

A CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO A PARTIR DA EXTRAÇÃO MINERAL CLANDESTINA EM TERRAS YANOMAMI PARA A INSERÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS AULAS DE REAÇÕES QUÍMICAS DO ENSINO MÉDIO

Rafael Silva Coelho ¹
Karine Alves Sepúlveda ²
Ana Luiza Farias Alves ³
Joice Souza de Andrade ⁴
Fernando de Azevedo Alves Brito ⁵

RESUMO

A Educação Ambiental (EA), nos termos da legislação brasileira vigente, deve ser promovida em todos os níveis de ensino, de forma inter/transdisciplinar e transversal. Essa realidade exige, portanto, que a EA também seja realizada no Ensino Médio, na educação pública e privada, o que, necessariamente, envolverá múltiplas disciplinas, a exemplo da Química, e seus respectivos conteúdos. Em razão disso, a presente pesquisa tem, como objetivo geral, demonstrar como a contaminação da extração mineral clandestina feita a partir do uso do mercúrio, nas terras Yanomami pode favorecer a inserção da EA nas aulas de Reações Químicas no Ensino Médio. Entendeu-se que a utilização de casos concretos de grande repercussão na sociedade brasileira é um relevante instrumento para a promoção de debates de grande valor científico no ambiente escolar, capazes, inclusive, de favorecer uma formação integral do estudante (pessoa, cidadão e futuro profissional) e a sua sensibilização para causas ambientais. Por corolário, a contaminação de terras Yanomami pela utilização do mercúrio para a extração mineral clandestina tem potencial para favorecer a inserção da EA em aulas de Química do Ensino Médio, em especial no que diz respeito ao tema “reações químicas”. Isto porque a extração do ouro ocorre por meio de uma reação química entre o mercúrio (Hg) e o ouro (Au),

¹ Discente do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista - IFBA, discente vinculada ao Núcleo Pós-humanista de Pesquisa em Saberes e Direitos Animais, Ambientais e Cibernéticos (NÚCLEO SUÍÇA) e ao Grupo Interdisciplinar de Tecnologias Inovadoras (GITI), Bolsista PIBIC/CNPq, rafaelestagio170@gmail.com;

² Discente do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista - IFBA, discente vinculada ao Núcleo Pós-humanista de Pesquisa em Saberes e Direitos Animais, Ambientais e Cibernéticos (NÚCLEO SUÍÇA) e ao Grupo Interdisciplinar de Tecnologias Inovadoras (GITI), sepulvidaquimica@gmail.com;

³ Discente do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista - IFBA, discente vinculada ao Núcleo Pós-humanista de Pesquisa em Saberes e Direitos Animais, Ambientais e Cibernéticos (NÚCLEO SUÍÇA) e ao Grupo Interdisciplinar de Tecnologias Inovadoras (GITI), analuizaquim@gmail.com;

⁴ Discente do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista - IFBA, discente vinculada ao Núcleo Pós-humanista de Pesquisa em Saberes e Direitos Animais, Ambientais e Cibernéticos (NÚCLEO SUÍÇA) e ao Grupo Interdisciplinar de Tecnologias Inovadoras (GITI), Bolsista PIBIC/IFBA, joiceaandrade2016@gmail.com;

⁵ Doutor em Direito pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Professor do IFBA, *Campus* Vitória da Conquista, Líder do Núcleo Pós-humanista de Pesquisa em Saberes e Direitos Animais, Ambientais e Cibernéticos (NÚCLEO SUÍÇA) e Pesquisador vinculado ao Grupo Interdisciplinar de Tecnologias Inovadoras (GITI), fernando.brito@ifba.edu.br.

que gera rejeitos minerais altamente tóxicos e graves impactos ambientais. A opção metodológica foi por uma pesquisa exploratória, de revisão bibliográfica e análise documental.

Palavras-chave: Yanomami, Educação Ambiental, Reações Químicas, Mercúrio.

INTRODUÇÃO

Os Yanomami são um povo tradicional da região sul da América que vive na floresta amazônica, entre os territórios do Brasil e da Venezuela, onde enfrentam uma situação que repercute em âmbito nacional e internacional (Basta, 2023). Há longos anos, essa população vem sofrendo com altos índices de mercúrio em suas terras; a contaminação gerada pela grande concentração desse metal tem provocado inúmeros impactos à referida população (Nevado *et al.*, 2010; Coelho *et al.*, 2023).

