

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

ANDRÉ VICENTE ALVES

**ANÁLISE DE UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA  
FUNDAMENTADA EM UMA QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA SOBRE A  
MINERAÇÃO E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS**

Ouro Preto  
2021

ANDRÉ VICENTE ALVES

**ANÁLISE DE UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA  
FUNDAMENTADA EM UMA QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA SOBRE A  
MINERAÇÃO E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – Departamento de Química – da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de Química Licenciatura.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva  
Área de Concentração: Ensino de Ciências

Ouro Preto

2021

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A474a Alves, Andre Vicente .

Análise de uma proposta de sequência didática fundamentada em uma questão sociocientífica sobre a mineração e seus impactos socioambientais. [manuscrito] / Andre Vicente Alves. - 2021. 108 f.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva.  
Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Química .

1. Estrutura didática do ensino. 2. Cidadania. 3. Ciências - Estudo e ensino . 4. Minas e recursos minerais. I. Silva, Fábio Augusto Rodrigues e. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 549:378

Bibliotecário(a) Responsável: Celina Brasil Luiz - CRB6-1589



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**André Vicente Alves**

**Análise de uma proposta de sequência didática fundamentada em uma questão sociocientífica sobre a mineração e seus impactos ambientais**

Monografia apresentada ao Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Licenciatura em Química

Aprovada em 07 de abril de 2021

### Membros da banca

Prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Profa. Me. Clarissa Rodrigues - Avaliadora (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Profa. Paula Cristina Cardoso Mendonça - Supervisora (Universidade Federal de Ouro Preto)

Fábio Augusto Rodrigues e Silva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 26/04/2021



Documento assinado eletronicamente por **Paula Cristina Cardoso Mendonça, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/04/2021, às 13:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0163440** e o código CRC **338D054D**.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre ao meu lado e me dar forças para caminhar.

Agradeço a toda a minha família, em especial, aos meus pais Geraldo e Ângela e as minhas irmãs Cíntia e Aline, por todo apoio que me deram ao longo dessa jornada e entenderem minha ausência ao longo desses anos.

Ao meu grande amor Amanda Mendes Roberto, por ser minha companheira de caminhada, me ajudar a superar os desafios, ser minha maior incentivadora e por me sustentar nos momentos em que estava por desabar.

Aos meus eternos amigos Rodolfo e Mayara, por estarem sempre comigo e me presentear com o convite para ser padrinho no casamento de vocês.

A minha sogra Cátia e aos amigos Arthur, João Pedro, Lara.

Aos meus amigos do Núcleo de Estudos de Química Licenciatura e do Centro Acadêmico, em especial Victor Hugo, Josy, Fabiana, Cássia, Bárbara, Túlio, Daniel, Sandy, Fábio e Pedico (ficou top!). Agradeço imensamente pelos aprendizados e por todos os momentos compartilhados.

Ao meu orientador e nas horas vagas advogado Fábio, por aceitar este desafio perante aos problemas ocorridos, só tenho a agradecer pelo esforço, pelos ensinamentos, pela parceria, pela dedicação e pelos memes. MEU MUITO OBRIGADO!

Agradeço a professora Rute Cunha Figueiredo, que foi um “divisor de águas” em minha graduação. Obrigado por acreditar em mim principalmente em meu momento mais crítico, no qual já havia desistido por não me achar capaz. E foi naquela conversa em sua sala e os conselhos dados por você que me fizeram acreditar que era possível continuar na busca pelos meus sonhos.

As professoras Nilmara Mozzer e Paula Mendonça pelos ensinamentos, por me fazerem sentir orgulho em correr atrás dos meus objetivos, bater no peito e dizer em alto em bom som: Sim, sou da QUÍMICA LICENCIATURA DA UFOP!

A professora Clarissa Rodrigues, por aceitar fazer parte da avaliação deste trabalho e pelos anos de ensinamentos.

Ao professor Rodrigo Souza Corrêa e aos colegas do LAQUESI, obrigado pelos ensinamentos e por contribuírem nos meus projetos de iniciação científica durante estes anos.

Agradeço também aos demais professores da Universidade Federal de Ouro Preto, pelos anos de aprendizado e ensinamentos.

Agradeço também aos colegas de turma, em especial aos amigos das disciplinas de Estágio e de Metodologias de Ensino pelos momentos que vivemos juntos, pelas conversas e pela força ao longo de todos esses anos.

Agradeço a professora Gabriela Andrade, por aceitar que eu realizasse meu estágio sob sua supervisão, pela parceria criada, pelas contribuições e pelas dicas.

E a todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para que este trabalho pudesse ser realizado, obrigado por tudo!

*“Só existirá democracia no Brasil no dia em que se montar no país a máquina que prepara as democracias. Essa máquina é a da escola pública.”*

*Anísio Teixeira.*

## RESUMO

Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apoiados em referenciais teóricos que tratam de propostas de Sequências Didáticas (SD), nos propusemos a elaborar uma proposta de SD que se fundamenta em uma Questão Sociocientífica (QSC), voltada para uma educação sociopolítica. Essa proposta teve como base o cenário imposto pelos recentes casos de rompimento de barragens de mineradoras (Mariana-2015; Brumadinho-2019), os impactos causados por estes eventos e as implicações de uma alternativa ao uso de barragens, que é a deposição de rejeitos a seco em enormes pátios. Esta alternativa, que rege a nossa SD, pode acarretar sérios problemas ambientais, tais como: a Drenagem Ácida de Minas (DAM), a degradação do solo e os corpos d'água. Nesse sentido, para nossa coleta de dados, optamos por enviar a proposta de SD a egressos e atuais professores do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (MPEC) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), para que fizessem uma avaliação do potencial desta proposta. Nesse contexto, os objetivos da pesquisa se concentraram em analisar como se deu o processo de avaliação da SD, alicerçado ao seu potencial em contribuir para a promoção do Ensino de Ciências sob a ótica de pautas ambientais, sociais e políticas, no contexto das atividades de mineração e sob o cenário de uma simulação de uma audiência pública. Isto implica em ultrapassar a dimensão conceitual e ampliar a melhoria de competências e habilidades para a formação cognitiva, social e cidadã dos estudantes. Se tratando dos objetivos traçados, sob a ótica da Análise de Conteúdo, buscamos interpretar por meio das respostas os critérios adotados pelos participantes da pesquisa e as justificativas que fundamentaram suas avaliações. Portanto, podemos concluir que os professores entrevistados avaliam que a SD proposta pode contribuir para o desenvolvimento da formação cidadã e crítica dos estudantes, especialmente nos posicionamentos que possam a vir a serem tomados na audiência pública simulada. Diante disso, aponta-se a necessidade de ampliar a utilização de abordagens pedagógicas envolvendo QSC, abarcando temas sociais, ambientais, políticos, culturais e que estejam relacionadas ao cotidiano dos envolvidos em tais atividades.

Palavras-chave: Sequência Didática, Questão Sociocientífica, Formação cidadã, Ensino de Ciências, Atividades de mineração, Educação sociopolítica.

## Sumário

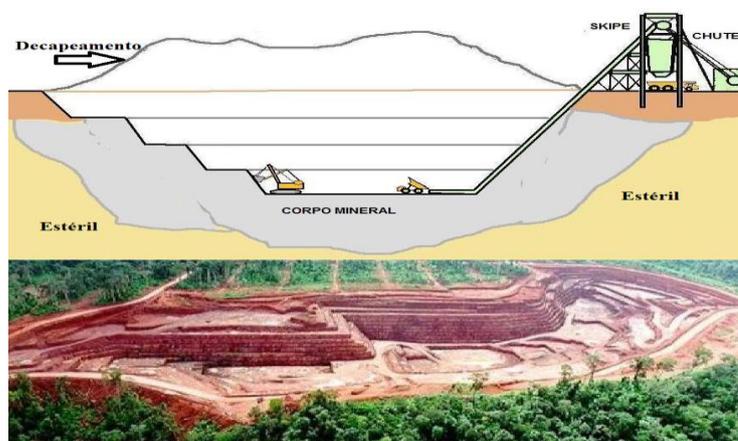
1. INTRODUÇÃO .....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
<b>2.1. Ciência e tecnologia como fatores para o desenvolvimento socioeconômico .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Abordagem CTSA e as Questões Sociocientíficas .....</b>	<b>15</b>
3. OBJETIVOS .....	23
<b>3.1. Objetivo geral .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>24</b>
4. METODOLOGIA.....	24
<b>4.1. Caráter da pesquisa .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2. Caracterização da amostra.....</b>	<b>25</b>
<b>4.3. Instrumento de coleta de dados.....</b>	<b>25</b>
<b>4.4. Tratamento dos dados.....</b>	<b>26</b>
<b>4.5. Descrição das categorias .....</b>	<b>29</b>
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	33
<b>5.1. Cenário escolar para aplicação de sequências didáticas.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2. Aspectos necessários para se trabalhar uma QSC em sala de aula .....</b>	<b>34</b>
<b>5.3. Contribuições da SDI para uma educação sociopolítica.....</b>	<b>36</b>
<b>5.4. Proposições de reformulações da proposta .....</b>	<b>37</b>
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
8. APÊNDICES.....	51
<b>8.1. APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>51</b>
<b>8.2. APÊNDICE B: SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA: OS IMPACTOS DA MINERAÇÃO: O PROBLEMA DA DRENAGEM ÁCIDA DE MINAS.....</b>	<b>55</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A notória importância das atividades de mineração no Brasil vem desde os tempos da colonização, o que envolveu grande parte da sua economia na busca por metais como ouro e prata ou de pedras preciosas, entre as quais se destaca o diamante. O Brasil ainda possui um enorme patrimônio mineral, o colocando como um dos maiores produtores e exportadores mundiais. A mineração brasileira se dedica a extração de 72 substâncias minerais, das quais 23 são metálicas, 45 não-metálicas e 4 energéticas. O minério de ferro lidera com ampla vantagem do valor total da produção mineral brasileira, com cerca de 60% seguido pela mineração de ouro, que representa apenas 5% (FERNANDES *et al*, 2014).

Os dados do Anuário Mineral Brasileiro (AMB) de 2017, disponibilizados pela Agência Nacional de Mineração (ANM), mostram que as substâncias da classe dos metálicos responderam por cerca de 80% do valor total da produção mineral brasileira comercializada. Ainda segundo o AMB, somente no estado de Minas Gerais (MG), foram extraídos cerca de 406 milhões de toneladas de material conhecido como *run-of-mine* (ROM), ou seja, material proveniente de minas para ser beneficiado nas instalações. De maneira que, desse montante extraído como ROM, cerca de 204 milhões de toneladas foram aproveitadas como minério, e o restante é caracterizado como rejeitos de mineração. Além disso, a vegetação nativa é removida em um processo denominado decapamento de mina. Um perfil esquemático de um plano de desenvolvimento de uma mina a céu aberto pode ser visto conforme a Figura 1.

Figura 1: Perfil de desenvolvimento de uma mina a céu aberto



Fonte: adaptado de <http://mine-net.blogspot.com/2011/04/desenvolvendo-uma-mina-sistematicamente.html>

Para Fernandes *et al* (2014) é indiscutível que a mineração, como um dos importantes setores da economia brasileira, pode gerar riqueza e crescimento econômico. Contudo, a indústria extrativa mineral está entre as atividades antrópicas que mais causam impactos socioeconômicos e ambientais negativos. Por exemplo, pode-se observar que do montante extraído das minas, aproximadamente a metade será beneficiado nas instalações, e os rejeitos, em grande quantidade, serão dispostos em barragens e pilhas de material estéril. Tal fato pode se mostrar alarmante, pois “os impactos socioambientais da mineração não são simples, nem espacialmente limitados, muito menos temporalmente restritos (MILANEZ, 2017 p. 94)”.

Milanez (2017) elenca alguns dos impactos socioambientais decorrentes das atividades de mineração, como por exemplo: mudanças na paisagem, emissões atmosféricas, consumo e contaminação de recursos hídricos, além de impactos sobre comunidades locais. Fernandes *et al* (2014) apontam que:

Os efeitos ambientais negativos da extração mineral (mineração e lavra garimpeira) estão associados às diversas fases de exploração dos bens minerais, desde a lavra até o transporte e beneficiamento do minério, podendo estender-se após o fechamento da mina ou o encerramento das atividades. Ainda, a mineração altera de forma substancial o meio físico, provocando desmatamentos, erosão, contaminação dos corpos hídricos, aumento da dispersão de metais pesados, alterações da paisagem, do solo, além de comprometer a fauna e a flora. Afeta, também, o modo de viver e a qualidade de vida das populações estabelecidas na área minerada e em seu entorno (FERNANDES *et al* 2014, p. 2).

Em decorrência dos desastres envolvendo barragens como o ocorrido em Mariana em 2015, diversas questões vêm à tona como a gestão ambiental, a governança territorial, a vulnerabilidade e os riscos ambientais associados à atividade de extração de minérios (BORGES, 2018). A relação entre a exploração de recurso mineral e a geração de impactos socioambientais nos oferece um conjunto de indagações relevantes sobre aspectos relacionados aos mais variados problemas decorrentes da instalação de empreendimentos mineradores (BORGES, 2018).

Com relação à Barragem de Fundão em Mariana, Espíndola *et al* (2019) destacam que o termo desastre não se restringe apenas ao rompimento, mas engloba a sucessão de eventos subsequentes e seus efeitos negativos que afetam a fauna, a flora e o social de forma direta ou indireta e que persistem com o passar dos anos. Para além disso:

são eventos que resultam em uma séria interrupção do funcionamento normal de uma comunidade ou sociedade, afetando seu cotidiano envolvendo simultaneamente, perdas materiais e econômicas, assim como danos ambientais e à saúde das populações, através de agravos e doenças que podem resultar em óbitos imediatos e posteriores. Além disso, alguns também excedem a capacidade de uma comunidade ou sociedade afetada em lidar com a situação utilizando seus próprios recursos, podendo resultar na ampliação das perdas e danos ambientais e na saúde para além dos limites do lugar em que o evento ocorreu (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE 2015 *apud* FREITAS *et al* 2019, p.1)

Após os desastres recentes ocorridos devido ao colapso de barragens (Mariana em 2015 e Brumadinho em 2019), o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2020) por meio de sua página na internet, aponta que grandes investimentos em estudos estão sendo feitos como forma de extinguir o uso dessas estruturas de contenção de rejeitos. Assim, as mineradoras buscam alternativas para dispor seus rejeitos gerados durante o beneficiamento e uma das formas encontradas é o empilhamento de rejeito a seco. A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Mineração – ANM em sua Resolução nº 4 de 15 de fevereiro de 2019 classifica este método de empilhamento como sendo uma estrutura construída hidráulica ou mecanicamente com rejeitos, que se configura como um maciço permeável, dotado de sistema de drenagem de fundo, com formação de espelho de água reduzido podendo ser implantada em fundo de vale, encosta ou outra área (ANM, 2019).

Além dos potenciais riscos associados às barragens, como observados nos últimos anos (ESPÍNDOLA *et al* 2019), um impacto socioambiental que também preocupa é a Drenagem Ácida de Minas (DAM). A DAM pode ser caracterizada como um fenômeno que se inicia quando rochas contendo minerais sulfetados, podendo ser metais ou carvão mineral, são removidos pelas atividades de mineração. Quando dispostas na superfície, as rochas oxidam por reação com água e oxigênio atmosféricos, causando a degradação da qualidade de águas superficiais e subterrâneas, solos e sedimentos. Além disso, possui uma alta capacidade de lixiviação de elementos presentes no minério e nas rochas circundantes à área minerada (CAMPANER; LUIZ-SILVA 2009; MELLO; DUARTE; LADEIRA, 2014).

Portanto, na tentativa de solucionar um problema, a possibilidade de rompimento de uma barragem, é criado outro ainda pouco discutido. Ao serem empilhados em pátios, os rejeitos secos podem ficar expostos às condições atmosféricas diversas ficando susceptíveis à DAM, agravando ainda mais os impactos socioambientais (MELLO; DUARTE; LADEIRA (2014). O que levanta uma questão

pouco problematizada: dentro de inúmeras alternativas possíveis ao uso de barragens, o método de empilhamento de rejeito a seco é realmente uma solução?

Nessa perspectiva, esse trabalho se dedicou a construção de uma proposta de ensino por meio de uma Sequência Didática Investigativa (SDI) sobre a DAM. Além disso, se concentrou na análise das respostas de professores de Química e Biologia e Ciências a um questionário que buscou as impressões desses profissionais acerca da SDI proposta. Esse questionário foi enviado via e-mail junto ao material da SDI que foi avaliado e comentados pelos docentes, sujeitos da pesquisa.

A SDI tem como base uma Questão Sociocientífica (QSC) que aborda a controvérsia sobre as alternativas ao uso de barragens para destinação dos rejeitos de Mineração e a eficácia desses métodos, além de discutir os possíveis desastres e os impactos socioambientais condicionados a esses métodos. Essa QSC será abordada por meio de um informativo contendo informações sobre números relativos às atividades de mineração, alguns impactos socioambientais provocados por essas atividades, além de uma questão-problema real referente a uma possível instalação de uma usina de beneficiamento em uma área com importância histórica e ambiental para a cidade de Ouro Preto.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Ciência e tecnologia como fatores para o desenvolvimento socioeconômico**

O conhecimento científico e em suas diferentes áreas - Física, Química e Biologia -, constituem a área das Ciências da Natureza, que busca interpretar criticamente os fenômenos naturais e tecnológicos que são estudados por meio de métodos investigativos. Os fenômenos tecnológicos resultam de relações históricas, sociais e econômicas e a sua compreensão busca a formação de sujeitos capazes de questionar e debater de forma crítica, consciente e responsável articulando com a compreensão acerca dos fenômenos naturais (MINAS GERAIS, 2020).

É inegável que as ciências naturais possuem forte influência em nossa sociedade em muitos aspectos, como por exemplo compreender fenômenos do dia a dia, buscar respostas para questões sobre a vida, avaliar condições para o bem-estar, considerar elementos para a conservação da saúde, entre outros (SASSERON, 2015; 2019). Na concepção de Hodson (2018) a Ciência pode ser entendida como:

[...] uma prática social em dois sentidos distintos: em primeiro lugar, ela está localizada dentro de um ambiente social, político e econômico que tem grande impacto sobre as suas práticas e prioridades; em segundo lugar, ela é governada, dirigida e monitorada por decisões tomadas no seio da comunidade de praticantes (HODSON 2018, p.32).

Isto posto, há que se destacar a importância de se reconhecer a Ciência e a Sociedade como dependentes uma da outra (SASSERON, 2015). Para além disso, “não se pode, ao mesmo tempo, ignorar os avanços e as transformações que uma e outra sofrem a todo instante. São, portanto, ciência e sociedade, transformadas e transformadoras (SASSERON, 2015, p.51)”.

Bazzo e Silveira (2009) apontam também que a tecnologia tem se apresentado como imprescindível e é assumida como um bem social, agregando valor aos mais variados produtos promovendo desenvolvimento social e econômico de uma região, tal qual a ciência. Estes autores ressaltam que a tecnologia representa um modo de vida da sociedade e como os avanços tecnológicos que nos envolvem nas situações mais corriqueiras do cotidiano.

Martinez-Perez (2012), por exemplo, resalta que novas tecnologias da comunicação e da informação se difundem no dia a dia de muitas das pessoas, e tem influência sobre os padrões de consumo da sociedade moderna. Este autor enfatiza que esses padrões trazem um paradoxo no sentido de proporcionar bem-estar social de uma

parcela da população e em contrapartida causar enormes impactos sociais e ambientais.

Bazzo e Silveira apresentam a seguinte perspectiva:

O mundo parece depender cada vez mais do conhecimento científico e tecnológico. A concepção clássica das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, muitas vezes presente nos diversos âmbitos do mundo acadêmico e nos meios de divulgação, é uma concepção essencialista e triunfalista, na qual se presume que mais ciência produz mais tecnologia que gera mais riqueza e, conseqüentemente, mais bem-estar social (SILVEIRA; BAZZO, 2009 p. 685).

Sob esta concepção, alguns autores enfatizam que a tecnologia como aplicação da ciência pode ser comparada ao chamado modelo linear de desenvolvimento (CABRAL, 2011; LOPEZ *et al* 2003 *apud*; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007). Esse modelo pode ser caracterizado como uma concepção de um processo que se inicia com a pesquisa científica que posteriormente será aplicada, levando ao desenvolvimento científico e tecnológico gerando riquezas e proporcionando assim, o desenvolvimento social e humano. Cabral (2011) ainda evidencia que esse modelo possui grande influência sobre as políticas públicas em ciência e tecnologia de vários países, o que contribui com o fato de que as pessoas percebam a ciência como neutra, bem como os produtos de sua aplicação.

Contrapondo-se a concepção do modelo apresentado, os próprios autores salientam sobre a necessidade de reflexões acerca da natureza da tecnologia, sua necessidade e função social. Nesse sentido, não se deve entender a tecnologia apenas como um resultado da aplicação da ciência, ou seja, afirmar que a tecnologia é redutível à ciência e que está apoiada pela suposta neutralidade da ciência (CABRAL, 2011; SILVEIRA; BAZZO, 2009). Rosa e Auler (2016) enfatizam que, a aceitação da suposta neutralidade da ciência e tecnologia, ou ainda uma compreensão limitada destas pode fundamentar e legitimar modelos tecnocráticos, restringindo a participação da sociedade. Para Cabral (2011) a visão de tecnologia como aplicação da ciência engloba várias situações adversas que limitam a nossa perspectiva de mundo, refletindo no modo como nos comportamos na sociedade seja em âmbito pessoal, seja em âmbito público.

Nesse sentido, Angotti e Auth (2001) evidenciam que a exploração desenfreada dos recursos e os avanços tecnológicos obtidos não trazem benefícios a todos os cidadãos. Eles enfatizam que alguns poucos potencializam seus domínios, ancorados no mito da Ciência e Tecnologia neutras, sob o argumento de buscar um progresso para o benefício da maioria. Entretanto muitos cidadãos tem seus domínios restringidos e outros continuam as margens do campo material e cognitivo, ou seja, os discursos

acerca dos avanços tecnológicos propõem melhores condições de vida para a sociedade, mas o que se vê é o agravamento dos problemas socioambientais, sobretudo nas populações já desfavorecidas e marginalizadas (ANGOTTI; AUTH, 2001).

Para Silva *et al* (2015), embora o desenvolvimento da C&T ter resultado na melhoria de alguns aspectos da qualidade de vida de grandes parcelas da população mundial, durante as últimas décadas vários problemas sociais, ambientais e incertezas relacionadas à aplicação desses conhecimentos têm surgido. Nesse sentido, nas várias esferas sociais, muito tem se discutido sobre as ações científico-tecnológicas do homem e as alterações ambientais por elas provocadas (SOUSA; ALENCAR, 2007).

Vale ressaltar que a degradação socioambiental recente não decorre apenas de um uso indevido dos produtos científico-tecnológicos, mas também está relacionado a valores consumistas como por exemplo a obsolescência programada. Esse processo que é caracterizado como a redução intencional do ciclo de vida do produto, devido à utilização de materiais menos resistentes, o que leva ao consumidor ao descarte precoce dos produtos adquiridos (SANTOS; AULER 2019).

Nesse sentido, concordamos com Pinheiro, Silveira e Bazzo, (2009) que apontam que:

[...]a importância de se discutir com os alunos sobre os avanços da ciência e da tecnologia, suas causas, consequências, interesses econômicos e políticos, de forma contextualizada, está no fato de que devemos conceber a ciência como fruto da criação humana. Por isso ela está intimamente ligada à evolução do ser humano, desenvolvendo-se permeada pela ação reflexiva de quem sofre/age as diversas crises inerentes a esse processo de desenvolvimento (PINHEIRO, SILVEIRA e BAZZO, 2009 p.10).

Diante do supracitado, defendemos que a escola pode contribuir para a formação desses cidadãos, de forma que o Ensino de Ciências possua função determinante na compreensão dos fenômenos e das tecnologias presentes em nosso mundo e os conteúdos desenvolvidos devem atender às necessidades de uma sociedade que se transforma a todo momento (CUNHA, 2006).

Nesse sentido, em concordância com Auler (2003), entendemos que a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) pode contribuir para este processo, pois consiste em assegurar uma compreensão crítica e humanista do mundo contemporâneo que possam moldar nossa maneira de pensar, de organizar e de agir, uma vez que seus objetivos estão centrados em uma efetiva participação da sociedade na busca de soluções para diversos problemas que envolvem Ciência e Tecnologia (C&T). Este autor ainda destaca que a ACT se estende em duas perspectivas, a reducionista, que

consiste em um simples acréscimo para o ensino de Ciências, sem levar em consideração a construção do conhecimento científico. E a perspectiva a ampliada, que busca uma compreensão das interações que envolvem o silogismo CTS, associados ao ensino de conceitos e à problematização acerca da construção do conhecimento científico.

Apoiados na perspectiva ampliada (AULER, 2003), entendemos que a ACT pode propiciar uma leitura crítica do mundo contemporâneo, além de preparar alunos e alunas para que compreendam o papel da ciência e que sejam capazes de debater cientificamente e tomar decisões responsáveis (AULER, 2003; FOUREZ, 1994 *apud* SASSERON; CARVALHO 2011; CARLETTO; PINHEIRO, 2010).

Sob este ponto de vista, Sasseron (2015, p.54) traz o seguinte questionamento: “[...] a escola ensina disciplinas ou ensina sobre modos de perceber o mundo?”. Ao refletir sobre esta indagação, a própria autora argumenta que a escola busca se relacionar com suas práticas estabelecidas em seu espaço escolar. Corroborando com esta perspectiva, MARTINEZ-PEREZ (2012) acentua que a escola formal trata a ciência como algo direto e não como algo que pode gerar situações problemáticas que possa interessar aos alunos. A vista disto, torna-se necessário fornecer condições pedagógicas e didáticas para que construam conhecimentos e capacidades que lhes deem condições de se posicionar e influenciar nos debates nos quais venham a participar (MARTINEZ-PEREZ, 2012).

Portanto, concordando com Sasseron (2015), ensinar ciências implica dar atenção aos seus produtos e processos, favorecendo o contato com conhecimentos que integram a maneira em como entendemos o mundo contemporâneo, os fenômenos naturais e os impactos que eles causam em nossas vidas. Para esta autora é necessário um elevado grau de comprometimento para se ensinar Ciências, pois o mundo está em constante modificação, sendo importante e necessária a busca por novos métodos de ensino que contemplem os fenômenos naturais e os impactos que estes têm sobre nossas vidas (SASSERON, 2015).

## **2.2 Abordagem CTSA e as Questões Sociocientíficas**

À medida que os problemas socioambientais se intensificavam e diante de discussões sobre a natureza do conhecimento científico, foram favorecidos novos meios de se compreender e questionar o desenvolvimento científico e tecnológico. Além disso,

houve também a necessidade de se conscientizar sobre as questões éticas e políticas inerentes aos problemas socioambientais (SANTOS, 2007; MENDES; SANTOS, 2013; LACERDA; STRIEDER 2019).

