte: Autoria própria

Sendo que 6,6% dos alunos não opinaram nessa avaliação. Ao serem questionados se o projeto contribuiu para mudar sua posição e/ou seus conhecimentos em relação à atividade de mineração da sua cidade e sobre os riscos das barragens de contenção rejeitos, 73,3% dos alunos afirmaram que sim e 26,7% que talvez.

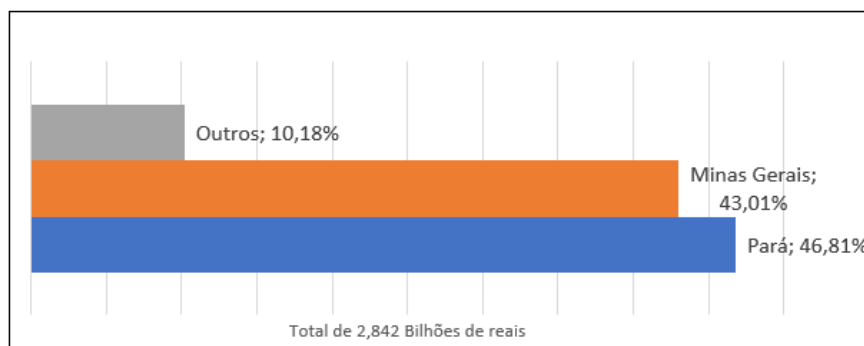
Como o questionário inicial e final abordaram questões diferentes, mas se tratando do mesmo assunto, foi perceptível no questionário final que os alunos estavam mais preparados e adquiriram mais conhecimentos, pois nas discussões apresentavam mais argumentos.

4.1 Categoria Importância da Mineração

Foram duas as questões nesta categoria: 1. Qual a importância econômica da mineração para o município de Nova Lima; 2. Referem-se ao conhecimento dos alunos sobre a arrecadação da CFEM, de acordo com dados da ANM de setembro de 2019, no Brasil.

O CFEM é um imposto recebido por municípios em que há cava de mineração e finaliza com o término de exploração da cava. Como os Complexos Minerários são extensos, muitas vezes as barragens, por exemplo, não se localizam no mesmo município em que estão as cavas de retirada de minério, portanto neste caso não recebem CFEM. Além de ser um imposto limitado ao tempo de produtividade da mina, o que pode levar a uma discussão sobre minero-dependência e como ficaria o município com o término das minas, algo que um dia ocorrerá. Segundo dados da ANM (2019) os estados de MG e Pará são os que mais arrecadam CFEM, como indica o Gráfico 02 abaixo:

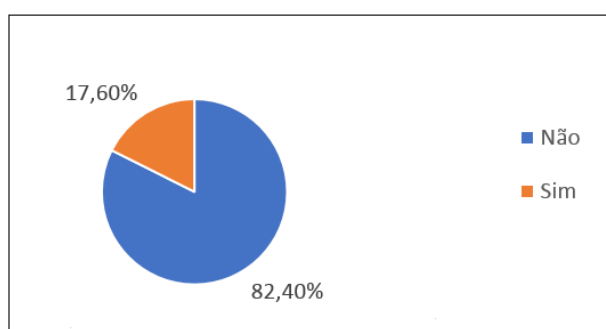
Gráfico 2. Maiores arrecadações de CFEM por Estado



Fonte: Elaborado pelas autoras com dados da ANM, 2019.

A maioria dos alunos (82,4%) afirmam não ter conhecimento deste imposto enquanto que 17,6% afirmam conhecer (Gráfico 03). Considerando que é um imposto que só é recebido quando a mina está em processo de exploração e a grande arrecadação de CFEM de Nova Lima (1ª lugar em MG e 3º lugar no Brasil), uma possibilidade didática pode ser a discussão do futuro da cidade quando as minas finalizarem suas atividades. A concepção de CoSFIL pode ser utilizada também como uma reflexão sobre a importância de se pensar em outras formas de geração de renda e uma transição econômica no município que deve levar em consideração o período de exploração das minas, visto que o CFEM não é um imposto ilimitado.

