



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QMC5513 - Trabalho de conclusão de curso

Patrick Alecsander de Moraes

**POLUIÇÃO HÍDRICA NO CONTEXTO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE DE
PRODUÇÕES DA REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**

Florianópolis

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QMC5513 - Trabalho de conclusão de curso

PATRICK ALECSANDER DE MORAIS

**POLUIÇÃO HÍDRICA NO CONTEXTO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE DE
PRODUÇÕES DA REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Química
do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da
Universidade Federal de Santa Catarina como requisito
para a obtenção do título de Licenciado em Química.
Orientadora: Profa. Dra. Carolina dos Santos Fernandes

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Morais, Patrick Alecsander de

Poluição hídrica no contexto brasileiro: uma análise de produções da revista Química Nova na Escola / Patrick Alecsander de Moraes ; orientadora, Carolina dos Santos Fernandes, 2022.

40 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Graduação em Química, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Química. 2. Poluição hídrica. 3. Artigos. 4. Revista Química Nova na Escola. I. Fernandes, Carolina dos Santos. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Química. III. Título.

Patrick Alecsander de Moraes

Poluição hídrica no contexto brasileiro: uma análise de produções da revista Química Nova na Escola

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Licenciado em Química e aprovado em sua forma final pelo Curso de Química

Florianópolis, 17 de março de 2022.

Professora Dr^a Danielle Marranquiél Henriques
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Professora Dr.^a Carolina dos Santos Fernandes
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Professora Dr.^a Tatiane de Andrade Maranhão
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Professor Dr. Marcos Paulo da Silva
Avaliador
Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha mãe, ao meu pai e à minha tia.
Carla, Rangel e Kátia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, com ênfase e muito afeto, a minha família, começo pela minha mãe, Carla, que me confortou nos dias mais difíceis com palavras que tocaram a minha alma, que entendeu a minha ausência e me incentivou quando mais precisei, mãe, você sempre foi e será um exemplo de pessoa carinhosa, determinada e responsável. Tenha plena certeza que toda a minha sensibilidade e humanidade são frutos da tua educação. Agradeço também ao meu pai, Rangel, por toda confiança depositada em mim ao longo desses anos e pela compreensão e conversas sobre perspectivas de futuro que tivemos, saiba que admiro você e os teus ensinamentos também me moldaram no profissional que me tornei. Obrigado por estarem presentes nesse processo de amadurecimento e qualificação, sem vocês nada disso seria possível.

À minha orientadora, Carol, pelo cuidado que teve comigo enquanto pessoa, pelo profissionalismo, confiança e aprendizados necessários para a produção desse trabalho, vivências que carrego para a vida!

À minha Tia e colega de profissão, Kátia, que me apresentou a primeira experiência química, a produção de sabão, quando eu tinha 13 anos. Você é minha inspiração. Te amo Nina.

Às amigas que o curso de Química me proporcionou, Andressa e Patricia, obrigado pela amizade sincera, carinho, momentos e alegrias compartilhadas comigo nessa trajetória.

À minha dupla magnífica de estágio, Ana Caroline, foram vários dias e várias noites planejando aulas e seminários, sem dúvidas aprendemos muito em conjunto! Fica o sentimento de uma parceria que funcionou muito bem e eu sou grato a você.

Ao meu namorado Moises, que respeitou meu tempo de aprendizagem, me aconselhou, me acolheu com muito carinho e me incentivou, sempre. Nosso amor me transformou e você tem parte nisso.

Aos meus avós, Vô Geno e Vó Mana, pelas visitas carinhosas em Florianópolis com comidas trazidas do Rio Grande do Sul que me recordavam à infância. Vocês deveriam ser eternos!

À minha sogra Ró, obrigado por me receber na tua casa e por todos os almoços e cafés que você fez enquanto eu escrevia esse trabalho.

Deixo também um abraço especial cheio de amor e gratidão para a Ana Gabriela, Aline, Bruna, Carol, Deonir, Matheus, Samara, Tinti, Tita e Vinicius, pessoas que me proporcionaram muitos momentos especiais de diversão e trocas sinceras, guardo vocês no meu coração.

Por fim, expresso um sentimento de agradecimento aos/as docentes que tive ao longo desse percurso formativo. Menções também à Universidade Federal de Santa Catarina pelo ensino transformador e de qualidade proporcionado à comunidade.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar as produções da revista Química Nova na Escola (QNEsc) desde 1995 até setembro de 2021 relacionadas a poluição de recursos hídricos. Foram utilizados os marcadores de pesquisa: “água, poluição, contaminação ou meio ambiente” no título e nas palavras chaves dos artigos publicados na revista QNEsc. As publicações, que têm como foco principal a poluição hídrica, foram analisadas na íntegra e avaliadas como possível ferramenta para discussão não simplista de assuntos como educação ambiental e preservação de recursos naturais. Além disso, foram delineadas maneiras estratégicas de utilização de fragmentos desses periódicos na contextualização e abordagem de conteúdos conceituais e atitudinais de Química na Educação Básica, pensados em uma perspectiva envolvendo Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). O método de análise para essas publicações foi à luz dos procedimentos da Análise Textual Discursiva (ATD) que resultou em cinco categorias: *Conceito de poluição*, *Tipos de poluição hídrica e formas na qual ocorre*, *Destinação de recursos hídricos*, *Definições sobre pureza da água* e, por fim, *Tratamento de corpos d'água poluídos e atitudes conscientes*. Os extratos selecionados apresentam vínculo com o título de cada categoria e são abordados aspectos relacionados à temática em metatextos contendo perspectivas de direcionamentos em aulas de Química.

Palavras-chave: Poluição hídrica. Artigos. Revista Química Nova na Escola.

ABSTRACT

This work aims to analyze the productions of the journal *Química Nova na Escola* (QNEsc) from 1995 to September 2021 related to water resources pollution. The research markers: “water, pollution, contamination or environment” were used in the title and keywords of articles published in the QNEsc journal. The publications, whose focus is water resources pollution, were analyzed in full and evaluated as a possible tool for non-simplistic discussion of subjects such as environmental education and preservation of natural resources. In addition to that, strategic ways to use fragments of these journals in the contextualization and approach of conceptual and attitudinal content of chemistry in High School were outlined, thought from a perspective involving Science, Technology and Society (STS). The method of analysis for these publications was in light of the procedures of Textual Discourse Analysis (TDA), which resulted in five categories: Concept of pollution, Types of water resources pollution and ways in which it occurs, Destination of water resources, Definitions about purity and, finally, Treatment of polluted water bodies and conscious attitudes. The selected extracts are linked to the title of each category and aspects related to the theme are addressed in metatexts containing perspectives of approach in chemistry classes.

Keywords: Water Resources Pollution. Articles. Journal *Química Nova na Escola*.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESPUMA PROVENIENTE DA CONCENTRAÇÃO DE POLUIÇÃO NO RIO TIETÊ, NA CIDADE DE PIRAPORA DO BOM JESUS.	6
FIGURA 2. IMPACTO AMBIENTAL GERADO PROVENIENTE DO GARIMPO ILEGAL DE OURO.....	9
FIGURA 3. PROPOSTA DE INFORMAÇÕES PARA A CARTILHA CONTENDO SÍMBOLO, CÓDIGO, NOMENCLATURA E APLICAÇÃO DOS POLÍMEROS MAIS UTILIZADOS.....	22
FIGURA 4. ESTRUTURA QUÍMICA DO 1,1,1-TRICLORO-2,2-DI(P-CLOROFENIL) ETANO, O DDT.....	25
FIGURA 5. CICLO GLOBAL DO MERCÚRIO E SUA REAÇÃO DE OXIDAÇÃO.	30
FIGURA 6. REPRESENTAÇÃO DO TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	38

LISTA DA QUADROS

QUADRO 1. PERIÓDICOS RELACIONADOS À POLUIÇÃO HÍDRICA PUBLICADOS NA REVISTA QNESC.	13
QUADRO 2. PERIÓDICOS CONTENDO OS MARCADORES DE PESQUISA: ÁGUA, POLUIÇÃO, CONTAMINAÇÃO OU MEIO AMBIENTE E RESUMO COERENTE COM A PROBLEMÁTICA.	17

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

QNEsc Química Nova na Escola
ATD Análise Textual Discursiva
ANA Agência Nacional de Águas e Saneamento básico
IQA Indicadores de Qualidade das Águas
ETA Estação de Tratamento de Água
ETE Estação de Tratamento de Efluentes
CTS Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
ASC Aspectos Sociocientíficos
EA Educação Ambiental
DDT 1,1,1-tricloro-2,2-di(p-clorofenil) etano
pH Potencial Hidrogeniônico
UTS Unidade de Tratamento Simplificado
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PNAD Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua
ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CASAN Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 OBJETIVO GERAL	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2 DESENVOLVIMENTO	2
2.1 POLUIÇÃO HÍDRICA POR MÁ GESTÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES E FERTILIZANTES	4
2.2 POLUIÇÃO HÍDRICA NO BRASIL POR PRODUTOS QUÍMICOS E METAIS PESADOS	8
2.3 POLUIÇÃO HÍDRICA POR DESASTRES AMBIENTAIS	10
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	12
4 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
5.1 CONCEITO DE POLUIÇÃO.....	19
5.2 TIPOS DE POLUIÇÃO HÍDRICA E FORMAS NA QUAL OCORRE.....	23
5.3 DESTINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	30
5.4 DEFINIÇÕES SOBRE PUREZA DA ÁGUA.....	34
5.5 TRATAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA POLUÍDOS E ATITUDES CONSCIENTES.....	36
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
7 REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

As recorrentes mudanças climáticas observadas no planeta, somadas à degradação e desmatamento de florestas, poluição de rios, mares e nascentes estão vinculadas ao impacto ambiental globalizado que atinge de forma significativa os recursos hídricos.

Atualmente, a precarização de políticas públicas pensadas para proteger os recursos naturais e a dificuldade da atual gestão política do país de compreender agendas ambientais importantes em âmbitos globais faz com que sejam observadas instabilidades em políticas ambientais nacionais como a elevação do índice de desmatamento de biomas brasileiros importantes, como a floresta amazônica que é considerada a maior floresta tropical do mundo (MOREIRA, 2009, p.7)". É possível relacionar tal acontecimento ao acirramento da crise hídrica no país em virtude da deterioração de fontes e nascentes, a isso soma-se o fato de “cerca de 80% da disponibilidade de água doce no país estar concentrada na região amazônica”. (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2018, p.13.)

“Os componentes biogeoquímicos, físicos e marinhos são úteis para o monitoramento da qualidade da água e controle da poluição.” (CMEMS, 2021 tradução nossa)¹. O desmatamento, por exemplo, para o plantio de monocultura, que na grande maioria das vezes utilizam adubos sintéticos e agrotóxicos pulverizados em grandes áreas, reflete diretamente na contaminação de recursos hídricos em razão da penetração no solo e lixiviação pelas chuvas com potencial de bioacumulação de poluentes no lençol freático, que por vezes encontram cursos d'água que tem como destino final rios e mares. A incidência de agravos correlacionados aos processos produtivos do agronegócio em Lucas do Rio Verde, “resultou em intoxicações agudas por agrotóxicos, neoplasias, más-formações congênicas em anfíbios e agravos respiratórios, aumentou entre 40% e 102% nos últimos dez anos.” (DOSSIÊ ABRASCO, 2015, p.155). Tal situação, teve reflexo no ecossistema local como um todo.

De acordo com Iberdrola (2021), os impactos gerados ao meio ambiente devido a poluição hídrica estão relacionados com a escassez de água potável, extinção e mutações de espécies, desenvolvimento socioeconômico e produção de energia.

¹ No original: Physical and marine biogeochemical components are useful for water quality monitoring and pollution control. Disponível em: <https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/marine>

Diante do exposto, trata-se de uma temática importante que precisa ser problematizada na Educação Básica de forma não simplista. É de conhecimento notório que as escolas de modo geral, em certa medida, abordam o assunto inclusive com destaque em atividades no dia 22 de março que é comemorado o dia mundial da água.² Cabe destacar que se advoga por um olhar mais problematizador sobre o trato da temática na Educação Básica compreendendo diferentes dimensões como as conceituais, políticas, econômicas, sociais, por exemplo. Nesta direção, aposta-se nos trabalhos da revista Química Nova na Escola (QNEsc) como uma ferramenta profícua para discussão. Assim, propõe-se a seguinte questão de pesquisa: *Como os artigos publicados na QNEsc relacionados à poluição de recursos hídricos podem traçar perspectivas de abordagens no Ensino de Química na Educação Básica?*

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar os artigos publicados na QNEsc desde 1995 até setembro de 2021 relacionados à poluição de recursos hídricos de modo a traçar enfoques para serem explorados no Ensino de Química da Educação Básica.