Diante disso, em meados do século XX, cresceu no mundo inteiro um movimento que passou a refletir criticamente sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, a racionalidade técnica, a suposta neutralidade científica, o cientificismo e a visão da ciência como única solução possível para os problemas da humanidade, associada ao bem-estar e a um futuro melhor (SANTOS, 2007; MENDES; SANTOS, 2013; LACERDA; STRIEDER 2019). Desse modo, a estreita associação com a percepção pública acerca desses temas, fez com que a expressão ciência, tecnologia e sociedade sob o silogismo CTS, se tornasse mais presente (VON LINSINGEN, 2008).

O Movimento CTS surge como uma proposta pedagógica que desvincula a ideia de ciência neutra, absoluta e impessoal para uma atividade humana que se aproxima da realidade do aluno, trazendo significado para aquilo que é estudado, além de buscar uma maior compreensão do campo científico-tecnológico que estava se desenvolvendo (SANTOS; VASCONCELLOS 2008; STRIEDER 2012). Além disso, MARTINEZ-PEREZ (2012) ressalta que o movimento CTS se caracteriza pela busca de um ensino humanístico de ciências e a pretensão de superar o cenário da educação em C&T da época, que era descrito pela forma conteudista e compartimentalizada com que era abordado.

Cabe ressaltar que, diante da necessidade de uma educação com maior enfoque no que diz respeito às questões ambientais que cada vez se mostra mais presente em toda a sociedade (SANTOS; VASCONCELLOS, 2008), se tornou essencial um ensino voltado para essa temática que contribuísse para a formação de sujeitos críticos que busquem a preservação da vida do planeta e melhores condições sociais para a existência humana. Assim sendo, nos últimos anos tem-se adotado a dimensão Ambiente (A) ao silogismo CTS, permitindo um maior aprofundamento das compreensões dos problemas socioambientais de ordem local e global adjacentes à crise ambiental assim, tornando-se movimento CTSA (MARTINEZ-PEREZ 2012; SANTOS; VASCONCELLOS, 2008).

Para Lacerda e Strieder (2019), como uma forma de atender as exigências da sociedade contemporânea, que sempre fora marcada por questões que envolvem C&T e por desigualdades e injustiças socioambientais, a educação CTS/CTSA pode se

estabelecer como fundamental no processo de escolarização. Cunha (2006) evidencia que a contribuição deste movimento para o Ensino de Ciências reside na promoção do conhecimento, uso e valorização da C&T tanto na vida pessoal, como também, usar essas informações nas questões sociais.

No que se refere a formação de professores e o ensino de Ciências, o enfoque CTSA problematiza a visão cientificista e instrumental da ciência e da tecnologia, contribuindo em implicações sociais, políticas, culturais, éticas e ambientais como aspectos relevantes para entender o empreendimento científico como processo histórico e humano pautados em uma visão responsável, cidadã e democrática (MARTINEZ-PEREZ, 2012; AZEVEDO *et al* 2013).

À vista disso, a educação CTSA necessita de um professor autônomo com um olhar crítico para o currículo escolar, o papel da escola e suas condições (LACERDA; STRIEDER, 2019). Pois, concordando com Santos e Mortimer (2002), não se deve apenas inserir temas de cunho social em materiais didáticos e incorporá-los ao currículo, mas deve haver uma compreensão sobre a função social do ensino de ciências, bem como uma avaliação criteriosa das práticas pedagógicas dos docentes.

Diante dessa perspectiva, Santos, Conrado e Nunes-Neto (2016) destacam que a educação CTSA busca promover um ensino de ciências considerando aspectos éticos, políticos e econômicos envolvidos nas tomadas de decisão sobre ciência e tecnologia. Uma das formas de se promover essa abordagem são as Questões Sociocientíficas (QSC), cujo foco se insere na inclusão de temas complexos e socialmente relevantes nas salas de aula, com o intuito de melhor preparar os alunos para participar de discussões e decisões relacionadas à ciência (SILVA *et al*, 2015).

As QSC podem ser consideradas como uma estratégia de ensino sob as competências da perspectiva da educação CTSA, pois se faz necessária uma educação que objetive transformações positivas dos problemas sociais, políticos, ambientais, econômicos buscando transformações para maior justiça social e sustentabilidade ambiental (CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2019).

Para Conrado e Nunes-Neto (2018), as QSC podem trazer problemas ou situações controversas e complexos, que podem ser transpostos para a educação científica, por permitir uma abordagem contextualizada de conteúdos interdisciplinares ou multidisciplinares. Para eles, os conhecimentos científicos podem ser fundamentais para a compreensão e a busca de soluções para estes problemas, além disso salientam

que os conhecimentos de história e de filosofia também são relevantes, pois leva-se em consideração a ética e a moral. (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Nesse sentido, Silva *et al* (2015) afirmam que:

As QSC apresentam um grande potencial de impactar seriamente os padrões pessoais, sociais e globais da humanidade nos próximos anos e é por esse motivo que tem tido ampla atenção da população por intermédio dos meios de comunicação em massa, como rádio, televisão, jornal e internet (SILVA *et al* 2015, p.232)

Entretanto, geralmente alguns “[...] professores de ciências são especializados em disciplinas específicas e não foram preparados para trabalhar aspectos sociais, políticos e éticos envolvidos em assuntos públicos adjacentes ao progresso científico e tecnológico” (MARTINEZ-PEREZ; CARVALHO, 2012, p.729). Sobre esse ponto de vista, Silva *et al* (2015) ressaltam que as abordagens sobre C&T que vem sendo veiculadas nas salas de aula, são deturpadas. Para estes autores ao dar atenção apenas aos seus produtos, podemos ignorar e omitir aspectos potencialmente prejudiciais que a C&T apresentam para a sociedade e para o ambiente.

Para Martinez-Perez (2012), os problemas sociocientíficos se diferem dos “problemas propostos” que aparecem em finais de capítulos de livros didáticos. Os problemas sociocientíficos abrangem aspectos multidisciplinares e tem em sua essência valores éticos, morais, religiosos, estéticos, educacionais, ecológicos e culturais que podem ser afetados pela insuficiência de conhecimentos. Hodge e Martinez-Perez (2018) corroboram com essa perspectiva ao apontarem que é fundamental que a abordagem desses problemas seja interdisciplinar pois, ao se desenvolverem a partir de diferentes áreas do conhecimento, as QSC permitem que os alunos entendam todas as interações e implicações nas diferentes esferas sociais.

Assim, as QSC permitem importantes possibilidades para se trabalhar aspectos políticos, ideológicos, culturais e éticos na Ciência contemporânea. Sendo assim, aspectos como natureza da ciência e da tecnologia, tomada de decisão, raciocínio ético-moral, reconstrução e ação sociocrítica, poderiam ser trabalhados pelos professores de ciências em suas aulas por meio de estruturação e do desenvolvimento de questões controversas (MARTINEZ-PEREZ, 2012; MARTINEZ-PEREZ; CARVALHO, 2012).

No entanto, Carvalho (2013) chama atenção para o fato de os alunos não possuírem conhecimentos científicos específicos, dessa forma não se deve criar expectativas que os alunos vão pensar ou se comportar como cientistas. Assim, recomenda-se criar um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de forma

que o avanço dos alunos no processo seja progressivo e mediado pelo professor (CARVALHO, 2013). Afinal “ensinar ciências, sob essa perspectiva, implica dar atenção a seus produtos e a seus processos. (SASSERON, 2015, p.52)”

Na busca por romper com ideias tradicionais de ensino, Zômpero e Laburú (2011) apontam que, por meio das atividades de investigação surgem possibilidades de promover a aprendizagem dos conteúdos conceituais e dos conteúdos procedimentais que envolvem a construção do conhecimento científico. Além disso, conforme esses autores, as atividades investigativas podem proporcionar aos estudantes o contato com os novos conhecimentos, além de desenvolver habilidades de comunicação, escrita e oralidade por meio destas novas informações adquiridas pelos alunos.

À vista disso, cabe ressaltar que a integração e abordagem de QSC na educação tem o potencial de criar condições para o desenvolvimento da cidadania dos estudantes, estreitando a relação entre ciência escolar, vida cotidiana e contexto social em que eles vivem. Além de possibilitar o compartilhamento de suas ideias, experiências, exploração de valores e atitudes pode favorecer a construção de condições pedagógicas e didáticas, permitindo aos cidadãos participar responsavelmente das discussões envolvendo C&T do mundo contemporâneo (MARTINEZ-PEREZ, 2012; EL HANI *et al* 2018).

Contudo, além de tentar atender à demanda de um currículo com excesso de conteúdo a serem trabalhados mediante a uma carga horária apertada, outro grande desafio que emerge é a necessidade de repensar, e talvez reformular, ou ainda transgredir, os programas curriculares existentes. Nesse sentido, pesquisas sugerem a abordagem articulada entre os conteúdos científicos e a vivência social do aluno, como forma de dar significado a aprendizagem da ciência escolar. Além disso, várias são as estratégias de articulação para se trabalhar abordagens QSC (EL-HANI *et al.*, 2018; HERCULANO; AMARAL, 2019).

Isto posto, entende-se que o ensino por meio de QSC tem sido reconhecido por educadores em C&T de vários países. Além disso, o interesse nesses estudos tem se intensificado nos últimos anos, sustentando inúmeras propostas de ensino e aprendizagem (ZEIDLER; NICHOLS, 2009; SADLER 2011 *apud* SILVA *et al* 2015). Para MARTINEZ-PEREZ (2012), as controvérsias envolvidas nas QSC exigem a formação de cidadãos com capacidades e conhecimentos para avaliar de forma

responsável os mais variados assuntos envolvendo C&T na esfera social. Este autor admite que:

Encontram-se QSC na maior parte das discussões que se desenvolvem na sociedade atual e que são divulgadas, principalmente pela mídia, destacando as seguintes questões: energias alternativas, aquecimento global, poluição, transgênicos, armas nucleares e biológicas, produtos de beleza, clonagem, experimentação em animais, desenvolvimento de vacinas e medicamentos, uso de produtos químicos, efeitos adversos da telecomunicação, manipulação do genoma dos seres vivos, manipulação de células tronco, fertilização *in vitro*, entre outras (MARTINEZ-PEREZ, 2012 p.60).

Além de MARTINEZ-PEREZ (2012), diversos autores sugerem exemplos de temas sobre QSC que favorecem ampla participação dos estudantes, o que contribui de forma positiva para o seu crescimento pessoal e social, dentre eles: MARTINEZ-PEREZ e Carvalho (2013), Conrado (2017), Santos e Mortimer (2009), Nunes-Neto e Conrado (2018).

El-Hani *et al* (2018) atentam para o fato acerca da importância da reflexão sobre alguns pontos considerados essenciais para abordagens QSC: “[...] como escolher uma QSC? Qual a melhor QSC para ser trabalhada numa dada sala de aula? Será que um professor pode replicar o planejamento de outro professor para o uso de QSC?” (EL-HANI *et al.*, 2018 p. 406). Portanto, deve haver um planejamento prévio do professor ou de um grupo de professores, para que em situações reais de ensino os conhecimentos da ciência escolar e aspectos que fazem sentido para os estudantes estejam articulados.

Nesse contexto de educação científica, as Sequências Didáticas (SD) mostram-se como importantes ferramentas para se criar um ambiente investigativo pois, podem ser consideradas como um encadeamento de aulas e de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais. As SD devem ter um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos de forma a garantir que todo o processo proposto seja igualmente investigativo, ou seja, tenham por trás um problema claro que precise ser resolvido (ZABALA, 1998 *apud* SILVA *et al* 2015; SOLINO e SASSERON, 2019).

Para Solino e Sasseron (2019), essa percepção acerca das Sequências Didáticas Investigativas (SDI) reforça a ideia deste modelo de ensino como abordagem didática, pois caracteriza o papel do professor autônomo, ou seja, como proponente de problemas, orientador de análises e do processo além de provocar discussões e debates, independente de qual seja a atividade didática proposta. No que concerne o trabalho por meio da utilização de SDI:

[...] pressupõe a apresentação de um problema inicial sobre o assunto estudado, no qual o aluno desconhece a resposta. A partir desse problema, os alunos levantam hipóteses, momento em que ocorre a interação entre eles e o professor. Neste instante é possível a ativação e exposição das ideias prévias dos alunos. A exposição de suas ideias permite que reflitam e tomem consciência do que pensam sobre o problema proposto. Na etapa seguinte, o professor propõe uma atividade, que pode ser um experimento, para que durante um tempo, os alunos observem, registrem, analisem os dados e obtenham uma conclusão. Antes de realizar a atividade prática, deve-se discutir com os estudantes a situação ou fenômeno que será tratado. Pode-se pedir que eles escrevam suas previsões sobre o que deve acontecer e justificá-las. Na fase pós-atividade, faz-se a discussão das observações, resultados e interpretações obtidos, tentando reconciliá-las com as previsões feitas (ZÓMPERO; LABURÚ, 2012 p.677).

Observa-se que, em muitos dos casos, os professores tendem a se referir ao problema proposto como desafio, de forma a estimular os estudantes (SASSERON, 2013). Entretanto, Solino e Sasseron (2019) sugerem a utilização do termo problema, para uma maior identificação com os referenciais do ensino de ciências por investigação. Para elas, vários são os tipos de problemas que podem ser abordados, como problemas experimentais e os problemas não experimentais, que podem ser propostos com o uso de recorte de revista e/ou jornais, reportagens ou até mesmo com o uso de internet. Contudo, qualquer que seja a escolha do problema, deve-se seguir uma sequência de atividades que possibilitem aos estudantes levantar e testar suas hipóteses, sair da ação manipulativa para a intelectual, de modo a estruturar o pensamento e apresentar os argumentos discutidos com os colegas e o professor (CARVALHO, 2013).

No que se refere às possibilidades de se trabalhar SD com abordagem QSC, cabe ressaltar que muito se tem discutido sobre aquecimento global atualmente, tanto na mídia de massas, quanto nas escolas (EL-HANI *et al.*, 2018). Sob essa perspectiva, diversos trabalhos envolvendo QSC que abordam a problemática do aquecimento global foram elaboradas, como por exemplo Silva e Oliveira (2016), Marques e Reis (2018), Junges (2019), entre outros. Entretanto, El-Hani *et al.*, (2018) reforçam que QSCs pautadas nestas discussões, além dos conhecimentos em ciências naturais, devem levar em consideração os conhecimentos geográficos, políticos, filosóficos, entre outros e não somente o aprofundamento em uma única disciplina escolar. Desse modo, o aluno compreenderá de forma substancial o problema proposto, além de se tornar mais informado mediante ao assunto (EL-HANI *et al.*, 2018).

Outro assunto recorrente em abordagens QSC é sobre o uso de agrotóxicos e os problemas socioambientais inerentes ao seu uso (ANDRADE; NUNES-NETO;

ALMEIDA, 2018). Eles atentam para o fato de que ao se trabalhar sob essa temática, o enfoque agroecológico deve envolver aspectos ecológicos, econômicos, sociais, culturais, ambientais, políticos e éticos, uma vez que não são devidamente considerados e por muitas vezes são negligenciados (CAPORAL; COSTABEBER, 2004 *apud* ANDRADE; NUNES-NETO; ALMEIDA, 2018). Para tal, Andrade, Nunes-Neto e Almeida (2018) apresentam uma proposta de ensino por meio do uso de uma QSC acerca da temática agrotóxicos e os aspectos socioambientais envolvidos, que eles sugerem a aplicação tanto no ensino médio regular quanto profissionalizante, mediante alterações para atender os diferentes níveis de ensino e os objetivos almejados pelo docente.

Andrade e Mozzer (2017) também sugerem uma proposta de SD com abordagem QSC envolvendo o uso de agroquímicos, na qual estimulam a busca por novos conhecimentos diante de uma questão problema estruturada e apresentada, bem como a elaboração e a expressão de ideias e explicações nos momentos de socialização proporcionados entre os estudantes e o professor afim de interpretar e correlacionar os dados disponibilizados nas atividades propostas.

Vale ressaltar também que, dentre as inúmeras possibilidades de temas para se desenvolver QSCs, o tema “poluição de águas” é um conteúdo frequente no currículo brasileiro do ensino de ciências (SANTOS; CONRADO; NUNES-NETO, 2016). Estes autores apontam que ao se trabalhar com este tema, estabelece-se uma relação com aspectos como meio ambiente, saúde, ética, pluralidade cultural, educação e trabalho. Para além disso, trata-se de uma questão socioambiental importante e presente em discussões nas esferas sociais, pois a poluição hídrica está entre os principais problemas relacionados ao consumo da água (SANTOS; CONRADO; NUNES-NETO, 2016; 2018).

Diante disso, dentre os vários temas possíveis de se trabalhar QSC, algumas estratégias de ensino podem ser utilizadas como forma de articular os conteúdos a serem trabalhados com a atividade proposta. Carvalho (2013) acentua que o planejamento de uma SD pode se iniciar por atividades manipulativas. Para a autora, a questão problema ou situação problema pode incluir um experimento, um jogo ou mesmo um texto, o que deve favorecer uma perspectiva mais investigativa diante do tema a ser trabalhado.

Nesse sentido, em relação as didáticas, existem trabalhos como por exemplo o já citado trabalho de Andrade e Mozzer (2017), na qual utilizam a modelagem analógica.

Tal metodologia consiste no “processo de elaboração, crítica e reformulação de analogias que pode levar à produção de modelos cada vez mais refinados (NERSESSIAN 2008 *apud* MOZZER, JUSTI 2018, p.159)”.

Outra estratégia que pode ser utilizada é a formação de um Júri Simulado, pois envolve o comprometimento dos envolvidos e favorece as capacidades de realizar pesquisas, formular argumentos e fortalecer o senso crítico, além de inúmeras outras habilidades inerentes ao processo (FERREIRA; LEÃO; LOPES, 2018). Para eles, esta estratégia contribui com a formação de futuros cidadãos, pois coloca os alunos em situações nas quais eles terão de confrontar seus argumentos, além de induzir os alunos a lidarem com situações conflituosas onde terão de tomar decisões.

Santos *et al* (2016) sugerem uma audiência pública simulada adotada na proposta de uma SD intitulada de “Introduzindo uma questão socioambiental no ensino de biologia: uma sequência didática para a educação sociopolítica”. No que se refere a uma audiência pública, César (2011) a define como:

A audiência pública administrativa é um instrumento colocado à disposição dos órgãos públicos para, dentro de sua área de atuação, promover um diálogo com os atores sociais, com o escopo de buscar alternativas para a solução de problemas que contenham interesse público relevante (CÉSAR, 2011 p. 359)

Nesse sentido, Santos *et al* (2016) acreditam que a simulação de uma audiência pública possibilita aos estudantes integrar os conhecimentos relacionados ao problema socioambiental em questão. Além disso, para eles, tal estratégia pode provocar nos estudantes um engajamento em ações sociopolíticas.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

A partir do histórico de desastres envolvendo barragens de rejeitos e dos danos sociais e ambientais causados pelo rompimento dessas estruturas, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver e avaliar a proposta de uma Sequência Didática Investigativa (SDI) sobre os impactos ambientais provenientes de atividades de mineração por meio de uma QSC, com base nas impressões de Professores das áreas de Química, Biologia e Ciências.

### 3.2 Objetivos específicos

- Desenvolver uma proposta de uma sequência didática investigativa baseada em uma Questão Sociocientífica;
- Identificar, nas respostas dos participantes, elementos para se desenvolver uma SDI sobre as atividades de mineração e seus impactos;
- Identificar as possíveis contribuições da SDI sobre as atividades de mineração e seus impactos para o ensino de Química e Biologia;
- Analisar o processo de avaliação de uma SDI por professores de Química e Biologia do ensino médio por meio de um questionário.

## 4. METODOLOGIA

Em uma primeira etapa da pesquisa, foi desenvolvida uma proposta de uma Sequência Didática Investigativa (SDI) pensada para estudantes do ensino médio Regular e EJA (APÊNDICE B). A SDI foi disponibilizada para um grupo de professores<sup>1</sup> de Biologia, Química e Ciências que integram o programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (MPEC), para que fizessem a avaliação do material disponibilizado. Como instrumento de coleta de dados, optamos por um questionário aberto que foi enviado aos professores junto ao material que compunha a SDI.

O percurso metodológico será apresentado em tópicos nessa seção: Caráter da pesquisa; Caracterização da amostra; Instrumento de coleta de dados; Tratamento dos dados, realizada por meio da categorização das respostas obtidas.

### 4.1. Caráter da pesquisa

A opção pela pesquisa qualitativa se deu em função de que neste tipo de estudo, o pesquisador busca levantar as opiniões, as crenças, o significado das coisas nas palavras dos participantes da pesquisa, de modo a interagir com as pessoas, tentando exercer o mínimo de influência sobre elas (VIEIRA; 2009). A pesquisa qualitativa não é generalizável, mas sim uma metodologia de pesquisa não-estruturada e de caráter exploratório, fundamentada em pequenas amostras que proporcionam percepções e compreensão do contexto do problema (VIEIRA, 2009; CHAER *et al* 2011).

---

<sup>1</sup> O universo foi constituído por egressos e atuais alunos do MPEC UFOP.

## **4.2. Caracterização da amostra**

Os egressos e atuais alunos do MPEC foram convidados a participarem da pesquisa de forma voluntária e o material a ser analisado foi enviado por e-mail, cabendo a eles decidirem ou não pela participação, sem qualquer penalização. Assim sendo, a amostra foi constituída de 15 professores, sendo 10 professoras e 5 professores de ciências, biologia e química.

Para preservar a identidade e a integridade dos participantes, no cabeçalho do questionário enviado para análise da proposta, foi inserido o campo nome/pseudônimo de modo que os nomes dos participantes ficarão retidos somente com os autores deste trabalho e utilizaremos este pseudônimo adotado quando nos referirmos aos participantes. Para os professores que não enviaram seus respectivos pseudônimos, os autores decidiram criar os pseudônimos, sem qualquer alusão com os nomes dos participantes.

## **4.3. Instrumento de coleta de dados**

A escolha da técnica de coleta de dados foi a de um questionário (APÊNDICE A), que pode ser definido como “a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc. (GIL 1999 apud CHAER *et al* 2011 p.261)”. Vasconcellos-Guedes e Guedes (2007) apontam que o questionário é uma ferramenta operacional usada em pesquisas em que se objetiva investigar de maneira organizada a opinião de dada população sobre um assunto específico de modo a auxiliar o pesquisador em suas análises.

Nesse sentido, optamos pela forma de um questionário com questões abertas, que são aquelas que permitem a liberdade de respostas, evidenciando a própria linguagem do participante (CHAER *et al* 2011). As questões abertas trazem uma vantagem no sentido de não contar com respostas pré-estabelecidas, não causando certa influência ao participante, exigindo dele habilidade de escrita, formulação de respostas e construção do raciocínio, permitindo assim, transmitir o que pensa (CHAER *et al* 2011), além da liberdade de responder ou não determinadas questões.

Sob esta perspectiva, objetivando buscar informações por meio de perguntas baseadas nas limitações apontadas por Dionor *et al* (2020) como a carência de

construção e pesquisas voltadas para o uso de QSC, o questionário continha oito perguntas abertas que foram o foco de interesse desta análise. As duas primeiras perguntas eram questões mais gerais, que buscavam as impressões dos professores e professoras participantes acerca dos obstáculos enfrentados e a relevância de temas de cunho socioambiental nas aulas das suas disciplinas, mediante aplicação de atividades diferenciadas, como sequências didáticas por exemplo. Além disso, após essas duas perguntas iniciais, havia um quadro composto por cinco perguntas que se referem as características visuais da proposta, cabendo aos participantes responderem se os critérios atendem as expectativas, optando por “sim, não ou parcialmente”. A intencionalidade do quadro se baseia no modo em como a SDI e as informações contidas nela se apresentavam e se estavam agradáveis a leitura.

A questão número três teve como base as duas perguntas anteriores, porém foi voltada para a proposta de SDI analisada. Essa questão buscava analisar se o tema central trabalhado na proposta de SDI é relevante para o contexto de uma educação científica, na qual os professores participantes eram orientados por seus pressupostos teóricos.

A questão número 4 tratou dos objetivos da SDI, em relação a exequibilidade, expectativas de aprendizagem e o potencial de gerar engajamento por parte dos estudantes envolvidos. A questão 5 buscou averiguar nas respostas dos participantes se a SDI tem potencial para se trabalhar no ambiente escolar os aspectos que abarcam uma QSC.

A questão 6, tratou das dimensões de conteúdo: atitudinais, procedimentais que tratam das competências instrumentais e as conceituais, que tratam das competências interpessoais (CONRADO, 2017). Com base em Conrado e Nunes-Neto (2018), que defendem que tais dimensões buscam uma educação científica sob a perspectiva CTSA, a partir de adoção de estratégias ou métodos de ensino, buscamos por meio dessa se avaliar se as atividades e o processo proposto na SDI poderiam contribuir para uma educação pautada na participação dos sujeitos nas discussões presentes na sociedade. A sétima questão, buscou uma avaliação geral na proposta de SDI, bem como um espaço para críticas e sugestões para melhoria da proposta, caso julgassem pertinente.

#### **4.4. Tratamento dos dados**

Como forma de tratamento dos dados obtidos para análise, partimos das respostas ao questionário. Para tal, baseamos nossa análise nos princípios da análise de conteúdo em Bardin (1977), que fundamenta em três etapas: a pré-análise, que incide em sistematizar as ideias, levantar hipóteses e organizar os dados. A fase de exploração do material que consiste em uma aplicação sistemática das decisões tomadas. A fase de tratamento dos resultados por meio de inferências e interpretações das quais podem se destacar as informações contidas na análise. Após essa etapa, partimos para a codificação das unidades de registro e categorização dos dados obtidos.

A codificação consiste no processo de transformação dos dados brutos do texto e agregados em unidades de registro. Estas unidades correspondem ao segmento do conteúdo considerado unidade de base, objetivando a categorização dos elementos (BARDIN, 1977).