Gráfico 3. Conhecimento sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais(CEFEM)



Fonte: Elaborado pelas autoras

Sobre a importância da mineração, 45% responderam que a mineração é algo extremamente útil em nossas vidas, o problema é que os grandes empresários querem lucrar cada vez mais deixando de lado a preocupação com a sociedade. 31% responderam que a conscientização sobre os riscos e benefícios da mineração é importante. Com relação a importância da mineração para a cidade, grande maioria responderam que é importante pois consideram a cidade dependente da economia gerada pelas atividades de mineração, devido a geração de emprego e os lucros, mas não souberam associar isso ao CFEM e que este tem prazo para terminar (junto com a exaustão da mina) e que não é direcionado para manutenção e segurança de barragens, ou seja, mesmo quando a extração mineral terminar em determinada mina, as barragens permanecerão.

Durante a sequência foram trabalhados assuntos que abordaram a importância da mineração e sobre a mineração de forma geral (vídeo como seria o mundo sem a mineração), e o roteiro de pesquisa aprofundou questões relacionadas a cidade de Nova Lima, como importância da estação da ETA da cidade, barragens de rejeitos que ameaçam a rede hídrica da cidade, o que as mineradoras têm feito (ou não) para diminuir o risco de rompimento das barragens e como cobrar dos responsáveis mais segurança das barragens, assim como formas de cobrar dos responsáveis (empresa e governo) maior segurança das barragens.

Na apresentação em PowerPoint “Controvérsias da mineração” realizada na etapa 6 da sequência didática, foi apresentado aos estudantes a situação do município de Nova Lima em relação a atividade de mineração realizada próxima a mananciais; medidas adotadas pelas mineradoras na contenção de barragens de rejeitos e benefícios e malefícios trazidos pela mineração para a cidade, a partir de materiais produzidos por movimentos ambientalistas. Após a apresentação, os estudantes discutiram essas questões e foi perceptível a mudança na argumentação e respostas dadas com relação a importância da mineração para o município. Outra discussão importante, foi a possível contaminação do Rio das Velhas por rejeitos de mineração, já que a atividade minerária contribui para isso, e a possibilidade de estarem ingerindo água contaminada por rejeitos de minério e sobre a crise hídrica que podem enfrentar se os responsáveis pelas barragens não adotarem medidas necessárias na contenção dos rejeitos.

Além das discussões realizadas durante as etapas da sequência didática e por meio do questionário realizado pelos alunos, muitos alunos relataram a importância da mineração como essencial para a economia da cidade, independente de seus malefícios. Talvez pelo fato da própria legislação dificultar esse entendimento de não conseguirem perceber o risco ao qual estão submetidos, mas essa noção de risco deve estar associada a de território. A percepção de risco é variável dependendo de onde o estudante e professor residem, e o nível de conhecimento que possuem sobre localização e situação de barragens de rejeitos.

4.2 Categoria localização

Na categoria localização os alunos demonstraram conhecimento prévio razoável. Quanto ao quadrilátero ferrífero 54% dos alunos responderam a alternativa correta onde informava que o quadrilátero ferrífero é uma região do centro-sul de Minas Gerais maior produtora nacional de minério de ferro. E 64,9% dos alunos têm conhecimento que sua cidade faz parte do quadrilátero ferrífero. Quanto a ciência em relação as bacias hidrográficas, 73% dos alunos têm conhecimento sobre o que são bacias hidrográficas sendo que 90% sabem que a cidade de Nova Lima pertence a bacia do Rio das Velhas. É importante salientar a importância do conhecimento sobre bacias hidrográficas pelos estudantes já que a lama das barragens se desloca pelos rios no caso de rompimento, e a escola está localizada próximo a Rio das Velhas.

4.3 Categoria barragens

Na categoria barragens, referente ao conhecimento dos estudantes em relação a existência de barragens de rejeitos na cidade, 70% responderam que há barragens de rejeitos na cidade e que podem ser afetados por algumas dessas barragens. Em relação as tecnologias na mineração e segurança de barragens, 80% dos alunos tinham conhecimento sobre a ineficiência da tecnologia no monitoramento das barragens. Dados de 2018 da ANM informam que Nova Lima está entre os municípios mineiros com maior número de barragens de rejeitos, 35 barragens instaladas na cidade e 82 barragens de rejeitos localizadas no alto do Rio das Velhas; colocando-se em risco a população também devido a ameaça à segurança hídrica.