1.1.2 Objetivos Específicos

- discutir os problemas ambientais relacionados à poluição hídrica no contexto global e local;
- sinalizar possibilidades de abordagem no ensino de Química da educação básica, relacionado à questão hídrica com ênfase na articulação entre abordagem conceitual e social.

2 DESENVOLVIMENTO

A palavra “Poluição vem do latim “Polluere” e significa sujar, contaminar ou tornar impuro” (MORETE, 2011). A definição de poluição engloba: “degradação do meio ambiente provocada pela ação do homem; deterioração das propriedades, químicas ou físicas, de um ecossistema, pelo acúmulo ou retirada de suas substâncias” (DICIO, 2009). Existem diversos

² “O Dia Mundial da Água foi criado pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas através da resolução A/RES/47/193 de 21 de Fevereiro de 1993, declarando todo o dia 22 de Março de cada ano como sendo o Dia Mundial das Águas (DMA)”. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/dia-mundial-da-agua>

tipos de poluição, e essas podem ser identificadas de acordo com o ecossistema que atingem: atmosfera, recursos hídricos ou solos.

Os recursos hídricos se referem às águas superficiais e subterrâneas disponíveis para uso. “O Brasil é o país com maior quantidade de recursos hídricos gerados por precipitações atmosféricas.” (EOS, ORGANIZAÇÃO E SISTEMAS, 2019)³. “As principais entradas de água no território correspondem à chuva e às vazões procedentes de outros países, basicamente na Amazônia” (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2018, p. 7). De acordo com Soares *et al.* (2006) a Região Amazônica concentra 80% dos recursos hídricos brasileiros, abrigando 7% da população, e para garantir a proteção desses recursos, são necessárias políticas públicas para monitorar e prevenir atividades ilegais que possam resultar em impactos ambientais.

Elencar os possíveis contaminantes de recursos hídricos envolve diversas classificações de poluição, tais como:

poluição térmica: ocorre pelo descarte de grandes volumes de água aquecida, usada em sistemas de resfriamento de processos industriais, em sistemas ambientais; poluição sedimentar: proveniente do acúmulo de partículas em suspensão (por exemplo, partículas de solo ou de produtos químicos insolúveis, orgânicos ou inorgânicos); poluição biológica: resulta da presença de microrganismos patogênicos (microrganismos causadores de doenças), especialmente na água potável; poluição química: causada por produtos químicos estranhos ao ambiente, tornando-se nocivos ou indesejáveis. (SANTOS, 2016 p. 184).

Os órgãos ambientais em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos deverão “promover a implementação de Áreas de Proteção de Aquíferos e Perímetros de Proteção de Poços de Abastecimento, objetivando a proteção da qualidade da água subterrânea” (CONAMA, 2008, p. 308). “A qualidade da água superficial e subterrânea é condicionada por variáveis naturais ligadas, por exemplo, ao regime de chuvas, escoamento superficial, geologia e cobertura vegetal, e por impactos antrópicos, como o lançamento de efluentes provenientes de falta de saneamento” (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2016, p. 42), dentre esses efluentes, estão, por exemplo:

Os fertilizantes, empregados na agricultura, que são arrastados pelas chuvas para córregos, rios, lagos e lençóis subterrâneos. Esses agentes poluidores contêm, em sua composição, nitratos (NO_3^-) e fosfatos (PO_4^{3-}), que favorecem processos de eutrofização; (SANTOS, 2016 p. 184).

³ Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/como-funciona-gestao-de-recursos-hidricos-no-brasil/>

Além disso, também há a contaminação de compostos orgânicos que apresentam elevada toxicidade e capacidade de persistir no ambiente ao longo de décadas.

2.1 POLUIÇÃO HÍDRICA POR MÁ GESTÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES E FERTILIZANTES

“A eutrofização é um processo de multiplicação de algas, comum em corpos d’água sem tanta movimentação, como lagos e represas” (E-cycle, 2021)⁴. Magalhães (2021) aponta que esse processo ocorre em decorrência dos dejetos humanos sem tratamento de esgoto e dos fertilizantes dos solos, que chegam às águas aumentando a quantidade de Nitrogênio e Fósforo, fazendo proliferar as algas, que quando morrem aumentam a turbidez da água. Devido à alta turbidez da água, os raios solares não conseguem atingir as plantas localizadas no fundo dos rios, geralmente responsáveis pela produção do oxigênio na água, assim, com o impedimento da realização da fotossíntese e diminuição da oxigenação do ambiente aquático, plantas e peixe, não conseguem sobreviver. Dependendo da quantidade de poluentes no meio, quando há alta concentração, os “Corpos d’água eutrofizados geralmente são chamados de "mortos", pois são raros os animais e plantas que ali conseguem sobreviver. (INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - USP, 2020).”⁵ “Nos corpos d’água o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causa uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças.” (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - 2021).⁶ Além disso, os nitratos podem servir de marcadores de fontes de emissão quanto a “idade” da poluição de acordo com a proximidade da fonte poluidora.

A garantia de água potável está relacionada com atitudes conscientes da sociedade como um todo, pois:

Para que a água chegue às cidades, os ecossistemas naturais devem estar preservados: eles permitem a infiltração das chuvas no solo, que recarregam os lençóis freáticos e os rios, que, por sua vez, ajudam a encher os reservatórios. Sem a cobertura vegetal, a água escorre com mais energia por cima do solo, carrega terra para o rio e provoca o assoreamento dos reservatórios - impactando a oferta de água e podendo elevar os custos de tratamento. (THE NATURE CONSERVANCY, 2020).⁷⁸

⁴ Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/eutrofizacao/>

⁵ Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/des_eutro.htm

⁶ Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>

⁷ Disponível em: <https://www.tnc.org.br/o-que-fazemos/nossas-iniciativas/coalizao-cidades-pela-agua/coalizao->

⁸-anos/proteger-as-fontes-de-agua/

Para monitorar a qualidade dos recursos hídricos, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2021) aponta que são utilizados Indicadores de Qualidade das Águas (IQA) para monitoramento de rios, visando o uso do mesmo para abastecimento público de cidades e regiões após o tratamento dessa água. São utilizados 16 parâmetros para análises físicas, químicas e biológicas dessas águas:

Temperatura da água, temperatura do ambiente, turbidez, espumas, lixo flutuante, odor, material sedimentável, peixes, larvas e vermes vermelhos, larvas vermes brancos, coliformes totais, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), potencial hidrogeniônico (pH), fosfato (PO_4^{3-}) e nitrato (NO_3^-). (RIBEIRO *et al.* 2019, p. 10).

Ainda de acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2021) dentre os parâmetros acima citados, 9 deles sendo: Oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, DBO, temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total são medidos e seus respectivos resultados de análise são colocados em uma expressão matemática que permitem fazer uma classificação da água do rio em faixas de qualidade: ótima, boa, regular, ruim e péssima. As análises de água com os parâmetros do IQA servem para auxiliar na tomada de decisão sobre o que se busca abranger com aquele recurso hídrico específico, por exemplo, tratamento da água para irrigar plantações próximas ou o tratamento para o consumo, diminuir o impacto de poluição na bacia a qual o rio pertence, etc.

“O Tietê, maior rio paulista, corta o estado de São Paulo de leste a oeste, por 1.100 km [...]. A qualidade da água é classificada como ruim e péssima, impactada pela poluição gerada na Região Metropolitana de São Paulo, afeta 14,81% da extensão total do rio Tietê.” (RIBEIRO *et al.*, 2019 p. 6). “De sua nascente até sua foz, o rio Tietê passa por 62 municípios” (MIRANDA *et al.*, 2011 p. 3). Um desses 62 municípios é Pirapora do Bom Jesus, localizada na Zona Oeste da Grande São Paulo. Em determinados períodos do ano, a correnteza das águas do Rio Tietê, que entra em contato com resíduos não tratados provenientes do parque industrial e empresas fabricantes de detergente e desengraxantes localizadas nas redondezas, que utilizam no processo de fabricação nitratos e fosfatos, contaminam os corpos d’água com soluções apresentando altas concentrações de Nitrogênio e Fósforo na composição, originam a formação de uma espuma poluída mau cheirosa. Essa espuma contendo organismos patogênicos causadores de doença é perigosa para a população e atrapalha o trânsito de veículos e civis que transitam próximos a

região onde ocorreu o fenômeno, em junho de 2015⁹, como é possível visualizar na figura abaixo.

Figura 1. Espuma proveniente da concentração de poluição no Rio Tietê, na cidade de Pirapora do Bom Jesus.



Fonte: Espuma no Rio Tietê em Pirapora do Bom Jesus.¹⁰

Sobre a poluição de recursos hídricos, como os rios, sabe-se que:

“A poluição das águas acarreta graves riscos à saúde. Os esgotos domésticos contêm bactérias patogênicas que podem causar cólera, hepatite infecciosa, disenteria, micoses, conjuntivites, otites, corizas e febre tifoide e os efluentes industriais têm substâncias tóxicas que podem causar doenças crônicas, inclusive o câncer” (ROCHA, 2004 p. 63).

A poluição hídrica por efluentes está também relacionada com a contaminação por lixo urbano e resíduos sólidos observada em grandes cidades com cursos d’água próximos como rios, córregos ou até oceanos. Parte do lixo urbano e do resíduo sólido resultante do consumo exacerbado de produtos como embalagens plásticas, da carência de campanhas para educação ambiental quanto ao destino final correto do lixo e a falta de gestão de resíduos, são fatores que contribuem para que esses contaminantes atinjam algum recurso hídrico.

Mucelin e Bellini (2008, p. 113), a definição de lixo é considerada como sendo “[...] os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis, ou descartáveis.” Já os resíduos sólidos, de acordo com a NBR 10004 de 2004, são:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como

⁹ Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/06/23/espuma-de-poluicao-do-tiete-invade-ruas-de-pirapora-do-bom-jesus-sp.htm>

¹⁰ Disponível em: <https://fotos.estadao.com.br/galerias/cidades,espuma-no-rio-tiete-em-pirapora-do-bom-jesus,16037>

determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - 2004, p. 1).

Índices elevados de contaminantes sólidos foram observados “79 milhões de toneladas de lixo, com os plásticos representando 13,5% desse volume, ou 11,3 milhões de toneladas. Da parcela de lixo plástico, apenas 145 mil toneladas são recicladas, ou 1,28% do total” (BBC - Brasil, 2020).¹¹ Quanto às consequências da não reciclagem dos plásticos, a WWF Brasil - Fundo Mundial para a Natureza (2019)¹² declara que “os impactos diretos estão relacionados a não regulamentação global do tratamento de resíduos de plástico, ingestão de micro e nano plásticos (invisível aos olhos) e contaminação do solo com resíduos.” Além da poluição visual, em que camadas residuais de poluentes se depositam sobre a superfície das águas, há também o mau odor proveniente do lixo urbano, neste caso pode haver a proliferação de vetores de doenças contaminantes como ratos, baratas, pombos e mosquitos em virtude do acúmulo de alimentos em decomposição. Ademais, o período de pandemia provocado pelo Corona Vírus contribuiu para impactos ambientais, “desde o início das medidas de segurança adotadas pela população para evitar o vírus, já foram descartadas mais de 12 bilhões de máscaras no Brasil. A média de decomposição desse material é de até 500 anos”¹³ (CNN – Brasil) e o descarte incorreto pode proliferar o Vírus. Portanto recomenda-se descartar a máscara no lixo do banheiro, visto que não é possível submeter à processos de reciclagem, sendo diretamente encaminhados para o aterro sanitário por conter microorganismos e vírus causadores de doenças.