Nesse sentido, a categorização se constitui como um processo de classificação de elementos de um conjunto, no qual estes elementos são separados, e posteriormente reagrupados mediante a critérios preestabelecidos. A classificação dos elementos em categorias permite a investigação de similaridades entre eles, o que permite o seu reagrupamento. A definição das possíveis categorias e subcategorias foi realizada conforme Bardin (1977, p.120), que elenca os seguintes pontos:

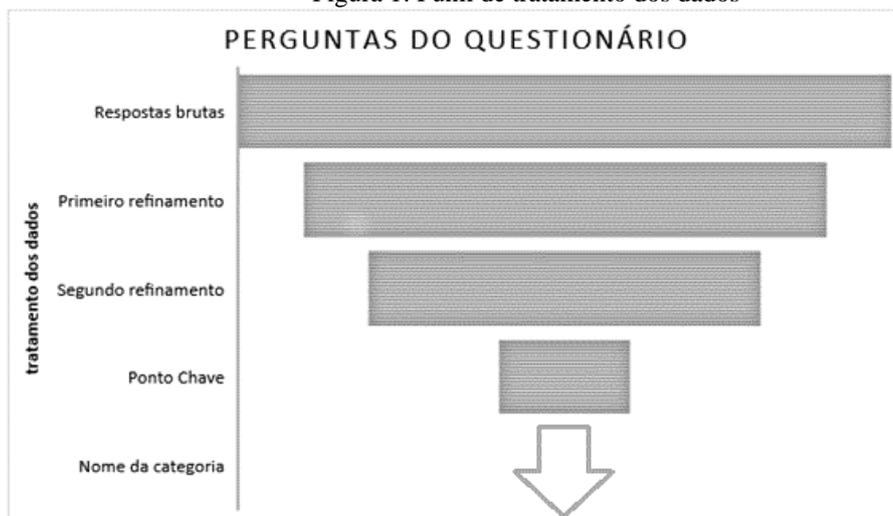
- A exclusão mútua: as categorias devem ser construídas de maneira que um elemento não seja classificado em duas ou mais categorias;
- A homogeneidade: um único princípio de organização deve governar a sua organização;
- A pertinência: a categoria deve estar adaptada ao material de análise escolhido. A categorização deve refletir as intenções da investigação realizada pelo pesquisador;
- A objetividade e a fidelidade: as diferentes partes do material analisado devem ser tratadas da mesma maneira, mesmo quando submetido a várias análises. Os critérios que determinam a inserção de um elemento em uma categoria devem ser precisos, de modo que a subjetividade e a variação de juízos não sejam reproduzidas.
- A produtividade: um conjunto de categorias é considerado produtivo quando fornece resultados considerados férteis em índices de inferências, em hipóteses novas e na exatidão dos dados.

A partir desse referencial metodológico, após a devolutiva das respostas ao questionário por parte dos professores envolvidos na pesquisa, foi realizada uma leitura minuciosa das perguntas e suas respectivas repostas de forma individual, buscando observar pontos-chaves nessas repostas. Após, foram elaboradas planilhas com as perguntas e inseridas as respostas dos professores participantes em cada planilha. Nesta etapa, buscou-se um meio de visualizar todas as respostas para cada pergunta, como forma de facilitar a observação de pontos similares de potencial interesse, partindo para a categorização dos dados.

Após o processo de fragmentação e análise dos dados, foi possível a emergência de três categorias e o reagrupamento dos dados obtidos deram origem as subcategorias. O processo de nomeação se iniciou após este reagrupamento, de modo que a definição preliminar dos possíveis nomes para as categorias teve como base o trabalho de Aikenhead e Ryan (1992). Esses autores propõem explorar as concepções de estudantes acerca da interrelação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade por meio de um instrumento de avaliação intitulado de *Views On Science-Technology-Society (VOSTS)*, um questionário exploratório (AIKENHEAD; RYAN, 1992). Nesse sentido, por meio do conjunto das definições propostas por estes autores no questionário VOSTS, que se baseiam em aspectos epistemológicos, sociais e tecnológicos da Ciência, foi possível perceber certa categorização na interrelação CTS, o que serviu de suporte para nosso estudo.

Uma técnica utilizada em diversas áreas e estudos é a do gráfico de funil que consiste em filtrar os dados brutos até que se obtenha dados refinados e é composto de três áreas: topo, meio e fundo (FIGURA 1). No topo do funil foram inseridas as respostas na íntegra para cada pergunta. O meio do funil foi dividido em duas regiões, na região que compreende ao primeiro refinamento dos dados foram destacados os pontos que continham semelhanças tais como verbos, sentenças, palavras-chave e/ou argumentos, na região do segundo refinamento dos dados destacou-se a semântica das respostas resultantes, buscando preservar compreensão e a intenção do participante, chegando na região denominada ponto-chave, que corresponde ao fundo do funil. Ao final do processo, chegou-se a possíveis nomes para as categorias e o nome da categoria obtida foi comparado com as definições propostas por Aikenhead e Ryan (1992). Um exemplo do funil utilizado pode ser visualizado na figura 1.

Figura 1: Funil de tratamento dos dados

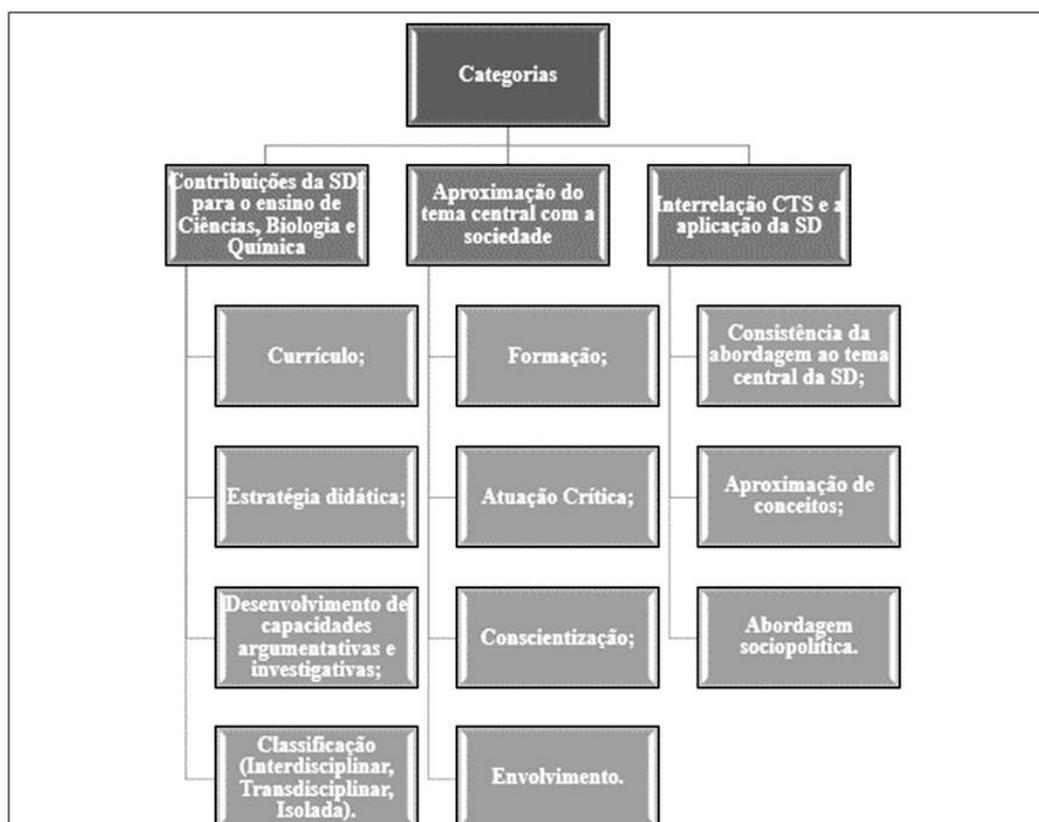


Fonte: Elaborado pelos autores (2020) adaptado de Castro (2001)

#### 4.5. Descrição das categorias

Após a análise das respostas, foi possível enumerar três categorias, que após uma segunda etapa de análises foi possível observar que dentro das categorias, surgiram subcategorias, conforme fluxograma 1:

Fluxograma 1: Categorização



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A categoria 1: **Contribuições da SDI para o ensino de Ciências, Biologia e Química** - trata do âmbito escolar, no sentido de avaliar as similaridades presentes na metodologia adotada e característica da proposta e sua contribuição para o processo de ensino e aprendizagem. Ela é marcada por expressões que se referem à currículo; estratégia didática; tomada de decisões e desenvolvimento de capacidades argumentativas e investigativas; classificação da abordagem (interdisciplinar, transdisciplinar ou isolada). Essas expressões que surgiram ao longo da análise, foram estabelecidas como subcategorias.

Desse modo, na subcategoria “currículo” foram enquadradas as respostas que se referiam ao currículo escolar, abrangendo termos como planejamento, proposta e carga horária. Esta subcategoria buscou um panorama sobre o uso de Sequências Didáticas (SD) nas aulas.

A subcategoria “estratégia didática” foi marcada por expressões como “alunos”, “participação”, “atividades”, “discussões”, além de sentenças que possuem sentidos semelhantes. A opção por elencar essa subcategoria vai ao encontro a ideia apresentada por Dionor et al (2020) no trabalho em que fazem uma análise de propostas de ensino baseadas em QSC e chamam atenção para o fato de haver certa carência de trabalhos que visem uma fundamentação teórica consolidada para o uso e avaliação desse recurso.

A subcategoria “desenvolvimento das capacidades argumentativas e investigativas” buscou avaliar a potencialidade da SDI em despertar estas capacidades nos estudantes e é marcada por expressões como “mecanismos”, “debates”, “argumentação”, “investigação”, “tomada de decisões” e “diálogos”. Além disso, buscou-se ponderar também como a proposta por nós elaborada poderia estabelecer uma relação entre o processo de ensino e aprendizagem e o uso de QSC promovendo um ambiente interativo entre professor ou professora e alunos e alunas.

No que se refere a potencialidade da SDI ser trabalhada nas diferentes áreas do conhecimento, a subcategoria “classificação (abordagem interdisciplinar, transdisciplinar e/ou isolada)” buscou avaliar se nossa proposta atendia a tal requisito e foi marcada por expressões como “disciplinas”, “interdisciplinar”, “transdisciplinar”, “áreas de conhecimento”, “conteúdos”, “isoladas” e “professores”.

A categoria 2: **Aproximação do tema central com a sociedade** - implica em avaliar a construção social do conhecimento científico e como o tema central propicia a associação com a sociedade. Esta categoria é marcada por expressões que se referem à

formação, atuação crítica, conscientização e envolvimento, que originaram as subcategorias.

Por meio da subcategoria “formação”, marcada por expressões que se referem a “formação dos alunos”, “competências”, “sociedade”, “engajamento”, “reflexão” “envolvimento”, buscamos compreender como o tema trabalhado na SDI pode oportunizar aos estudantes a consciência cidadã, fazendo com que participem de discussões de alcance socioambiental.

Com a subcategoria “atuação crítica” procuramos averiguar se a SDI possui potencial de envolver os estudantes em questões que, ainda não foram discutidas em sala de aula, valorizando a contribuição da proposta no processo de ensino e aprendizagem para uma educação democrática. Essa subcategoria foi marcada por expressões como “público-alvo”, “comunidades”, “cidadãos”.

A subcategoria “conscientização” foi marcada por expressões que se referem a “pessoas envolvidas”, “aprender”, “relevância”, “conscientes”, e propiciou avaliar como o tema da SDI permite que o estudante possa estar ciente dos problemas socioambientais do meio ao qual pertencem.

A subcategoria “envolvimento” buscou evidenciar se a proposta de SDI possui capacidade de engajar os estudantes em discussões e ações políticas e democráticas. É marcada por expressões que se referem a “envolvimento”, “contribuir”, “posicionar”, “engajar”, “atores sociais”, “desenvolver”.

Na categoria 3: **Interrelação CTS e a aplicação da SD** – avaliou-se nas respostas como a proposta de SDI contribui na relação CTS e as influências que um aspecto exerce sobre o outro. Tal fato é evidenciado por expressões como: consistência da abordagem ao tema central da SD, aproximação de conceitos e abordagem sociopolítica. Da mesma forma, essas expressões se configuraram em subcategorias.

A subcategoria “consistência da abordagem ao tema central da SD” foi marcada por expressões como “contundência”, “drenagem ácida de minas”, “DAM”, “momentos”, “SD”, buscamos averiguar se o tema abordado na SDI pode propiciar aos estudantes refletirem sobre os problemas socioambientais e seus impactos.

Para a subcategoria “aproximação dos conceitos”, procuramos por meio de expressões referentes a “informações”, “bagagem”, “questões norteadoras”, “conteúdos” as impressões dos participantes da pesquisa acerca dos conteúdos abordados na proposta de SDI e de sua proximidade com a realidade do estudante,

assim, avaliar o potencial da SDI em crescer ao estudante conceitos que antes não faziam parte de seu cotidiano.

Na subcategoria “abordagem sociopolítica” avaliou-se o potencial da proposta da SDI possibilitar aos estudantes discutirem sobre assuntos de cunho social e político, nas diferentes esferas sociais. Esta subcategoria é marcada por expressões que se referem a “disputas”, “controvérsia”, “dependência”, “mineradoras”, “arrecadação”, “estados”, “economia”, “renda”, “cenário” “ativismo”.

Nesse sentido, após o processo de estruturação dos fragmentos por categorias, tivemos acesso a uma representação dos dados brutos de forma simplificada, como propõe Bardin (1977), o que nos permitiu proceder a análise destes fragmentos, que será abordado na sessão Análise e discussão dos resultados.

## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como mencionado em seções anteriores, a abordagem de questões socioambientais pode representar uma importante ferramenta para auxiliar no processo formativo dos estudantes, uma vez que esse tipo de abordagem abarca aspectos sociais, ambientais, políticos, morais e éticos (SANTOS; MORTIMER, 2002). Nesse sentido, com base em pressupostos teóricos, nos propusemos a avaliar o potencial de uma proposta de uma Sequência Didática Investigativa envolvendo uma questão socioambiental.

O estudo foi realizado por meio da análise das repostas a um questionário elaborado pelos autores deste trabalho. A seguir serão apresentados os resultados obtidos, bem como o perfil dos participantes, que serão apresentados à medida que suas respostas são exploradas. Serão considerados 4 aspectos centrais na pesquisa realizada: (i) cenário escolar para aplicação de sequências didáticas; (ii) aspectos necessários para se trabalhar uma QSC em sala de aula; (iii) contribuições da SDI para uma educação sociopolítica e (iv) proposições de reformulações da proposta.

### 5.1. Contexto escolar para aplicação de sequências didáticas

Para este aspecto foi realizada a análise sob a ótica da primeira categoria: **Contribuições da SDI para o ensino de Ciências, Biologia e Química**, bem como as suas subcategorias que são: currículo, estratégias didáticas, desenvolvimento das capacidades argumentativas e investigativas e classificação (abordagem interdisciplinar, transdisciplinar e/ou isolada).

A utilização de recursos didáticos com a intenção de favorecer o aprendizado para os estudantes pode esbarrar em fatores relacionados à prática docente, espaço escolar, além de problemas relacionados à falta de hábito dos alunos em resolver problemas ou aos professores em propô-los (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Percebemos nas respostas dos participantes da pesquisa que existem inúmeras barreiras a serem superadas para aplicação de atividades diferenciadas, como sequências didáticas por exemplo. Esse fato fica evidente na fala da participante Mary, Mestre em Ensino de Ciências e atua no ensino fundamental há 5 anos. Para ela “*o maior obstáculo é encontrar um (a) professor (a), que tenha esse olhar crítico: voltado para o currículo embasado em contextos reais da comunidade como um todo*”. Corroborando

com essa perspectiva, Sílvia que atualmente é mestranda e professora de biologia há 4 anos em nível fundamental e médio, acredita que *“o maior desafio seja elaborar a SD. Este desafio pode ser superado a partir da disponibilização de SD já desenvolvidas. Em alguns livros didáticos do PNL D/ 2019 o ensino foi estruturado em sequências didáticas”*.

Um contraponto apresentado foi em relação ao conteúdo, que muitas vezes se mostra extenso em sequências didáticas, como a Professora Isabel, mestra em ensino de ciências e atua há 11 anos em nível fundamental. Ela traz em sua fala que *“o tempo necessário para aplicação de toda a sequência didática. Seria necessário muitas aulas para aplicação das atividades e as aulas já contam com um tempo insuficiente para todo o conteúdo programático”*, fato este que pode ser visto também na fala da professora Cris, que atua no ensino fundamental 2, ao apontar que *“o tempo destinado ao planejamento das SD para um número de aulas semanal, geralmente sendo de 2 a 3 aulas”*.

Outro fator que se mostra como obstáculo é a ausência desse tipo de atividade nas escolas, como bem explana Lionel, ao apontar que *“uma não familiaridade com um processo mais participativo nas aulas de ciências seja o maior obstáculo. Dessa forma muitas aulas de ciências têm pouca promoção e pouco envolvimento tanto de alunos quanto de professores para se elaborar métodos mais cooperativos com vistas ao ensino e a aprendizagem mais significativas”*. Lionel, mestre em ensino de ciências e que atualmente leciona em nível fundamental e médio, salienta que para que esta barreira seja superada, deve haver uma mobilização por parte do professor, no sentido de entender e colocar em prática novas estratégias pedagógicas, além de estarem inseridas no contexto do estudante, o que pode auxiliar no processo de familiarização do estudante com o tema a ser abordado. Consoante a Carvalho (2012), entendemos que o processo de interação social não se limita apenas ao modo em como professores e alunos se comunicam, ela também ocorre sob influência do ambiente e em como o aprendiz interage com os problemas a ele apresentados.

## **5.2. Aspectos necessários para se trabalhar uma QSC em sala de aula**

Para este aspecto, a segunda categoria: **Aproximação do tema central com a sociedade** e suas subcategorias: formação, atuação crítica, conscientização e

envolvimento, são exploradas as implicações da construção social do conhecimento científico tendo como alicerce a SDI apresentada.

Consoantes a Zômpero e Laburú (2011) entendemos também que intervenções que envolvem sequências didáticas investigativas pressupõem a apresentação de um problema ao estudante e a partir dele, ocorrem levantamento de hipóteses, momento no qual é possível explorar as ideias prévias dos alunos. MARTINEZ-PEREZ (2012) salientam ainda que as controvérsias envolvidas nessas atividades exigem a formação de cidadãos capacitados para avaliar problemas científicos e tecnológicos de maneira crítica e responsável. Nesse sentido, buscamos com este tópico avaliar as impressões dos participantes acerca dos aspectos fundamentais que envolvem a aplicação de uma QSC e que favoreça que seus objetivos sejam alcançados, também sob a perspectiva da primeira categoria.

Temas relevantes podem suscitar o engajamento dos envolvidos neste tipo de atividade, como bem exemplifica a mestra Pinheiro, que exerce docência há 8 anos em nível fundamental, médio e superior, quando apresenta o seguinte argumento: *“Ao contextualizar o tema com a realidade dos alunos, eles passam a “enxergar” a situação sob um ponto de vista ativo e não passivo. Desta forma, compreendem que entender os acontecimentos sociais ajudam não somente na aprendizagem e no desenvolvimento dos conceitos científicos, mas essencialmente na formação de uma postura cidadã que contribua para um “mundo” mais igualitário em todas as suas esferas”*.

A mestra Vitória, docente na rede estadual e que exerce docência há dois anos em nível médio, chama atenção para o fato de que, segundo ela *“A questão precisa estar inserida no cotidiano do aluno e da escola; a problematização envolvida na apresentação da temática precisa dialogar com o aluno, para que eles ao longo dessa jornada não desanimem ou façam de qualquer jeito, apenas para obter a nota”*.

Se tratando mais precisamente da questão que é o tema central da SDI apresentada aos participantes, Mary entende que é uma questão *“extremamente relevante, por se tratar de um material que tem o potencial de formar opinião crítica e cidadã nos alunos e que infelizmente, são pouco discutidas em sala de aula”*. Entendemos que a intencionalidade em abordar questões que possam suscitar o engajamento dos alunos e contribuir para uma via de relacionamento entre estudantes e docentes favorece o bom desenvolvimento das atividades propostas. Portanto, dialogando com a perspectiva de Santos e Mortimer (2009), ressaltamos que cabe ao

professor o papel de mediador além de uma postura dialógica que possa contemplar as diferentes vozes dos alunos dentro de sala de aula.

### 5.3. Contribuições da SDI para uma educação sociopolítica

Para este aspecto, tomamos como base a terceira categoria: **Interrelação e aplicação da SD** e suas subcategorias que são: consistência da abordagem ao tema central da SD, aproximação de conceitos e abordagem sociopolítica. Nesse sentido, buscamos avaliar se os aspectos essenciais para se trabalhar atividades diversificadas, como as SD's, por exemplo, estão articulados com o contexto científico e social do estudante.

Para Conrado e El-Hani (2010), o sistema de ensino atual aliado aos meios de comunicação em massa e ao sistema socioeconômico vigente contribui de forma significativa para que o atual cenário de desigualdade e opressão perdure. Como forma de contribuição para a manutenção desse cenário, pode se elencar diversos fatores como atividades políticas pouco transparentes, políticas empresarial e industrial que desrespeitam e desvalorizam o trabalho humano, alienação social quanto às reais necessidades humanas, falta de igualdade e justiça social, entre outros (CONRADO, EL-HANI 2010).

Nesse sentido, concordamos com Coutinho et al (2016) que ensinar ciência deve ser um processo e produção humana e não a apresentar como um conjunto de verdades sólidas e indiscutíveis a serem recitadas. Assim, atividades e metodologias que buscam quebrar este paradigma vêm sendo elaboradas e aplicadas e seus resultados analisados e publicados. A vista disso, os aspectos políticos, ideológicos, culturais e éticos foram explorados nesta etapa e as impressões dos participantes são apresentadas a seguir.

Pinheiro, um dos sujeitos da pesquisa, ao destacar uma das atividades da SDI, enfatiza que há possibilidades de se trabalhar tais aspectos e que a proposta pode contribuir para a educação sociopolítica, pois segundo ela *“Na busca por “desastre Mariana” - a palavra desastre por si só já protagoniza a ideia de algo ruim. Observo aqui a possibilidade para trabalhar os aspectos ideológicos e culturais. A divisão dos grupos para a audiência pública. Observo aqui que a própria formação dos grupos desencadeia aspectos políticos, ideológicos, culturais e éticos. Dentro de cada grupo é possível tratar estes pontos. Momento 3 “Métodos alternativos”. Observo aqui potencial para trabalhar os pontos culturais e éticos”*. Neste ponto, entendemos que a

atividade proposta busca romper com a manutenção do cenário apresentado por Conrado e El-Hani (2010), pois tal atividade permite que o aluno busque suas informações e apresente argumentos que sustentem seus pontos de vista, levando em consideração a ética, a moral, o posicionamento político não partidário, o social e cultural.

O mestrando Tiago Silva, professor de Biologia que atua na educação superior e tem seis anos de experiência docente, é mais enfático ao salientar que *“a SD nos leva a discutir sobre a política por traz da implementação de um empreendimento de mineração em um vilarejo com aspectos sócios-culturais-ambientais super importantes não só para a comunidade do entorno onde seria instalada a mina, mas para toda a sociedade, pois naquele local possui elementos insubstituíveis, como a Capela e a espécie vegetal<sup>2</sup> de milhões de anos”*.

Consoante a Conrado e El-Hani (2010), percebemos que se faz necessário que o aluno seja preparado para momentos de reflexão, para que não seja apenas um mero ouvinte e se torne um sujeito ativo e que seja capaz de apresentar e discutir seus diferentes pontos de vista, defender seus interesses, além de participar ativamente das questões que afligem a população.

Essa perspectiva pode ser percebida na resposta do professor Carlos, mestre e professor de Química em nível médio há três anos, ao abordar que *“as questões norteadoras como, a importância da mineração para o Brasil as discussões sobre a viabilidade das barragens e o questionamento acerca dos impactos dos avanços tecnológicos nas atividades de mineração, possivelmente em algum momento vão perpassar por questões políticas e culturais”*. Entendemos que, ao trazer para o/a estudante tais questões tem o poder de provocá-los, no sentido de confrontar seus conhecimentos prévios com as novas informações abordadas durante os momentos de discussão. Contribuindo para que se estabeleçam momentos em que as discussões transponham as barreiras da escola e sejam trazidas para um âmbito sociopolítico.

#### **5.4. Proposições de reformulações da proposta**

Para este aspecto, foi feita uma análise em todas as categorias e subcategorias, afim de explorar por meio das respostas dos participantes, pontos que sejam passíveis

---

<sup>2</sup> A espécie em questão se trata de uma espécie animal e não vegetal como apontado pelo participante.

de reformulação ou adequação, tanto estrutural quanto a nível de possibilidade de utilização em aulas da educação básica.

Nesse sentido, como proposta de adequação, um fator que foi apontado pelo professor Eduardo, mestre em Ensino de Ciências e docente há 14 anos, uma estratégia para que se rompa este paradigma de um ensino conteudista, se faz *“necessário aumentar a socialização desses produtos [...] por mais que seja acessível, tentar disponibilizar em grupos do WhatsApp® ou do Facebook® que sejam relacionados à assuntos pertinentes a educação, destinado a professores, para uma maior divulgação, tanto dos produtos do Mestrado, quanto ao compartilhamento dos resultados obtidos”*

O professor Eduardo ainda vai além ao ressaltar que uma forma de contribuição *“seria se fosse possível fechar uma parceria com a Secretaria de Educação e/ou Superintendência de Ensino para que enviasse esses Produtos para os e-mails institucionais das escolas, para que toda escola tivesse acesso a este conteúdo [...] uma vez que o professor não iria precisar de buscar na internet, pois é possível que alguns professores não tenham acesso ou não saiba que há esses materiais disponíveis para consulta.”*. Consoante a esta perspectiva, o professor Carlos salienta que *“As SD’s são comuns em aplicações de pesquisas, mas são muito pouco usadas na rotina escolar, pelo menos foi o que observei durante minha experiência docente”*.

Em relação as proposições de reformulação, não foram evidenciadas nas respostas dos participantes dados que alterariam o caráter da SD proposta. Foram feitos alguns apontamentos no que se refere ao tempo que a aplicação da SD possa demandar, como ressaltava Hélio, mestre em Ensino de Ciências e que exerce docência há 20 anos, ao enfatizar que apesar do tema ser relevante, *“para uma adaptação ao currículo do EM, poderia ser sintetizada em, pelo menos metade das aulas correspondentes”*.