É necessário o apontamento do tema dos impactos da extração clandestina de mercúrio em terras Yanomami e o seu desenvolvimento em sala de aula, pois a educação ambiental, prevista por lei, deve ser realizada de modo inter/transdisciplinar e transversalmente, o que contribui para o cumprimento legal da inserção da educação ambiental. Destaca-se que a questão permanece sem solução; a população em geral não demonstra consciência ou sensibilização sobre o assunto, o que permite a continuidade da contaminação e o aumento dos danos à região a cada ano (Lobo, 2023).

Além disso, a extração de ouro nas terras dos Yanomami é realizada com o uso de mercúrio metálico para formar a liga metálica com o ouro, chamada de amálgama. Essa liga metálica passa por um processo de queima simples e gera, como produtos dessa reação, o ouro metálico e o mercúrio em estado de vapor. Além desse fato, há diversas reações químicas envolvidas nesse processo, desde reações de síntese até reações de decomposição. Portanto, o estudo sobre a referida pesquisa pode servir como instrumento para a inserção da educação ambiental nas aulas de reações químicas do ensino médio (Caheté, 1998).

Dessa forma, o conteúdo de Reações Químicas – que engloba equações químicas, reagentes, produtos, transformações, reação de síntese, reação de decomposição, combustão, a lei da conservação da massa e a lei das proporções constantes – torna-se mais próximo aos conhecimentos dos alunos, permitindo o aprofundamento em cada um desses enfoques, uma vez que o processo da extração clandestina do ouro perpassa cada um desses pontos (Fonseca, 2013).

Para cumprir o que é proposto, torna-se necessária a identificação dos impactos da extração minerária clandestina com o uso de mercúrio em terras Yanomami, a partir de fontes bibliográficas científicas, além de conceituar o ensino de reações químicas e de como a educação ambiental é tratada na legislação vigente. Nesse sentido, este trabalho visa abordar como a contaminação por mercúrio, resultante da extração mineral clandestina em terras Yanomami, pode contribuir para a inserção da educação ambiental nas aulas de reações químicas.

Por conseguinte, a opção metodológica adotada foi a pesquisa exploratória de revisão bibliográfica e análise documental, visando ao aprofundamento dos conhecimentos acerca da situação atual do caso em questão, bem como dos pontos em que é possível conectar o fato aos temas de química. A metodologia baseou-se na busca por trabalhos científicos de relevância acadêmica que esclarecessem os fatos que ocorrem nas terras Yanomami, os impactos para a região, os conceitos de educação ambiental e os temas abordados em reações químicas.

METODOLOGIA

Executou-se uma pesquisa exploratória para, assim, possibilitar maior familiaridade com os fatos que ocorrem nas terras Yanomami e como esses fatos podem se entrelaçar com os conteúdos de reações químicas. Optou-se pela vertente da revisão bibliográfica devido à riqueza de dados sobre a extração de ouro e outros metais preciosos nessas terras, bem como ao apontamento dos impactos decorrentes do uso de mercúrio para a extração desses metais, especialmente o ouro. A análise de documentos foi indispensável para delimitar a educação ambiental e os conteúdos de reações químicas ao ensino médio (Gil, 2002).

A pesquisa consistiu em identificar como o impacto da extração mineral clandestina do ouro, com o uso de mercúrio em terras Yanomami, pode auxiliar na inserção da educação ambiental nas aulas de reações químicas no ensino médio, tendo como base revistas, livros, publicações em anais e dissertações de mestrado. Isso visa proporcionar maior familiaridade com os fatos que ocorrem nessas terras e como esses fatos podem se entrelaçar com os conteúdos de reações químicas.

Além de consistir na busca de informações que iluminassem os fatos que ocorrem nas terras Yanomami, situadas às margens do Rio Uraricoera, no noroeste do estado de Roraima, na Amazônia brasileira (Brasil, 1992), o método baseou-se em

investigar a reação química existente entre o mercúrio e o ouro no processo de formação do amálgama. Igualmente foi realizada uma delimitação prévia do tema educação ambiental, com esforços para expor os conteúdos de reações químicas. Foi indispensável a busca por leis que regulamentem a educação ambiental no Brasil e por documentos que definam os conteúdos relacionados a reações químicas para turmas do ensino médio.

Na presente pesquisa, foram realizadas buscas por trabalhos que relacionassem a química à extração clandestina de ouro nas terras Yanomami, de modo a permitir a inserção da educação ambiental nas turmas do ensino médio, com foco especial nos conteúdos abrangidos pelas reações químicas. Em consonância, foram investigados os impactos ambientais decorrentes do uso de mercúrio para a extração do ouro nas terras do povo Yanomami e como o estudo desses impactos possibilita o desenvolvimento de estratégias relacionadas ao ensino de química.