Os reflexos da poluição hídrica têm resultado direto na água potável que consumimos, por exemplo: a poluição química proveniente da má gestão de resíduos perigosos, como agrotóxicos, resíduos industriais não tratados, a extração ilegal do garimpo com uso do Mercúrio, entre outras agridem o meio ambiente de forma catastrófica e tem consequências diretas, tais como a contaminação de solos, corpos d'água subterrâneos e lençóis freáticos. Essa água contaminada que retorna para consumo é gerenciada pelas Estações de Tratamento de Águas (ETA), todavia, “5,5% do volume de água distribuído no país não recebe tratamento adequado antes de chegar à população. Do volume distribuído tratado, 75,1% recebe tratamento

¹¹ Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-55131470>

¹² Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>

¹³ Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/pandemia-mais-de-12-bilhoes-de-mascaras-ja-foram-descartadas-no-brasil/>

convencional, que contempla as etapas de floculação, decantação, filtração, desinfecção e, eventualmente, etapas adicionais.”(IBGE, 2017).¹⁴

2.2 POLUIÇÃO HÍDRICA NO BRASIL POR PRODUTOS QUÍMICOS E METAIS PESADOS¹⁵

A poluição hídrica por produtos químicos também está associada ao garimpo ilegal de ouro, de acordo com o Instituto Socioambiental (2021) uma ação criminosa avançou cerca de 30% suas atividades no período de janeiro a dezembro de 2020 e degradou uma área equivalente a 500 campos de futebol na Terra Indígena Yanomami, localizada ao extremo Norte do Brasil, entre os estados do Amazonas e Roraima (figura 2)¹⁶. Consequência da ausência e flexibilização de políticas de monitoramento das áreas indígenas visto que a ação aconteceu nos primeiros meses da pandemia provocado pelo vírus SARS-CoV-2, comumente chamado de Covid-19¹⁷

As consequências estão associadas a danos suscetíveis na fauna e na flora, devido ao elevado teor de um elemento tóxico utilizado pelos garimpeiros ilegais, o Mercúrio. “O mercúrio é utilizado na separação de partículas finas de ouro através da amalgamação (técnica de extração de metais nobres como ouro, prata e platina por intermédio do mercúrio)” (LACERDA, 1997)¹⁸ e posterior separação gravimétrica. O amálgama separado é queimado, geralmente a céu aberto nos grandes sítios de garimpo ilegal, como aponta a figura 2 abaixo, produzindo mercúrio volátil, extremamente tóxico para atmosfera e para quem administra, geralmente sem equipamentos de segurança, esse gás de mercúrio se difunde no pulmão, com efeitos na coordenação motora devido a sua capacidade de alteração genética. Após a amalgamação, o produto resultante é uma pedrita de ouro.

¹⁴ Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-denoticias/releases/28324-pnsb-2017-abastecimento-de-agua-atinge-99-6-dos-municipios-mas-esgoto-chega-a-penas-60-3>

¹⁵ Há outros contaminantes além dos mencionados neste item, mas por necessidade de recorte foi dado destaque aos apresentados .

¹⁶ Disponível em: <https://g1.globo.com/rr/roraima/noticia/2021/03/25/garimpo-ilegal-avanca-30percent-na-terra-yanomami-em-um-ano-aponta-relatorio.ghtml>

¹⁷ Do inglês: Corona Virus Disease 2019. Tradução nossa: Corona Vírus 2019

¹⁸ Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/hjbCmKwN3TnKJnsYzvPNswD/?lang=pt>

Figura 2. Impacto ambiental gerado proveniente do garimpo ilegal de ouro.



Fonte: Cicatrizes na floresta, 2020¹⁹

Em relação às consequências do mercúrio no ecossistema, “durante o processo de amalgamação, quantidades variáveis de mercúrio são perdidas na forma metálica para rios e solos, e rejeitos contaminados são deixados a céu aberto na maioria dos sítios de garimpo” (LACERDA, 1997)²⁰. O ciclo biogeoquímico do mercúrio no ambiente está associado à sua capacidade de bioacumular. A bioacumulação acontece quando um determinado composto ou elemento entra em contato com um ambiente, como solo ou recurso hídrico, e consegue se associar a algum organismo vivo, aumentando a concentração desse elemento na espécie associada. Essa propagação contaminante na água, envolve os peixes e outros organismos vivos que ali estão e acabam por associar esse mercúrio em seu metabolismo, possibilitando a organofuncionalização do mercúrio, nesse caso maximizando a problemática da exposição, uma vez que as espécies organometálicas de mercúrio são ainda mais tóxicas. O pescado proveniente do rio é comumente ofertados para vendas em feiras e mercados, então, esse peixe contaminado acaba sendo consumido pelas pessoas. Segundo Amaro *et al.* (2014) Existem regiões em que o nível de mercúrio na água é tolerável, dentro do limite estabelecido pela vigilância ambiental para contaminantes químicos, e ao analisar as concentrações de mercúrio nos peixes, os valores são mais altos do que no ecossistema. Conforme aponta Morgano *et al.* (2005) “isso significa

¹⁹ Disponível em: <https://www.socioambiental.org/pt-br/noticias-socioambientais/cicatrizes-na-floresta-garimpoavancou-30-na-terra-indigena-yanomami-em-2020>

²⁰ Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/hjbCmKwN3TnKJnsYzvPNswD/?lang=pt>

que o mercúrio é bioacumulado, devido a sua longa meia-vida nos organismos (640 a 1200 dias)”. Sobre a legislação envolvida no controle de contaminantes químicos em alimentos.

Portaria n° 685 de 27 de agosto de 1998 - Dispõe sobre os níveis máximos de contaminantes químicos em produtos alimentícios. No caso do mercúrio, como a principal via de exposição humana, não-ocupacional, é o consumo de pescados, ficou preconizado que para peixes não-predadores a concentração máxima permitida é 0,5 mg/Kg e para peixes predadores é 1,0 mg/kg. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998).

A degradação da Floresta Amazônica também tem relação com a gestão atual do país, que não sanciona as Leis de proteção aos recursos ambientais, inclusive, atuam em caráter favorável ao desflorestamento. O ex ministro do meio ambiente, foi exonerado por defender publicamente “usar o momento da pandemia como uma oportunidade ideal para “passar a boiada” da destruição ambiental, já que concentra a atenção da mídia e sem grande barulho por parte da sociedade” (GREENPEACE BRASIL, 2020).²¹ Os constantes ataques à Amazônia noticiados tiveram repercussão mundial, “a pressão internacional se soma a uma inédita reação de mais de 200 organizações, entre ONGs, empresas de agronegócio e do setor financeiro, que enviaram um recado ao Governo cobrando medidas para reduzir o desmatamento na Amazônia.” (EL PAÍS, 2020)²². O governo segue negligenciando os dados oficiais emitidos pelo Instituto Nacional de Pesquisa sobre as queimadas e áreas de desmatamento.

2.3 POLUIÇÃO HÍDRICA POR DESASTRES AMBIENTAIS

A contaminação de cursos d'água como nascentes, rios e águas subterrâneas proveniente de desastres ambientais também pode ser classificada como poluição hídrica, por exemplo, o caso de rompimento da barragem contendo minério que aconteceu em 2015 na cidade de Mariana, Minas Gerais, segundo Urquiza e Rocha (2019, v. 16, p. 193) “liberou o equivalente a 20.000 piscinas olímpicas de água e lama tóxica, ou cerca de 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro.” Reis (2018) aponta que o escoamento da lama atingiu 40 municípios de dois estados, Minas Gerais e Espírito Santo, a National Geographic Brasil (2019) afirmou que houve comprometimento do solo, da fauna, da flora, dos rios e corais localizados no mar, proveniente aumento das concentrações de metais como zinco, cobre, arsênio, lantânio e céσιο em todo percurso onde houve deposição de sedimentos.

²¹ Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/ricardo-salles-deve-ser-retirado-imediatamente-doministerio-de-meio-ambiente/>

²² Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2020-09-16/descaso-no-pantanal-e-amazonia-ameacanegocios-do-brasil-enquanto-governo-se-isenta-de-responsabilidade.html>

Outro desastre ambiental na área da mineração foi o caso de Brumadinho, ambas barragens pertencentes a empresa Vale, e como aponta Pacchello (2021, p. 20) os impactos socioambientais dessa tragédia estão relacionados aos rejeitos de mineração de ferro, pois apresentam elevado potencial de contaminação. Por apresentar espessura fina, o minério se associa a metais pesados provocando a contaminação de partes mais baixas do relevo, onde o escoamento desse contaminante encontra os recursos hídricos. É o caso do Rio Paraopeba. "Foram realizadas pela Vale 4,5 milhões de análises de água, solo e sedimento em 90 pontos de monitoramento. Mas os resultados, segundo denúncia dos atingidos, não são apresentados às comunidades." (STROPASOLAS, 2020)²³. Pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro em conjunto com o Instituto Butantã realizaram testes sobre os efeitos tóxicos nas águas do Rio Paraopeba após o rompimento e, afirmam que a contaminação da água por elevados níveis de ferro, alumínio e mercúrio “pode causar morte e anomalias em embriões e larvas de peixe” (SILVEIRA, 2019).²⁴ Embora os casos de Mariana e Brumadinho, por exemplo, sejam classificados como acidentes, cabe a ressalva de que efetivamente não são. A empresa Vale não cumpriu com as condições para atividade mineradora nos locais supracitados que culminou no devastador crime ambiental gerado, tendo reflexos na saúde pública. Mais uma vez fica evidente a falta de políticas públicas de fiscalização e gerenciamento de diferentes atividades que envolvem os recursos ambientais. Nos períodos de altas chuvas e enxurradas, alerta-se sobre problemas que ressurgem da disponibilidade dos poluentes que estavam nos sedimentos e são carregados para os recursos hídricos novamente, exemplo do “Rio Paraopeba que foi atingido pelo rompimento da barragem de Brumadinho em 2019. Os rejeitos de mineração ainda se encontram presentes, podendo levar à contaminação dos ribeirinhos e de outros corpos d’água.”²⁵

Considerando a relevância da temática poluição hídrica e de uma educação pensada em formar cidadãos conscientes para com o meio ambiente e ecossistemas, a abordagem dessa pesquisa possui como interlocutores trabalhos na perspectiva crítica da educação ambiental e em referenciais CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)²⁶. “A educação ambiental é um

²³ Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/03/26/brumadinho-aguas-do-rio-paraopeba-provocammorte-e-deformidades-em-peixes>

²⁴ Disponível em: <https://www.oeco.org.br/reportagens/rejeitos-de-brumadinho-causam-mortes-de-embrioes-depeixes/>

²⁵ Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/o-medo-e-a-indignacao-permanecem-relata-atingida-por-chuvas-em-mg/>

²⁶ Outros referenciais também irão emergir no texto, mas com destaque para os mencionados

componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal” (BRASIL, 1999)²⁷. Mas é preciso olhar para Educação ambiental (EA) de forma crítica e abrangente, superando visões mais ingênuas. Como ressalta Carvalho (2004) no posfácio de seu livro intitulado “ Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico”: “[...] o projeto político pedagógico de uma EA crítica poderia ser pensado como a formação de um sujeito capaz de ‘ler’ seu ambiente e interpretar as relações, os conflitos e os problemas presentes”.

Já o enfoque CTS no processo de ensino e aprendizagem parte da ideia de:

[...] promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com aspectos tecnológicos e sociais, discutir as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da ciência-tecnologia (CT), adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico, formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados capazes de tomar decisões informadas e desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual (AULER, 2007, p.1).

Os referencias mencionados acima são possibilidades para discutir o problema da poluição hídrica, mas outras interlocuções teóricas podem ser realizadas na abordagem da temática nos processos de ensino e aprendizagem.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

O foco de análise desta pesquisa teve como premissa elencar todos os artigos publicados na revista Química Nova na Escola desde o ano de fundação, 1995, até o ano de 2021. A escolha dos periódicos na primeira triagem foi realizada através da leitura do título e resumo referente à obra publicada. Ou seja, foi realizado uma análise geral da revista como um todo.

“Química Nova na Escola (QNEsc) é um periódico de acesso aberto completo. Todos os artigos publicados pela QNEsc são tornados acessíveis online e permanentemente logo após a publicação, sem taxas de assinatura ou barreiras de inscrição.” (QNEsc, 2021)²⁸. Separados por volumes, o acervo digital das publicações foi analisado por página de volumes, do primeiro até o quadragésimo segundo. Cada página da coleção apresentava variação no número de artigos publicados, alguns volumes contendo 12 periódicos, outros volumes contendo 10, sem definição exata. Quando os artigos expunham relação à poluição, purificação, contaminação, experimentação, minimização do impacto ambiental gerado e educação ambiental escritos em

²⁷ Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm

²⁸ Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/edicao.php?idEdicao=85>

uma perspectiva voltada para a poluição hídrica considerando o título e o resumo, esses foram selecionados e elencados no quadro 1 de acordo com a perspectiva do autor. Apesar de um número considerável de artigos publicados estarem relacionados com a temática da poluição atmosférica, esses não foram selecionados, apesar de estarem correlacionados com a poluição de forma geral, porém, a grande maioria não mostrava relação direta com poluição hídrica.