A participante Bebel também enfatiza a questão do tempo necessário para a aplicação, apresentando uma possível solução: *“O maior obstáculo é o tempo necessário para aplicação de toda a sequência didática. Seria necessário muitas aulas para aplicação das atividades e as aulas já contam com um tempo insuficiente para todo o conteúdo programático. Uma tentativa de superá-lo seria aplicar essas sequências no contraturno”*, além disso, salienta que *“Seria interessante se fosse uma atividade interdisciplinar e os momentos dois e três deveriam ser condensados, pois demandam muitas aulas. A explicação para realização da audiência pública poderia ser menor”*. Sob a mesma perspectiva, o participante Tiago Silva ressaltava que *“Dá para*

*discutir de forma transdisciplinar com várias disciplinas, abarcando história, biologia, química, geografia, e outras, em um grande projeto pedagógico”.*

O participante Lionel salienta que *“A temática além de ser atual é necessária e urgentemente precisa ser debatida no ensino básico”*. Além de sugerir um referencial como fonte de pesquisa para as atividades: *“Como sugestão vocês poderiam utilizar também como fonte o jornal A Sirene: para não se esquecer. Entendo que para uma audiência simulada, o jornal possui um material muito rico no que tange a busca pelos direitos dos atingidos, tendo para tal, uma coluna exclusiva para isto.”*. A vista disto, entendemos que a articulação entre temas relevantes para uma QSC e o contexto ao qual a escola está inserida, pode contribuir para formação crítica dos estudantes no sentido de tomar conhecimento sobre quais assuntos estão sendo discutidos nas esferas sociais podendo realizar uma participação mais efetiva no que se refere a esses temas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A partir das respostas ao questionário, nos propusemos a analisar como se deu o processo de avaliação da proposta de SDI por nós elaborada, com base em nossos objetivos específicos. O processo de avaliação se deu por meio da disponibilização da SDI desenvolvida para um universo composto 14 integrantes do MPEC, entre mestres e mestrandos. Sendo assim, foi enviado junto a SDI um questionário contendo seis perguntas abertas para buscar suas impressões e uma pergunta fechada para avaliação geral da proposta.

O primeiro objetivo específico do presente trabalho, se tratava de *desenvolver uma proposta de SDI baseada em uma QSC* que permitisse aos estudantes desenvolverem suas capacidades investigativas e argumentativas diante de um problema real. A partir desse objetivo, após uma análise sistemática das respostas ao questionário, foi possível perceber por meio dessas respostas, que os dados apresentados pelo trabalho revelam que a proposta possui pontos que podem despertar neles tais capacidades, como podem ser vistas nas falas dos participantes, ao apontarem que a proposta analisada pode fazer com que os estudantes reflitam sobre seus papéis na sociedade, articulando o conteúdo da proposta com conceitos de Química, Física, Biologia e etc. Nesse contexto, percebemos que trabalhos que envolvem QSC buscam articular situações controversas que possam emergir do cotidiano, com o conhecimento científico, de forma contextualizada e transdisciplinar.

O nosso objetivo específico de *identificar elementos para se desenvolver uma SDI sobre as atividades de mineração e seus impactos*, buscamos avaliar como esses elementos foram apontados durante o processo de análise. Entendemos que intervenções que fazem uso de SD's, devem possuir planejamento prévio, de modo que todos os envolvidos na atividade sejam esclarecidos de seus principais pontos a serem trabalhados.

Isto posto, observamos que a disposição na qual se apresenta a SDI, iniciada pelo problema da deposição de rejeitos a seco e que culmina em uma simulação de uma audiência pública envolvendo alunos e professores, mostra que o processo proposto na SDI contém elementos que podem suscitar um engajamento por parte dos envolvidos. Além disso, os participantes da pesquisa salientaram que a questão problema trabalhada por nós, está inserida no cotidiano do aluno, ao entenderem que ela possui elevada

relevância e possui potencial para contribuir na formação cidadã dos estudantes, uma vez que abrange aspectos políticos, ideológicos, culturais e éticos, como bem ressaltaram os participantes ao apontarem os problemas inerentes ao processo de instalação de mineradoras, os impactos ambientais e sociais destes empreendimentos, a capacidade da SDI proposta em oportunizar aos estudantes conhecerem espaços não formais de educação, além de participarem de uma simulação de audiência pública, algo que não é comum no dia a dia escolar.

No que se refere ao objetivo de *identificar as possíveis contribuições da SDI sobre as atividades de mineração e seus impactos para o ensino de Química e Biologia*, notamos, por meio das respostas que, se deve fazer com que os estudantes entendam os acontecimentos sociais, auxiliando não somente na aprendizagem dos conhecimentos científicos, mas também na formação cidadã e tomada de uma postura crítica. Como, por exemplo o tema central da SDI, que se refere aos impactos causados pela DAM, que envolve conhecimentos de biologia, ao tratar dos processos biológicos que envolvem a solubilização de minerais sulfetados, por espécies bacterianas. Conhecimentos de química, como por exemplo, as reações de oxidação dos minerais sulfetados, influência do pH ao meio, além de geografia ao se referir ao estudo de bacias hidrográficas.

Consoante a este ponto, entendemos que a SDI proposta pode contribuir para um Ensino de Ciências que busca formação de cidadãos para exercício da cidadania, pois possui potencial em desenvolver nos estudantes as capacidades de identificar, avaliar e utilizar evidências que suportem seus posicionamentos críticos, nos quais os interesses coletivos são almejados.

Em relação a *Analisar o processo de avaliação de uma SDI por professores de Química e Biologia do ensino médio por meio de um questionário*, o quarto objetivo específico da pesquisa, foi levado em consideração os elementos apontados pelos professores e professoras participantes da pesquisa no sentido de como eles e elas analisaram a proposta e as proposições de adequação

Percebemos nas repostas, que alguns dos participantes basearam suas análises pensando em um possível cenário de aplicação da proposta, pois, segundo eles, produtos deste tipo não são compartilhadas com grupos de professores e escolas, e muitos não as aplicam devido ao número limitado que é destinado para as aulas de química e biologia, tomando como base a quantidade de conteúdos a serem ensinados, conforme preveem os currículos. Isso faz com que a maioria dessas propostas seja restrita a academia e

grupos de pesquisa. Outros participantes vão além, sugerindo que se destinem este tipo de material à professores e professoras, em redes sociais por exemplo, para que seja mais acessível a eles.

Um aspecto bastante evidenciado pelos participantes diz respeito ao tempo necessário para aplicação da SDI. Muitos dos participantes a consideraram longa para ser trabalhada em uma única disciplina, devido aos conteúdos previstos no currículo escolar. Foi ressaltado que seria interessante diminuir o número de aulas previsto e dividir a SDI entre as disciplinas citadas, como forma de um projeto pedagógico. Esta ocorrência foi analisada pelos autores e ficou constatado que realmente a proposta pode ser considerada longa num viés de aplicação em somente uma disciplina. Como forma de contornar tal situação, nos propusemos a revisar a SDI e incluir uma nota orientando o(os) professor(es) aplicadores que a SDI pode, também, ser executada em duas ou mais dessas disciplinas de forma concomitante. Para o caso de não haver a possibilidade de ser aplicada em duas ou mais disciplinas, foi criada uma segunda nota orientando sobre a não realização de algumas das atividades previstas na SDI, de forma a condensar o tempo necessário para a atividade.

No que se refere as demais proposições de adequação, alguns dos participantes alertaram para o fato de a SDI trazer dados sobre Brumadinho e em uma das imagens, tratar-se do distrito de Casa Branca. Após constatado o erro, foi realizada a alteração para imagens de Brumadinho. Em relação a abordagem do tema central Drenagem Ácida de Minas, alguns dos participantes apontaram que o tema não fica explícito em alguns momentos das atividades, entretanto, os conceitos químicos e biológicos que alicerçam o tema são trabalhados no dia a dia escolar, previsto em currículo, cabendo aos estudantes estabelecer conexão entre eles, devido ao caráter investigativo da SD.

Outros pontos apontados pelos participantes de forma menos evidente dizem respeito ao nome da ONG envolvida. Neste ponto, consideramos que os estudantes poderiam criar uma ONG exclusiva para a atividade, pois como se trata de uma situação real e atual, como forma de estimulá-los a pensar sobre a atuação dessas organizações, pois a organização está em processo de criação pela população envolvida. Outro fator considerado como equívoco, que foi apontado pelos participantes, se trata em um dos roteiros disponibilizados para o grupo que irá representar a empresa. Uma professora chama atenção para o fato de no roteiro serem apresentados os riscos sociais e ambientais e ela enfatiza que *“uma empresa não falaria sobre esses danos, ao*

*contrário, se pautariam nos benefícios. Quem deveria se referir aos danos era a ong”.* Ao reavaliar o roteiro e com base na literatura, ressaltamos que uma empresa, para se estabelecer em um determinado local, ela deve apresentar um Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), apresentando os possíveis danos associados ao empreendimento e formas de minimização e mitigação dos danos. Consideramos que este relatório servirá de base para que o grupo Empresa defenda os seus pontos de vista durante a simulação da audiência pública a ser realizada.

De uma maneira geral, consideramos que a proposta de SDI se mostra como um importante e necessário recurso didático para o Ensino de Ciências, e que pode contribuir de forma significativa para todos os envolvidos na execução desta atividade. Uma vez que a SDI objetiva uma educação para a cidadania, colocando os estudantes como sujeitos ativos durante o processo de aplicação, o que pode fazer com que eles repensem sobre suas posturas e decisões perante a sociedade.

O processo em que se deu a análise da proposta, nos mostrou que os objetivos que pretendemos com a aplicação da SDI são exequíveis, e fornece o suporte necessário para o professor ou a professora que deseja aplicá-la, como por exemplo os glossários, a disposição das dinâmicas, os informativos e os materiais de apoio.

Por fim, consideramos que pesquisas como a que conduzimos neste trabalho podem contribuir para que pesquisadores e professores dessas áreas conduzam trabalhos levando em consideração a importância de se elaborar, desenvolver e analisar propostas que problematizem situações do cotidiano escolar e do aluno que antes não entravam em discussões em salas de aula. E que seja importante que essas discussões sejam pautadas nos aspectos conceituais, ambientais, econômicos, sociais e éticos.

Após a realização desse trabalho, em nossas perspectivas futuras, pretendemos aplicá-lo ou acompanhar a aplicação *in loco* por algum professor que se disponha para tal, com o intuito de analisar como se dará a dinâmica das atividades presentes na proposta. Registrar os pontos positivos e negativos, avaliar adequações e garantir que o trabalho proposto possa contribuir para a formação de cidadãos críticos no que diz respeito aos problemas enfrentados pela sociedade. Além disso, de posse dos resultados da aplicação da proposta, pretendemos disponibilizá-la para professores e outros pesquisadores, além de publicá-la em revistas das áreas de ensino de Ciências, Biologia, Química e afins.

Com pesquisas como essa, pretendemos expandir a formulação de novas propostas de ensino, baseadas em discussões socioambientais, visando uma educação política, além de debruçar sobre elas a nível de mestrado, buscando novas formas de elaboração e aplicação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIKENHEAD, G. S.; RYAN, A. G. **The Development of a New Instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS)**. Science Education, v. 76, n. 5, p. 477-491, 1992.
- ANDRADE, G. M. P. C.; MOZZER, N. B. **Proposta de uma sequência didática sobre o uso de pesticidas fundamentada na modelagem analógica**. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, Florianópolis. Anais do XI ENPEC, 2017. p. 1-18.
- ANDRADE, M. A. S.; NUNES-NETO, N.; ALMEIDA, R. O. **Uso de Agrotóxicos: uma questão sociocientífica para o ensino médio**. In: Dália Melissa Conrado; Nei Nunes-Neto. (Org.). Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. 1ed.SALVADOR: EDUFBA, 2018, v. 1, p. 121-144.
- ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. **Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação**. Ciência & Educação, Bauru, SP, v. 07, n.01, p. 13-27, 2001.
- AULER, D. **Alfabetização científico-tecnológica: um novo paradigma?** ISSN 1415-2150. Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 5, n.1, p. 01-16, 2003.
- AZEVEDO, R. O. M.; GHEDIN, E.; SILVA-FORSBERG, M. C.; GONZAGA, A. **O enfoque CTS na formação de professores de Ciências e a abordagem de questões sociocientíficas**. In: 9 Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013, Águas de Lindóia. IX ENPEC, 2013. p. 1-8.
- BARDIN. L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Editora Edições 70, 1977
- BORGES, S. **O desastre da barragem de rejeitos em Mariana, Minas Gerais: aspectos socioambientais e de gestão na exploração de recursos minerais**. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, v. 27, n. 2, p. 301-312, 2018.
- BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas** / Coord. Geral. Osvaldo Barbosa Ferreira Filho; Equipe Técnica por Marina Dalla Costa et al.; – Brasília: ANM, 2019.
- CABRAL, C. G. **Conversando sobre tecnologia**. In: Carla Giovana Cabral e Guilherme Reis Pereira. (Org.). Introdução aos estudos CTC. Natal: EDUFRN, 2011, v. 1, p. 25-35.
- CAMPANER, V. P.; LUIZ-SILVA, W. **Processos físico-químicos em drenagem ácida de mina em mineração de carvão no sul do Brasil**. Química Nova (Impresso), v. 32, p. 146-152, 2009.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. **Como abordar questões sociocientíficas na sala de aula? A estratégia de cinco fases para o ensino de ciências.** INDAGATIO DIDACTICA, v. 11, p. 915-928, 2019.

CARLETTO, M. R., PINHEIRO, N.A.M. **Subsídios para uma prática pedagógica transformadora: contribuições do enfoque CTS.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 15, n. 3, p. 507-525, 2010.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação.** 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. v. 1. 151p

CARVALHO, W. L. P. **A abordagem de questões sociocientíficas na formação de professores de biologia.** Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnologia, v. Extra, p. 941-946, 2011.

CASTRO, A. A. **Revisão Sistemática: Análise e Apresentação dos Resultados.** São Paulo. p81 – 96. 2001

CÉSAR, J. B. M. **A AUDIÊNCIA PÚBLICA COMO INSTRUMENTO DE EFETIVAÇÃO DOS DIREITOS SOCIAIS.** RVMD, Brasília, V. 5, nº 2, p. 356-384, Jul-Dez, 2011.

CHAER, G.; DINIZ, R. R. P.; RIBEIRO, E, A. **A técnica do questionário na pesquisa educacional.** Evidência (Araxá), v. 7, p. 251, 2011.

CONRADO, D. M. (2017). **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico.** (Tese de Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) Universidade Federal da Bahia /Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, Brasil. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/24732/1/Tese-DaliaMelissaConrado-2017-QSC-CTSA-Final.pdf> Acesso em: 03 abr. 2020

CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N. **Formação de cidadãos na perspectiva CTS: Reflexões para o ensino de ciências.** In: II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2010, Ponta Grossa-PR. II SINECT. Ponta Grossa-PR: UTFPR, 2010. v. 1. p. a11.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. **Questões Sociocientíficas e Dimensões Conceituais, Procedimentais e Atitudinais dos Conteúdos no Ensino de Ciências.** In: Dália Melissa Conrado; Nei Nunes-Neto. (Org.). Questões Sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. 1ed.SALVADOR: EDUFBA, 2018, v. 1, p. 77-120.

COUTINHO, F. A.; FIQUEIREDO, K. L.; SILVA, F.A.R. **Proposta de uma configuração para o ensino de Ciências comprometido com a ação política democrática.** Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 9, p. 380-406, 2016.

CUNHA, M. B. **O Movimento Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) e o Ensino de Ciências: Condicionantes estruturais.** *Varia Scientia (UNIOESTE)*, v. 6, p. 121-134, 2006.

DIONOR, G. A.; CONRADO, D. M.; MARTINS, L.; NUNES-NETO, N. F. **Avaliando Propostas de Ensino Baseadas em Questões Sociocientíficas: Reflexões e Perspectivas para Ciências no Ensino Fundamental.** *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 429-464, 2020.

EL-HANI, C.N.; GUIMARAES, A. P. M.; SARMENTO, A. C. H.; MUNIZ, C. R. R. **Grupos colaborativos para construção e aplicação de questões Sociocientíficas na educação básica: possibilidades e desafios.** In: Conrado, D. M. & Nunes-Neto, N. F. (Org.). *Questões Sociocientíficas: Fundamentos, Propostas de Ensino e Perspectivas para Ações Sociopolíticas.* 1ed.Salvador-BA: EDUFBA, 2018, v. 1, p. 397-426.

ESPINDOLA, H. S.; NODARI, E. S.; SANTOS, M. A. **Rio Doce: riscos e incertezas a partir do desastre de Mariana (MG).** *REVISTA BRASILEIRA DE HISTÓRIA (IMPRESSO)*, v. 39, p. 141-162, 2019.

FEREIRA, S. F.; LEÃO, M. F.; LOPES, T. B. **JÚRI SIMULADO COMO ESTRATÉGIA PARA ENSINAR CIÊNCIAS DA NATUREZA.** In: Marcelo Franco Leão; Mara Maria Dutra; Ana Cláudia Tasinaffo Alves. (Org.). *Estratégias didáticas voltadas para o ensino de ciências: experiências pedagógicas na formação inicial de professores.* 1ed.Uberlândia-MG: Edibrás, 2018, v. p. 49-62.

FERNANDES, F. R. C.; ALAMINO, R. C. J.; ARAUJO, E. R. **Recursos minerais e comunidade: impactos humanos, socioambientais e econômicos.** 1. ed. Rio de Janeiro: CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, 2014. 392p.

FREITAS, C; M.; BARCELLOS, C.; ASMUS, C. I. R. F.; SILVA, M. A.; XAVIER, D. R. **Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva.** *CADERNOS DE SAÚDE PÚBLICA*, v. 35, p. 1-1, 2019.

HERCULANO, B.S.; AMARAL, E. M. R. **Identificando Compromissos Epistemológicos, Ontológicos e Axiológicos em Falas de Licenciandos Quando Discutem uma Questão Sociocientífica.** *QUÍMICA NOVA NA ESCOLA (IMPRESSO)*, v. 41, p. 41-54, 2019.

HODGE, I. A.; MARTINEZ, L. F.; **CONTRIBUCIONES Y DESAFÍOS QUE POSEEN LOS PROFESORES DURANTE LA ARTICULACIÓN DE CUESTIONES SOCIOCIENTÍFICAS EN EL CURRÍCULO DE CIENCIAS.** (2018) In: Conrado, D. M. & Nunes-Neto, N. F. (Org.). *Questões Sociocientíficas: Fundamentos, Propostas de Ensino e Perspectivas para Ações Sociopolíticas.* 1ed.Salvador-BA: EDUFBA, 2018, v. 1, p. 453-471.

HODSON, D. **REALÇANDO O PAPEL DA ÉTICA E DA POLÍTICA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA ALGUMAS CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS SOBRE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS.** In: Dália Melissa Conrado; Nei Nunes-Neto. (Org.). *Questões Sociocientíficas: fundamentos, propostas*

de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. 1ed.SALVADOR: EDUFBA, 2018, v. 1, p. 27-58.

**IBRAM. Há um ano, Brumadinho decretava um ‘novo futuro’ para a mineração no Brasil.** Disponível em: <http://portaldamineraçao.com.br/ibram/artigo-ha-um-ano-brumadinho-decretava-um-novo-futuro-para-mineracao-no-brasil/>. Acesso em: 07/04/2020

**JUNGES, A. L. Aquecimento Global: uma questão sociocientífica a ser discutida na formação de professores de Física da educação básica,** 2019. 283p.

**LACERDA, N. O. S.; STRIEDER, R. B. Educação CTS e formação de professores: dimensões a serem contempladas a partir do modelo crítico- Educação e Fronteiras (UFGD),** v. 9, p. 110-126, 2019.

**MARQUES, A. R. F.; REIS, P. G. R. GEOENGENHARIA DO CLIMA UMA CONTROVÉRSIA SOCIOCIENTÍFICA SOBRE A RESPONSABILIDADE NA MANIPULAÇÃO DO CLIMA.** In: Conrado, D. M. & Nunes-Neto, N. F. (Org.). Questões Sociocientíficas: Fundamentos, Propostas de Ensino e Perspectivas para Ações Sociopolíticas. 1ed.Salvador-BA: EDUFBA, 2018, v. 1, p. 345-362.

**MARTÍNEZ PÉREZ, L. F.; CARVALHO, W. L. P. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. Educação e Pesquisa (USP. Impresso),** v. 38, p. 727-741, 2012.

**MARTÍNEZ PÉREZ, L.F. Questões Sociocientíficas na prática docente.** 1. ed. Bauru SP: Editora UNESP, 2012. v. 1. 100 p.

**MELLO J. W. V; DUARTE, H. A.; LADEIRA, A. C. Q. Origem e Controle do Fenômeno Drenagem Ácida de Mina.** Química Nova na Escola (Impresso), v. CT8, p. 24-29, 2014.

**MENDES, M. R. M.; SANTOS, W. L. P. dos. Argumentação em discussões sociocientíficas.** Investigações em Ensino de Ciências (Online), v. 18, p. 621-643, 2013.

**MILANEZ, B. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação.** Boletim Regional, Urbano e Ambiental (IPEA), v. 16, p. 93-101, 2017.

**MINAS GERAIS. Currículo de Referência de Minas Gerais,** 2020 p.731-750

**MOZZER, N. B.; JUSTI, R. MODELAGEM ANALÓGICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS. INVESTIGAÇÕES EM ENSINO DE CIÊNCIAS (ONLINE),** v. 23, p. 155-182, 2018.

**PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: A relevância do Enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio.** Ciência e Educação (UNESP), v. 13, p. 5, 2007.

ROSA, S. E.; AULER, D. **Não neutralidade da ciência-tecnologia: Problematizando silenciamentos em práticas educativas CTS** - ISSN 1982-5153. ALEXANDRIA (UFSC), v. 9, p. 203-231, 2016.

SANTOS, J.C.; CONRADO, D.M.; NUNES-NETO, N. F. **Questões sociocientíficas no ensino fundamental de ciências: uma experiência com poluição de águas**. INDAGATIO DIDACTICA, v. 8, p. 1051-1067, 2016.

SANTOS, R. A.; AULER, D. **Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na Sociedade**. Ciência e Educação (UNESP), v. 25, p. 485-503, 2019.

SANTOS, V. M. F.; SILVA, F. A. R.; COUTINHO, F. A. SANTOS, M. I.; RIBEIRO, N. A.; PEREIRA, A. F.; ANDRADE, E.C.D. **Introduzindo uma questão socioambiental no ensino de biologia: uma sequência didática para a educação sociopolítica**. In: Francisco Ângelo Coutinho, Fábio Augusto Rodrigues e Silva. (Org.). Sequências didáticas: propostas, discussões e reflexões teórico-metodológicas. 1ed. Belo Horizonte: FAE/UFMG, 2016, v., p. 17-32.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 2(2), 1-23, 2002.

SANTOS, W. L. P. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios**. Revista Brasileira de Educação, v. 12, p. 474-492, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações**. Investigações em Ensino de Ciências (Online), v. 14, p. ID214, 2009.

SASSERON, L. H. **Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor**. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. 1ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, v. 1, p. 41-62.

SASSERON, L.H. **Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 17, n. spe, p. 49-67, 2015.

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

SASSERON, L. H. **Sobre ensinar ciências, investigação e nosso papel na sociedade**. CIÊNCIA & EDUCAÇÃO (ONLINE), v. 25, p. 563-567, 2019.

SILVA, F. A. R.; SANTOS, V. M. F.; SANTOS, M. I.; RIBEIRO, N. A.; PEREIRA, A. F.; MELO, L. E. S.; ANDRADE, E.C.D.; COUTINHO, F. A. **Elaborando sequências didáticas para o ensino médio de biologia**. 2015.

SILVA, S. C. G. M.; OLIVEIRA, M. M. **Sequência didática interativa trabalhada como proposta CTS com a temática aquecimento global para a Educação básica.** Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, v. 33, p. 345-364, 2016.

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. . **Ciência, Tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica.** Ciência e Educação (UNESP), v. 15, p. 01-10, 2009.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. **A significação do problema didático a partir de Potenciais Problemas Significadores: análise de uma aula investigativa.** CIÊNCIA & EDUCAÇÃO (ONLINE), v. 25, p. 569-587, 2019.

SOUSA, R. G.; ALENCAR, J. R. S. **Avaliando uma proposta de ensino através de temas sociais e práticas CTS: o motor à combustão.** In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. VI ENPEC, 2007.

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas.** Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2012.

VASCONCELLOS, E. S.; SANTOS, W.L.P. **Educação Ambiental por meio de tema CTSA: relato e análise de experiência em sala de aula.** In: XIV ENEQ - Encontro Nacional de Ensino de Química, 2008, Curitiba-PR. Anais eletrônico do XIV ENEQ, 2008, 2008. p. 1-10.

VASCONCELLOS-GUEDES, L.; GUEDES, L. F. A. **E-surveys: Vantagens e Limitações dos Questionários Eletrônicos via Internet no Contexto da Pesquisa Científica.** In: X SemeAd - Seminário em Administração FEA/USP (São Paulo, Brasil), 2007.

VIEIRA, S. **Como elaborar questionários.** São Paulo: Atlas, 2009.

von LINSINGEN, I. **Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina.** Ciência & Ensino (Online), v. 01, p. 01-16, 2008.

ZÔMPERO, A.F, LABURÚ, C.E. **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

## **8. APÊNDICES**

### **8.1. APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E QUESTIONÁRIO**

#### **PESQUISA PARA A ANÁLISE DO PRODUTO "UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE OS IMPACTOS DA MINERAÇÃO: O PROBLEMA DA DRENAGEM ÁCIDA DE MINAS"**

Prezado Professor, Prezada Professora,

É com enorme prazer que lhe convido a participar de uma pesquisa que tem por objetivo analisar as suas impressões sobre uma proposta de uma Sequência Didática relacionada à impactos socioambientais causados pelas atividades de mineração, voltada para o Ensino Médio. O produto educacional intitulado "Uma sequência didática sobre os impactos da mineração: o problema da drenagem ácida de minas" foi produzido como parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) para obtenção do Título em Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto, sob orientação do prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva. Esse material está em processo de análise e, como é destinado a professores, gostaríamos que você nos ajudasse com a sua opinião sobre as suas características e conteúdo.

A sua participação nessa pesquisa consistirá na leitura e na avaliação do produto educacional por meio do preenchimento de um questionário, o que levará um tempo de aproximadamente 10 minutos, podendo respondê-lo em qualquer lugar com acesso à internet. As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos responsáveis por este trabalho. Dessa forma, podemos garantir que em nenhum momento durante os processos de análise e divulgação dos resultados sua identidade será exposta.

Os riscos passíveis de ocorrer são a manifestação de embaraço e o desgaste no raciocínio ao preencher o instrumento de pesquisa, o que pode demandar tempo no entendimento das questões, e para a leitura do material. Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade e sem perder os benefícios aos quais tenha direito.

Todos os dados obtidos serão arquivados na sala do professor orientador desta pesquisa, Doutor Fábio Augusto Rodrigues e Silva, na Universidade Federal de Ouro Preto, por um período de cinco anos sob responsabilidade do pesquisador. Os dados

coletados e arquivados farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte.

Desde já agradecemos a sua participação em nossa pesquisa.

Atenciosamente,

André Vicente Alves e Fábio Augusto Rodrigues e Silva

#### QUESTIONÁRIO PARA ANÁLISE DE PRODUTO EDUCACIONAL

#### **“Proposta para avaliação de uma Sequência Didática Investigativa relacionada aos impactos socioambientais provocados pela Mineração”**

**Pseudônimo:**

**Formação Profissional (nível):**

**Área de Atuação:**

**Tempo de docência:**

**Idade:**

**Nível de Atuação:**

1) Na sua opinião, qual o maior obstáculo que pode ser encontrado nas escolas para aplicação de Sequências Didáticas? Como superá-los?