Sobre os impactos ambientais e sociais causados pela atividade mineradora, 87,8% afirmam que a mineração provoca impactos sociais e ambientais. Uma justificativa é o fato de muitos vivenciam problemas de silicose na família, uma CoSFIL relacionada a mineração Morro Velho que esteve ativa por muitos anos na cidade. Silicose é uma doença crônica fibrogênica, de evolução lenta, progressiva e irreversível causada pela inalação da poeira de sílica livre cristalizada (JANSEN, 1998)

Quanto aos impactos referentes a barragens de rejeitos, estes tendem a se intensificar se não houver políticas públicas e normas afim de evitar que as barragens sejam construídas e que haja maior fiscalização e monitoramento nas

que existem. Pois, nos últimos anos, o aumento na geração de resíduos sólidos gerados pelas indústrias siderúrgica e mineradora é cada vez maior, constituindo um problema ambiental devido as grandes áreas requeridas para disposição dos mesmos (FERREIRA *et al.*, 2016). No Brasil, dezenas de milhões de toneladas de rejeito de minério de ferro são geradas anualmente, o que corresponde a um grande passivo ambiental (DNPM, 2012). Grandes volumes de rejeitos minerais são convencionalmente descarregados em depressões naturais ou artificiais, rodeado por barragens e diques que são críticos para a integridade estrutural da bacia de contenção.

Assim como a barragem da Vale em Brumadinho, também a da Samarco em Mariana apresentavam classificação de risco baixa de acordo com dados da ANM e estabilidade garantida. Segundo Duarte (2008) de acordo ponto de vista ambiental, a classificação era na categoria III, a de mais alto risco, em função da altura do maciço, volume do reservatório, ocupação humana a jusante e interesse ambiental e instalações a jusante da barragem.

4.4 Categoria nível de confiabilidade nas tecnologias de barragens

Na categoria nível de confiabilidade nas tecnologias de barragens, 100% dos estudantes informaram que as barragens de rejeitos não são seguras e que as mineradoras responsáveis pelas barragens não têm investido em tecnologias adequadas quanto a segurança dessas barragens. Estudos indicam que há possibilidade de parte dos rejeitos da mineração ser reciclada e utilizada de forma sustentável, transformando esses rejeitos de mineração em recurso útil e proporcionando alternativas mais baratas na produção de concreto (UGAMA, EJEH, e AMARTEY, 2014; KURANCHIE *et al.*, 2015). Como forma de minimizar potenciais impactos das barragens e reaproveitamentos de materiais que irão reduzir a demanda por recursos naturais primários, autores como PEIXOTO (2016), ANDRADE (2014), COSTA, GUMIERI e BRANDÃO (2014), FONTES (2013) e COELHO (2008) também avaliaram as perspectivas para o reaproveitamento de parte dos rejeitos da mineração de ferro como materiais da construção civil.

Mas, segundo Wolff (2009), não há tecnologia economicamente viável que possa eliminar a água e as barragens de rejeitos do processo de mineração de ferro. Os procedimentos utilizados no beneficiamento atualmente não aproveitam todo o minério, em um processo ineficiente, gerando frações de rejeitos que inclui partículas grossas e finas, sendo normalmente dispostas em diques ou barragens, utilizando-se de pouca tecnologia e baixo custo (ROCHA, 2008). O ideal seria que todo produto da lavra fosse totalmente aproveitado, isto é, todo minério aproveitado economicamente, mas não é o que acontece. Geralmente o minério bruto é beneficiado gerando um concentrado e um rejeito significativo.

Contudo, os alunos passaram a conhecer os diferentes aspectos envolvidos na atividade de mineração bem como suas implicações para o meio ambiente. Porém, como destacado por Freire,

“Esta tomada de consciência não é ainda a conscientização, porque esta consiste no desenvolvimento crítico da tomada de consciência. A conscientização implica, pois, que ultrapassemos a esfera espontânea de apreensão da realidade, para chegarmos, a uma esfera crítica”. (FREIRE, 2006, p. 30).

Assim sendo, mesmo que o posicionamento crítico e a conscientização dos estudantes sendo concreta, conquistou-se um progresso no sentido de despertá-los para a situação com a qual se encontram. Sem dúvida que conquistar a criticidade, um parecer crítico sobre determinada situação, não é uma atribuição nada fácil. Envolve o desenvolver de um pensamento autônomo, de uma capacidade de analisar e de dialogar com outras pessoas, com diferentes posições. Provavelmente isso não será alcançado em uma etapa de intervenção de dois meses. Requer um estímulo contínuo, de uma presença ao longo de toda a formação e, mesmo assim, em alguns casos, pode ser que não seja alcançado. Especialmente em uma cidade com um histórico de séculos de atividade minerária.