A revista ainda conta com uma coleção especial composta por sete cadernos temáticos, desses, foi feita a análise dos artigos de apenas 2 cadernos, o caderno temático número 1 relaciona Química Ambiental e o caderno temático número 8, que demonstra uma relação com Recursos minerais, Água e Meio Ambiente. A edição de maio de 2001, Caderno temático de Química Ambiental, contém sete artigos, três deles apresentando vínculo com o tema da pesquisa. Enquanto a edição de 2014, o Caderno Temático de Recursos Minerais, Água e Meio Ambiente, apresenta seis artigos, cinco deles estão no quadro 1. Ao todo, foram selecionados trinta e seis artigos relacionados com a poluição hídrica. Dos artigos selecionados, também foram analisados, através do nome dos autores e autoras, sua respectiva formação ou área de pesquisa e/ou atuação profissional. É possível visualizar as seguintes siglas para: doutorando (D), graduando (G), licenciando (L), mestrando (M), pesquisador (P), professor de educação básica (PEB), professor pesquisador (PP), professor voluntário (PV), químico (Q) e químico pesquisador (QP). A formação e definição do cargo fazem relação com o ano em que o artigo foi publicado e foram coletadas de um quadro informativo que está localizado no final de cada periódico. A formação é um dado importante, pois demonstra o perfil formativo de quem publica com maior frequência.

Quadro 1. Periódicos relacionados à poluição hídrica publicados na revista QNESc.

Título do artigo	Autoria e Carreira profissional	Volume e Número	Mês e ano de publicação
Estudando os plásticos: tratamento de problemas autênticos no ensino de química	Maria Emília Caixeta de Castro Lima (PP) Nilma Soares da Silva (PP)	05	Maio de 1997
Poluição vs tratamento de água: duas faces da mesma moeda	Eduardo Bessa Azevedo (PP)	10	Novembro de 1999
Pilhas e baterias: Funcionamento e Impacto ambiental	Nerilso Bocchi (PP) Luiz Carlos Ferracin (PP) Sonia Regina Biaggio (PP)	11	Maio de 2000

Contaminação por Mercúrio e o Caso da Amazônia	Jurandir Rodrigues de Souza (PP) Antonio Carneiro Barbosa (Q)	12	Novembro de 2000
Lixo: desafios e compromissos	Pedro Sérgio Fadini (PP) Almerinda Antonia Barbosa Fadini (PEB)	Edição especial (Caderno temático de Química Ambiental)	Maio de 2001
Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza	José Roberto Guimarães (PP) Edson Aparecido Abdul Nour (PP)		
As águas do Planeta Terra	Marco Tadeu Grassi (PP)		

Agentes desinfetantes alternativos para o tratamento de água	Sérgio M. Sanches (PP) Carlos Henrique Tomich de Paula da Silva (PP) Eny Maria Vieira (PP)	17	Maio de 2003
Experimentação em sala de aula e meio ambiente: determinação simples de oxigênio dissolvido em água	Luiz Henrique Ferreira (PP) Daniela Gonçalves de Abreu (PP) Yassuko Iamamoto (PP) José Fernando de Andrade (PP)	19	Maio de 2004
A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos	Antonio Rogério Fiorucci (PP) Edemar Benedetti Filho (PP)	22	Novembro de 2005
Biodegradação: Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos	José Marcelo Cangemi (PP) Antonia Marli dos Santos (PP) Salvador Claro Neto (QP)	22	Novembro de 2005
Protótipo de reator anaeróbio: tratamento de esgoto doméstico nas escolas	Márcia M. Kondo (PP) Vinícius A. M. Rosa (G)	26	Novembro de 2007
O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA	Vânia Gomes Zuin (PP) Maria Célia S. Ioriatti (PP) Carlos Eduardo Matheus (PP)	31, 1	Fevereiro de 2009
Agrotóxicos: uma temática para o ensino de química	Jaciene Alves Cavalcanti (PEB) Juliano Carlo Rufino de Freitas (M) Adriana Cristina (PEB) Nascimento de Melo (PEB) João Rufino de Freitas Filho (PP)	32, 1	Fevereiro de 2010

Educação ambiental em uma abordagem interdisciplinar e contextualizada por meio das disciplinas química e estudos regionais	Emílio R. Rua (PEB) Paulo Sérgio Alves de Souza (PEB)	32, 2	Maio de 2010
As questões ambientais e a química dos sabões e detergentes	Elaine Maria Figueiredo Ribeiro (PEM) Juliana de Oliveira Maia (L) Edson José Wartha (D)	32, 3	Agosto de 2010
A Química dos Agrotóxicos	Mara Elisa Fortes Braibante (PP) Janessa Aline Zappe (M)	34, 1	Fevereiro de 2012
O Projeto Água em Foco como Uma Proposta de Formação no PIBID	Penha Souza Silva (PP) Eduardo Fleury Mortimer (PP)	34, 4	Novembro de 2012
Lavagem a Seco	Luciana Diniz Borges (D) Patrícia Fernandes Lootens Machado(PP)	35, 1	Fevereiro de 2013

Toxicidade de Metais em Soluções Aquosas: Um Bioensaio para Sala de Aula	Soraya Moreno Palácio (PP) Marcia Borin da Cunha (PP) Fernando Rodolfo EspinozaQuiñones (PP) Daniele Alves Nogueira (M)	35, 2	Maio de 2013
Água - Uma Visão Integrada	Hélio Anderson Duarte (PP)	Edição especial (Caderno temático de Recursos minerais, Água e Meio Ambiente)	Abril de 2014
Especiação Química e sua Importância nos Processos de Extração Mineral e de Remediação Ambiental	Ana Claudia Queiroz Ladeira (PP) Eucler B. Paniago (PV) Cláudia Lima Caldeira (P) Hélio Anderson Duarte (PP)		
Origem e Controle do Fenômeno Drenagem Ácida de Mina	Jaime Wilson Vargas de Mello (PP) Ana Claudia Queiroz Ladeira (PP) . Hélio Anderson Duarte (PP)		
Materiais Funcionais para a Proteção Ambiental	Angela de Mello Ferreira (PP) Gabriela Cordeiro Silva (P) Hélio Anderson Duarte (PP)		

Recursos Minerais, Água e Biodiversidade	Hélio Anderson Duarte (PP) Francisco Antônio Rodrigues Barbosa (PP) Virgínia S. T. Ciminelli (PP) José Galizia Tundisi (PP)		
A Água da Fonte Natural: Sequência de Atividades Envolvendo os Conceitos de Substância e Mistura	Maria Fernanda Campos Mendonça (M) Polyana Tomé de Paiva (L) Thatiany Rodrigues Mendes (L) Mario Roberto Barro (D) Márcia Regina Cordeiro (PP) Keila Bossolani Kiill (PP)	36, 2	Maio de 2014
Química e Educação Ambiental: Uma Experiência no Ensino Superior	Karine dos Santos (PP) José Machado Moita Neto (PP) Patricia Alves de Abreu e Sousa (M)	36, 2	Maio de 2014
Abordagem Ambiental em Livros Didáticos de Química: Princípios da Carta de Belgrado	Karla Ferreira Dias Cassiano (PEB) Agustina Rosa Echeverría (PP)	36, 3	Maio de 2014
Jeans: a relação entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais para o Ensino de Química	Sinara München (D) Martha Bohrer Adaime (PP) Leinig A. Perazolli (PP) Bruno Estevam Amantéa (G) Maria Aparecida Zaghete (PP)	37, 3	Agosto de 2015
Tratamento de água com coagulante biodegradável: uma proposta de atividade experimental	Danilo Oliveira do Nascimento de Andrade (L) Natália Bruzamarello Caon Branco (D) Fábio Peres Gonçalves (PP)	38,4	Novembro de 2016
O Rio e a Escola: uma experiência de extensão universitária e de educação ambiental	Marcia Eugenia Amaral Carvalho (M) Mônica Regina Franco (M) Samuel Zanatta (M) Raquel Alves de Oliveira (M) Maria Angélica Penatti Pipitone (PP)	39, 2	Maio de 2017
Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens	Lorena de Oliveira Felipe (M) Sandra de Cássia Dias (PP)	39, 3	Agosto de 2017
Quitosana: da Química Básica à Bioengenharia	Igor José Boggione Santos (PP) Ênio Nazaré de Oliveira Júnior (D) Lorena de Oliveira Felipe (M) Lucas Andrade Rabello (G)	39, 4	Novembro de 2017

Revisitando o Experimento de Viscosidade Intrínseca de Shoemaker e Garland: Uma Abordagem Ambiental	João de Araújo Junior (PP) Sidnei Silva Santos Junior (G)	40, 2	Maio de 2018
Tabela de Tempo de Decomposição de Materiais: Contexto para a Abordagem de Química Ambiental no Ensino Profissional de Nível Médio	Alfredo Luis Martins Lameirão Mateus (PP) Andréa Horta Machado (PP) Patrícia Andrade Aguiar (PEB)	41, 3	Agosto de 2019
Aplicação de princípios de Química Verde em experimentos didáticos: um reagente de baixo custo e ambientalmente seguro para detecção de íons Ferro em água	Ana Lúcia de S. Ventapane (G) Paula Macedo Lessa dos Santos (PP)	43, 2	Maio de 2021

Fonte: Autor.

Dessas trinta e seis publicações selecionadas, criou-se um subcritério para a realização de um recorte dos artigos que serão analisados detalhadamente. O quadro 1 possui também o papel de sinalizar o quantitativo geral da temática publicada na revista no período de 26 anos (1995- 2021). Para essa nova seleção, os artigos que traziam a poluição hídrica como foco secundário são desconsiderados e marcadores de pesquisa foram adicionados, quais sejam: artigos que apresentavam uma ou mais das seguintes palavras: *água, poluição, contaminação ou meio ambiente* no título ou palavras-chave e que expusesse no resumo relação com a poluição hídrica. Abaixo encontra-se no quadro 2 contendo os dados dos artigos efetivamente analisados no trabalho em tela.

Quadro 2. Periódicos contendo os marcadores de pesquisa: água, poluição, contaminação ou meio ambiente e resumo coerente com a problemática.

Código	Título do artigo	Autoria e Carreira profissional	Volume e Número	Mês e ano de publicação
A1	Poluição vs tratamento de água: duas faces da mesma moeda	Eduardo Bessa Azevedo (PP)	10	Novembro de 1999
A2	Contaminação por Mercúrio e o Caso da Amazônia	Jurandir Rodrigues de Souza (PP) Antonio Carneiro Barbosa (Q)	12	Novembro de 2000

A3	Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza	José Roberto Guimarães (PP) Edson Aparecido Abdul Nour (PP)	Edição especial (Caderno temático de Química Ambiental)	Maio de 2001
A4	As águas do Planeta Terra	Marco Tadeu Grassi (PP)		
A5	A Química dos Agrotóxicos	Mara Elisa Fortes Braibante (PP) Janessa Aline Zappe (M)	34, 1	Fevereiro de 2012
A6	Origem e controle do fenômeno drenagem ácida de mina	Jaime Wilson Vargas de Mello (PP) Ana Claudia Queiroz Ladeira (PP) . Hélio Anderson Duarte (PP)	Edição especial (Caderno temático de Recursos minerais, Água e Meio Ambiente	Abril de 2014
A7	Recursos minerais, água e biodiversidade	Hélio Anderson Duarte (PP) Francisco Antônio Rodrigues Barbosa (PP) Virgínia S. T. Ciminelli (PP) José Galizia Tundisi (PP)		

Fonte: Autor.

Os periódicos do quadro 2 foram analisados através do procedimento analítico denominado Análise Textual Discursiva. Como aportes teóricos ao longo da análise dos dados buscou-se interlocuções com a Educação Ambiental crítica e estudos pautados na perspectiva Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS).