2) Para você, o que pode tornar uma questão socioambiental relevante para ser tema de uma sequência didática ou qualquer outra atividade de ensino?

Por favor, faça uma leitura atenciosa da Sequência Didática. Após a leitura, responda o que se pede:

<b>1. Características visuais</b>			
	Sim	Não	Parcialmente
1.1 O material se apresenta de maneira agradável à leitura?			
1.2 Os anexos presentes no material são apresentados de forma que possam ser utilizados por professores durante a aplicação da SD?			
1.3 A estruturação que se encontra a SD facilita a sua aplicação?			
1.4 A disposição das atividades na SD facilita a compreensão dos estudantes?			
1.5 As informações se encontram de maneira clara e objetiva para aplicação da SD?			

Comentários adicionais sobre aspectos visuais da SD:

3. Considerando os seus conhecimentos sobre os processos de educação científica, como você avalia a relevância do tema central da SD? Justifique a sua resposta.

4. Com relação aos objetivos das atividades da SD, você considera:

a) Eles são exequíveis? Justifique a sua resposta.

b) As atividades possibilitam atender a essas expectativas de aprendizagem? Justifique a sua resposta.

c) As atividades poderiam suscitar o engajamento dos seus alunos na discussão do tema? Justifique a sua resposta.

5. Na literatura em ensino de ciências, as Questões Sociocientíficas poderiam possibilitar trabalhar aspectos políticos, ideológicos, culturais e éticos na Ciência contemporânea nas aulas. Com base na sua leitura você conseguiria identificar algum(ns) desses aspectos na SD? Especifique qual(is) e justifique.

6. Tendo como base as dimensões de conteúdo: Atitudinais, Conceituais e Procedimentais. Você conseguiu identificar essas dimensões ao longo da leitura da SD? Poderia citar alguns exemplos?

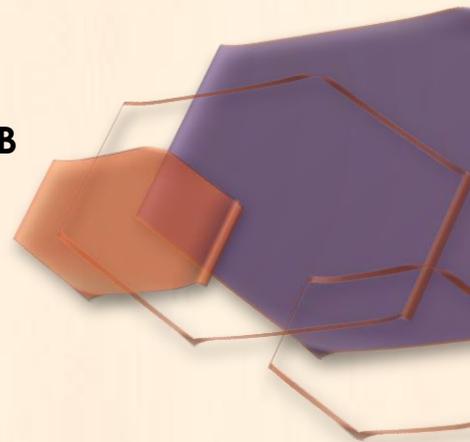
7. No geral, como você avalia essa proposta de ensino? Teria sugestões para a melhoria da proposta?

**8.2. AÊN DICE B: SEQUÊN CIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA: OS IMPACTOS DA MINERAÇÃO: O PROBLEMA DA DRENAGEM ÁCIDA DE MINAS**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS – ICEB  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - DEQUI

UFOP

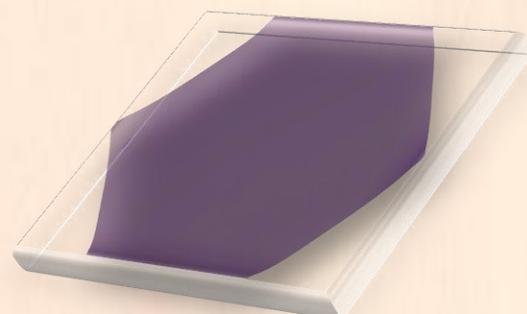
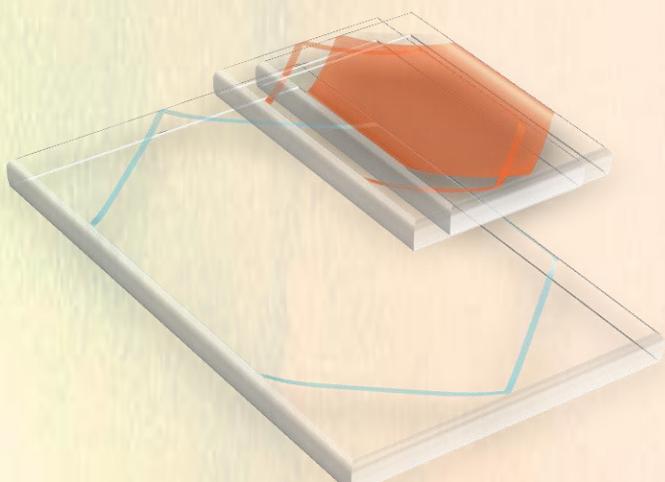


# SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA

---

## OS IMPACTOS DA MINERAÇÃO: O PROBLEMA DA DRENAGEM ÁCIDA DE MINAS

**André Vicente Alves**  
**Fábio Augusto Rodrigues e Silva**



## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM</b> .....	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>6</b>
<b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI)</b> .....	<b>7</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	<b>9</b>
<b>DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES</b> .....	<b>10</b>
<i>MOMENTO 1: VISITA GUIADA AO MUSEU OU EXPOSIÇÃO DE MINERALOGIA E     INTRODUÇÃO DA QSC</i> .....	10
<i>MOMENTO 2: DEFINIÇÃO DOS SEGMENTOS DA SOCIEDADE E FORMAÇÃO DOS     GRUPOS DE TRABALHO E INTRODUÇÃO DE CONCEITOS</i> .....	15
<i>MOMENTO 3: APRESENTAÇÃO DE MÉTODOS ALTERNATIVOS E REUNIÕES DE     PLANEJAMENTO PARA A SIMULAÇÃO DA AUDIÊNCIA PÚBLICA</i> .....	18
<i>MOMENTO 4: REALIZAÇÃO DA AUDIÊNCIA PÚBLICA SIMULADA E     ENCERRAMENTO DA ATIVIDADE</i> .....	21
<i>PROPOSIÇÕES DE AVALIAÇÃO</i> .....	25
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>26</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>27</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>28</b>
<i>INFORMATIVO 1</i> .....	28
<i>INFORMATIVO 2</i> .....	29
<i>FLUXOGRAMA BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS</i> .....	30
<i>GLOSSÁRIO</i> .....	31
<i>ROTEIRO PARA A AUDIÊNCIA PÚBLICA</i> .....	40
<b>ANEXOS</b> .....	<b>42</b>
<i>ANEXO A</i> .....	42
<i>ANEXO B</i> .....	43
<i>ANEXO C</i> .....	44
<i>ANEXO D</i> .....	46
<i>ANEXO E</i> .....	48

## APRESENTAÇÃO

Prezados (as) Professores (as),

Devido à importância de se reconhecer a escola como sendo um espaço propício a momentos de aprendizado, de socialização, de interação, e formação integral do ser humano, acreditamos que temas que buscam uma ressignificação mediante a situações de relevância essencial para a formação de cidadãos podem provocar nos estudantes a criação de hábitos que perdurem para toda a vida.

Nesse tocante, buscamos promover uma Sequência Didática (SD) que possui como alicerce uma Questão Sociocientífica (QSC) fundamentada nas atividades de mineração e seus impactos, mais precisamente nos impactos socioambientais, uma vez que estamos inseridos em uma região com alto potencial minerador, cujo Estado carrega em seu nome essa essência, Minas Gerais. Nesse sentido, o problema estudado por nós ainda é pouco discutido nas esferas sociais, mas que abarca uma série de problemas socioambientais em diversas localidades do país.

A QSC aqui apresentada, se trata de um fenômeno pouco divulgado que advém das atividades de mineração, conhecido como **Drenagem Ácida de Minas**, ou pela sigla **DAM**. Esse fenômeno se inicia quando grandes quantidades de rochas e materiais estéreis são removidos da crosta terrestre e dispostos em outros locais do empreendimento, para que se inicie o processo de remoção do minério. Desse modo, para extrair o minério, é gerado um montante de material sem valor econômico agregado que fica exposto as condições atmosféricas diversas, se tornando susceptível a este fenômeno.

A motivação para se trabalhar esse problema surge em um cenário em que os desastres provocados pelas mineradoras nas regiões de Mariana e Brumadinho, ambas em Minas Gerais e que tiveram repercussão mundial, desencadearam uma série de impactos para estas cidades e seus entornos, como degradação ambiental, morte de rios, perda de fauna e flora, desaparecimento de distritos e comunidades, desemprego, entre outros. Esses impactos provocados pelas mineradoras fizeram com que pesquisas na área se voltassem para a busca de novos métodos de disposição de rejeitos, como forma de se evitar ou até mesmo eliminar o uso de barragens ou a construção de novas outras barragens.

Assim, um método encontrado foi a deposição dos rejeitos em pilhas dispostas em pátios, áreas inutilizadas das minas ou fundo das cavas. Entretanto, com esse novo método, o rejeito também se torna susceptível a DAM, podendo intensificar ainda mais os impactos, uma vez que o material estéril extraído das minas já se encontra submetido a DAM.

A SD aqui apresentada foi elaborada a partir de um modelo proposto por Santos *et al* (2016): "Introduzindo uma questão socioambiental no ensino de biologia: uma sequência didática para a educação sociopolítica". O trabalho destes autores, busca promover um ensino voltado para a educação democrática e a estratégia de ensino adotada por eles foi a de uma simulação de uma Audiência Pública. Essa estratégia, propicia aos estudantes a vivência em processos democráticos de tomada de decisão mediante a um problema apresentado e que possui relevância social, além de possibilitar aos estudantes integrar os conhecimentos relacionados ao problema socioambiental proposto e engajamento em ações sociopolíticas, uma vez que, de acordo com César (2011) Audiências Públicas se constituem como instrumento que é colocado à disposição de órgãos públicos para que se promova um diálogo com os cidadãos na busca por alternativas aos problemas apresentados.

Nesta SD buscamos articular conteúdos presentes nos currículos de Química e Biologia para o Ensino Médio, com a QSC apresentada, visto que o fenômeno DAM possui aspectos físicos, químicos e biológicos que são abordados ao longo do ensino médio.

Para a abordagem da QSC, disponibilizamos dois informativos que se encontram dispostos da seguinte forma: O primeiro contendo uma apresentação de números relativos as atividades de mineração, como a quantidade de substâncias metálicas e não-metálicas que são extraídas, Produto Interno Bruto (PIB), Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), além de dados sobre a região conhecida como Quadrilátero Ferrífero. Em seguida, são apresentados alguns dados relacionados aos desastres ocorridos em Mariana e Brumadinho (2015 e 2019 respectivamente), além de um esquema de funcionamento de uma barragem.

No segundo informativo é apresentada uma alternativa ao uso de barragem, que é o tema central desta SD, o empilhamento de rejeitos a seco. Em seguida, são apresentados alguns impactos socioambientais provocados pela **DAM** em algumas cidades do Brasil. E por fim, a questão problema é apresentada por meio de uma reportagem relacionada a uma intencionalidade por parte de uma empresa em se instalar em uma região da cidade de Ouro Preto, conhecida como Serra do Botafogo, seguida de um convite para a Audiência Pública.

O interesse nesta região está em sua importância histórica e arqueológica para a cidade de Ouro Preto. Nesta região se encontra uma das primeiras capelas de Vila Rica, a Capela de Santo Amaro de Botafogo. Além disso, a comunidade está localizada sobre a bacia hidrográfica do Rio das Velhas e está próxima a Unidade de Conservação do Tripuí,

local onde se encontra o *Epiperipatus Acacioi*, com cerca de 350 milhões de anos, além de outras espécies de animais ameaçadas de extinção.

Esta SD tem como objetivo propor uma atividade de ensino que auxilie os(as) professores(as), na promoção de uma educação democrática, levando para a sala de aula um tema relevante para a sociedade brasileira. Esperamos que esse produto seja utilizado por outros professores e que possa fornecer suporte para a criação de novas SD que abordem QSC relevantes para a sociedade.

**Andre Vicente Alves**

**Fábio Augusto Rodrigues e Silva**

## **EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM**

A SDI foi elaborada de acordo com o nosso objetivo geral de favorecer uma educação democrática. Procura-se desenvolver um ambiente de aprendizagem para uma ação política democrática nos estudantes por meio da vivência em um processo de uma audiência pública simulada, pela qual os atores sociais terão de se posicionar e tomar as decisões cabíveis diante do problema apresentado por meio de uma QSC.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desenvolver uma ação investigativa e crítica a partir de problemas ambientais relacionados ao processo de extração mineral em diferentes escalas;
- Encorajar os estudantes a buscarem e proporem modelos de mineração que causam o menor impacto ao ambiente;
- Desenvolver a capacidade de argumentação dos alunos sobre os temas das atividades da SD;
- Proporcionar aos alunos um ambiente de debates que permita discussões sobre problemas socioambientais por meio de uma audiência pública simulada.

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI)

### UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE OS IMPACTOS DA MINERAÇÃO: O PROBLEMA DA DRENAGEM ÁCIDA DE MINAS

#### INTRODUÇÃO

A Sequência Didática (SD) apresentada é orientada por um problema socioambiental e está embasada no enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) voltada para a educação sociopolítica. Essa SD é fundamentada basicamente em uma QSC (CONRADO e NUNES-NETO, 2018; CONRADO 2017; EL-HANI *et al* 2018; MARTINEZ 2012).

Santos *et al* (2016) apontam que o desenvolvimento científico e tecnológico não se restringe apenas aos progressos almejados, mas também concebem inúmeras controvérsias, provocando impactos na vida dos cidadãos comuns, acarretando exclusões, desigualdades e degradação do ambiente. Coutinho *et al* (2016) ressaltam que a escola deve contribuir de forma significativa para a formação de sujeitos que, orientados por valores democráticos, sejam capazes de identificar problemas e atuarem como gestores da sociedade.

Como forma de favorecer uma educação cidadã, possibilitando uma mudança no *status quo* da sociedade, Cavalcanti Neto e Amaral (2011) ressaltam que o processo educativo deve ser planejado para que possibilite aos estudantes uma compreensão do social, bem como uma sensibilização que resulte em ações para a formação de um pensamento crítico, criativo e conectado à sua realidade. Para estas autoras, “o segredo do sucesso da aprendizagem que poderá possibilitar a mudança de condutas está, também, na seleção de estratégias que sejam adequadas aos objetivos propostos (CAVALCANTI NETO e AMARAL, 2011 p.132).”

Nesse contexto, Coutinho *et al* (2016) defendem uma configuração metodológica do ensino de ciências que aborde situações controversas. Para eles, tais questões nascem em um quadro de polícrise socioambiental que pode ser apresentado pela educação científica por meio de atividades de engajamento político que possibilitam aos estudantes compreender os riscos e as incertezas gerados pela produção do conhecimento científico e tecnológico.

Orientados por estes referenciais e devido aos recentes desastres provocados pelo rompimento de barragens e os consequentes danos ambientais e sociais causados nos últimos anos, sobretudo em Mariana 2015 e Brumadinho 2019, sugere-se uma proposta de SD baseada em uma QSC com foco nos impactos ambientais causados pelas atividades de mineração. Para isto, nos baseamos em estudos realizados pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) que mostram que as mineradoras estão investindo em métodos alternativos as barragens e uma das formas encontradas é o empilhamento de

rejeito a seco. A Agência Nacional de Mineração (ANM) classifica este método de empilhamento como sendo uma estrutura construída hidráulica ou mecanicamente com rejeitos provenientes do beneficiamento, podendo ser caracterizado como um maciço permeável, dotado de sistema de drenagem de fundo, com formação de espelho de água reduzido. Essa estrutura pode ser implantada em fundo de vale, encosta ou outra área (BRASIL, 2019).

Entretanto, com tal método de deposição dos rejeitos pode ocorrer um impacto caracterizado pela oxidação dos minerais sulfetados, conhecido como **Drenagem Ácida de Minas** (DAM). Este fenômeno se inicia quando rochas contendo minerais sulfetados, como, por exemplo, as rochas metálicas ou carvão mineral, são removidas da crosta terrestre e dispostas na superfície.

A DAM é caracterizada por um pH baixo, alta condutividade e altas concentrações de metais e metaloides, sobretudo Al, Fe, Mn. Essas substâncias auxiliam na acidez das águas oriundas dessas drenagens (CAMPANER e LUIZ-SILVA, 2009). Silvas (2010) chama atenção para o fato que quando os minerais presentes nessas rochas, em especial os minerais sulfetados como Pirita ( $\text{FeS}_2$ ) e Calcopirita ( $\text{CuS}_2$ ), entram em contato com água e oxigênio presentes no ar atmosférico, se tornam suscetíveis a reações de oxidação e de hidrólise e produzem íons sulfato e íons de hidrogênio livre ( $\text{H}^+$ ), tornando o meio ainda mais ácido. O pH baixo, associado a alta concentração de metais e ao fenômeno DAM, podem causar efeitos toxicológicos nos ecossistemas aquáticos, mortalidade de espécies, disfunções no crescimento e nas taxas de reprodução, além de deformações e lesões nas espécies (SILVAS 2010).

Ao serem empilhados em pátios e expostos às condições atmosféricas diversas, os rejeitos e o estéreis se tornam susceptíveis à DAM, o que agrava ainda mais os impactos socioambientais (MELLO, DUARTE e LADEIRA, 2014). Portanto, na tentativa de solucionar um problema, é criado outro ainda pouco discutido. O que levanta uma questão pouco problematizada: Dentro de inúmeras alternativas possíveis ao uso de barragens, o método de empilhamento de rejeito a seco é realmente a solução em alternativa ao uso de barragens?

## DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Como forma de estruturação desta SD, sugerimos a seguinte organização, conforme quadro abaixo:

Quadro 1: Estrutura da Sequência Didática

<b>MOMENTOS</b>	<b>Nº DE AULAS</b>	<b>ATIVIDADES</b>
<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1. Visita guiada ao Museu ou exposição de Mineralogia;</b> <b>2. Introdução da QSC.</b>
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1. Definição dos segmentos da sociedade;</b> <b>2. Formação dos grupos de trabalho;</b> <b>3. Introdução de conceitos.</b>
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1. Apresentação de métodos alternativos;</b> <b>2. Reuniões de planejamento para a simulação da audiência pública.</b>
<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1. Realização da audiência pública simulada;</b> <b>2. Encerramento da atividade.</b>

Fonte: Elaborado pelos autores

## **DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES**

### **Momento 1: Visita guiada ao Museu ou Exposição de Mineralogia e introdução da QSC**

Como atividade introdutória, o professor ou a professora poderá agendar uma visita a um Museu ou Exposição de Mineralogia, cujo objetivo é familiarizar os estudantes com alguns minerais e as atividades de mineração. Nessas instalações é possível encontrar uma coleção de minerais e algumas maquetes do processo de beneficiamento de minérios.

O professor ou a professora deverá apresentar e discutir as controvérsias sobre as atividades de mineração que envolvem o uso de barragens, os métodos alternativos e sobre as possibilidades oferecidas pelo método de empilhamento de rejeito a seco.

**Número de aulas:** 2

**Recursos didáticos:**

- **Roteiro para busca dos minerais durante a visita;**
- **Informativos com a Questão-Problema**

**Procedimentos:**

- **1º Boas-vindas aos estudantes e orientações para a visita;**
- **2º Divisão dos trios ou quartetos;**
- **3º Distribuição do guia de busca dos minerais;**
- **4º Orientação para a pesquisa;**
- **5º Apresentação da pesquisa;**
- **6º Introdução da QSC.**

**Aulas 1 e 2:** Visita ao Museu ou Exposição de minerais.

**Duração:** Cinquenta minutos cada

**Metodologia:** O professor ou a professora deve orientar os estudantes a ter foco. Destacar a importância da participação, interesse, valorizar o trabalho em equipe, respeitar opiniões e pontos de vista diferentes, e a estarem abertos ao trabalho com materiais diferenciados, leitura, interpretação.

Como forma de ambientar os estudantes sobre o tema mineração, o professor ou a professora poderá agendar uma visita ao Museu de Mineralogia da Escola de Minas, em Ouro Preto-MG. Neste local os estudantes conhecerão as diferentes classes e tipos de minerais existentes, a importância da mineração

no Brasil, em Minas Gerais e em Ouro Preto. Caso ocorra, deve se criar um roteiro para esta visita, um exemplo do roteiro pode ser observado na figura 1 (MENDES, 2021). Os alunos deverão se dividir em trios e será distribuído um guia diferente para cada trio. O guia deve conter três exemplos de minerais, um da classe dos elementos nativos, um de interesse econômico, como minerais de ferro, por exemplo e outro usado como ornamentação, como joias por exemplo. Essa informação não deverá ser apresentada aos estudantes, pois o objetivo é fazer com que busquem essas informações.

Uma lista com os exemplos de minerais que podem ser utilizados se encontra no material de apoio como forma de sugestão/orientação, no entanto, caso julgue pertinente, o professor ou a professora pode optar por utilizar outros exemplos de minerais.

Figura 1: Exemplo do guia para a visita.

<b>ROTEIRO PARA A VISITA</b>	
<b>NOMES:</b>	
<b>MINERAL OBSERVADO:</b>	
<b>CLASSE:</b>	
<b>FÓRMULA MOLECULAR:</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS:</b>	

Fonte: adaptado de Mendes (2021)

Os grupos deverão procurar seus respectivos minerais no Museu ou Exposição (MENDES, 2021) fazer as anotações que julgarem pertinentes e registrar suas fórmulas moleculares. *A posteriori*, deverão realizar uma pesquisa em casa para ser entregue na aula seguinte. Para essa pesquisa, os estudantes deverão buscar informações sobre os usos dos seus respectivos minerais, os locais de incidência, as minas existentes e em atividade, os impactos associados à extração, quais minas usam barragens ou outros métodos. Na aula seguinte, os trios deverão apresentar de forma expositiva suas respectivas pesquisas para toda a classe.

Caso a visita não seja possível de ser realizada, o professor poderá apresentar um breve histórico da mineração no Brasil, passando por Minas Gerais e por fim, sobre a região que se encontra a escola. Deverão ser apresentados também, os impactos causados pelas atividades de extração de minérios. Sugere-se que sejam mostradas para os estudantes algumas minas que existem na região, as

comunidades que estão próximas, algumas barragens que pertencem às mineradoras e o ambiente no entorno dessas minas, apresentando as matas nativas, a fauna, as comunidades tradicionais, unidades de conservação, os rios presentes nestas regiões. Serão disponibilizados na bibliografia de apoio textos contendo informações necessárias para esta SD. Sugere-se que as imagens sejam apresentadas por meio de softwares (Power Point, Prezi etc.).

A pesquisa sugerida em conjunto com a visita poderá ser realizada caso não aconteça a visita, seguindo as mesmas orientações.

### **Aula 3:** Introdução da QSC

**Duração:** Cinquenta minutos

**Metodologia:** Os estudantes deverão apresentar para a classe a pesquisa realizada sobre os minerais que lhe foram destinados e o professor ou a professora bem como os demais estudantes poderão fazer perguntas que julgarem pertinentes.

Em seguida, o professor ou a professora deve apresentar o objetivo geral da SD citando as atividades envolvidas no processo. O objetivo central desta etapa é familiarizar os estudantes com as atividades de mineração e os seus impactos socioambientais. O professor ou professora deverá esclarecer para os estudantes a importância e a relevância de se estudar este tema, uma vez que estamos inseridos em uma cidade mineradora e pouco é abordado este tema nas escolas.

A atividade desta aula pode ser feita por meio de discussões, colocando questões para que os estudantes exponham o que sabem a respeito. Para isto, os alunos deverão se dividir nos trios da visita/pesquisa para que discutam sobre as atividades de mineração, como a mineração está inserida em nossa sociedade, quais os benefícios e quais os impactos causados por estas atividades, além de revisarem alguns pontos de sua pesquisa.

Após, será solicitado que eles redijam um texto de caráter argumentativo com base nos pontos levantados por eles durante a discussão e a pesquisa. Os estudantes deverão apresentar os pontos positivos e os pontos negativos dessas atividades e o professor ou a professora poderá discutir alguns pontos elencados pelos alunos, realizando perguntas para conduzi-los à controvérsia que rege esta SD.

Para essa discussão, os alunos podem ser dispostos em uma roda de conversa, e o professor ou a professora atue como mediador da discussão.

**Questões norteadoras:**

- 1) Qual a importância da mineração para o Brasil, para Minas Gerais e sua cidade?
- 2) Vocês consideram que a mineração trouxe benefícios para a sociedade?
- 3) Quais os impactos que os avanços tecnológicos trouxeram para as atividades de mineração?
- 4) Com o aumento da capacidade de produção, os impactos ambientais também aumentaram?
- 5) Vocês consideram mais viável construir uma nova barragem ou investir na ampliação de uma já existente? Qual apresentará menos risco de provocar novos desastres?
- 6) O uso de barragens é o único modo de dispor os rejeitos gerados durante o processo? Qual outro vocês conhecem?

Para introduzir a QSC, o professor ou a professora deverá apresentar aos estudantes a QSC por meio dos Informativos que se encontram nos apêndices. A apresentação deve ser de forma contextualizada e descrever a QSC minuciosamente. Durante a apresentação da QSC, vídeos de reportagens que foram veiculadas na época condizente com os rompimentos podem ser reproduzidos, além de reportagens atuais (sites, jornais, revistas etc.), para confrontar as medidas adotadas pelas mineradoras e os efeitos ambientais e sociais, positivos ou negativos dessas medidas.

Outra sugestão, caso seja exequível, é orientar os estudantes a se dividirem em trios ou quartetos (podendo ser os mesmos da pesquisa) e o professor ou a professora solicitar que façam uma busca em

seus *smartphones* com o termo: Desastre Mariana -MG ou Desastre Brumadinho – MG. A busca pode ser realizada via aplicativo Google Chrome, na aba notícias, conforme Figura 2.

Figura 2: Método de busca de notícias.



Fonte: *Aplicativo Google Chrome*

Após a busca, oriente os estudantes a apontarem a fonte utilizada para busca e apresentarem para toda a classe as informações encontradas de forma sucinta. A intenção desta atividade é avaliar as fontes utilizadas pelos estudantes e orientá-los a respeito de fontes confiáveis, tanto para busca de notícias quanto para pesquisas de cunho escolar. Uma breve discussão sobre pesquisas e fontes poderá ser realizada. Uma lista de sites confiáveis de notícias e sites de pesquisa acadêmica pode ser apresentada para os estudantes.

Para a apresentação da QSC, o informativo 1 (apêndice 1) que se encontra disponível no material de apoio deverá ser entregue aos estudantes, para que possam conhecer alguns números relativos as atividades minerárias, e os desastres ocorridos em Mariana em 2015 e Brumadinho 2019.

## **Momento 2: Definição dos segmentos da sociedade e formação dos grupos de trabalho e Introdução de conceitos.**

Nesta etapa os alunos da turma serão divididos em grupos de trabalho e serão orientados a permanecerem nos mesmos grupos até que se finde a atividade.