Diante disso, para atender a todos os pontos levantados, fez-se necessária a leitura e o estudo de algumas obras, como as de Basta (2023), Lobo (2023), Milaré (2004) e Vega (2018). Para a análise documental, foi preciso recorrer à Lei nº 9.795/1999, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental, e à Resolução CNE/CP nº 2/2012 do MEC, que estabeleceu as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os Yanomami são originários de grupos ameríndios que habitam a Amazônia, entre o Brasil e a Venezuela (Kopenawa; Albert, 2015), com uma extensão territorial de 9.664.975 hectares e 48 ares (Brasil, 1992). Eles praticam a caça, a coleta e a agricultura tradicional de pousio (coivara) em suas terras. Essas terras têm passado por um processo intensivo de extração mineral desde 1980, quando teve início a "corrida do ouro", que trouxe para a realidade desse povo um contato significativo com o mercúrio (Hg) (Nevado, 2010).

Devido ao uso indiscriminado do mercúrio, os solos da Amazônia tornaram-se os mais contaminados com Hg do mundo (Wasserman et al., 2003). Relatos significativos dos Yanomami sobre o assunto podem ser encontrados na obra “A Queda do Céu”, de Davi Kopenawa e Bruce Albert, na qual os autores mencionam que, para os garimpeiros obterem o ouro, eles o lavam misturando-o com o que chamam de azougue.

O azougue é, na verdade, o mercúrio (Kopenawa; Albert, 2015). Dessa forma, o que mais impressiona nesse relato é que, posteriormente, Kopenawa e Albert (2015, p. 336) afirmam: “Todas essas coisas sujas e perigosas fazem as águas ficarem doentes e tornam a carne dos peixes mole e podre”. Esse relato revela que os Yanomami já identificam o mercúrio como o principal responsável pela contaminação de sua região, trazendo consigo o maior dano ambiental que poderiam imaginar.

A extração minerária clandestina faz uso intenso do mercúrio por conta de suas propriedades específicas. Sabe-se que o Hg, um metal do período 6, grupo 12, com número atômico 80 e com peso molecular de 200,59g/mol (IUPAC, 2023), possui suas propriedades específicas pelo motivo deste elemento ter a configuração eletrônica [Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s². O aspecto que o torna tão especial diz respeito a seus níveis de energias estarem completamente preenchidos e o efeito da contração dos lantanídeos. O mercúrio apresenta uma estabilidade tão próxima quanto a de um gás nobre, existindo apenas 2 estados de oxidação o +I e +II (Weller *et al.*, 2017). Em razão dessas suas propriedades únicas, é possível a formação da liga metálica entre o mercúrio e ouro, chamado de amálgama (Souza *et al.*, 1989).

Por fim, destaca-se a diferenciação do mercúrio dentro do grupo 12; afinal, todos os elementos desse grupo possuem certa similaridade entre si, mas se distinguem dos demais metais em função de sua configuração eletrônica. Sabe-se que o estado de oxidação +1 confere ao mercúrio a característica de formação de compostos organometálicos, a qual não se apresenta para os outros elementos do grupo (Atkins *et al.*, 2018). Essa característica constitui uma importante fonte de preocupação em âmbitos nacional e internacional, pois o metilmercúrio possui a capacidade de biocumulação, o que dificulta sua remoção do meio natural, sendo essa a forma mais tóxica do Hg (Bisinoti; Jardim, 2004).

Outro ponto muito importante é que o Hg se distingue dos demais metais de transição por ser líquido à temperatura ambiente, o que lhe confere uma maleabilidade muito maior e um ponto de ebulição significativamente menor (Atkins *et al.*, 2018). Isso permite que, pelo processo de amalgamação, o mercúrio evapore e o ouro permaneça em seu estado metálico, sendo esse um dos aspectos mais importantes para o processo de extração clandestina do ouro (Souza *et al.*, 1989).