4 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA

A Análise Textual Discursiva (ATD) é uma metodologia de análise qualitativa de dados utilizada para analisar produções textuais, sejam elas revistas, livros didáticos ou periódicos. A compreensão dos fenômenos investigados pelo/a professor/a pesquisador/a é através da produção de metatextos que são originados a partir de fragmentos selecionados do objeto de análise. (MORAES, GALIAZZI, 2007).

Para a formulação dos metatextos, existem três etapas que compõem a ATD, conforme aponta Moraes (2003, p. 191):

1. Desmontagem dos textos: também denominado de processo de *unitarização*, implica examinar os materiais em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de atingir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados.
2. Estabelecimento de relações: processo denominado de *categorização*, implicando construir relações entre as unidades de base, combinando-as e classificando-as no sentido de compreender como esses elementos unitários podem ser reunidos na formação de conjuntos mais complexos, as categorias.
3. Captando o novo emergente: a intensa impregnação nos materiais da análise desencadeada pelos dois estágios anteriores possibilita a emergência de uma compreensão renovada do todo. O *metatexto* resultante desse processo representa um esforço em explicitar a compreensão que se apresenta como produto de uma nova combinação dos elementos construídos ao longo dos passos anteriores.

Com base nos pressupostos da ATD, após a leitura detalhada dos sete artigos do quadro 2, foi realizado o processo de unitarização, separando trechos do artigo que apresentassem relação com a poluição de recursos hídricos a partir dos objetivos deste trabalho. Na etapa de categorização, apareceram extratos relacionados a temática que foram separados e enquadrados nas seguintes categorias: *Conceito de poluição*, *Tipos de poluição hídrica e formas na qual ocorre*, *Destinação de recursos hídricos*, *Definições sobre pureza da água* e, por fim, *Tratamento de corpos d'água poluídos e atitudes conscientes*.

Os fragmentos selecionados dos artigos foram disponibilizados em formatação itálico, abaixo é indicado o código do artigo referente, de acordo com o quadro 2, além da página na qual se encontra. A análise de dados busca sinalizar como estes artigos podem ser abordados no Ensino de Química da Educação Básica com um olhar para dimensões conceituais e contextuais. Espera-se que essa análise suscite reflexões que supere debates simplistas sobre a temática em aulas de Química e caminhe para relacionar conteúdos atitudinais e formação crítica de cidadãos para com o meio ambiente e o planeta.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Conceito de poluição

Esta categoria exhibe as definições de poluição apresentada nos sete artigos analisados. O intuito é mostrar aos leitores e leitoras a abrangência do significado da palavra *poluição* através da visão dos diferentes autores.

Quando ocorre o lançamento de um determinado efluente em um corpo d'água, seja ele pontual ou difuso, imediatamente as características químicas, físicas e biológicas desse local começam a ser alteradas. A3. p.19

Encarar a poluição como um caso de ‘matéria no lugar errado’: a poluição ocorre quando há excesso de uma substância, gerada pela atividade humana, no sítio ambiental errado. A1. p.21

As definições não expõem nenhuma relação científica aprofundada, porém abrem espaço para interações estudante e professor/a no âmbito de sala de aula. A proposta curricular de Santa Catarina no que se refere à educação ambiental, orienta que “No caso de uma escola situada nas proximidades de um curso d’água, pode-se trabalhar a importância deste para o desenvolvimento da vida e avaliar aspectos da deterioração da qualidade da água.” (PROPOSTA CURRICULAR - Educação Ambiental, 1998, p. 58). Para entender e apresentar o conteúdo conceitual de poluição, pode ser questionado aos estudantes quais são as suas percepções a respeito do tópico, com o intuito de conhecer seus saberes prévios, Wartha, *et. al.* (2013, p. 86) aponta que, “contextualizar o conteúdo nas aulas com os alunos significa primeiramente assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto.” Essa associação fomenta debates e aproxima/cria vínculo com a temática, assim, a partir dos comentários, é possível utilizar fragmentos dos artigos com os/as estudantes a fim de ensiná-los relacionando letramento científico juntamente com práticas CTS.

Problemas relacionados com a poluição da água se intensificaram principalmente após a Segunda Guerra Mundial, quando foram observados aumentos significativos nos processos de urbanização e industrialização. Antes de falar em poluição de águas, entretanto, é necessário que este termo seja definido de forma adequada. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, a CETESB, define poluição como “qualquer substância que possa tornar o meio ambiente impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna, à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. A4. p.34

Sugestão de usarmos o termo ‘poluição’ para a degradação do meio ambiente causada pelas atividades humanas, sobretudo a partir de meados do século XX — resultado do intenso desenvolvimento industrial desses últimos 50 anos. Essa ideia é importante porque a própria natureza ‘polui’ o meio ambiente. Para entendermos melhor o conceito, comparemos as emissões de dióxido e de trióxido de enxofre resultantes das erupções vulcânicas com as resultantes das atividades humanas. Em junho de 1991, o vulcão do monte Pinatubo, nas Filipinas, entrou em erupção. Estima-se que cerca de 15 a 20 milhões de toneladas de dióxido de enxofre tenham sido lançadas na atmosfera. Embora dramáticas e com severas consequências, erupções dessa magnitude são raras. Por outro lado, somente os Estados Unidos têm lançado cerca de 20 milhões de toneladas de óxidos de enxofre por ano no ar, desde 1950. A1. p.22

A poluição das águas é principalmente fruto de um conjunto de atividades humanas. E os poluentes alcançam águas superficiais e subterrâneas de formas bastante diversas. A4. p.34

O contexto histórico sobre debates mundiais a respeito da poluição ambiental pode ser apresentado aos estudantes com a leitura dos extratos acima e através da primeira Convenção de Estocolmo. “Realizada em Estocolmo em junho de 1972 revelou-se uma extraordinária oportunidade, para as nações que a ela compareceram, de reexaminarem, mais uma vez a qualidade da vida, e a utilização dos recursos naturais no globo terrestre.” (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE URBANO, 1972, p. 3). A PROCLIMA (2022)²⁹ relata que “foi um marco histórico por ser tratar do primeiro grande encontro internacional com representantes de diversas nações para discutir os problemas ambientais.” Outro evento mundial de grande relevância para a formulação de leis ambientais foi a Conferência Rio-92.

Em 1992, o maior cartão-postal brasileiro, o Rio de Janeiro, sediou a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que ficou conhecida como Eco-92 ou Rio-92. Foi a largada para que a conscientização ambiental e ecológica entrasse definitivamente na agenda dos cinco continentes.(INSTITUTO DE PESQUISA E ECONOMIA APLICADA – IPEA, 2009).³⁰”

Aspectos comparativos entre as formas de poluição podem agregar na apropriação do conteúdo entre os/as estudantes. Por exemplo, ciclos naturais também podem emitir uma quantidade enorme de poluentes na atmosfera ou em recursos hídricos, como é o caso dos vulcões, abordado no fragmento **A1**, referente ao primeiro artigo do quadro 2. O trecho tem potencial introdutório no que se refere à alguns conteúdos conceituais de química do 1º ano do ensino médio, por exemplo, sobre:

Elementos químicos, como a ocorrência, métodos de preparação, propriedades, aplicações e as correlações entre esses assuntos. Estas correlações podem ser exemplificadas no caso do enxofre elementar: sua distribuição no globo terrestre segue uma linha que está determinada pelas regiões vulcânicas; sua obtenção se baseia no seu relativamente baixo ponto de fusão e suas propriedades químicas o tornam material imprescindível para a indústria química. Mesmo tão relevantes, essas propriedades são pouco lembradas no contexto do aprendizado escolar. (BRASIL, 1996, p.30)³¹

Entretanto, a frequência com que acontecem eventos naturais que emitem poluentes é rara, em confronto com a emissão diária de resíduos industriais no mundo. Através dessa linha de pensamento podem ser traçadas discussões em sala de aula com perspectivas de

²⁹ Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/conferencias-internacionais-sobre-o-meio-ambiente/estocolmo/>

³⁰ Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2303:catid=28&Itemid

³¹ Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>

contaminantes naturais contra contaminantes industriais relacionando o aprendizado em Química com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Como menciona Moreira *et. al.* (2017, p. 194) “Com base na evolução e crescimento do conhecimento científico e tecnológico é que ao longo dos últimos anos governantes, a sociedade científica e as indústrias foram percebendo a necessidade de tentar combater esses impactos negativos”. É de conhecimento notório que os impactos negativos nos recursos hídricos, embora se reconheçam eles, ainda perpetuam por parte de governantes e da indústria, por exemplo.

O fechamento do tópico poluição poderia ser através da elaboração de um material visual, impresso ou digital. No caso do impresso, existem as cartilhas informativas. “Cartilhas são materiais informativos e educativos sobre os mais diversos assuntos; dessa forma, devem-se considerar os seguintes aspectos em sua elaboração: adequação ao público-alvo; linguagem clara e objetiva; visual leve e atraente e fidedignidade das informações.” (GIORDANI e PIRES, 2020, p. 7). Esse folheto pode ser disponibilizado nos transportes públicos e em estabelecimentos, contendo informações sobre o contexto histórico de debates a respeito da poluição, atitudes conscientes em relação ao consumo de água/produção de lixo, destino final dos produtos que utilizamos, ideias de reciclagem de materiais e explicação da nomenclatura e código de reciclagem de embalagens poliméricas, como sugerido na figura 3. Essa atividade tem potencial para ser aplicada após a explicação do conteúdo conceitual de química orgânica no ensino médio. Neste momento estudantes e docentes podem ser autores conjuntamente de material, tempo para a sua elaboração exige um processo de estudo e aprofundamento na temática que depois, possivelmente, pode ser disseminado para a sociedade.

Figura 3. Proposta de informações para a cartilha contendo símbolo, código, nomenclatura e aplicação dos polímeros mais utilizados.

						
PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	OUTROS
Poliétileno Tereftalato	Poliétileno de Alta Densidade	Policloreto de Vinila	Poliétileno de Baixa Densidade	Polipropileno	Poliestireno	Outros
GARRAFAS DE ÁGUA; FRASCOS	FRASCOS DE SHAMPOO; FRASCOS EM GERAL	MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	SACOLAS E EMBALAGENS FLEXÍVEIS	EMBALAGENS E UTILIDADES DOMÉSTICAS	EMBALAGENS EM GERAL; PEÇAS TÉCNICAS	PEÇAS TÉCNICAS; PLÁSTICOS INDUSTRIAIS
						

Fonte: Drycolors (2021)³².

³² Disponível em: <https://www.drycolor.com.br/post/os-7-tipos-de-pl%C3%A1sticos>

O mesmo material poderia ser produzido de forma digital para ser projetado em aparelhos eletrônicos dispostos em avenidas, aeroportos e até nas redes sociais da escola, levando conhecimento científico e informação para diversas pessoas.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio (1996, p.30) mencionam que “A Química participa do desenvolvimento científico-tecnológico com importantes contribuições específicas, cujas decorrências têm alcance econômico, social e político. A sociedade e seus cidadãos interagem com o conhecimento químico por diferentes meios.” Portanto, o papel do docente deve ser o de considerar a conscientização de estudantes sobre a relevância do tema e educa-los/as ambientalmente de forma crítica, para que na sociedade pratiquem “o incentivo à participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania;” (BRASIL, 1999)³³. Santos e Mortimer (2009, p. 214) apontam que para a eficácia da abordagem através de aspectos sociocientíficos (ASC) é necessária uma mudança nas concepções de professores e professoras sobre sua prática pedagógica, pois é a partir dessas experiências diversificadas de ensino que surge a autonomia, coragem e segurança para adotar novas metodologias em sala de aula.

Cabe destacar que não devemos colocar toda a responsabilidade nos/as docentes, mas também atentar para políticas públicas que auxiliem os/as profissionais da educação em seus processos de formação permanente de professores/as.

O enfoque dessa categoria era abranger a definição do conceito de poluição, informar sobre convenções mundiais e eventos que consideram a pauta de proteção ambiental, para assim construir conceitos científicos com os/as estudantes através de seus conhecimentos prévios alertando sobre a relevância da temática Poluição para além da sala de aula.

5.2 Tipos de poluição hídrica e formas na qual ocorre

O objetivo principal dessa categoria é apresentar os tipos de poluição hídrica descritas nos sete artigos, para isso, os extratos selecionados exibem, de forma sintética ou detalhada, potenciais poluentes de corpos aquáticos que representam risco ao meio ambiente e à população.