A busca por informações sobre barragens, nomes, localização em relação a rede hídrica e ao município, foi o maior desafio na estruturação da sequência didática, especialmente devido à ausência de materiais didáticos referente à essa temática com informações específicas sobre o território. A informação sobre barragens no Brasil e em MG não está disponível facilmente: localização, nome da barragem,

empresa minerária, volume de rejeito, risco e nível de emergência são encontrados apenas em planilha da ANM que estão por cidades, mas por ela não é possível saber o percurso da lama não há por exemplo a localização das coordenadas geográficas. Para isso precisa-se ter informações como o caminho da lama, rio, bacia hidrográfica – que não estão disponíveis. No caso as bacias hidrográficas, são as primeiras a serem atingidas devido o caminho percorrido pela lama, ocorrendo a contaminação dos rios e até mesmo oceanos; comprometendo a utilização e qualidade da água. Impactando inclusive outras atividades econômicas, pois todos processos produtivos dependem de água para ocorrer.

Para se elaborar a apresentação em PowerPoint apresentando a CoSFIL enfrentamos muitos desafios, destacando para os diversos conceitos inclusive legais referentes a barragens de rejeitos e o risco que apresentam. Mas as classificações das barragens quanto ao *risco*, *dano potencial* e *nível de emergência* foi sem dúvida o maior dos desafios. Por isso o próprio processo de estruturação do material a ser utilizado na sequência, em especial o PowerPoint, foi também um momento de aprendizado para as pesquisadoras que contaram com materiais elaborados pelo Movimento pelas Serras e Águas de Minas³ dentre eles mapas e apresentações em PowerPoint que explicavam de maneira didática estes conceitos. Basicamente *risco* refere-se a situação da barragem e a probabilidade de romper (Quadro 2); *dano potencial associado* são estimativas referentes aos impactos socioambientais no caso de um rompimento e *nível de emergência* é uma situação específica que só é acionada em caso de constatadas irregularidades nas barragens que possam levá-las ao rompimento em um curto espaço de tempo. Há legislações específicas⁴ para estas classificações que utiliza inclusive de conhecimentos científicos para classificação (Quadro 2). No caso de *risco* e *dano potencial associado*, estes anualmente devem ser avaliados pelos órgãos governamentais de fiscalização, faz parte da rotina de fiscalização e pode ser alterado sua classificação caso constatada irregularidades. Estas quando ocorrem

³ O MovSAM é uma articulação de mais de 15 movimentos ambientalistas que atuam desde 2008 nas Serras produzindo conhecimento junto a grupos de pesquisa universitários e sociedade, desenvolvendo ações no intuito de informar sobre os impactos da mineração e impedir que ela avance no quadrilátero ferrífero, pois coloca em risco o abastecimento hídrico da capital e várias cidades do estado de MG.

⁴ Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 e Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 e Portaria DNPM nº 70.389, de maio de 2017.

geralmente levam ao acionamento do nível de emergência que é uma situação específica e transitória – no sentido que a mineradora deve tomar providências de imediato para sanar as irregularidades que levam a emergência acionada.

Quadro 2: critérios gerais para classificação de barragens quanto a categoria de risco


Critérios Gerais para Classificação de Barragens, quanto a Categoria de Risco.			
Nº	Características Técnicas	Estado de Conservação da Barragem:	Plano de Segurança da Barragem:
1	Altura do barramento;	Confiabilidade das estruturas extravasoras;	Existência de documentação de projeto;
2	Comprimento do coroamento da barragem;	Confiabilidade das estruturas de captação;	Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem;
3	Tipo de barragem quanto ao material de construção;	Eclusa;	Procedimentos de inspeções de segurança e de monitoramento;
4	Tipo de fundação da barragem;	Percolação;	Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem; e
5	Idade da barragem;	Deformações e recalques;	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação.
6	Tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro;	Deterioração dos taludes.	

Fonte: Adaptado de CNRH, 2012, por Pereira, 2016, p.40

Figura 2: Slide apresentação MovSAM a comunidade de Rio Acima

**NÍVEL DE EMERGÊNCIA:
RISCO DE ROMPIMENTO!**

O Departamento Nacional de produção Mineral (DNPM, hoje Agência Nacional de Mineração - ANM) definiu como deve ser a classificação do risco de rompimento de barragens como “níveis de emergência”. (Portaria DNPM no 70.389, de 17 de maio de 2017)

-  **Nível 1** - Quando é detectada alguma anomalia que indique potencial comprometimento de segurança da estrutura da barragem.
-  **Nível 2** - Quando o resultado das ações adotadas na anomalia detectada for classificado como “não controlado”.
-  **Nível 3** – “A ruptura da barragem é iminente ou está ocorrendo.”