Este momento tem o objetivo de trabalhar com os estudantes os conceitos, como por exemplo, mineração, quadrilátero ferrífero, barragens, entre outros que serão necessários para o desenvolvimento das etapas seguintes da SD.

Para apresentação desses conceitos, sugere-se que sejam utilizadas ferramentas eletrônicas de exibição (Datashow e notebook/computador) e que se utilize softwares compatíveis para apresentação (Power Point, Prezi etc.). Aconselha-se também que a apresentação seja mais dinâmica possível e que contenha imagens para melhor ilustrar alguns dos conceitos. Nos materiais de apoio serão disponibilizadas imagens e outros arquivos que podem ser utilizadas na montagem da apresentação, caso seja de interesse do professor ou da professora.

**Número de aulas:** 2

**Duração:** Cinquenta minutos cada

**Recursos didáticos:**

- **Quadro, Giz;**
- **Notebook ou computador ou afim;**
- **Datashow, retroprojektor ou afim;**
- **Glossário (Material de apoio).**

**Procedimentos:**

- **1º Divisão dos estudantes em grupos;**
- **2º Introdução de conceitos;**
- **3º Definição de segmentos da sociedade.**

**Aula 4:** Formação dos grupos de trabalho, definição dos segmentos da sociedade e introdução de conceitos (parte 1)

**Duração:** Cinquenta minutos

**Metodologia:** O professor ou a professora apresentará um escopo das etapas de um processo simplificado de extração e beneficiamento de minérios que se encontra no material de apoio (apêndice 3) e pode ser distribuído na forma impressa ou digital.

Esta etapa tem por objetivo mostrar aos estudantes que apesar de uma volumosa quantidade de material ser extraído das minas, uma grande parte não pode ser considerado economicamente viável, gerando assim quantidades consideráveis de rejeitos e estéreis. Neste momento deve-se apresentar para os estudantes os conceitos de mineração, quadrilátero ferrífero, minério, rejeitos de mineração, pilhas de estéril, barragens, lixiviação, drenagem ácida de minas (DAM), biorremediação, áreas degradadas.

Neste momento, recomenda-se que seja revisto o ciclo hidrológico, para que os estudantes se inteirem sobre a importância de se preservar este recurso. Uma vez que a DAM afeta águas subterrâneas e águas de superfície.

Será disponibilizado um glossário (apêndice 4) para esta SD contendo todos os conceitos que a englobam, como forma de auxiliar o professor ou a professora.

**Aulas 5:** Introdução de conceitos

**Duração:** Cinquenta minutos.

**Metodologia:** No primeiro momento desta aula, o professor ou a professora irá apresentar aos estudantes os conceitos de: meio ambiente, impacto ambiental, medidas de minimização de impactos, medidas mitigadoras e seus tipos, desenvolvimento sustentável, Estudo e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), Licenciamento Ambiental (LA), Audiência Pública, Ministério Público, Organização Não Governamental (ONG), CONAMA com as resoluções pertinentes a esta SD.

Além disso, abordará sobre o papel e a atuação das ONG ambientalistas na preservação do meio ambiente e sobre o papel e a atuação do Ministério Público quando se trata de questões ambientais. Sugere-se que sejam apresentados exemplos de trechos de audiências públicas por meio de vídeos de domínio público, discutindo com os estudantes como se dá a dinâmica desse tipo de atividade política, alguns links de vídeos que podem ser utilizados como exemplos se encontram disponíveis na bibliografia de apoio ao professor.

Como forma de estruturação das atividades, no segundo momento da aula o professor ou a professora deverá explicitar aos estudantes os segmentos da sociedade que estão envolvidos com a QSC e que estes segmentos serão representados por cada um dos grupos. Sugere-se ao professor ou a professora que os segmentos representados sejam: a) uma empresa que pretende explorar uma determinada região;

b) grupo de moradores que vivem do plantio e da pesca nas proximidades da área a ser explorada; c) uma ONG ambientalista que apresentará uma proposta de ampliação de uma Unidade de Conservação (UC) para preservação da área a ser explorada; d) integrantes do Ministério Público que conduzirão a Audiência Pública por meio da avaliação das propostas e dos argumentos elaborados pelos estudantes.

O professor ou a professora colocará no quadro quatro colunas nas quais escreverá o nome dos segmentos que os estudantes representarão (Empresa, Comunidade, ONG e Ministério Público). Os grupos podem ser escolhidos aleatoriamente ou por afinidade entre os estudantes, ou por qual critério o professor ou a professora julgar melhor. Em seguida, será feito um sorteio para definição sobre qual segmento cada grupo irá representar. Os representantes de cada grupo poderão ser definidos pelo professor ou os próprios alunos poderão eleger-los, limitado a até 2 integrantes por grupo. Os alunos representantes de cada grupo deverão delegar funções para todos os integrantes. Um exemplo de como poderá ser feita a anotação no quadro dos segmentos da sociedade que os estudantes representarão pode ser visto no quadro 1:

Quadro 1: Sugestão de anotação no quadro dos segmentos da sociedade

SEGMENTOS			
	COMUNIDADE	EMPRESA	MINISTÉRIO PÚBLICO
REPRESENTANTE:			

Fonte: Elaborado pelos autores

É de extrema importância que o professor ou a professora esteja familiarizado(a) com o tema desta QSC para transmitir segurança aos estudantes. Para tal, serão disponibilizados materiais de apoio para o professor ou a professora.

Recomenda-se orientar os estudantes a seguirem o seguinte roteiro, para melhor andamento das atividades:

- Grupo Ministério Público: Elaboração de carta convite; abertura da Audiência Pública; motivos pelo qual aprova ou não aprova o empreendimento ou unidade de conservação; ata da Audiência Pública;
- Grupo Empresa: Área abrangida pelo empreendimento; danos ambientais; danos sociais; medidas mitigadoras;
- Grupo ONG: Área abrangida pela Unidade de Conservação e elaboração de um Plano de Manejo;
- Grupo Comunidade: Elaboração de perguntas para a empresa e para a ONG ambientalista; motivos pelo qual aprova ou não aprova o empreendimento ou Unidade de Conservação;

- Banca avaliadora: Orientações gerais sobre a Audiência Pública; zelar pelo bom andamento da atividade; orientações para a ata e os relatórios a serem elaborados.

### **Momento 3: Apresentação de métodos alternativos e reuniões de planejamento para a simulação da audiência pública**

Este momento tem por finalidade apresentar aos estudantes alguns métodos existentes como alternativas ao uso de barragens, além de reuni-los e prepara-los para a realização da audiência pública.

**Número de aulas: 3**

**Duração: Cinquenta minutos cada**

**Recursos didáticos:**

- **Quadro;**
- **Notebook ou computador ou afim;**
- **Datashow, retroprojektor ou afim;**
- **Glossário (Material de apoio).**

**Procedimentos:**

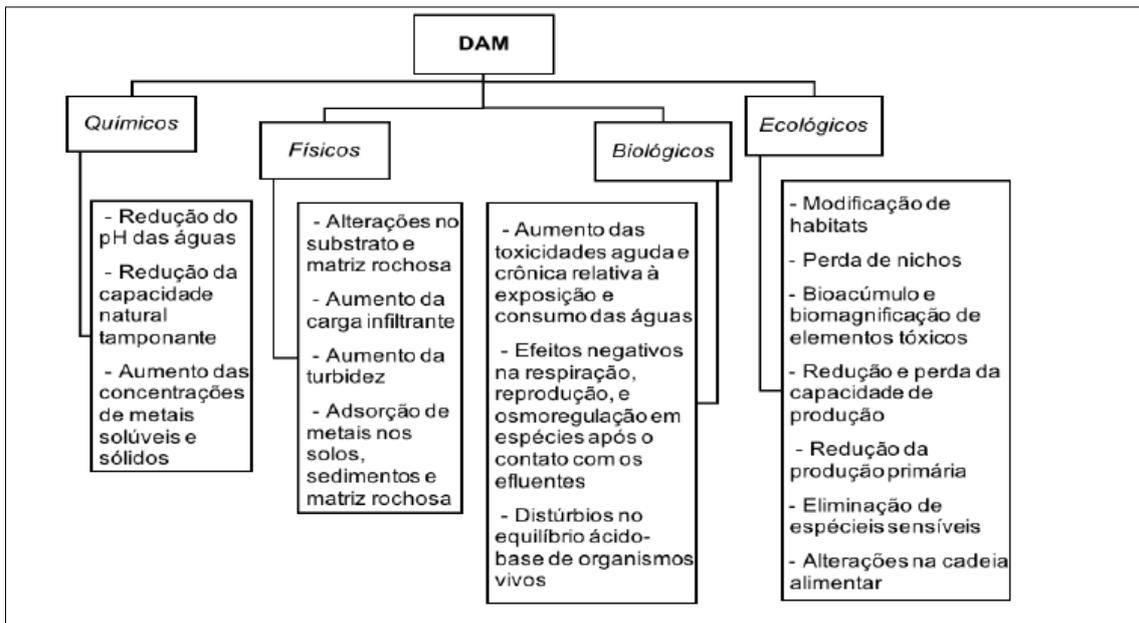
- **1º Divisão dos estudantes em grupos;**
- **2º Apresentação dos métodos alternativos;**
- **3º Orientações para a Audiência Pública.**

**Aula 6:** Apresentação de métodos alternativos e reunião dos grupos

**Duração:** Cinquenta minutos.

**Metodologia:** Neste momento, a controvérsia que rege essa SD deverá ser bastante explorada, por meio do informativo 2 (apêndice 2) que deverá ser entregue aos estudantes. Para isto, o professor ou a professora deverá dispor os estudantes nos grupos definidos e apresentar a alternativa existente para disposição de rejeitos, que é a disposição dos rejeitos a seco em um pátio ou em algum local desativado da mina. Além de apresentar os possíveis problemas ambientais associados à essa nova alternativa, como a drenagem ácida de minas (DAM) por exemplo. Além disso, poderão ser apresentados também os riscos associados a DAM, conforme a figura 3:

Figura 3: Principais efeitos da DAM sobre o meio superficial.



Fonte: Galhardi e Soldeira (2018) adaptado de Gray (1997)

Indica-se ao professor ou a professora que utilize a exibição de vídeos para apresentar alguns desses métodos, os links de exemplos de vídeos que podem ser utilizados estão dispostos na bibliografia de apoio.

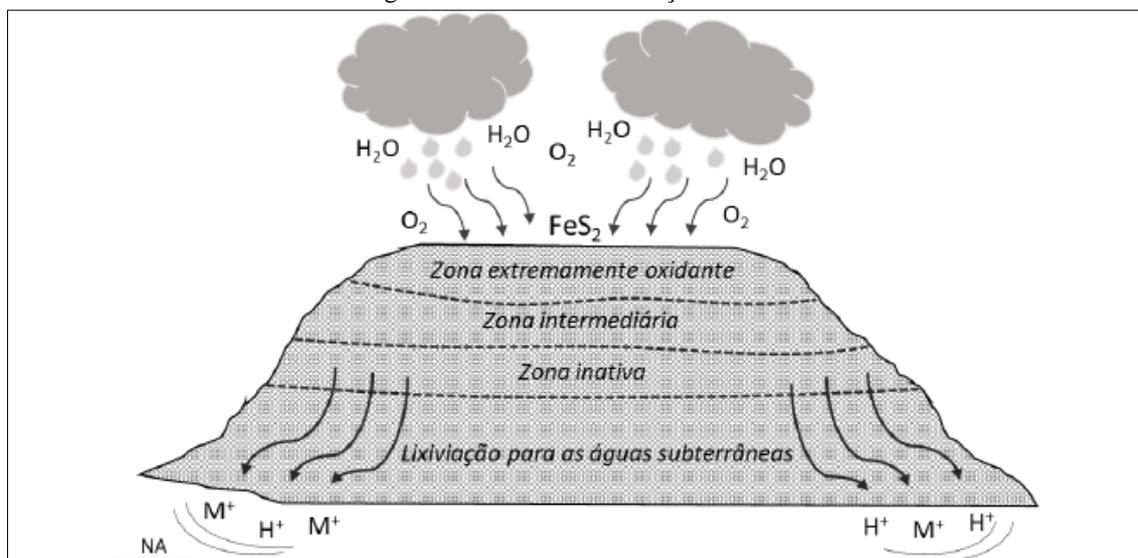
O professor ou a professora deverá explicitar para os estudantes o fenômeno DAM, caracterizando os seus impactos ambientais. Os aspectos físicos, químicos e biológicos presentes na DAM deverão ser explorados, apresentando as reações envolvidas, o efeito das alterações do pH no solo, nas águas subterrâneas e dos rios e os transtornos sociais, ambientais e os problemas de saúde pública que podem surgir devido a este fenômeno. Um texto com informações sobre este fenômeno encontra-se disponível no material de apoio (apêndice 4).

Os estudantes deverão ser estimulados a proporem soluções para minimizar, tratar ou ainda eliminar o risco de ocorrer a DAM. Para isto, após a apresentação deste fenômeno aos estudantes, serão distribuídos textos de apoio com base na DAM que contará com os impactos gerados por este fenômeno. Cada grupo receberá um conjunto de textos com informações pertinentes a seu segmento, exceto o grupo Ministério Público, que receberá todos os textos, para se familiarizar com os aspectos envolvidos na SD.

O professor ou a professora poderá explicar para os alunos como se forma a DAM, explicitando o intemperismo dos minerais sulfetados, a acidificação do meio, a lixiviação dos metais, representados

por  $M^+$  e o transporte destes metais até as águas subterrâneas, conforme evidenciado na figura 4, bem como apresentar as equações de reação envolvidas no processo.

Figura 4: Processo de formação da DAM



Fonte: Galhardi e Soldeira (2018) adaptado de Paikaray (2015)

Os conceitos envolvidos nesse processo podem ser encontrados no glossário que consta no material de apoio.

Nos minutos finais dessa aula, o professor ou a professora poderá solicitar aos estudantes que tragam de casa, materiais para que elaborem seus modelos. O professor ou a professora fará uma breve explicação sobre a finalidade destes materiais e em como poderá auxiliá-los durante a realização da atividade de modelagem. Sugere-se que os materiais sejam: bolinhas de isopor, palitos de fósforo, clips, massinha de modelar, folhas A4, cartolinas, pincel. A confecção dos modelos poderá ser feita na aula anterior a realização da audiência pública, para que os modelos elaborados não se percam e que minimize a possibilidade de levar para casa. O professor ou a professora poderá destinar um local para acondicionamento dos modelos confeccionados, este local pode ser a biblioteca, desde que previamente acordado entre as partes.

Na data da realização da audiência pública, os modelos elaborados podem ser utilizados como forma de explicação de suas propostas a serem apresentadas para sustentarem seus argumentos.

**Aula 7 e 8:** Reuniões monitoradas de planejamento para a simulação da audiência pública.

**Duração:** Cinquenta minutos cada.

**Metodologia:** O professor ou a professora solicitará aos alunos que se reúnam nos grupos que foram definidos previamente, para que iniciem as ações de preparação para a atividade. O professor ou a professora será o(a) mediador(a) da atividade neste momento e deverá orientar os grupos para que busquem informações referentes aos seus respectivos segmentos. Para tanto, disponibilizará textos de apoio para os grupos e deverá transitar entre os estudantes monitorando o desenvolvimento do trabalho, fornecendo instruções pertinentes e informações específicas para o segmento representado por cada grupo.

Sugere-se que no início dessas aulas destinadas as reuniões dos grupos, os representantes de cada grupo apresentem individualmente ao professor ou a professora o andamento das atividades de seu grupo, de forma sucinta, para que sejam sanadas dúvidas.

É de suma importância que o professor disponha de estratégias para monitorar as atividades que estiverem sendo elaboradas, a fim de auxiliar e qualificar as informações buscadas pelos grupos, promovendo o desenvolvimento das competências procedimentais necessárias por meio das leituras dos materiais de apoio.

O professor ou a professora deverá se atentar para as dúvidas que possam surgir durante a atividade, visto que os alunos podem apresentar dificuldades na leitura dos materiais disponibilizados. O professor ou a professora deverá ouvir atentamente os questionamentos dos estudantes para orientá-los da melhor forma possível e eliminar as concepções alternativas que possam surgir.

Com base nos textos, os estudantes que compõem o segmento ONG deverão elaborar um relatório com informações relevantes ao fato de estarem contra o processo de instalação da Empresa, tendo em vista os impactos ambientais associados as atividades de mineração, além de apresentar o motivo da solicitação da ampliação da UC que existe nas proximidades do local.

Os alunos que compõem o segmento Empresa deverão propor meios de se evitar que no processo de deposição de rejeitos a seco ocorra o fenômeno DAM, ou que ainda este fenômeno seja passível de tratamento. Além disso, deverão apresentar mecanismos de proteção da bacia hidrográfica na qual desejam instalar o empreendimento e do entorno do empreendimento, devido a existência de uma UC nas suas proximidades.

#### **Momento 4: Realização da audiência pública simulada e encerramento da atividade.**

Este momento possibilitará que os estudantes integrem conhecimentos acerca do problema socioambiental apresentado, engajem na ação sociopolítica e sejam capazes de elaborar argumentos que sustentem seus pontos de vista em relação a uma controvérsia.

**Número de aulas: 3**

**Duração: Cinquenta minutos cada**

**Recursos didáticos:**

- **Quadro;**
- **Notebook ou computador ou afim;**
- **Datashow, retroprojektor ou afim;**
- **Glossário (Material de apoio).**

**Procedimentos:**

- **1º Divisão dos estudantes em grupos;**
- **2º Abertura da Audiência Pública pelo grupo Ministério Público;**
- **3º Apresentação dos segmentos e da Banca Avaliadora;**
- **4º Proceder com a Audiência Pública, conforme roteiro;**
- **5º Encerramento da Audiência Pública.**

**Aula 9 e 10:** Simulação da audiência pública

**Duração:** Cinquenta minutos cada

**Metodologia:** A banca avaliadora poderá ser composta pelo professor ou professora da disciplina e uma outra pessoa a qual ele ou ela julgar competente (estagiário, bolsista (PIBID), outro professor, pedagoga etc.), podendo ser mais de uma pessoa caso haja disponibilidade, desde que não interfira no andamento da atividade. De modo que essa (s) pessoa (s) deverá(ão) estar disponível(eis) para realização das aulas referentes a Audiência Pública.

Os componentes da banca avaliadora deverão apresentar a controvérsia, motivo da Audiência Pública. A banca avaliadora tem o objetivo de analisar de forma imparcial o processo de argumentação dos diferentes grupos, sendo um apoio para o momento de deliberação final.

A disposição da sala pode seguir o exemplo apresentado na figura 5:

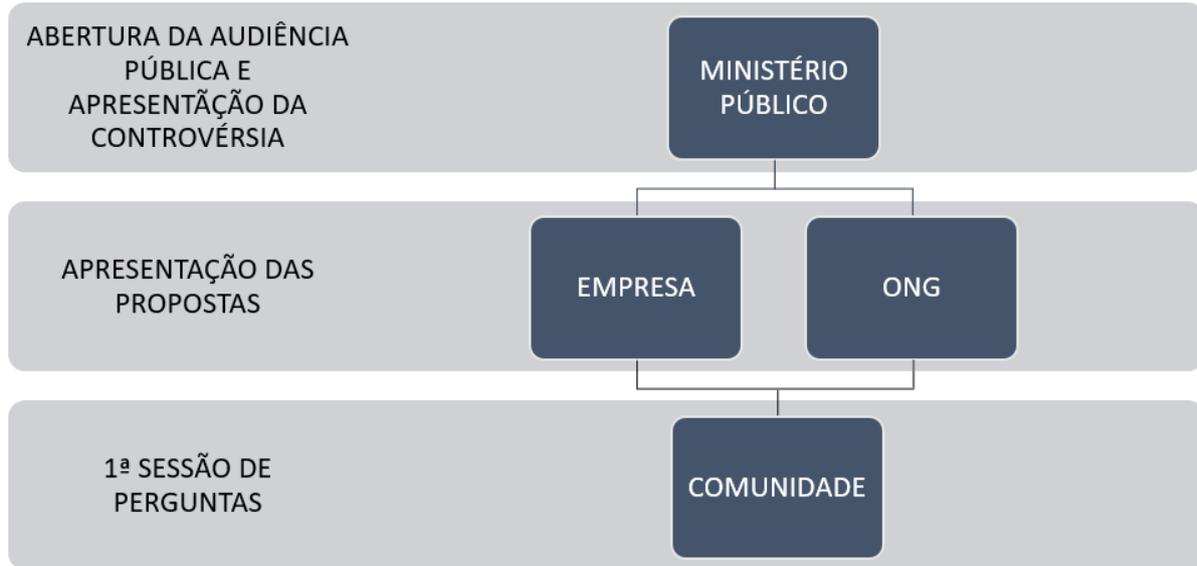
Figura 5: Exemplo para organização da sala de aula para a realização da simulação da Audiência Pública



Fonte: Adaptado de Santos et al 2016

Os estudantes que compõem os grupos que representam a Empresa e a ONG deverão apresentar suas propostas e será aberto um momento para perguntas ao grupo. O grupo que representa os moradores deverá realizar perguntas de seu interesse para os grupos Empresa e ONG. A dinâmica desta etapa está apresentada na figura 6. As perguntas para a podem ser: Qual a forma de minimizar os impactos que serão gerados? Quais benefícios a empresa trará para a comunidade? Como ficarão os rios e o solo nas proximidades da área a ser explorada? O que pode ser feito com o rejeito?

Figura 6: Fluxograma da dinâmica da primeira etapa da audiência pública.



Fonte: Elaborado pelos autores

Os grupos deverão debater com o grupo Comunidade sobre suas propostas. Após, serão destinados alguns minutos (sugere-se de 5 a 10 minutos) para os grupos reverem suas propostas e apresentarem suas réplicas para as perguntas do grupo Comunidade, o grupo Banca Avaliadora também poderá participar deste momento de perguntas e respostas, como forma de incentivar a participação e gerar discussões.

Em seguida, em outro momento de perguntas e os grupos deverão apresentar suas trélicas de maneira mais ágil, com tempo mais limitado para elaborar seus argumentos. Sugere-se que o professor ou a professora controle os ânimos dos grupos para que a atividade se desenvolva. Recomendamos que os próprios estudantes conduzam e sejam os protagonistas da audiência pública.

Ao final da Simulação da audiência pública, os grupos deverão elaborar seus respectivos relatórios e entregá-los para a banca examinadora para apreciação, que por sua vez repassará ao grupo Ministério Público, que emitirá o relatório e o apresentará o parecer na aula seguinte.

Um roteiro para a realização da Audiência Pública pode ser encontrado junto ao material de apoio (apêndice 5)

#### **Aula 11:** Encerramento da Audiência Pública

**Duração:** vinte minutos (sugerido)

**Metodologia:** O segmento Ministério Público, fará a apreciação das propostas dos grupos e discutirá entre si para elegerem a melhor proposta, com base nos argumentos e evidências apresentadas, sugere-

se que esta atividade seja realizada em casa. O Ministério Público apresentará o relatório emitido, elencando os critérios adotados que o fizeram eleger a melhor proposta. Sugere-se que a apresentação da melhor proposta seja realizada via software (Power Point, Prezi etc.) e o professor ou a professora deverá auxiliar aos estudantes em elaborar a apresentação para que fique mais dinâmica possível. O professor ou a professora e os demais alunos poderão realizar perguntas para o grupo Ministério Público durante a apresentação. Caso os demais componentes da banca avaliadora estejam disponíveis para este momento, poderão estar presentes na deliberação final do Ministério Público.

Ao final das atividades, todos os relatórios e a ata que forem emitidos durante o processo deverão ser entregues ao professor ou a professora, para avaliação dos documentos emitidos. Recomenda-se que seja feita uma discussão com os estudantes como forma de apreciação da atividade.

### **Proposições de avaliação**

Sugere-se que a avaliação ocorra por etapas. O professor ou a professora deverá analisar a vivência na SD, o engajamento e o desempenho dos estudantes durante todo o processo (aulas expositivas, roda de conversa, visita ao museu, pesquisas, exibição de vídeos, reuniões dos grupos e na simulação da audiência pública). O relatório a ser entregue pelos estudantes também é um elemento a ser avaliado, o professor ou a professora deverá avaliar os argumentos utilizados, os conhecimentos dos conceitos que foram utilizados, as evidências apresentadas, além de aspectos éticos e morais. É igualmente interessante o professor ou a professora propor aos alunos uma autoavaliação como parte da avaliação geral do desenvolvimento da sequência didática.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. Anuário Mineral Brasileiro: **Principais Substâncias Metálicas** / Coord. Geral. Osvaldo Barbosa Ferreira Filho; Equipe Técnica por Marina Dalla Costa et al.; – Brasília: ANM, 2019.

CAMPANER, V. P.; LUIZ-SILVA, W. **Processos físico-químicos em drenagem ácida de mina em mineração de carvão no sul do Brasil**. Química Nova (Impresso), v. 32, p. 146-152, 2009.

CAVALCANTI NETO, A. L. G.; AMARAL, E. M. R. **Ensino de Ciências e Educação Ambiental (EA) no nível fundamental: análise de algumas estratégias didáticas**. Ciência e Educação (UNESP. Impresso), v. 17, p. 129-144, 2011.

CÉSAR, J. B. M. A. **AUDIÊNCIA PÚBLICA COMO INSTRUMENTO DE EFETIVAÇÃO DOS DIREITOS SOCIAIS**. RVMD, Brasília, V. 5, nº 2, p. 356-384, Jul-Dez, 2011.

CONRADO, D. M. (2017). **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico**. (Tese de Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) Universidade Federal da Bahia /Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, Brasil. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/24732/1/Tese-DaliaMelissaConrado-2017-QSC-CTSA-Final.pdf> Acesso em: 03 abr. 2020

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. **Questões Sociocientíficas e Dimensões Conceituais, Procedimentais e Atitudinais dos Conteúdos no Ensino de Ciências**. In: Dália Melissa Conrado; Nei Nunes-Neto. (Org.). **Questões Sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. 1ed.SALVADOR: EDUFBA, 2018, v. 1, p. 77-120.

COUTINHO, F. A.; Figueiredo, K. L.; SILVA, F.A.R. **Proposta de uma configuração para o ensino de Ciências comprometido com a ação política democrática**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 9, p. 380-406, 2016.

EL-HANI, C.N.; GUIMARAES, A. P. M.; SARMENTO, A. C. H.; MUNIZ, C. R. R. **Grupos colaborativos para construção e aplicação de questões Sociocientíficas na educação básica: possibilidades e desafios**. In: Conrado, D. M. & Nunes-Neto, N. F. (Org.). **Questões Sociocientíficas: Fundamentos, Propostas de Ensino e Perspectivas para Ações Sociopolíticas**. 1ed.Salvador-BA: EDUFBA, 2018, v. 1, p. 397-426.