A crescente utilização de agrotóxicos na produção de alimentos tem ocasionado uma série de transtornos e modificações no ambiente, como a contaminação de seres vivos

³³ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm

e a acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas (biota, água, ar, solo, sedimentos, dentre outros). **A5.** p. 13

Um marco importante para a Química foi a descoberta da atividade inseticida do 1,1,1-tricloro-2,2-di(ρ-clorofenil) etano em 1939, conhecido como DDT. Esse inseticida foi utilizado pela primeira vez em 1943, durante a Segunda Guerra Mundial, para combater piolhos que infestavam tropas norte-americanas na Europa e que transmitiam uma doença chamada tifo exantemático (Branco, 2003). **A5.** p. 1

“Agrotóxicos, defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, remédios de planta ou veneno: são inúmeras as denominações relacionadas a um grupo de substâncias químicas utilizadas no controle de pragas e doenças de plantas.” (BRAIBANTE e ZAPPE, 2012, p.10). Segundo o Dossiê Abrasco (2015, p. 37) o Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Os impactos estão relacionados com a saúde de trabalhadores de fazendas e moradores que residem em regiões próximas de fábricas, plantações e a população como um todo que consome produtos altamente contaminados.

“Há muitas lacunas de conhecimento quando se trata de avaliar a multiexposição ou a exposição combinada a agrotóxicos. A grande maioria dos modelos de avaliação de risco serve para analisar apenas a exposição a um princípio ativo ou produto formulado, ao passo que no mundo real as populações estão expostas a misturas de produtos tóxicos cujos efeitos sinérgicos (ou de potencialização) são desconhecidos ou não são levados em consideração.” (DOSSIÊ ABRASCO, 2015 p. 75).

Um contaminante que fomentou debates ambientais é a substância descrita por A5, o DDT. A descoberta do composto foi um avanço tecnológico no século XX, conforme D’amato *et al.* (2002)³⁴, as propriedades inseticidas e antimaláricas do DDT foram detalhadas em pelo entomologista suíço Paul Müller, que foi contemplado com o Prêmio Nobel de Medicina. Além disso, foi atribuído o seu uso como pesticida na agricultura brasileira ao longo de 30 anos, devido ao baixo preço na época. Entretanto, “O DDT faz parte da lista de poluentes orgânicos persistentes (POP’s) da Convenção de Estocolmo, tratado internacional que visa a eliminação segura destes poluentes e a limitação de sua produção e uso, do qual o país é signatário.” (FICHA DE INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS - FIT, 2017)³⁵. Segundo o Ministério da Saúde no que diz respeito aos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano, o DDT está listado no quadro de potabilidade de substâncias químicas que representam risco à saúde e seu uso foi banido. (BRASIL, 2021)³⁶.

Rachel Carson autora do livro “Primavera Silenciosa” discute os problemas sérios do

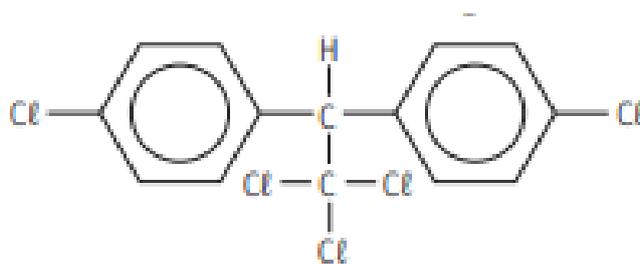
³⁴ Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000600017>

³⁵ Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/DDT.pdf>

³⁶ Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>

uso de agrotóxicos com ênfase no DDT. Trazer trechos dos artigos da QNEsc articulados com elementos de outros materiais como livros pode enriquecer a discussão e agregar elementos históricos que permitem um olhar mais contextualizado para o trato da temática. Também abre possibilidade de discutir as principais rotas de transporte e degradação de agrotóxicos no ambiente com foco nos recursos hídricos.

Figura 4. Estrutura química do 1,1,1-tricloro-2,2-di(p-clorofenil) etano, o DDT



Fonte: Química – Ser Protagonista – Volume 3, p.128

Atualmente, os agrotóxicos como o DDT, classificados como organoclorados, foram substituídos pelos pesticidas organofosforados. Os organofosforados são utilizados em muitos países devido à sua facilidade de degradação no meio ambiente, reduzindo o tempo de meia vida desses compostos (Barboza *et al.* 2018, p. 176). Apesar de causarem um dano menos significativo no ambiente, vários organofosforados como o Tmaron, Folidol, Lorsban, Folisuper, Phosdrim, Azodrin, Stron, apresentam alta toxicidade (Vinhall e Soares, 2018, p. 67). Conforme aponta Cavaliere *et al.* (1996), os danos dos organofosforados estão associados à insuficiência cardio-respiratórias à indivíduos que aplicam o agrotóxico nas plantações e pessoas que residem próximo das grandes áreas na qual os organofosforados são pulverizados. (Vinhall e Soares, 2018, p. 65).

Na perspectiva de abordagem na educação básica, os dois extratos de A5 juntamente com a figura 4 e algumas estruturas dos organofosforados, podem ser utilizados como introdutórios no conteúdo de haletos orgânicos.

Questões sociocientíficas são questões controversas entre especialistas sobre temas de interesse social, que envolvem valores. São exemplos de questões sociocientíficas, o uso de transgênicos, agrotóxicos, animais em testes de fármacos, biotecnologias, dentre outros. A introdução dessas questões tem sido recomendada, recentemente, no ensino de Ciências por diversos objetivos. Essas questões propiciam uma compreensão da natureza incerta da Ciência, o desenvolvimento da argumentação e da moralidade e contribuem para a formação para a cidadania. (QUÍMICA CIDADÃ, p. 317).

O debate sobre agrotóxicos precisa avançar e superar visões como a explicitadas abaixo em um livro de Química do Ensino Médio:

Do ponto de vista produtivo, os insumos agrícolas, como os agrotóxicos, são importantes para a manutenção e o aumento da produtividade agrícola. Por meio de seu uso, muitas perdas são evitadas, reduzindo grandemente as ações causadas por insetos, plantas daninhas e fungos. O emprego dessas substâncias contribui para o expressivo aumento da produtividade e da qualidade dos produtos. A sua não utilização em culturas de arroz, milho, batata, soja, algodão, café, trigo e cevada significaria redução de até 70% na produtividade. (QUÍMICA CIDADÃ, p. 271).

Há vários estudos como a da reconhecida agrônoma Ana Primavesi que defende a produção em larga escala sem o uso de agrotóxicos a partir de elementos da agroecologia que envolvem conceitos químicos como o estudo de parâmetros físico-químico do solo.

Para que a abordagem seja caracterizada como CTS, há necessidade de uma discussão multidisciplinar, explorando a temática do ponto de vista econômico, social, político, cultural, ambiental e ético. Isso demanda uma série de atividades que dentro do espaço curricular escolar, se configura em uma limitação temporal. (SANTOS 2012, p. 58)

Portanto, a adaptação do conteúdo e os debates a respeito da temática da poluição hídrica precisam ser previamente pensados numa perspectiva contemplando diferentes aspectos. Essa preparação deve envolver: perguntas-chaves para os debates, reportagens relacionadas ao tema em foco, estratégias didáticas que coloquem o aluno como ativo nesse processo de aprendizagem de conteúdo, seja conceitual ou atitudinal, e a elaboração de um material final na qual o estudante possa expressar sua apropriação e conclusões sobre determinado tema em uma perspectiva CTS crítica voltada para o meio ambiente.

Outras formas de poluição hídrica que ficaram evidentes na análise dos artigos é o contágio biológico e sedimentar, expressa abaixo, além da poluição por metais tóxicos.

Todas as águas continentais estão sujeitas aos efeitos da drenagem do solo que contribui com elementos e substâncias para a deterioração da qualidade da água de rios, represas e lagos. O processo mais comum é o aumento de compostos contendo nitrogênio e fósforo (como fosfatos e nitratos) na água, resultante da drenagem de solos em áreas de mineração, solos agrícolas e de áreas urbanas. Esgotos domésticos não tratados também causam esse processo. O crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas superiores (macrófitas aquáticas) resulta em um aumento de biomassa, a qual, após decomposição, consome oxigênio, levando à anóxia. Essa eutrofização é um processo contínuo que progressivamente deteriora a qualidade da água. Além dessa deterioração, há efeitos na saúde humana. Eutrofização resulta em crescimento excessivo de cianobactérias, algumas das quais produzem cianotoxinas que podem causar doenças no fígado (hepatotoxinas) e no sistema nervoso (neurotoxinas e saxitoxinas). O acúmulo de matéria orgânica nas águas interiores pode causar doenças graves como as enterites em pessoas que utilizem dessa água para consumo. A7. p. 40

Compostos inorgânicos e minerais. O descarte desses compostos pode acarretar variações danosas na acidez, na alcalinidade, na salinidade e na toxicidade das águas. Uma classe particularmente perigosa de compostos são os metais pesados (Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Ni, Sn etc.). Além de muitos deles estarem ligados a alterações

degenerativas do sistema nervoso central, uma vez que não são metabolizados pelos organismos, produzem o fenômeno da bioacumulação: quanto mais se ingere água contaminada com metais pesados, maior o acúmulo destes nos tecidos do organismo.
A1. p.23

A introdução desses conteúdos que permeia a Educação Ambiental (EA) pode ser realizada através de reportagens diversas, mídias digitais e exposição por meio de imagens que exponham corpos d'água eutrofizados e com a presença de metais pesados, localizados na cidade ou região próxima da unidade escolar. Após, podem ser direcionados questionamentos aos estudantes “Vocês já transitaram/visualizaram no seu cotidiano algum corpo d'água eutrofizado, onde fica?” “Que tipos de poluentes contém o esgoto doméstico” “Quais outros produtos utilizados para limpeza você acha que contém Nitrogênio e Fósforo em sua composição”, “Que risco esses poluentes oferecem à nossa saúde?”. Para a aula ficar mais dinâmica, a formação de grupos de estudantes para análise de rótulos de detergente (previamente pensado e adquirido pelo discente no tempo de planejamento de hora/atividades) e produtos de limpeza talvez propicie uma maior participação. O/A professor/a pode explicar que:

Detergentes são produtos sintéticos, fabricados pela indústria petroquímica que começou a ser comercializado a partir da Segunda Guerra Mundial, quando houve escassez de matéria prima, óleos e gorduras, para a fabricação de sabão (PRATES, 2006). O detergente é amplamente utilizado na limpeza doméstica, mas seu uso não se restringe a isso, sendo empregado no segmento da indústria têxtil, tintas e outros. Ele se diferencia do sabão por não ser biodegradável e possuir cadeias ramificadas que impedem a degradação por microrganismos (PRATES, 2006). (SANTOS *et. al.* 2016)³⁷.

Nas aulas seguintes a criação de um projeto para fabricação de sabão, estudo das reações envolvidas nesse processo e comparação das cadeias carbônicas dos detergentes e do sabão seria interessante, visto que o sabão é biodegradável e não poluente. Toda essa contextualização visa contribuir para a introdução e uma aprendizagem significativa de conteúdos físico-químicos, tais como: pH de substâncias, quando relacionado a de corpos d'água poluídos e água potável, solubilidade, interligando o conceito de lavar louça e a solubilização da sujeira devido a composição química dos surfactantes, e concentração, abordando os riscos de ambientes com compostos tóxicos em altos níveis. Auler (2007, p. 2) afirma que:

O ponto de partida para a aprendizagem devem ser situações-problema, de preferência relativas a contextos reais. O surgimento dessa orientação, em termos de organização curricular, aponta para uma educação em ciências valorizando orientações do tipo Ciência/Tecnologia/Sociedade/Ambiente (CTSA), em particular a variante Ambiente/Ciência/Sociedade (ACS), na qual as envolventes “Ambiente” e

³⁷ Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2016/trabalhos/3/9795-21160.html>

“Sociedade” não surgem como meras aplicações, mas, pelo contrário, como ponto de partida.