O garimpo do ouro é tão agressivo para a região em que a atividade é realizada quanto para os indivíduos que estão extraíndo. No processo de amalgamação, o amálgama libera gases contendo partículas de mercúrio metálico, facilmente inaladas

por aqueles que realizam a queima. Esse vapor, por ser muito volátil, espalha-se pelo ambiente com facilidade, podendo alcançar as nuvens (Milaré, 2004). Em decorrência das chuvas, aumenta exponencialmente a área de contaminação do mercúrio. Nesse ponto, ao entrar em contato com a água, as chances de formação de metilmercúrio e dimetilmercúrio (CH_3Hg^+ e CH_3HgCH_3) tornam-se significativas, fazendo com que a chuva apresente um elevado potencial de contaminação (Rafaella, 2024).

Ademais, o metilmercúrio é o estado mais tóxico do mercúrio para organismos, pois possui facilidade para atravessar a membrana biológica e apresenta afinidade com muitas proteínas e outras estruturas moleculares; além disso, possui a característica bioacumulativa (Caheté, 1998). Esse efeito ficou amplamente conhecido com o caso de Minamata, em que foi despejada uma quantidade significativa de mercúrio nos rios utilizados para a pesca. A população que se alimentava dos peixes passou a apresentar sintomas de doenças como disfunção motora e distúrbios, levando, em casos mais graves, à morte dos organismos (Silva, 2020).

O caso de Minamata teve tamanha repercussão que, em 2013, resultou em uma convenção internacional na qual os países instituíram normas para o uso do mercúrio, além de advertirem sobre suas propriedades já mencionadas anteriormente, com o objetivo de proteger a saúde humana e o meio ambiente das emissões antropogênicas de mercúrio e de seus compostos (Brasil, 2018). Contudo, a preocupação ambiental já existia antes do caso de Minamata, refletindo-se nos diálogos sobre educação ambiental, que se fortaleceram desde 1972, com a Conferência de Estocolmo (Brito, F., 2013; ONU, 1972).

No que se refere à Educação Ambiental, o ordenamento jurídico brasileiro determina que sua execução ocorra em todos os níveis de ensino, tanto na educação formal quanto na não formal. Isso pode ser verificado no art. 225, §1º, VI, da Constituição de 1988 e enfatizado pelo art. 2º, X, da Lei nº 6.938/1981. Dessa forma, a realização da Educação Ambiental torna-se uma exigência normativa, devendo ser executada de forma interdisciplinar e/ou transdisciplinar entre todas as disciplinas com as quais os alunos têm contato durante seu processo de formação. Além disso, esse tema deve ser tratado com um aspecto transversal em todas as áreas de conhecimento, conforme exige a Lei nº 9.795/1999 e a Resolução CNE/CP nº 2/2012 (Coelho *et al.*, 2023; Brito, Gordilho, 2017).

Dessa forma, a inserção desse tema no âmbito escolar é necessária para proporcionar a devida formação do estudante e garantir que todo aluno tenha seu direito

de acesso à aprendizagem sobre a conservação do meio ambiente. Além disso, essa abordagem contribui para a formação do pensamento crítico em relação ao meio ambiente e aos conteúdos relacionados a reações químicas. Esse princípio é orientado pelos PCN+ de 2002 e reforçado pelas orientações curriculares para o ensino médio de 2006 (Brasil, 2002; Brasil, 2006; Coelho *et al.*, 2023).

No que diz respeito aos assuntos relacionados a reações químicas, Fonseca (2013) apresenta a seguinte abordagem em seu livro "Química 1": o tema deve ser introduzido na segunda unidade do primeiro ano do ensino médio, a fim de que o estudante já tenha sido familiarizado com o mundo da química e possua conhecimentos sobre grandezas físicas, estados de agregação da matéria, propriedades da matéria, substâncias e misturas, além dos métodos de separação de misturas.

A partir desse arcabouço de conhecimentos, é possível iniciar o diálogo sobre o que constitui a matéria, e afunilar o assunto para a formação de substâncias a partir de reações de síntese também conhecida como reações de composição, a qual se destina entender e escrever o processo químico que a matéria passa para se tornar uma substância diferente do seu estado inicial. Em contrapartida, há a possibilidade de apresentar a reação de análise, também conhecida como decomposição, que, como o nome sugere, refere-se às reações nas quais uma substância dá origem a duas ou mais substâncias (Fonseca, 2013).