Fonte: Acervo MovSAM, 2019.

Quanto a seleção de materiais para as demais atividades verificamos a partir das datas do que selecionamos, que somente apenas após os rompimentos de Fundão começaram a surgir materiais com potencial didático como charges, reportagens, vídeos, com linguagem mais acessível, mas que mesmo assim demandavam uma estruturação didática para uso. E no ano de 2019, especialmente devido ao rompimento da Vale em Brumadinho conseguimos localizar uma quantidade considerável de materiais com potencial didático para trabalhar a temática. Mesmo assim, não contemplavam especificidades da área em que a escola em questão se localizava.

Neste sentido, acreditamos que os materiais selecionados para uso dos alunos, assim como o PowerPoint elaborado, forma importantes nesse processo de construção do conhecimento sobre as CoSFILs insegurança de barragens e insegurança hídrica. Isso porque na análise final da sequência pelos alunos, constatou-se a mudança de muitos alunos em relação a questão do risco algo que inicialmente os mesmos não tinham conhecimento, assim como a maioria não sabiam que mesmo se a lama de uma barragem não passar onde eles moram, há outras formas de ser atingido, pois há também o risco de contaminação do Rio das Velhas, caso haja um rompimento o que interferiria no abastecimento da cidade.

4.5 Categoria Gestão

Resultados das questões: quem é responsável pela fiscalização e quem é responsável pela autorização de construção de uma barragem: A maioria dos estudantes consideravam como responsáveis pela fiscalização das barragens e por autorizar a construção das mesmas, o “governo do estado”. Mas, na teoria há conselhos gestores⁵ compostos pela sociedade civil, usuários e poder público que decidem sobre licenciamentos que são as autorizações para construção de barragens. No caso da fiscalização realmente o governo federal é o responsável legal por meio da Agência Nacional de Mineração, mas os diversos documentos exigidos sobre barragens e sua situação deveria ser disponibilizados para a população como previsto na legislação brasileira, o que geralmente não ocorre. Foi

⁵ Um destes conselhos são os comitês de bacias hidrográficas. <http://cbhvelhas.org.br/>

importante tratar dessas questões, pois os estudantes compreenderam que a sociedade em si é responsável por cobrar do “governo” um posicionamento e ações diante das situações pelas quais o Estado e a cidade vem enfrentando se tratando dos riscos das barragens de rejeitos e que a população têm direito de ser informada sobre a real situação da cidade e que a participação da sociedade é fundamental para que não sejam enganados, uma vez que informação é também um direito.

4.6 Tomada de decisão

Ao final da sequência didática, os estudantes se propuseram a criar um informativo (jornais e panfletos) para a comunidade local, de Honório Bicalho, afim de que a população tenha acesso a essas informações, já que estão na rota da lama de várias barragens de rejeitos e submetidos a riscos diversos. Durante a discussão final, estudantes afirmaram que acreditam que através da conscientização popular com esses informativos (jornais e panfletos) a comunidade saberá se posicionar diante dessa temática.

Dessa forma a criação do informativo foi uma decisão dos alunos que quiseram de alguma maneira passar para outras pessoas o conhecimento que eles adquiriram durante o projeto de intervenção pedagógica.

Quanto ao desenvolvimento de uma responsabilidade social, os alunos indicaram que pequenas ações são possíveis de realizar, onde se cada um buscar pelo conhecimento. Esta decisão dos alunos pode auxiliar a vislumbrar os próximos caminhos para intervenções e mudanças maiores, principalmente, estimulando a efetiva participação e responsabilidade dos estudantes. A discussão e decisão de ações pelos alunos e propostas por eles a serem executadas contribuem para que os mesmos sintam-se donos de um saber significativo, ou seja, é um caminho para a construção do pensamento crítico diante de QSCs e CoSFILs.

5 CONCLUSÃO

Durante a estruturação e desenvolvimento da sequência, muitas formas as limitações e desafios ao se trabalhar com CTSA e QSC em uma abordagem local. A

questão da insegurança das barragens de rejeitos mostrou-se além de complexa desafiadora devido a vários fatores, dentre eles: programas curriculares engessados e desvinculados do contexto social; concepções sobre o papel da escola distanciada de uma real formação para tomada de decisão e cidadania; falta de materiais didáticos; dificuldade em se obter informações sobre barragens (desde localização, situação e nível de emergência). Estas limitações, tornam difícil trabalhar didaticamente com CoSFIL e nos faz refletir sobre como assumimos – diante dessas questões - posturas enquanto integrantes de uma sociedade e enquanto professores.