IBRAM. **Há um ano, Brumadinho decretava um ‘novo futuro’ para a mineração no Brasil**. Disponível em: <http://portaldamineracao.com.br/ibram/artigo-ha-um-ano-brumadinho-decretava-um-novo-futuro-para-mineracao-no-brasil/>. Acesso em: 07/04/2020

MARTÍNEZ, L.F.P. **Questões Sociocientíficas na prática docente**. 1. ed. Bauru SP: Editora UNESP, 2012. v. 1. 100 p.

MELLO J. W. V.; DUARTE, H. A.; LADEIRA, A. C. Q. **Origem e Controle do Fenômeno Drenagem Ácida de Mina.** Química Nova na Escola (Impresso), v. CT8, p. 24-29, 2014.

MENDES, Isadora Arinda de S. **Visita guiada ao Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas da UFOP: conteúdos e contextos de ensino e aprendizagem de Química.** 2021. 100 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

SANTOS, V. M. F.; SILVA, F. A. R.; COUTINHO, F. A. SANTOS, M. I.; RIBEIRO, N. A.; PEREIRA, A. F.; ANDRADE, E.C.D. **Introduzindo uma questão socioambiental no ensino de biologia: uma sequência didática para a educação sociopolítica.** In: Francisco Ângelo Coutinho, Fábio Augusto Rodrigues e Silva. (Org.). Sequências didáticas: propostas, discussões e reflexões teórico- metodológicas. 1ed. Belo Horizonte: FAE/UFMG, 2016, v., p. 17-32.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Prezado professor, Prezada Professora,

Chegamos ao fim da Sequência Didática Investigativa sobre impactos socioambientais provocados pelas atividades de mineração. Este produto educacional foi desenvolvido para possibilitar aos alunos e alunas da educação básica o acesso a uma formação científica, cidadã e política por meio de atividades diferenciadas.

A proposta a qual nos empenhamos em elaborar foi pensada para estudantes do Ensino Médio, tanto para o privado quanto para o público. Tal proposta foi estruturada tendo como base cidades do interior de Minas Gerais, que estão localizadas na região conhecida como Quadrilátero Ferrífero e que é afetada pelas atividades mineradoras.

Acreditamos que o tema proposto possui caráter relevante, apesar de pouco discutido nas esferas sociais. Essa proposta possui, em nosso entendimento, um grau moderado de dificuldade, além de apresentar baixo custo para aplicação. Além disso, acreditamos, também, que aspectos importantes podem ser desenvolvidos mediante a aplicação dessa sequência didática como o encorajamento do aluno em investigar os problemas, reflexões acerca do que vem sendo realizado em sua cidade, proposição de medidas, vivência em processos sociais e debates.

A motivação em se propor tal tema, surge da vivência do primeiro autor, André Vicente Alves, ao trabalhar por oito anos em uma mineradora da região de Ouro Preto e Mariana, não podendo conciliar seus estudos com o trabalho, optou pela continuidade nos estudos. Durante o período em que trabalhou na mineradora, vivenciou os momentos angustiantes causados pelo rompimento da barragem de Fundão e suas consequências, pois tem um certo grau de proximidade com alguns moradores do distrito de Bento Rodrigues. Em função disso, por diversas vezes, ouvia dessas pessoas que as discussões e debates sobre as ações a serem tomadas pelas partes envolvidas não abarcavam grande parte dos afetados.

Por fim, gostaríamos de nos deixar a disposição para críticas e sugestões, esclarecimento de dúvidas, e quaisquer outras informações acerca do trabalho realizado e de sua continuidade.

Atenciosamente,

André Vicente Alves e Fábio Augusto Rodrigue e Silva

E-mail para contato: [alves.andre7@yahoo.com.br](mailto:alves.andre7@yahoo.com.br) / [andre.vicente@aluno.ufop.edu.br](mailto:andre.vicente@aluno.ufop.edu.br)

## **APÊNDICES**

### **Apêndice 1**

#### **INFORMATIVO 1**

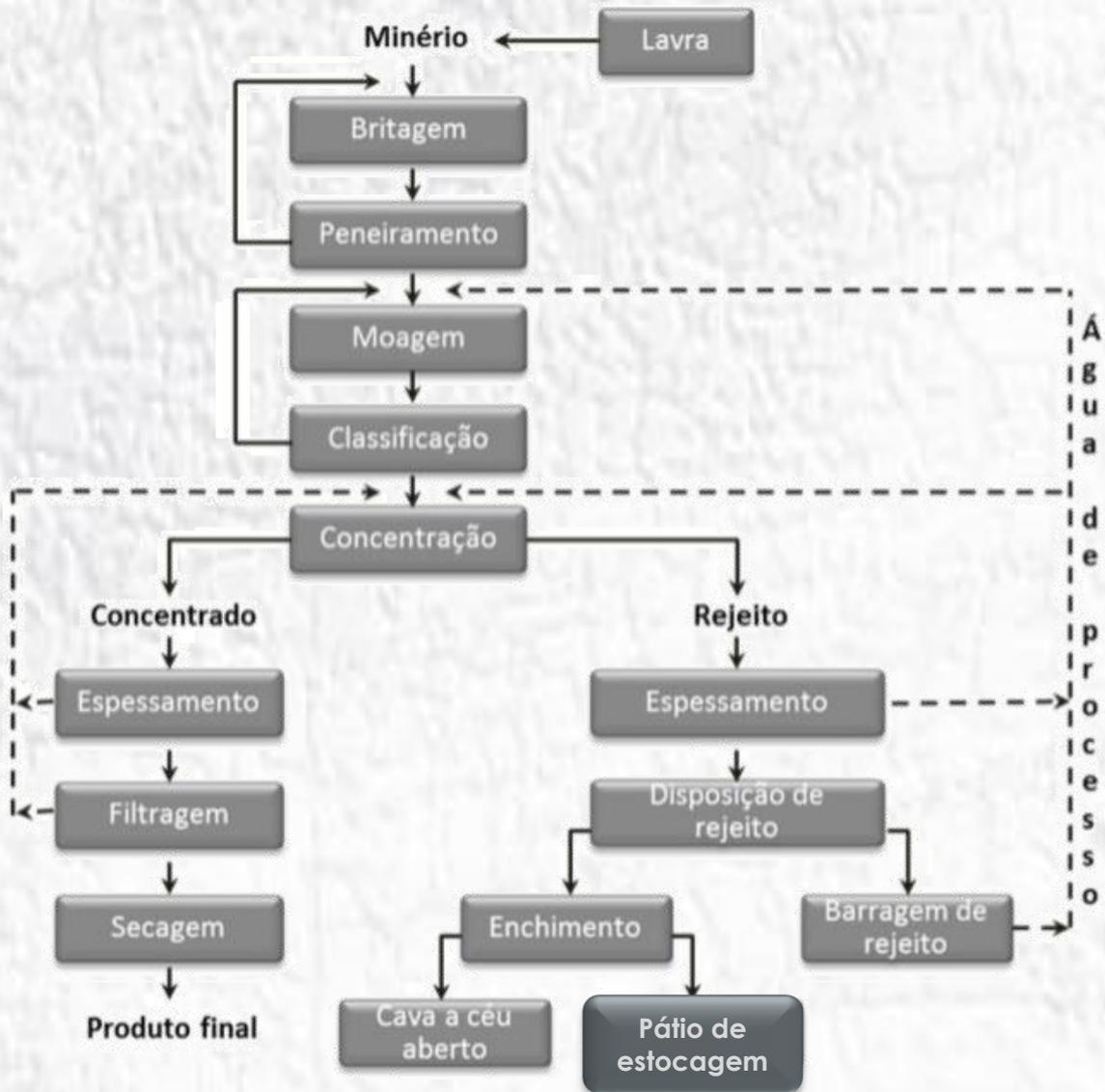
## **Apêndice 2**

### **INFORMATIVO 2**

Apêndice 3

# FLUXOGRAMA BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS

## ETAPAS



Apêndice 4:

## **GLOSSÁRIO**

### **A**

#### **ÁREA DEGRADADA:**

É aquela que, após sofrer a degradação não retorna ao seu estado anterior pelo processo natural.

#### **ÁREA ALTERADA:**

É aquela que mesmo após sofrer impactos mantém meios de regeneração natural capazes de solucionar o problema ao longo do tempo

#### **AUDIÊNCIA PÚBLICA:**

No processo de licenciamento ambiental, é um importante instrumento de participação popular referido nas resoluções de nº 001/86 e 009/87 do Conselho Nacional do Meio Ambiente/ CONAMA. São consideradas peças fundamentais no processo de Avaliação de Impacto Ambiental. Devido ao seu caráter consultivo/informativo, essas reuniões são públicas e discutem sobre a construção, ampliação e o funcionamento de empreendimentos públicos ou privados que possam causar interferências no meio ambiente. Esses eventos informam e elucidam as dúvidas acerca do projeto apresentado, tratam sobre as ações sugeridas pelo empreendedor para minimizar e compensar os impactos negativos decorrentes da implantação daquele empreendimento que pretende ser licenciado.

### **B**

#### **BACIA HIDROGRÁFICA:**

É uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório. É onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água por meio do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos.

## **BARRAGEM DE REJEITOS:**

**Reservatório para deposição dos rejeitos de beneficiamento. As barragens normalmente são construídas aproveitando-se de um vale natural. Para tanto, constrói-se um barramento na boca do vale, criando um reservatório para se depositar o rejeito. Ao longo do tempo, existe a separação do rejeito e da água por densidade o que permitiria a circulação da água para ser reutilizada na planta de beneficiamento. A construção e operação de barragens de rejeito são atividades de elevado risco, principalmente devido à intensidade dos impactos causados no caso de falhas.**

## **BIORREMEDIAÇÃO:**

**É definida como sendo o uso de processos biológicos para degradar, transformar e/ou remover contaminantes de uma matriz ambiental, como água ou solo.**

## **C**

### **CONSERVAÇÃO IN SITU:**

**Conservação de ecossistemas e habitats naturais e a manutenção e recuperação de populações viáveis de espécies em seus meios naturais e, no caso de espécies domesticadas ou cultivadas, nos meios onde tenham desenvolvido suas propriedades características**

### **CONSULTA PÚBLICA:**

**São processos democráticos para construção conjunta de políticas públicas entre governo e sociedade.**

### **COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS (CFEM):**

**É um recurso financeiro arrecadado pelo Estado brasileiro que é especificamente associado à exploração mineral. O Brasil é um país minerador, e arrecada CFEM de 184 substâncias minerais.**

## **D**

### **DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL:**

**É o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.**

### **DRENAGEM ÁCIDA DE MINAS - DAM:**

**Este fenômeno se inicia quando rochas contendo minerais sulfetados, como, por exemplo, as rochas metálicas ou carvão mineral, são removidas da crosta terrestre e dispostas na superfície e sofrem oxidação devido a água e o oxigênio presentes no ar atmosférico. A DAM é caracterizada por um pH baixo, alta condutividade e altas concentrações de metais e metaloides, sobretudo Al, Fe, Mn. Essas substâncias auxiliam na acidez das águas oriundas destas drenagens.**

## **E**

### **ESTÉREIS:**

**Material gerado pelas atividades de extração ou lavra no decapeamento da mina; materiais escavados e retirados para atingir os veios do minério; não têm valor econômico e são geralmente dispostos em pilhas.**

### **ESTUDOS AMBIENTAIS:**

**São todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco.**

### **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA:**

**Consiste em desenvolver um conjunto de tarefas técnicas, descritas em certa ordem apenas para efeito de apresentação, mas não implica que devam se desenrolar uma após as outras: diagnóstico ambiental, análise dos impactos, definição de medidas mitigadoras e do programa de monitoramento dos impactos ambientais e do programa de monitoramento do prognóstico ambiental e comunicação dos resultados, e esta última, relacionada também ao Relatório de Impacto Ambiental**

### **EXUTÓRIO**

Ponto de menor altitude de uma bacia hidrográfica, a foz do rio principal para onde converge todo escoamento superficial gerado no interior da bacia drenada por esse rio.

### **IMPACTO AMBIENTAL:**

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

### **LICENÇA AMBIENTAL:**

Ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental. A licença ambiental para empreendimentos e atividades consideradas efetivas ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio dependerá de prévio estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/RIMA), ao qual dar-se-á publicidade, garantida a realização de audiências públicas, quando couber, de acordo com a regulamentação.

### **LICENCIAMENTO AMBIENTAL:**

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

### **LIXIVIAÇÃO:**

É o movimento de materiais solúveis na matriz do solo pelo efeito da água que escorre e causa erosão ou a água que infiltra no solo em direção ao lençol freático. A chuva, quando

encontra o solo desprotegido, sem cobertura vegetal viva ou morta, provoca um processo de destruição de agregados em partículas primárias: areia, silte e argila.

## M

### **MEDIDAS MITIGADORAS:**

Funcionam como parâmetro para avaliar danos que venham a ser provocados por empresas que realizem suas explorações em área destinada à preservação ambiental ou se estas, de alguma maneira, ultrapassarem os limites estabelecidos para as suas atividades. Podem ser:

**Medidas mitigadoras preventivas:** São medidas que têm como objetivo minimizar ou eliminar eventos adversos que se apresentam com potencial para causar prejuízos aos itens ambientais do meio natural (físico, biótico e antrópico). Este tipo de medida procura anteceder o impacto negativo.

**Medidas mitigadoras Compensatórias:** Quando a ação objetiva compensar um impacto ambiental negativo significativo e não mitigável através de melhorias em outro local ou por novo recurso, dentro ou fora da área de influência do empreendimento.

**Medidas Mitigadoras Corretivas:** Visam restabelecer a situação anterior à ocorrência de um evento adverso sobre o item ambiental destacado nos meios físico, biótico e antrópico, através de ações de controle ou de eliminação/controlado do fator provocador do impacto.

### **MINA A CÉU ABERTO:**

Minas a céu aberto são aquelas onde os depósitos minerais se estendem por amplas áreas e em diferentes profundidades. Para ter acesso a esses depósitos as mineradoras removem grande quantidade de solo misturado com minério. A abertura de uma mina a céu aberto se inicia com a retirada da vegetação localizada sobre a reserva mineral, tendo importante impacto sobre a biodiversidade local. Em seguida as camadas superficiais do solo, rico em nutrientes, porém normalmente, com baixa concentração de minérios são retiradas e estocadas em

### **MINERAÇÃO:**

Segundo a classificação internacional adotada pela ONU, define-se mineração como sendo a extração, elaboração e beneficiamento de minerais que se encontram em estado natural: sólido, como o carvão e outros; líquido, como o petróleo bruto; e gasoso, como o gás natural.

**Nesta acepção mais abrangente, inclui a exploração das minas subterrâneas e de superfície (ditas a céu aberto), as pedreiras e os poços, incluindo-se aí todas as atividades complementares para preparar e beneficiar minérios em geral, na condição de torná-los comercializáveis, sem provocar alteração, em caráter irreversível, na sua condição primária.**

#### **MINERAL:**

**São compostos químicos naturais (raramente elementos nativos), formados a partir de diversos processos físico-químicos que operaram na crosta terrestre. A maioria desses compostos ocorrem no estado sólido e compõem as rochas.**

#### **MINÉRIO:**

**Mineral ou rocha que apresentam valor econômico agregado. Agregado natural de mineral de minério ou rocha que, no atual estágio da tecnologia, pode ser normalmente utilizado para a extração econômica de um ou mais metais.**

#### **MINISTÉRIO PÚBLICO:**

**Órgão independente que não pertence a nenhum dos três Poderes – Executivo, Legislativo e Judiciário. O papel do órgão é fiscalizar o cumprimento das leis que defendem o patrimônio nacional e os interesses sociais e individuais, fazer controle externo da atividade policial, promover ação penal pública e expedir recomendação sugerindo melhoria de serviços públicos.**

## **P**

#### **PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB):**

**O PIB é a soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estado ou cidade, geralmente em um ano. Todos os países calculam o seu PIB nas suas respectivas moedas.**

#### **PLANO DE MANEJO:**

**Documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade.**

#### **PROTEÇÃO INTEGRAL:**

**Manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais.**



### **QUADRILÁTERO FERRÍFERO:**

**Região localizada no centro-sul do estado de Minas Gerais, que é o maior produtor de minério de ferro do país (72,5% das reservas nacionais) e juntamente com Carajás e Mato Grosso do Sul, coloca o Brasil em terceiro lugar na produção de minério de ferro. Abrange uma área de aproximadamente 7 mil quilômetros quadrados entre os municípios de Belo Horizonte e Ouro Preto, abrangendo os municípios de Bom Jesus do Amparo, São Gonçalo do Rio Abaixo, Barão de Cocais, Sabará, Santa Bárbara, Catas Altas, Mariana, Congonhas, João Monlevade, Rio Piracicaba, Itaúna, Belo Vale, Itabirito, Itabira, entre outros. Além do minério de ferro, também são extraídos do Quadrilátero Ferrífero, ouro e manganês, a mineração na região existe há mais de 300 anos, é uma das primeiras regiões a serem exploradas no Brasil.**



### **RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - RIMA:**

**É o documento público produzido pela empresa de consultoria ambiental e pelo empreendedor, com o respaldo do órgão ambiental, que tem o objetivo de refletir as conclusões do Estudo de Impacto Ambiental de forma condensada, sendo obrigado a ser apresentado de forma objetiva e com uma linguagem de fácil acesso.**

### **REJEITO:**

**Consiste no resíduo produzido pelas usinas de beneficiamento de minérios, depois de que os minerais com valor econômico para as mineradoras foram extraídos. As usinas que utilizam beneficiamento a úmido geram normalmente rejeitos em estado lamoso, que exigem disposição em barragens. Alternativamente, podem ser usados processos de adensamento que passam o rejeito do estado lamoso para o estado adensado ou pastoso. Ainda é possível, por meio de processos de filtragem, chegar ao rejeito seco. Quanto mais baixo o teor de água, menor a área necessária para sua disposição, assim como o impacto do escorregamento, no caso de falhas no sistema de disposição.**

### **ROYALTIES:**

É uma palavra de origem inglesa que se refere a uma importância cobrada pelo proprietário de uma patente de produto, processo de produção, marca, entre outros, ou pelo autor de uma obra, para permitir seu uso ou comercialização.

## U

### **UNIDADE DE CONSERVAÇÃO:**

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

## Z

### **ZONA DE AMORTECIMENTO:**

O entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.

### **ZONA EXTREMAMENTE OXIDANTE:**

Nos primeiros centímetros (<50 cm) da pilha de rejeito ou estérilo, o intemperismo é extremamente ativo para a maioria dos processos biogeoquímicos que se processam em larga escala na interface água-rocha-ar.

### **ZONA INTERMEDIÁRIA:**

Os rejeitos não são diretamente expostos à atmosfera, porém recebem algum oxigênio advindo da percolação da água de superfície ou nível freático flutuante.

### **ZONA INATIVA:**

O horizonte mais inferior permanece saturado por água durante grande parte do ano, mantendo uma relativa uniformidade nas condições físico-químicas.

### **ZONEAMENTO:**

**Definição de setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz.**

## Apêndice 5

### ROTEIRO PARA A AUDIÊNCIA PÚBLICA

**PARTICIPANTES:**

**Local:**

**Data:**

**Hora:**

#### I. Abrir sessão

No dia, preferencialmente o representante do Ministério Público deve iniciar a audiência pública explicando os objetivos e conduzir os trabalhos apresentando os componentes da mesa (banca avaliadora).

#### II. Apresentação dos Grupos

Proceder à um sorteio para a ordem de fala e proceder a chamada das pessoas que vão falar sobre o assunto. Deve pedir para tentarem respeitar o tempo estipulado, sugere-se 10 minutos para a fala de cada grupo.

#### III. Questões abertas

- a) O grupo que representa a comunidade poderá fazer perguntas para os grupos após a fala de cada um dos representantes;
- b) Abrir oportunidade para manifestações por parte da banca avaliadora, que será composta pelo professor ou professora e o(s) convidado(s) para a Audiência Pública. Poderão expor sugestões ou mesmo fazer algum questionamento sobre o assunto (determinar que devem respeitar o tempo estipulado).

#### IV. Novas propostas (Reunião, Réplicas e tréplicas)

- a) Sugere-se um tempo de não mais que 10 minutos para que os grupos se reúnam e elaborem suas réplicas, por escrito para posterior apresentação ao Ministério Público.
- b) Os grupos deverão apresentar suas réplicas e em seguida será aberto outro momento de palavra livre. Desta vez, este momento será destinado ao grupo da comunidade e a banca avaliadora. Os grupos ONG e Empresa poderão fazer perguntas entre si também.
- c) Os grupos deverão confrontar suas propostas, com tempo mais limitado para elaborarem seus argumentos.

## **V. Encerramento**

- VI.** Os grupos deverão elaborar seus respectivos relatórios baseados nas propostas apresentadas e entregar a banca avaliadora, para que sejam examinados. A banca avaliadora deverá encaminhar as propostas para o grupo Ministério público para apreciação. O Ministério Público deverá emitir um relatório final e apresentar aos participantes da Audiência Pública.

Representante do MP responsável:

Atas enviadas por:

Atas aprovadas por:

## ANEXOS

### Anexo A

#### **ONGS: O QUE SÃO E QUAL SUA RELEVÂNCIA?**

As organizações não governamentais (ONGs) são entidades privadas da sociedade civil, sem fins lucrativos, cujo propósito é defender e promover uma causa política. Essa causa pode ser virtualmente de qualquer tipo: direitos humanos, direitos animais, direitos indígenas, gênero, luta contra o racismo, meio ambiente, questões urbanas, imigrantes, entre muitos outros. Essas organizações são parte do terceiro setor, grupo que abarca todas as entidades sem fins lucrativos (mesmo aquelas cujo fim não seja uma causa política). São exemplos de outras entidades do terceiro setor as associações de classe e organizações religiosas.

As organizações não governamentais, conforme elucida Ricardo Silveira, surgiram para suprir demandas que não eram atendidas de modo satisfatório pelos Estados. Muitos investidores sociais doavam recursos para governos de países subdesenvolvidos e percebiam que tais quantias não eram revertidas em bens públicos, por incompetência, falta de lisura ou uma série de outros motivos. Nesse cenário, as ONGs prosperaram e proliferaram como organizações competentes e exemplares, com as quais filantropos, governos e outras instituições podiam contar.

As ONGs também cumprem o papel de lidar com questões que todos os governos (sejam eles de países desenvolvidos ou em desenvolvimento) não querem ou não são capazes de tratar. Pela relevância das atividades que desenvolvem, geralmente complementares às do poder público, as ONGs se popularizaram e garantiram um espaço permanente na sociedade. E não é à toa: de modo geral, as ONGs contam com pessoas profundamente engajadas com questões socialmente relevantes. São entidades que podem oferecer novos insumos para o trabalho do poder público, fortalecendo a busca por soluções para desafios sociais. É por isso que as ONGs continuam a existir e a cumprir seu papel.

Fonte: Extraído de <https://www.politize.com.br/ong-o-que-e/>

## Anexo B

### MINISTÉRIO PÚBLICO: QUAIS AS SUAS FUNÇÕES?

O Ministério Público é uma instituição que tem como responsabilidade a manutenção da ordem jurídica no Estado e a fiscalização do poder público em várias esferas. Apesar de já existir desde antes da Constituição de 1988, foi a partir dela que suas atribuições mudaram, pois era amplamente discutida a necessidade de existir um órgão de controle dos poderes do Estado. Por isso, a partir da promulgação da Constituição Cidadã, as funções do Ministério Público mudaram para aquilo que ele é nos dias de hoje.

O Ministério Público é um órgão independente dos outros poderes do Estado brasileiro. Ele não pode ser extinto ou ter atribuições repassadas a outra instituição. Isso significa que a instituição adquiriu algo essencial a qualquer órgão dessa finalidade: independência.

Por ser um órgão fiscalizador do poder em todas as esferas, seria questionável o Ministério Público estar subordinado a qualquer um deles. É determinado pela Constituição que o MP seja indivisível, tenha autonomia institucional, autonomia para exercer suas funções, independência financeira e administrativa.

### QUAIS OS PRINCÍPIOS DO MINISTÉRIO PÚBLICO?

A definição dos princípios de atuação do Ministério Público está no artigo 127 da Constituição. Ele deve:

- Defender a ordem jurídica;
- Defender o regime democrático;
- Defender os interesses sociais;
- Defender os interesses individuais indisponíveis.

Quando se mencionam os **interesses sociais**, a interpretação principal é que o Ministério Público atue a favor de temas de interesse da sociedade como um todo, “que estejam próximos de um interesse geral, e não de interesses privados”, de acordo com o Promotor de Justiça Oswaldo Luiz Palu. Entende-se como **interesse social** aquele que reflete o que a sociedade entende como “bem comum”.

Fonte: Extraído de <https://www.politize.com.br/ministerio-publico/>

## Anexo C

### O QUE SÃO AUDIÊNCIAS PÚBLICAS?

As audiências públicas são espaços de debate para diversos atores sociais, sejam eles a população em geral ou o governo. São garantidas na Constituição Federal de 1988 e reguladas por leis federais, constituições estaduais, leis orgânicas municipais e a lei orgânica do Distrito Federal.

O objetivo maior das audiências é incentivar os presentes na busca de soluções de problemas públicos. Podem servir como forma de coleta de mais informações ou provas (depoimentos, pareceres de especialistas, documentos etc.) sobre determinados fatos. Também são realizadas na definição de políticas públicas, bem como para elaboração de projetos de lei, a realização de empreendimentos que podem gerar impactos à cidade, à vida das pessoas e ao meio ambiente. Além disso, as audiências também podem ser feitas depois da implantação de políticas, para discussão e avaliação de seus resultados e impactos.