O extrato acima de A1 faz relação à poluição hídrica por metais e a capacidade de alguns de bioacumular, é interessante explicar a sua ocorrência natural e o papel biológico que desempenha, Treviziani (2018, p. 15) destaca que

Metals ocorrem naturalmente na crosta terrestre e apresentam papel fundamental para o funcionamento da vida no planeta, alguns destes elementos são considerados micronutrientes essenciais como (Zn), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Cobalto (Co), ferro (Fe), alumínio (Al), escândio (Sc), manganês (Mn) e níquel (Ni), pois são essenciais às atividades metabólicas dos organismos, e se encontram no limite entre sua essencialidade e toxicidade. Outros como cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) não possuem função biológica conhecida e apresentam extrema toxicidade, tornando necessário o monitoramento destes em regiões sensíveis a contaminação. O arsênio (As) e o selênio (Se) são metalóides, pois apresentam característica de metais e não metais. [...] Atenção especial é dispensada ao Hg, que possui alta mobilidade e afinidade com matéria orgânica, além de grande capacidade de biomagnificação, sendo um dos metais mais nocivos à biota principalmente em sua forma metilada.

A versatilidade de contextualização dos metais possibilita a o uso do extrato acima de A1 para a introdução de diversos conteúdos, por exemplo, no ensino do tópico modelos atômicos e moleculares e suas relações com evidências empíricas e propriedades dos materiais.

Ademais, mídias digitais podem contribuir para a visualização dos metais, suas propriedades e aparência no caso de ocorrência natural. Nesse sentido recomenda-se o uso da Tabela Periódica Interativa Online (conhecida como ptable³⁸), essa ferramenta apresenta a tabela periódica de forma virtual com informações sobre cada elemento, como: massa atômica, estado do elemento à 0° C, eletronegatividade, ponto de fusão, ponto de ebulição, dureza, densidade, estados de oxidação, distribuição eletrônica, entre outras. É possível também variar a temperatura e perceber o que acontece com o material, quando tal elemento muda de fase, sua coloração e apresentação na tabela também diferem. Um resgate histórico sobre a evolução da tabela periódica, desde a sua criação com apenas 33 elementos proposta por Dmitri Mendeleev, auxilia na construção da visão da Ciência para os estudantes, consolidando que não é algo imutável e impassível de erro, mas que é um processo contínuo com contribuição de diversos/as cientistas no decorrer de décadas.³⁹

³⁸ Disponível em: <https://ptable.com/?lang=pt#Propriedades>

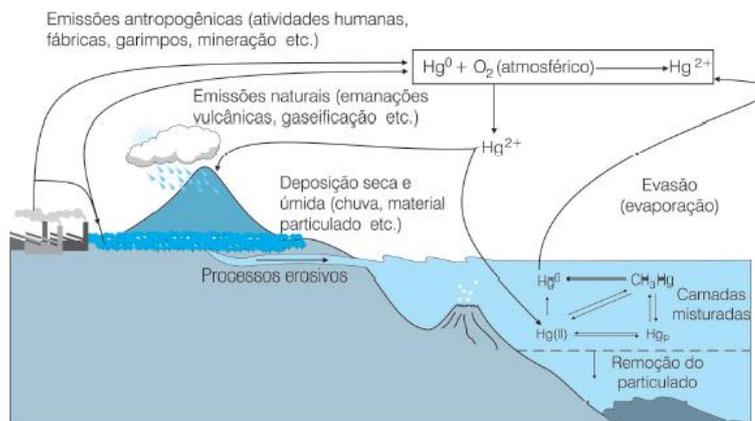
³⁹ Para atualizar o debate sobre descobertas históricas, é interessante ressaltar o papel das mulheres na Ciência, de forma a descentralizar a visão de cientista que é atribuída a uma figura masculina, branca e por vezes associada a bombas/destruição. Alguns questionamentos propostos por Silva e Ribeiro (2014, p. 450) podem fomentar debates interessantes a respeito do machismo na ciência/indústrias/mercado de trabalho, “A que se devem essas situações de desigualdade na ciência? Quais mecanismos têm dificultado a participação das mulheres na ciência e o acesso delas às posições de destaque? Por que as mulheres não ascendem na carreira da mesma forma que os homens?”. Dados sobre a desigualdade de salários entre homens e mulheres, reportagens sobre demissão após licença de maternidade e definição do que seria o machismo estrutural podem servir de apoio para melhor compreensão dos

Ainda considerando o extrato do A1, é possível utilizá-lo como introdução do conteúdo conceitual de oxirredução, previsto para o segundo ano do ensino médio. Como sugestão de abordagem inicial, questionamentos envolvendo a eletroquímica e o cotidiano dos estudantes são uma interessante estratégia: “Quais aparelhos encontrados no dia-a-dia vocês imaginam que envolvem transferência de elétrons?” Depois desse momento, imagens de aparelhos eletrônicos como celulares, pilhas, controles, televisores podem ser projetados buscando contextualizar que a eletroquímica estuda as reações que envolvem transferência de elétrons, ou seja, acontece a transformação de energia química em energia elétrica e vice-versa. Comparar palhas de aço normais com palhas de aço corroída/oxidada ajudará a compreender os conceitos de oxidação, redução para o elemento Ferro. O professor/a nesse momento pode planejar a exibição de tabelas periódicas para explicar quais metais têm tendência a oxidar e os metais que têm tendências a reduzir, juntamente com a definição de número de oxidação. É possível revisar brevemente conceitos relacionados a tabela periódica como grupo, período, definição de metais como alcalinos, alcalinos-terrosos, metais de transição, ametais, a fim de relembrá-los como ler e obter informações importantes sobre os elementos.

O extrato de A1 também faz referência à contaminação por Mercúrio e a capacidade desse elemento de bioacumular. Esse tópico já foi explicado previamente nesse trabalho, portanto, se o/a docente achar necessário, partes do texto e informações/exemplos de como esse metal agride o ambiente podem ser extraídos e explicados em sala de aula. O conceito de oxidação pode ser relacionado com a reação do mercúrio com o Oxigênio atmosférico, como mostra a figura abaixo.

estudantes. Como sugestão de encerramento do debate, o uso de slides ou um material impresso contendo o nome e as principais pesquisas de cientistas que contribuíram no estudo da química poderia ser disponibilizado para a turma.

Figura 5. Ciclo global do mercúrio e sua reação de oxidação.



Fonte: Contaminação por mercúrio e o caso da Amazônia. QNesc. 2000, nº 12, p. 4.⁴⁰

Conceitos relacionados à química verde, gerenciamento de resíduos sólidos e líquidos e periculosidade de metais podem ser debatidos com os/as alunos/as ao fim do procedimento. Além disso, é necessária atenção para objetivos atitudinais que visem “promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.” (BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR – BNCC. 2017, p. 541).

A poluição hídrica acontece de diversas formas, os extratos selecionados trazem informações e conceitos sobre os danos e alterações que esses contaminantes podem causar em corpos d’água e ambiente de modo geral. Portanto, a partir desse conhecimento, abordar noções de sustentabilidade e redução de impactos no meio ambiente assegura a formação de indivíduos capazes de entender, argumentar e desenvolver iniciativas de gestão ambiental sobre o controle de poluentes.

5.3 Destinação de recursos hídricos

Os extratos selecionados para essa categoria explicam a destinação dos recursos hídricos disponíveis do nosso planeta, a começar com uma leitura do cenário global e depois do nosso país. É importante o/a leitor/a ter consciência que alguns artigos datam os anos de 1999 e 2001 respectivamente, portanto, será feito um contraponto nos metatextos comparando a perspectiva de quando foi escrito com os dados atuais acessíveis.

Cerca de 1,4 bilhão de pessoas em todo o mundo ainda não têm acesso à água potável tratada. Da mesma forma, 2,9 bilhões de pessoas vivem em áreas sem que haja coleta ou tratamento do esgoto. Em virtude da falta de condições básicas de saneamento, especialmente tratamento da água e do esgoto, uma fração significativa da população

⁴⁰ Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a01.pdf>

mundial se encontra cronicamente infectada com organismos patogênicos. Mais de 250 milhões de casos de doenças transmitidas pela água são registrados anualmente em nosso planeta, e cerca de 10 milhões destes casos irão resultar em mortes, especialmente de crianças, que são vítimas em 50% dos casos (Nebel e Wright, 2000). A4. p. 34-35

No nosso país, aproximadamente 60% dos pacientes internados em hospitais estão com alguma doença cuja origem é de veiculação hídrica, e estimativas apontam que se houvesse uma política de aplicação de verbas em saneamento básico, ou seja, tratamento de água para abastecimento e de esgotos, haveria uma economia significativa em gastos com saúde. Segundo o IBGE (1997), no ano de 1996 aproximadamente 74,2% e 40,3% dos domicílios brasileiros dispunham de água tratada e rede coletora de esgoto, respectivamente. Esses números indicam que uma grande parcela da população não tem acesso à água encanada e ao saneamento básico. A3. p. 29

A água potável destinada à população deve atender critérios de potabilidade e qualidade definidos pelo Ministério da Saúde. São realizados testes de controle de substâncias químicas na água para consumo humano para verificar e avaliar potencial risco à saúde. Os impactos da poluição nos recursos hídricos estão associados à saúde humana devido à exposição e contato com organismos patogênicos que transmitem doenças através da água não potável. Além dessa problemática, a UNESCO (2020, p. 2) aponta que “o consumo mundial de água aumentou em seis vezes nos últimos cem anos, e continua a crescer de forma constante a uma taxa de cerca de 1% ao ano como resultado do aumento populacional, do desenvolvimento econômico e das mudanças nos padrões de consumo.” As consequências estão associadas a períodos de crise hídrica já observadas no primeiro semestre do ano de 2022, os elevados índices de gastos de água com a agricultura, além do desmatamento da Floresta Amazônica, que reduz o volume anual de chuvas, contribuem para o cenário de escassez. (JORNAL DA USP, 2021). Apesar do aumento no consumo, o relatório do IBGE sobre abastecimento de água e esgotamento sanitário, (2017, p. 42) informa que o tratamento do recurso hídrico depende da qualidade da água captada, no extrato acima de A3, os valores referentes à porcentagem de água tratada e rede coletora de esgoto são apresentados como sendo um único valor para o país todo. Atualmente, essa leitura é feita considerando as Grandes Regiões do Brasil e observou-se a leitura em 72,4 milhões de domicílios particulares. Nos municípios com Estações de Tratamento de Água (ETA) ou Unidade de Tratamento Simplificado (UTS) era realizado tratamento convencional e desinfecção.

Os destaques foram as Regiões Norte e Sul, onde ocorria tratamento por simples desinfecção em 67,7% e 76,5% dos Municípios, respectivamente. Na Região Nordeste, foi reportada a ocorrência de tratamento não convencional em 29,2% das municipalidades; e, na Região Sudeste, pelo menos uma entidade informou realizar tratamento convencional em 66,9% dos Municípios. (IBGE, 2017, p. 42).

A proporção de domicílios com acesso à rede geral de esgotos registrava diferenças mais acentuadas entre as regiões: a Norte (27,4%) e a Nordeste (47,2%) tinham as menores coberturas, enquanto a Região Sudeste alcançava estimativa de 88,9%; Sul e Centro-Oeste tinham valores de 68,7% e 60,0%, respectivamente. (IBGE, 2020, p. 4)⁴¹

A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD), feita de 2012 a 2019 pelo IBGE, informou que 68,3% da população brasileira dispõe de serviços de saneamento básico. “Dos 72,4 milhões de domicílios estimados pela PNAD Contínua em 2019, 97,6% (70,7 milhões) possuíam água canalizada e 88,2% (63,8 milhões) tinham acesso à rede geral de abastecimento de água.”(Agência IBGE notícias). O contraste das condições básicas entre o censo de 1997 e o PNAD de 2019⁴² podem ser comparados, sinalizar para os alunos a evolução na coleta de dados, visto que atualmente é dividida por macrorregiões, facilitando a compreensão de quais localidades devem ser destinados investimentos em saneamento básico. No relatório não constam informações de quais atitude as autoridades propõem sobre a situação das pessoas que não tem acesso à água tratada. “A importância da implantação do sistema de abastecimento de água, dentro do contexto do saneamento básico, deve ser considerada tanto nos aspectos sanitário e social quanto nos aspectos econômicos” (RIBEIRO e ROOKE, 2010, p. 9). Visto que esses aspectos são essenciais para uma melhor condição e qualidade de vida, os extratos acima têm vínculo direto com o que foi apresentado no item 5.1 Conceito de Poluição, e podem servir de direcionamento, como sendo *pontos chaves* para discussões a respeito de problemas sociais relacionados à poluição de recursos hídricos.