Entretanto, acreditamos que projetos como o que desenvolvemos são indicativos de possíveis mudanças em didáticas nas escolas, especialmente as localizadas abaixo de barragens de rejeitos se considerarmos a CoSFIL focalizada na sequência. Práticas de problematização e conscientização dos alunos são essenciais para o empoderamento destes e tomada de decisão frente a questões complexas e “viscerais” como o caso da insegurança de barragens. Vislumbramos a possibilidade de ter promovido um impulso inicial, mostrando aos alunos daquela localidade a importância em se discutir determinado assunto e despertando o interesse dos mesmos para o que acontece ao seu redor. Além disso acreditamos que projetos como esse mostram que a escola pode ser também um lugar de pesquisa e construção de conhecimentos relevantes sobre o território em que está inserida, que contribuam de forma efetiva para a percepção do contexto local. A elaboração e desenvolvimento da sequência contribuiu para uma abordagem problematizadora sobre a temática da mineração que engloba o reconhecimento dos envolvimento sociais e ambientais dos riscos e ameaças das barragens de rejeitos na cidade e arredores. Neste sentido, as CoSFIL, apesar de ser uma proposta recente de abordagem, mostrou-se nesta pesquisa, importante para que os estudantes adquiram e construam conhecimentos, argumentos e se tornem cidadãos críticos e preparados para tomadas de decisões em suas vivências cotidianas importantes na tomada de decisões.

O material didático produzido para essa sequência é pioneiro se tratando de questões CoSFIL da mineração que pode ser utilizado por outros docentes, sendo

importantes pois será um meio de apoio ao ensino os quais estabelecem correspondência à prática e darão significado ao conteúdo.

Como docentes, podemos tornar o currículo um espaço de pesquisa, um contratempo, tornando-nos pesquisadores do conteúdo que ensinamos ou da prática que desenvolvemos centrando nosso ensino na pesquisa. Portanto, essa intervenção poderá auxiliar docentes na estruturação de propostas didáticas sobre o assunto e a importância deste projeto de intervenção por buscar compreender a necessidade de se trabalhar CTSA e saber estabelecer limites valorizando cada disciplina.

Acreditamos que a formação continuada de professores também é importante para transpor os desafios na abordagem CoSFIL, permite o aperfeiçoamento dos saberes essenciais a atividade docente traçada ao longo da vida profissional, a fim de assegurar uma ação docente efetiva que proporcione aprendizagens significativas. No caso de questões CosSFIL, como a mineração é importante que seja inserida no contexto interdisciplinar, pois vai permitir que os estudantes sejam capazes de construir conhecimentos e capacidades afim de que possam se posicionar e influenciar nos debates nesse e outros temas controversos desse mundo contemporâneo.

Espera-se, portanto, que as reflexões aqui apresentadas possa contribuir para ampliar o universo das intervenções, aportando novos olhares e vivências sobre QSC controvérsias em nível local, para o empoderamento e tomada de decisões por meio de uma educação problematizadora visando à formação crítica e cidadã.

REFERÊNCIAS

ALVES, André Naves. **Histórico e importância da mineração no estado**. Revista do Legislativo, Belo Horizonte, 2008, 41: 27-32.

ANA. Agência Nacional das Águas, lança **Relatório de Segurança de Barragens 2018**. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2019/12/12/ana-lanca-relatorio-de-seguranca-de-barragens-2018-barragens-criticas-aumentaram-51/>.

ANDRADE, LCR. **Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil**. 2014. Programa de Pós Graduação Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa.

ANM. Relatório de barragens. Agência Nacional de Mineração 2019. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/pasta-cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao/cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao>

BARRELLA, W. *et al.* As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. *In*: RODRIGUES, R. R. e FILHO, H. F. L. (Ed.). **Matas ciliares: Conservação e recuperação**. 1: EDUSP, 2000.

CAMPOLINA, Daniela *et al.* **Nós Propomos e Mapeamento Geoparticipativo 3P: cidadania territorial na discussão de questões sociocientíficas, durante o VIII Simpósio Nacional de Ciência, Tecnologia e Sociedade**. *In*: simpósio de ciência tecnologia e sociedade, 2019, Belo Horizonte. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2019.