### O QUE DEVE SER FEITO ANTES DA AUDIÊNCIA ACONTECER?

Publicação do edital de convocação pelo órgão competente no Diário Oficial, inclusive mediante divulgação nos meios de comunicação disponíveis (com a antecedência prevista na legislação vigente da realização da audiência pública, contendo: data, horário, local, objetivo e a dinâmica dos trabalhos);

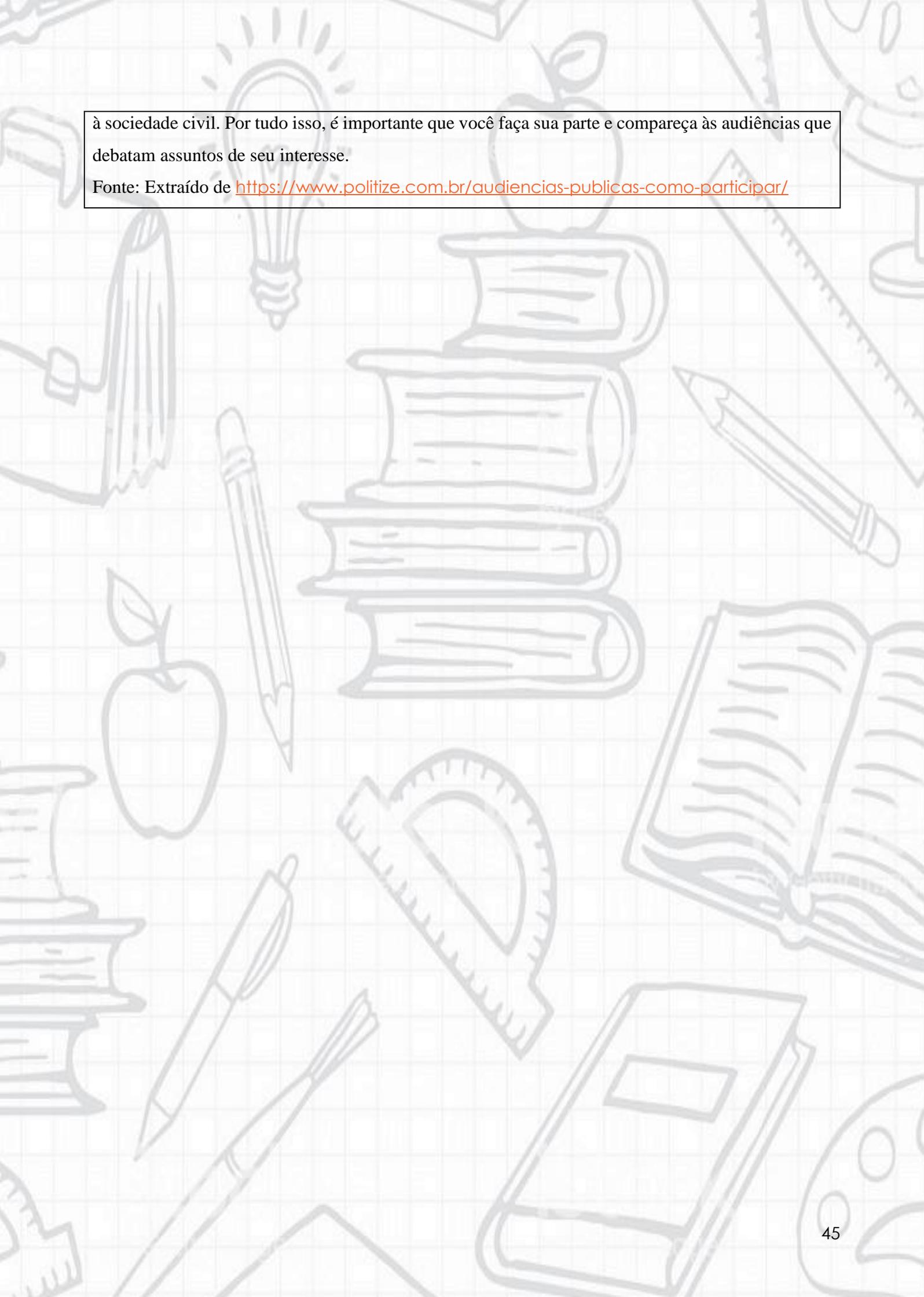
O órgão público deve deixar disponível para consulta pública, com o máximo de antecedência e acessibilidade, informações a respeito da questão a ser discutida na Audiência;

Definir como será a dinâmica da Audiência, em que ordem os temas serão discutidos, quanto tempo será reservado para cada intervenção dos participantes, qual será a duração da Audiência, e garantir que os participantes tenham o direito de se manifestar sobre o tema, expondo seus pontos de vista de maneira justa e adequada.

- Envio de convites para autoridades e lideranças que comporão a mesa;
- Envio de convite para autoridades e lideranças em geral;
- Fixação de cartazes em locais de intenso fluxo de pessoas, como unidades de saúde, escolas, terminais rodoviários, prédios públicos;
- Elaboração de listas de presença geral e de autoridades;
- Lista dos inscritos para manifestação oral.

### QUEM PODE PARTICIPAR?

A audiência pública é um espaço de democracia participativa reconhecido e garantido por lei. Por meio das audiências, grupos e indivíduos podem expressar pontos de vista e necessidades diretamente a gestores públicos. Isso ajuda a melhorar o trabalho do poder público e traz mais poder



à sociedade civil. Por tudo isso, é importante que você faça sua parte e compareça às audiências que debatam assuntos de seu interesse.

Fonte: Extraído de <https://www.politize.com.br/audiencias-publicas-como-participar/>

## Anexo D

### O QUE SÃO UNIDADES DE CONSERVAÇÃO?

Unidade de Conservação (UC) é a denominação dada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000) às áreas naturais passíveis de proteção por suas características especiais. São “espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção da lei” (art. 1º, I)

As UCs têm a função de salvaguardar a representatividade de porções significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente. Além disso, garantem às populações tradicionais o uso sustentável dos recursos naturais de forma racional e ainda propiciam às comunidades do entorno o desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis.

Uma marcha de bilhões de anos de evolução culminou num planeta capaz de sustentar vida em vários sistemas ecológicos. Estes ecossistemas, foram (e são) a base para o desenvolvimento e continuada evolução das mais variadas espécies existentes, sejam bacterianas, vegetais ou animais. A existência do meio ambiente, portanto, é condição indissociável à vida. E, como a própria vida, um direito fundamental a todo o ser humano.

No Brasil, este direito fundamental é garantido aos cidadãos pela Constituição Federal de 1988 no art. 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Mas apenas reconhecer o direito não é suficiente. É preciso que haja instrumento para que se possa concretizá-lo. Assim a Constituição impõe ao Poder Público o dever de “definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção”. Este comando foi atendido, enfim, com a promulgação da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 e do Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002 que, respectivamente, cria e regula o SNUC.

Sendo a proteção do meio ambiente uma competência que concorre a todas as esferas do Poder Público, à iniciativa privada e toda sociedade civil, coube ao SNUC disponibilizar a estes entes os mecanismos legais para a criação e a gestão de UCs (no caso dos entes federados e da iniciativa

privada) e para participação na administração e regulação do sistema (no caso da sociedade civil), possibilitando assim o desenvolvimento de estratégias conjuntas para as áreas naturais a serem preservadas e a potencialização da relação entre o Estado, os cidadãos e o meio ambiente.

O SNUC agrupa as unidades de conservação em dois grupos, de acordo com seus objetivos de manejo e tipos de uso: **Proteção Integral e Uso Sustentável**. As **Unidades de Proteção Integral** têm como principal objetivo preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, ou seja, aquele que não envolve consumo, coleta ou danos aos recursos naturais: recreação em contato com a natureza, turismo ecológico, pesquisa científica, educação e interpretação ambiental, entre outras. As **Unidades de Uso Sustentável**, por sua vez, têm como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos, conciliando a presença humana nas áreas protegidas. Nesse grupo, atividades que envolvem coleta e uso dos recursos naturais são permitidas, desde que praticadas de uma forma a manter constantes os recursos ambientais renováveis e processos ecológicos.

Fonte: Extraído de <https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27099-o-que-sao-unidades-de-conservacao/>

## **Anexo E**

### **Material de Apoio:**

**Audiência pública discute mineração na serra da piedade - Jornal Minas**

<https://www.youtube.com/watch?v=JxmUm903Qgc>

**Drenagem ácida afeta rede hidrográfica da região de Aljustrel – PORTUGAL**

[https://www.youtube.com/watch?v=ZItq7\\_z90BQ](https://www.youtube.com/watch?v=ZItq7_z90BQ)

**Hindalco inaugura o primeiro sistema de rejeito a seco da Região dos Inconfidentes**

<https://www.youtube.com/watch?v=0ZO3-J2lugA>

**Impactos da mineração nas águas - Jornal Minas. Disponível em:**

<https://www.youtube.com/watch?v=5vUWVKK4dGk>

**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Sistema Nacional de Unidades de Conservação**

<https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/legislacaoambientalvolume1.pdf>

**Projeto de mina de carvão precisa de esclarecimentos - Band Cidade 09/07/2019**

<https://www.youtube.com/watch?v=d-929E-OFrs>

**Tecnologia brasileira permite esvaziar barragens e fazer cimento**

<https://exame.com/tecnologia/tecnologia-brasileira-permite-esvaziar-barragens-e-fazer-cimento/>

**Tratamento de rejeito a seco é alternativa ecológica para Mineradoras**

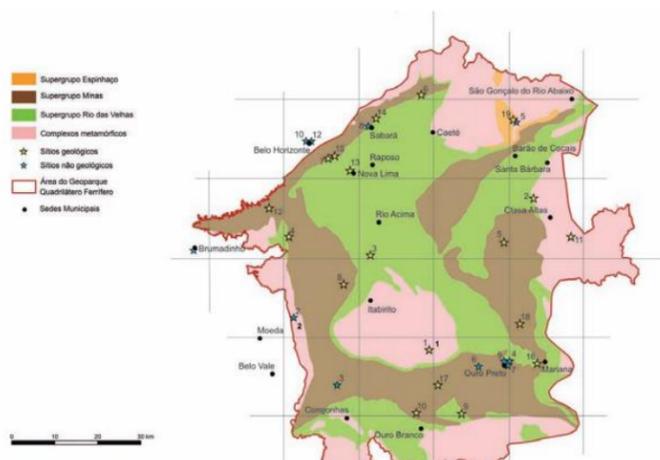
<https://www.youtube.com/watch?v=0tvUtixD3zI>

**Resoluções CONAMA disponível em:**

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiano.cfm?codlegitipo=3>

# INFORMATIVOS DA CIDADE

**INFORMAÇÕES SOBRE O QUE ACONTECE EM SUA CIDADE.**



**QUADRILÁTERO FERRÍFERO:** No detalhe, percebemos dois importantes rios, o Rio das Velhas e o Rio Doce. Fonte: Serviço Geológico do Brasil



**MINERAÇÃO:** Pilhas de minério de ferro. Fonte: Instituto Tecnológico Vale - ITV

## MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS

**ANDRÉ VICENTE ALVES  
FÁBIO AUGUSTO RODRIGUES E SILVA  
2020**

O Quadrilátero Ferrífero, que abrange uma área aproximada de 7.000 km<sup>2</sup> na porção centro-sul do Estado de Minas Gerais, é uma área vizinha a Belo Horizonte na qual podemos destacar as cidades de Sabará, Rio Piracicaba, Congonhas, Casa Branca, Itaúna, Itabira, Nova Lima, Santa Bárbara, Mariana, Ouro Preto. Essa região destaca-se no cenário nacional tanto no plano econômico quanto no histórico-cultural, em relação direta com sua riqueza em recursos minerais.

Apesar das incontáveis riquezas produzidas ao longo da história, a região jamais desfrutou de um desenvolvimento autônomo e justo, pois a intensa exploração desses recursos desencadeou uma série de impactos socioambientais. Entre os problemas detectados estão a concentração de renda, marginalização social, desemprego, subordinação política, a poluição do lençol freático e do solo, perda de biodiversidade, descarte inadequado de resíduos perigosos e erosões.

Assim, se faz necessário questionar o tipo de desenvolvimento que vem sendo realizado na região do Quadrilátero Ferrífero devido a crescente especialização na exportação de matérias-primas.

## A Mineração em Ouro Preto-MG

**ANDRÉ VICENTE ALVES e FÁBIO  
AUGUSTO RODRIGUES E SILVA**

A notória importância das atividades de mineração no país vem desde os tempos da colonização, que envolveu na busca por metais como ouro e prata ou de pedras preciosas, entre as quais se destaca o diamante. O Brasil ainda possui um enorme patrimônio mineral, o colocando como um dos maiores produtores e exportadores mundiais. A mineração brasileira se dedica a extração de 72 substâncias minerais, das quais 23 são metálicas, 45 não-metálicas e 4 energéticas. O minério de ferro lidera com ampla vantagem do valor total da produção mineral brasileira, com cerca de 60% seguido pela mineração de ouro, que representa apenas 5%.

Conforme a página online do jornal Hoje em Dia, Ouro Preto ostenta riqueza que vem da cultura e do minério. Tanta atividade fez com que o Produto Interno Bruto (PIB) do município crescesse 193% entre 2005 e 2011, chegando a R\$ 5,1 bilhões. Além disso, a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), atingiu a marca de R\$ 26,7 milhões em 2013. Uma expansão de mais de 10% em relação ao ano anterior. Moradores da cidade de Ouro Preto, como o senhor Clodoaldo da Cruz, proprietário do restaurante Quinto do Ouro, alegam que “A mineração gerou empregos direta e indiretamente para o município. Essa oferta de trabalho permitiu que as pessoas da cidade ficassem aqui e não fossem embora e isso fez com que mais dinheiro fosse gasto dentro do município”.

## DESASTRES

## MARIANA 2015

## BRUMADINHO 2019

## MEIO AMBIENTE

*Os impactos socioambientais provocados pela Mineração*

ANDRÉ VICENTE ALVES  
FÁBIO AUGUSTO RODRIGUES E  
SILVA  
2020

O desastre ambiental deflagrado em Mariana 2015, Minas Gerais, em decorrência do rompimento de uma barragem de rejeitos de minério de ferro, de responsabilidade da empresa Samarco, provocou uma grande catástrofe com danos ambientais e sociais devastadores, não apenas em Mariana, mas em diversas outras localidades de Minas Gerais e do Espírito Santo, contaminando o Rio Doce e demais corpos d'água de sua bacia hidrográfica — Bacia do Rio Doce, antes de alcançar o litoral atlântico sul do Brasil.



**BARRAGEM:** Risco iminente de desastres catastróficos. Fonte: Jornal Hoje em Dia



No detalhe: Momento do rompimento da Barragem B1 em Brumadinho 2019. Fonte G1.com

Brumadinho, Minas Gerais. Sexta-feira, 25/01/2019, 12h 28min 25s rompe a barragem de rejeitos (B1) da mina Córrego do Feijão, da mineradora Vale S.A.

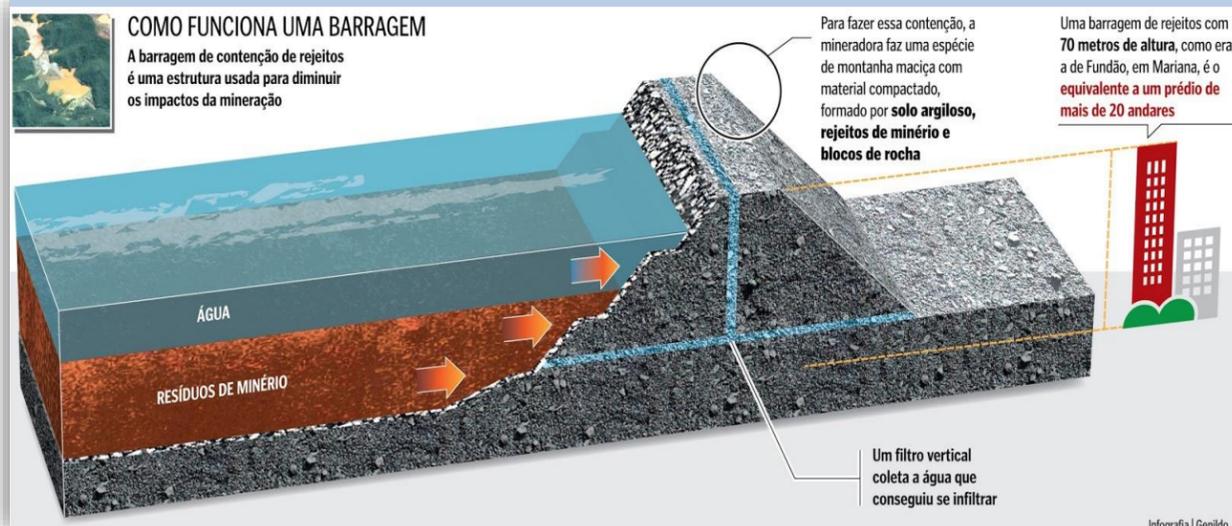
Imediatamente após, o presidente da empresa, Fabio Schvartsman, declarava *“o dano ambiental será muito menor que o de Mariana, mas a tragédia humana deverá ser maior”*. No primeiro dia já se sabia que 13 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos da mineração haviam sido lançados no meio ambiente. Após um mês de buscas, o número de óbitos ultrapassa 300, com 179 corpos localizados e 131 pessoas desaparecidas. Nesse caso específico, o termo “desaparecidos” pode representar também a tentativa de diminuir a magnitude do evento, já que não há esperança de encontrar esses indivíduos vivos decorrido mais de um mês do evento.

## DESASTRE

*Desastres provocados pelo rompimento de barragens*

O JORNAL ESTADO DE MINAS APONTA QUE AS DUAS MAIORES TRAGÉDIAS DA HISTÓRIA DA MINERAÇÃO DO PAÍS, A DE MARIANA, EM 2015, E A DE BRUMADINHO, EM 2019, REACENDERAM O DEBATE EM TORNO DA IMPORTÂNCIA DO SETOR PARA A ECONOMIA DO PAÍS E DOS ESTADOS QUE DEPENDEM DA EXTRAÇÃO MINERAL, COMO MINAS GERAIS E PARÁ.

## ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE UMA BARRAGEM DE REJEITOS



Fonte: R7.com/conhecimentocientifico

# INFORMATIVOS DA CIDADE

**INFORMAÇÕES SOBRE O QUE ACONTECE EM SUA CIDADE.**

*NESTA EDIÇÃO*

**ALTERNATIVAS**

## QUAIS AS ALTERNATIVAS PARA O USO DE BARRAGENS?

**ANDRÉ VICENTE ALVES  
FÁBIO AUGUSTO RODRIGUES E  
SILVA  
2020**

Devido às diversas ocorrências de sérios acidentes ambientais em muitos países, incluindo o Brasil, tornou-se urgente a revisão do processo produtivo e as tecnologias empregadas na disposição dos rejeitos para as mineradoras que desejam evoluir de forma técnica, sustentável e socialmente responsável. Diversos estudos têm sido feitos na busca por alternativas ao uso de barragens, uma vez que os órgãos ambientais têm promovido um aumento significativo das restrições ambientais para aprovação de alteamento de barragens existentes ou de construção de novas barragens.

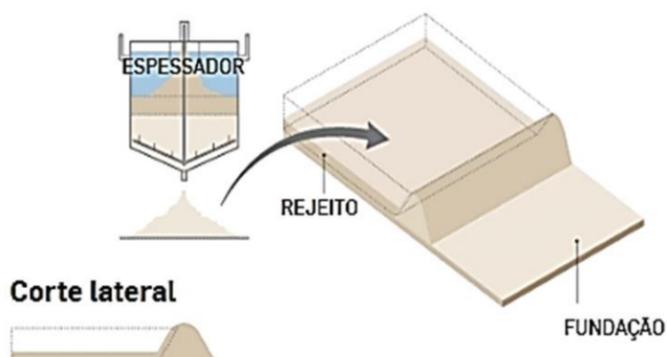
Embora a barragem de rejeitos continue sendo utilizada no processo de mineração, ela não é a única tecnologia disponível. Uma das alternativas encontradas é o empilhamento do rejeito a seco. As empresas de tecnologia especializadas em desaguamento de rejeitos, principalmente rejeitos mais finos (lamas - 70 a 90% abaixo de 20 µm), têm desenvolvido soluções de equipamentos e sistemas cada vez mais tecnicamente confiáveis. Uma opção é o uso de tecnologias como o filtro prensa (imagem ao lado), que em alguns equipamentos, consegue o reaproveitamento de até 95% da água.



**Filtro Prensa: equipamento utilizado no desaguamento de rejeitos de mineração. Fonte: blog Conexãomineral.com**

### Empilhamento a seco

Os rejeitos passam por espessadores e filtros para que fiquem mais sólidos. A pasta final resultante da ação de substâncias químicas e decantação é espalhada na área, que pode ser protegida por um dique. Após secar ao sol, pode receber nova camada de rejeitos



Fonte: ISO3100.net

### É NOTÍCIA!

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), por meio de sua página na internet, aponta que grandes investimentos em estudos estão sendo feitos como forma de extinguir o uso dessas estruturas de contenção de rejeitos. Assim, as mineradoras buscam alternativas para dispor seus rejeitos gerados durante o beneficiamento e uma das formas encontradas é o empilhamento de rejeito a seco. A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Mineração – ANM em sua Resolução nº 4 de 15 de fevereiro de 2019 classifica o método de empilhamento como sendo uma estrutura construída hidráulica ou mecanicamente com rejeitos, que se configura como um maciço permeável, dotado de sistema de drenagem de fundo, com formação de espelho de água reduzido podendo ser implantada em fundo de vale, encosta ou outra área (ANM, 2019).

## OS DESASTRES SOCIOAMBIENTAIS PROVOCADOS PELA MINERAÇÃO

### BRASIL

## NOTÍCIAS NO BRASIL! PORTO ALEGRE: MINERAÇÃO AMEAÇA RIOS E MANANCIAS

*Projeto de construção da maior mina de carvão a céu aberto do país, numa de suas grandes metrópoles, não calcula riscos ao abastecimento de água. Com barragem de metais pesados, mineradora não apresenta planos para caso de rompimento*

Pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) apontam que a instalação de uma mina de carvão mineral as margens do rio Guaíba trará graves problemas para a região. O carvão mineral propriamente dito é formado por uma cadeia de carbono, com hidrogênio e com nitrogênio. Porém, tem também pelo menos outros 59 elementos da tabela periódica, incluindo 0,5% a 1,8% de enxofre, além de minerais inorgânicos, como alumínio, ferro, manganês, e um conjunto de elementos traço, que ocorrem numa proporção menor que 0,1%, entre os quais metais pesados, como cádmio, chumbo, mercúrio; e elementos radioativos, como urânio, tório e cério. Os geólogos da região alertam para o fato que para explorar o carvão mineral, deve-se cavar cerca de 100 metros, até que se chegue ao carvão mineral. Entretanto, o que preocupa é o enxofre contido no carvão mineral *in situ*, pois ao ser exposto as condições do ambiente, está susceptível a uma série de reações químicas, provocando a chamada drenagem ácida de minas (DAM).



Mina de Carvão Mineral a céu aberto, Mina de Andriota RS.  
Fonte: Cia Riograndense de Mineração

### PERDAS

## O que é um DESASTRE?

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (2015) os desastres são eventos que resultam em uma séria interrupção do funcionamento normal de uma comunidade ou sociedade, afetando seu cotidiano envolvendo simultaneamente, perdas materiais e econômicas, assim como danos ambientais e à saúde das populações, por meio de agravos e doenças que podem resultar em óbitos imediatos e posteriores. Além disso, alguns também excedem a capacidade de uma comunidade ou sociedade afetada em lidar com a situação utilizando seus próprios recursos, podendo resultar na ampliação das perdas e danos ambientais e na saúde para além dos limites do lugar em que o evento ocorreu.



BENTO RODRIGUES – MG: Comunidade devastada pelo rompimento da barragem da SAMARCO. Fonte: blog NotíciasdaMineração.com

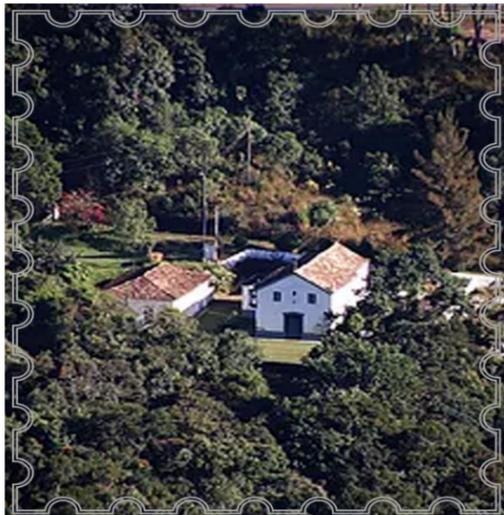
## PARTICIPE

VOCÊ ESTÁ CONVIDADO A PARTICIPAR DESTA  
DISCUSSÃO!

ANDRÉ VICENTE ALVES e FÁBIO  
AUGUSTO RODRIGUES E SILVA  
2020

O pequeno vilarejo conhecido como Serra do Botafogo, em Ouro Preto-MG possui um importante acervo histórico, a Capela de Santo Amaro, que é uma das primeiras de Vila Rica. Esse local é um patrimônio histórico e arqueológico que está sob ameaça. A instalação de uma planta de beneficiamento de minérios nesse local, impactará de forma significativa a vida das pessoas que vivem lá. Os moradores terão de conviver com trânsito intenso de carretas, a contaminação do ar, solo e rios, além da ameaça a Unidade de Conservação.

## Capela de Santo Amaro do Botafogo



Fonte: pilaroupreto.com.br/igrejas

A Capela de Santo Amaro de Botafogo localizada na Serra do Botafogo em Ouro Preto pode ter sua existência comprometida devido a atividades de mineração. Junto com a capela, a comunidade do Tripuí, que fica cerca de 1 Km do local também pode ser ameaçada pelas atividades minerárias devido aos impactos causados como poluição sonora, poluição do ar, poluição das águas, entre outros. A comunidade está próxima a uma Unidade de Conservação que abriga um espécime raríssimo e pré-histórico, o *Epiperipatus Acacioi*, com cerca de 350 milhões de anos. Além do *E. Acacioi*, diversas outras espécies animais ameaçadas de extinção como o Lobo Guará, além de anfíbios, répteis, aves e alguns outros mamíferos podem ser encontradas no local e nos entornos.

## Mapa da Bacia Hidrográfica Rio das Velhas



Fonte: cbhvelhas.org.br

Diante da proposta da empresa citada em iniciar suas atividades de mineração na região da Serra do Botafogo em Ouro Preto-MG, bem como a apresentação dos danos potenciais associados à estas atividades. A comunidade local, dentro de seus direitos, entrou com um pedido para um estudo de impacto ambiental da região citada tratando da viabilidade econômica, social e ambiental para a Mineração no local.

Uma ONG ambientalista, entrou com um pedido de anulação do processo de Licenciamento Ambiental para a mineração nesta região, alegando que o local é um patrimônio histórico a ser preservado, pois existe ali uma capela erguida no século XVIII pelos bandeirantes, a Capela de Santo Amaro de Botafogo. Além disso, nas proximidades do local existe uma Unidade de Conservação que abriga uma espécie pré-histórica raríssima. O *Epiperipatus Acacioi* que tem mais de 350 milhões de anos, e é uma das espécies mais antigas do planeta, numa reserva ecológica que está a menos de um quilômetro desse empreendimento. O local que a empresa deseja instalar sua planta de beneficiamento que está localizada na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, além de abrigar rios como o Rio do Carmo, responsável por drenar a região das cidades de Ouro Preto e Mariana até a região de Ponte Nova, localizada na bacia do Rio Doce.

O Ministério Público convida você a participar da Audiência Pública sobre a solicitação da empresa citada de documentação para adquirir o Licenciamento Ambiental e iniciar suas atividades de beneficiamento na região desejada.