Dando continuidade ao raciocínio, o próximo conceito a ser trabalhado é o de combustão, que se refere a reações que ocorrem na presença de um combustível, um comburente e uma pequena quantidade de energia para iniciar a reação. Essas reações geram dióxido de carbono e água; em casos mais específicos, podem resultar em monóxido de carbono e outras substâncias tóxicas para o meio ambiente (Fonseca, 2013). Por fim, inicia-se o estudo das leis da conservação da massa e das proporções constantes, nas quais são apresentados os conceitos de reagente, produto e a famosa frase de Lavoisier (1789), que fixa o entendimento de que na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma. Esses assuntos buscam evidenciar que, ao passar pelo processo de transformação, a matéria sempre gera uma quantidade de produtos que pode ser prevista.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio, o que mais se evidenciou ao longo da construção do artigo refere-se às causas dos impactos ambientais nas terras Yanomami, que são atribuídos ao uso indiscriminado do mercúrio. Essa questão não pode ser ignorada pela comunidade científica nem pela sociedade em geral. Isso se deve ao fato de que o processo de amalgamação libera vapor de mercúrio, que facilmente se agrega às nuvens úmidas da Amazônia, espalhando-se e contaminando o ambiente de maneira exponencial. Essa contaminação entra na cadeia alimentar a partir da formação do metilmercúrio, que ocorre pelo contato com as fontes hídricas. Desse modo, os primeiros a serem afetados pela contaminação do mercúrio são os próprios garimpeiros que realizam o processo de queima. Em seguida, a contaminação atinge a vida aquática e vegetal, pois o metilmercúrio se liga às proteínas desses organismos, integrando-se a eles e potencializando a contaminação ao permanecer em predadores que consomem esses seres.

Outro ponto que se destaca é que a comunidade científica tem se empenhado em estudar as causas e consequências da mineração clandestina, identificando e investigando os compostos tóxicos gerados pelo processo de extração ilegal. Além disso, a comunidade tem discutido as consequências tanto para o meio ambiente em geral quanto para a vida humana.

Além disso, identifica-se um grande potencial para a inserção da educação ambiental em casos que envolvem áreas contaminadas. Isso se deve à constatação da violação do conceito formador do sujeito, que não reconhece seus deveres de cuidar e preservar o meio ambiente. Essa situação compromete as gerações futuras, pois coloca em risco a vida humana na região onde a extração clandestina é praticada. O caso torna-se mais grave ao se considerar que a população depende dos recursos naturais disponíveis em sua região, os quais apresentam alto teor de contaminação e não podem ser tratados de forma simples e rápida. Assim, a purificação desses recursos naturais é fundamental para garantir a permanência e a sobrevivência do povo que vive essa realidade.

Por isso, faz-se importante abordar a educação ambiental, especialmente no nível médio e, em particular, nas aulas de química. Isso porque existem muitos pontos que podem ser discutidos dentro do tema da educação ambiental sem deixar de ensinar a química propriamente dita. Afinal, o processo de extração do ouro é totalmente fundamentado em reações químicas. O processo começa com a reação de síntese do amálgama, seguida pela reação de decomposição para extrair o ouro como produto. Esse

objetivo é alcançado através da reação de combustão, que, nesse caso específico, libera impurezas de mercúrio metálico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Identificou-se, durante a simulação entre os assuntos que englobam reações químicas e o processo de extração do ouro pela mineração clandestina a partir do uso do mercúrio, diversos pontos em que pode ser abordado o estudo de educação ambiental de forma transversal. O principal ponto a ser explorado é a reação de síntese. Explicar ao aluno que o amálgama é uma substância resultante de ligações metálicas favorece seu entendimento sobre substâncias. Dessa forma, constrói-se um caminho mais claro para a compreensão de como essas ligações sofrem mudanças durante o ganho de energia pelo aquecimento, até o ponto em que se inicia a liberação do mercúrio, ao atingir seu ponto de fusão.

Essa abordagem pode ser estendida ao momento em que o mercúrio entra em contato com o rio, iniciando outra reação química que resulta na formação de metilmercúrio. Importante se faz finalizar explicando a característica bioacumulativa do metilmercúrio. Esse composto permanece na cadeia alimentar devido à sua ligação extremamente estável com os organismos, o que impede que o organismo consiga quebrar essa estabilidade.

REFERÊNCIAS

ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

BASTA, Paulo Cesar. Garimpo de ouro na Amazônia: a origem da crise sanitária Yanomami. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 39, p. e00111823, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csp/2023.v39n12/e00111823/pt/>. Acesso em: 03 set. 2024

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Rio de Janeiro: Forense, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN+ Ensino médio: orientações educacionais complementares aos**

Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2** – Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL. **Resolução CNE/CP nº 2/2012**. 2012. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=10988-rcp002-12-pdf&category_slug=maio-2012-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 14 out. 2024.