CAMPOLINA, Daniela. **As incertezas na tecnocracia: O ensino de Ciências pode auxiliar na construção de uma democracia dialógica?** Unidade I CTSA no Ensino em Ciências. *In*: CAMPOLINA, Daniela. OLIVEIRA, Bernardo Jefferson de. Curso Questões controversas no Ensino em Ciências. Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMG) Faculdade de Educação UFMG, 2018.

CAMPOLINA, Daniela. **Educação e Formação de professores**: A urgência do tema barragens no ensino. Belo Horizonte: Revista Manuelzão, 2019. n. 84. p. 23

CAMPOLINA, Daniela. **Sequência didática**: controvérsia: Possibilidade de mineração de minério de ferro na Serra da Gandarela-MG. Unidade I CTSA no Ensino em Ciências. In; CAMPOLINA, Daniela. OLIVEIRA, Bernardo Jefferson de. Curso Questões controversas no Ensino em Ciências. Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMG), Faculdade de Educação, UFMG, 2018

CAMPOLINA, Daniela; GIANASI, Lussandra; OLIVEIRA, Bernardo. **Controvérsias Sociocientíficas de Forte Impacto Local**: o caso da (in)segurança de barragens de rejeitos de mineração. Anais VII Simpósio Nacional Ciência, Tecnologia e Sociedade. Belo Horizonte, 2019.

CAMPOLINA, Daniela; WSTANE, Carla. **Espaço, território e teoria ator-rede na análise de questões sociocientíficas de forte impacto local**. Unidade I CTSA no Ensino em Ciências. In; CAMPOLINA, Daniela. OLIVEIRA, Bernardo Jefferson de. Curso Questões controversas no Ensino em Ciências. Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMG), Faculdade de Educação, UFMG, 2018.

CARLETTO, Marcia Regina. **Subsídios para uma prática pedagógica transformadora**: contribuições do enfoque CTS. Investigações em Ensino de Ciências. 2016. v. 15. n. 3. p. 507-525.

COSTA, A. V.; GUMIERI, A. G.; BRANDÃO, P. R. G. Piso intertravado produzido com rejeito de sinter feed. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 7, n. 2, p. 244-259, 2014.

COUTINHO, F. A.; SILVA, F. A. R. **Sequências didáticas**: propostas, discussões e reflexões teórico-metodológicas. Belo Horizonte: FAE/UFMG, 2016.

DE SOUZA, Tânia Maria Ferreira, et al. **Onde o sol nunca brilha**: investimentos britânicos e mudança tecnológica nas minas de Gongo Soco, Passagem e Morro

Velho. *In*: Anais do V Congresso Brasileiro de História Econômica e 6ª Conferência Internacional de História de Empresas [Proceedings of the 5th Brazilian Congress of Economic History and the 6th International Conference on Business History]. ABPHE-Associação Brasileira de Pesquisadores em História Econômica (Brazilian Economic History Society), 2003.

DINIZ, E.P.H; LIMA, F.P.A; CAMPOS, M.A; ROCHA, R. **O acidente da Barragem de Rejeitos de Fundão**: um acidente organizacional? *In*: PINHEIRO, T. M. M.; POLIGNANO, M. V.; GOULART, E. M. A. (Org.). Mar de lama da Samarco na Bacia do Rio Doce: em busca de respostas. Belo Horizonte: Instituto Guaycuí/Projeto Manuelzão da UFMG, 2019.p. 141-160. cap. 8. Disponível em: <https://ergonomiadaatividade.com/2019/03/28/livro-mar-de-lama-da-samarco-na-bacia-do-riodoce-em-busca-de-respostas-download-gratuito/>

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**, 2012. Brasília: DNPM, 2012. 136p. <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2012>

DUARTE, Anderson Pires. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco**. 2008.

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM. **Monitoramento de barragens**. Disponível em: <http://www.feam.br/monitoramento/gestao-de-barragens>.

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM. **Fiscalização de barragens**. Disponível em: <http://www.feam.br/component/content/article/15/1728-barragens-2019>.

FERNANDES, Isabel Marília Borges; PIRES, Delmina Maria; DELGADO-IGLESIAS, Jaime. **Perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 6º ano de escolaridade**. Bauru: Ciência & Educação, 2018. v. 4. n. 24. p. 875-890.

FERREIRA, K. C. *et al.* **Estudos do aproveitamento de rejeitos de um minério de ferro itabirítico da região de Morro do Pilar.** *Holos*, 2016. v. 32. p. 22-83.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia:** saberes necessários à prática educativa. 34. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

FREITAS, Denise de et al. A natureza dos argumentos na análise de temas controversos: estudo de caso na formação de pós-graduandos numa abordagem CTS. **III Colóquio Luso-Brasileiro sobre Questões Curriculares**, 2006.