BRASIL. **Lei nº 6.938/1981**. Brasília, DF: Planalto, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: 14 out. 2024.

BISINOTI, M. C.; JARDIM, W. F. O comportamento do metilmercúrio (metilHg) no ambiente. **Química Nova**, v. 27, n. 4, p. 593–600, jul. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ScRyZnwkDxdqskmpWT8P4Tq/#>. Acesso em: 14 set. 2024.

BRITO, Fernando de Azevedo Alves. **A percepção ambiental de professores e alunos e a educação ambiental no curso de direito da faculdade x: um estudo de caso no sudoeste da Bahia**. Itapetinga, BA: UESB, 2013. 282p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais, Área de Concentração em Meio Ambiente e Desenvolvimento).

BRITO, Fernando de Azevedo Alves; GORDILHO, Heron. A educação ambiental e o ensino jurídico: evidenciando liames. **Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 22–41, 2017. DOI: 10.26668/IndexLawJournals/2525-9628/2017.v3i2.2314. Disponível em: <https://indexlaw.org/index.php/Socioambientalismo/article/view/2314>. Acesso em: 14 out. 2024.

CAHETÉ, Frederico Silva. A Extração do Ouro na Amazônia e Implicações para o meio ambiente. **Novos Cadernos NAEA**, v. 1, n. 2, 1998. Disponível em: <https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/viewFile/14/13pag>. Acesso em: 04 out. 2024.

COELHO, Rafael Silva; Sepúlveda, Karine Alves; Barbosa, Adelson Sousa; Santos, Danilo Rafael Silva; Brito, Fernando de Azevedo Alves. A contaminação por mercúrio a partir da extração mineral clandestina em terras yanomami para a inserção da educação ambiental nas aulas de tabela periódica na 1ª série do ensino médio. **Anais do IX ENALIC**, Campina Grande, **Realize Editora**, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/104944>. Acesso em: 03 set. 2024.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química (Ensino médio) I**. São Paulo: Ática, 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

IUPAC. **Tabela periódica IUPAC dos elementos e isótopos**. 2023. Disponível em: <https://applets.kcvs.ca/IPTEI/IPTEI.html>. Acesso em: 03 out. 2024.

KOPENAWA, Davi; ALBERT, Bruce. A queda do céu: Palavras de um xamã yanomami. São Paulo: Companhia das Letras, 2015. LOBO, Maria Stella de Castro; Cardoso, Maria Lúcia de Macedo. Lições de tempos urgentes: a experiência da atenção à saúde Yanomami ontem e hoje. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 39, n. 4, p. e00065623, 2023.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente**. 3. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.

NEVADO, J. J. Berzas et al. Mercury in the Tapajos River basin. **Environment International**, s.l., v. 36, n. 6, p. 593-608, aug. 2010.

ONU. **Declaração de Estocolmo sobre o ambiente humano**. 1972. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2013/12/estocolmo_mma.pdf. Acessado em: 27 out. 2024.

BATISTA, Rafaella da Silva. Da responsabilidade penal ambiental decorrente da exploração do garimpo ilegal de ouro na APA do Rio Madeira. **Revista Científica do CPJM**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 09, p. 393-412, 2024. Disponível em: <https://rcpjm.emnuvens.com.br/revista/article/view/277>. Acesso em: 9 out. 2024.

SILVA, Joesér Alvares da. A Doença de Minamata na Amazônia: Realidade Urgente ou Delírio Ambientalista? **Afros & Amazônicos**, v. 2, n. 2, p. 1-15, dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unir.br/index.php/afroseamazonicos/article/view/6112>. Acesso em: 9 out. 2024.

SOUZA, V. P. de; LINS, F. A. F. **Recuperação do ouro por amalgamação e cianetação**: problemas ambientais e possíveis alternativas. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1989.

VEGA, C. M.; ORELLANA, J. D. Y.; OLIVEIRA, M. W.; HACON, S. S.; BASTA, P. C. Human mercury exposure in Yanomami indigenous villages from the Brazilian Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 6, p. 1051, 2018. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/27618>. Acesso em: 27 out. 2024.

WASSERMAN, Julio Cesar; HACON, Sandra; WASSERMAN, Maria Angélica. Biogeoquímica do mercúrio no ambiente amazônico. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 32, n. 5, p. 336-342, 1 ago. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.5.336>. Acesso em: 27 out. 2024.

WELLER, Mark; Rourke, Jonathan; Overton, Tina; Armstrong, Fraser. **Química Inorgânica**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.