FONTES, Alice; SILVA, Iolanda. Uma nova forma de aprender Ciências: a educação em Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS). **Porto: Edições ASA**, 2004.

FONTES, Wanna Carvalho. **Utilização do rejeito de barragem de minério de ferro como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento.** 2013.

GOUVEIA, Riama Coelho. **Possibilidades pedagógicas da física do meio ambiente.** *Revista Iluminart*, 2009. v. 1. n. 1.

KRUPCZAK, Carla; AIRES, Joanez Aparecida. **Controvérsias sociocientíficas:** uma análise da produção acadêmica brasileira. *VIDYA*, 2019. v. 39. n. 1. p. 277-290.
LINS, Fernando Antonio Freitas. **Aspectos diversos da garimpagem de ouro.** 1992.

KURANCHIE, F. A. *et al.* Utilisation of Iron Ore Tailings as Aggregates in Concrete. **Cogent Engineering**, v. 2, n. 1, p. 1083137, 2015.

LAMOUNIER, Wanderson Lopes; CARVALHO, Vilma Lúcia Macagnan; SALGADO, André Augusto Rodrigues. **Serra do Gandarela: possibilidade de ampliação das unidades de conservação no Quadrilátero Ferrífero-MG.** *Revista do Departamento de Geografia*, 2011, 22: 171-192.

Movimento pelas Serras e Águas de Minas – MovSAM. **A Terra vista de perto: Mineração e segurança hídrica**– Terça Astronômica Grupo GEDAI – CEFET-MG, campus I, 11/04/2017 Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=4yCDFKP1Pfs>

Movimento pelas Serras e Águas de Minas – MovSAM. **Barragens no contexto de Rio Acima: seremos atingidos?** Palestra ministrada a população no espaço Kolping, em junho de 2019. Acervo MovSAM, 2019.

Movimento pelas Serras e Águas de Minas – MovSAM. **Água em foco: conflitos ambientais na serra do gandarela e a problemática do rio doce.** Palestra ministrada no âmbito do Projeto Nós Propomos parceria entre UFMG e Universidade de Lisboa - Portugal. Acervo MovSAM, 2018.

PEREIRA, Lucas Mazullo Mascarenhas. **Avaliação das condições de manutenção e segurança de barragens no interior do estado do Rio Grande do Norte.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PEREIRA, Gabriel Bressan. **Caracterização de rejeito do beneficiamento de fluorita depositado em barragem de decantação na localidade de Segunda Linha** Torres, Morro da Fumaça, Sul de Santa Catarina. 2016.

Prefeitura de Nova Lima: **A História da Cidade.** Disponível em: <http://www.novalima.mg.gov.br/historia-da-cidade>.

REIS, Pedro; GALVÃO, Cecília. Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. **Investigações em ensino de ciências**, p. 131-160, 2005.

REIS, Pedro; GALVÃO, Cecília. Socio-scientific controversies and students' conceptions about scientists. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 13, p. 1621-1633, 2004.

REIS, Pedro. Uma iniciativa de desenvolvimento profissional para a discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula. **Interações**, p. 64-107, 2006. 2006.

ROCHA, Luciano. **Estudo de aproveitamento econômico das lamas de uma mineração de ferro, através de concentração por flotação catiônica reversa.** 2008.

SADLER, Troy D. **Informal reason in regarding socioscientific issues:** A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 2004. v. 41. n. 5. p. 513-536.

SILVA, V. C.; MAIA, G. F. **Normas para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA A CÉU ABERTO. 2006.

UGAMA, T. I.; EJEH, S. P.; AMARTEY, D. Y. Effect of iron ore tailing on the properties of concrete. **Civil and Environmental Research**, v. 6, n. 10, p. 7, 2014.

WOLFF, Ana Paula. **Caracterização de rejeitos de minério de ferro de minas da Vale.** 2009.

ZHOURI, Andréa et al. **O desastre da Samarco e a política das afetações:** classificações e ações que produzem o sofrimento social. *Ciência e Cultura*, 2016. v. 68. n. 3. p. 36-40.

ZUIN, Vânia Gomes; DE FREITAS, Denise. **A utilização de temas controversos:** estudo de caso na formação de licenciados numa abordagem CTSA. *Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631)*, 2008. v. 1. p. 2.