Os extratos supracitados de A4 e A3 também podem ser articulados com uma discussão atual relacionada a pandemia. Ou seja, se já temos um número significativo de pessoas contaminadas com agentes patogênicos por conta da poluição hídrica – fora outros fatores – a vulnerabilidade da população se agrava com a situação pandêmica e coloca o Brasil em um patamar muito alto no índice de óbitos por conta do covid-19.⁴³

Órgãos da prefeitura da cidade responsáveis pela manutenção e levantamento preliminar de informações sobre localidades sem água potável e saneamento devem ser apresentados aos

⁴¹ Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707_informativo.pdf

⁴² A PDNAD é a pesquisa mais recente que foi realizada, o censo demográfico que estava previsto para 2020 foi adiado para agosto de 2022 (período que não compreende a escrita desse trabalho), devido a pandemia provocada pelo Covid-19.

⁴³ Evidencia-se que desde 1997 doenças patogênicas proveniente da poluição hídrica em áreas sem tratamento de água adoecem pessoas. A forma de contágio do Covid-19 acontece por vias aeras e vírus respiratórios, e não por meio da água, todavia, ambas contaminações (agentes patogênicos e gotículas de indivíduos positivados para o Covid-19) tem potencial para acarretar em pandemias, na qual necessita-se de cuidados médicos, o que pode superlotar unidades de saúde e proliferar patologias em grande escala.

estudantes, para que se tenha consciência crítica sobre os responsáveis que, por vezes, deixam as pessoas que vivem nesse triste contexto sem apoio algum. Busca-se com essa problemática que os/as alunos/as adquiram “uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos;” (BRASIL, 1999). Sendo assim, os extratos até agora citados neste trabalho, vinculados a conteúdos conceituais, atitudinais e sociais, visam:

Favorecer a análise e a compreensão das relações entre ser humano e natureza em sua complexidade. O entendimento de EA não deve se restringir apenas a aspectos biológicos e suas ações a mero ativismo. Deve-se, portanto, fornecer habilidades para que eles possam ser capazes de acompanhar as mudanças sociais e culturais e suas consequências, fazendo uma análise crítica dos valores. (SANTOS *et al.* 2010. V. 7, p. 264).

O livro didático Química – Ensino Médio ed. 1, 2014 de autoria da Martha Reis, tem uma unidade temática inteira voltada para os tópicos que os extratos abordam. A unidade 2, que trata sobre poluição das águas, tem diversas reportagens e questionamentos que antecedem a introdução de conteúdos conceituais. A leitura de alguns desses fragmentos que o livro didático traz auxiliaria o/a professor/a a conduzir o conteúdo programático voltado para uma abordagem ambiental e articular diferentes fontes no planejamento e desenvolvimento das aulas. A pergunta: “Quais os problemas causados pelo lançamento de esgotos, sem tratamento, diretamente nas águas?” Abre espaço para debater os conhecimentos prévios dos estudantes para posterior aprendizagem sobre expressões químicas de concentração, como: preparo de soluções e interação solvente-soluto; relação entre soluto e solução; concentração em quantidade de matéria (mol/L); mistura de soluções; diluição e concentração e titulação (Química 2 – Ensino Médio, Martha Reis, p. 71-74). Todavia, é importante ressaltar que o livro didático serve como uma ferramenta de contextualização e orientação para ensino do conteúdo, a responsabilidade sobre como utilizá-lo é de cada docente.

A água tratada e potável destinada ao consumo é responsabilidade da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, em seu âmbito administrativo (BRASIL, 2021), e parte da população ainda não tem acesso. A relação entre a contaminação de pessoas devido ao consumo de água imprópria ou por falta de saneamento básico é apresentada nos extratos dessa categoria e também faz referência a superlotação de unidades de saúde. Essas pautas têm relação com o ensino CTS e abordá-las em aulas de Química através dos extratos, em paralelo com conteúdos conceituais, orienta os/as estudantes sobre a importância do saneamento

ambiental para o bem-estar de cidades, da sociedade e do meio ambiente (VIEIRA e GARCIA, 2020 p. 328).

5.4 Definições sobre pureza da água

Os extratos selecionados definem, de acordo com a visão dos autores dos artigos, como é classificado o conceito de pureza de recursos hídricos, além de abordar aspectos interligados a biodiversidade, que são salientados em diferentes perspectivas, tais como, química, biológica e física.

A expressão qualidade da água é utilizada em diferentes situações ou contextos, fato que, às vezes, dificulta estabelecer o real significado do que seja qualidade da água. Para um biólogo especializado em águas continentais, conhecido como limnólogo, a expressão a qualidade da água é uma expressão de qualidade do ambiente aquático, envolvendo aspectos físicos, químicos e biológicos. Todo ambiente aquático tem uma matriz física e química (temperatura, quantidade dissolvida de diferentes compostos e materiais em suspensão), que suporta ou permite a existência de tipos variados de organismos aquáticos, desde bactérias, leveduras, fungos e microcrustáceos, até organismos mais complexos como peixes e plantas aquáticas. Mais recentemente, esse conceito foi ampliado entre os ecólogos aquáticos para incluir também, no conceito de qualidade de água, a riqueza e a distribuição dos organismos aquáticos, bem como os processos ecológicos responsáveis pela sua manutenção. A7. p. 39

O primeiro desses pontos é o questionamento do que entendemos por 'pureza' do meio ambiente. Se, quando pensamos em pureza, imaginamos algo que "não está contaminado por nenhuma outra substância", então não existe uma única gota d'água pura em nosso ambiente. As águas dos poços, fontes, lagos, rios, mares e oceanos contêm quantidades extremamente variáveis de uma série de sais dissolvidos. Mesmo a água da chuva chega ao solo já 'contaminada' pelo gás carbônico presente na atmosfera (entre outros). A água mais pura que se conhece é aquela encontrada nos laboratórios, após ter sido passada várias vezes por resinas trocadoras de íons ou destilada repetidamente. Ainda assim, ela não será totalmente livre de outras substâncias. Aliás, o próprio conceito de pureza é muito relativo. No caso da água, ele depende fundamentalmente de dois fatores: o uso a que ela se destina e a aparelhagem utilizada para medir o grau de pureza. Uma água que se considere adequada para fins recreativos, por exemplo, muito provavelmente não se encaixará nos padrões de potabilidade exigidos para a ingestão humana. Além disso, se temos hipoteticamente água com 99,9988% de pureza e utilizamos um instrumento de medição que não apresenta casas decimais, a leitura do instrumento irá nos informar de que a água é 100% pura (0% de impurezas). Por outro lado, se dispomos de um instrumento capaz de nos fornecer um resultado com precisão de quatro casas decimais, ele nos indicará que a água possui 0,0012% de impurezas. A1. p. 21

É sempre importante ressaltar que a água é uma riqueza de quantidade e qualidade limitada, sendo necessário que se faça um uso racional desse bem. A necessidade do tratamento de águas residuais com o objetivo de controle de poluição promove uma melhoria na qualidade dos corpos aquáticos e de águas destinadas ao abastecimento público, além da redução da poluição ambiental. A3. p. 29.

As situações de ensino e aprendizagem baseadas na discussão do tema social e ambiental água podem facilitar o desenvolvimento de atitudes responsáveis e indispensáveis a sociedade moderna (TORRALBO, 2009, p. 27). Os extratos mencionados visam contribuir com a apresentação e debates sobre recursos hídricos e problematizar conhecimentos de senso comum. Torralbo (2009, p. 49) ainda menciona que os conteúdos relacionados à temática a água podem ser classificados dentro de um conceito científico específico, portanto, utilizando os extratos acima pode-se explicar: soluções, compostos iônicos, densidade, condutibilidade elétrica, equilíbrio químico, polaridade e o ciclo da água envolvendo as transformações do estado de agregação, como a evaporação, condensação e a solidificação.

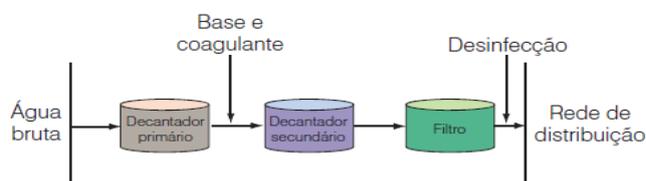
As aulas de química precisam referir-se à desmitificação da pureza da água, pois apesar de ser um líquido incolor e inodoro, diversos componentes tóxicos à saúde humana podem estar associados, afinal, qualquer atividade humana gera impacto no meio ambiente, especialmente nos recursos hídricos. A visão de pureza da água está relacionada com grandes centros urbanos e comunidades localizadas no interior, dentro do senso comum, a água que é proveniente de fontes ou riachos em comunidades rurais é vista como pura, devido a biomas e natureza próximas, já a água das metrópoles e megalópoles é classificada como poluída, por conta da grande atividade de polos industriais. É importante evidenciar que a poluição por agrotóxico, explicada anteriormente, é “invisível” e acomete comunidades rurais que estão sujeitas à uma maior exposição de compostos tóxicos devido à proximidade de plantações e ao potencial acumulativo no ambiente, entre outros contaminantes. Portanto, apresentar a perspectiva de pureza trazida nos extratos, em paralelo com órgãos e padrões de potabilidade de água fiscalizados Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o SISAGUA⁴⁴, além de tabelas com valores de concentrações de substâncias poluentes permitidas na água, ajuda a complementar o assunto e fomentar discussões sobre a os componentes presentes na “água pura” que todos/as consomem. Visões sobre pureza como essas apresentadas, são importantes para entender como os diversos tipos de poluição afetam à população e tornam a aprendizagem significativa com base em perspectivas críticas sobre Ciência Tecnologia e Sociedade.

⁴⁴ Portal brasileiro de dados abertos sobre o tratamento de água e soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/controle-semesteral/resource/8fb4ad9f-489a-4b25-8d0a-e370658f8433>

5.5 Tratamento de corpos d'água poluídos e atitudes conscientes

Esse tópico consiste no fechamento da análise dos artigos. Existe um vínculo entre todos os extratos apresentados até o momento, e os aqui selecionados são explicativos sobre maneiras de minimizar os impactos da poluição hídrica.

Existem duas estratégias adotadas no controle da poluição aquática: (1) redução na fonte e (2) tratamento dos resíduos de forma a remover os contaminantes ou ainda de convertê-los a uma forma menos nociva...[...] As principais operações consistem na decantação, coagulação/floculação, filtração e desinfecção. Estas operações têm como principais objetivos a remoção do material particulado, bactérias e algas; remoção da matéria orgânica dissolvida, que confere cor a água e remoção ou destruição de organismos patogênicos tais como bactérias e vírus. Figura utilizada no artigo para representar uma estação de tratamento de água no ano de 2001



Fonte: As Águas do planeta terra. Edição especial – maio de 2001 – QNEsc.⁴⁵ – p. 38. A4. p. 34 e 38

No caso do tratamento de águas superficiais, a água se move pela ação gravitacional e a primeira etapa consiste na remoção de material com maior tamanho através de grades. Ocasionalmente, a água que apresenta baixa turbidez pode ser tratada através da decantação direta, sem adição de substâncias químicas, e posterior filtração, para remoção de partículas menores que não se decantam naturalmente. Em muitos casos, no entanto, um agente químico é adicionado para coagular e flocular as partículas com menor tamanho. Estas partículas, de tamanho coloidal, podem então ser removidas por decantação, em tanques, ou diretamente em filtros. A sedimentação é a forma mais antiga e comum de tratamento de águas e águas residuais. Usa a gravidade como agente de decantação responsável pela remoção do material particulado suspenso da água. Trata-se de um processo simples e de baixo custo e é realizado em tanques de diferentes tamanhos e formas. A4. p. 34 e 38

Quantidades significativas de água também podem ser poupadas pelo setor industrial, através de processos efetivos de reciclagem e reuso. A adoção de medidas que implementem o tratamento de resíduos tanto domésticos quanto industriais também tende a contribuir para com a melhoria da qualidade das águas superficiais, principalmente. A4. p. 40

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) coleta informações institucionais, administrativas, operacionais, gerenciais, econômico-financeiras, contábeis e da qualidade da prestação de serviços de saneamento básico e tratamento de efluentes desde 1996. (SNIS, 2020, p.7). O tratamento de recursos hídricos destinados ao consumo acontece em

⁴⁵ Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>

Estações de Tratamento de Água (ETA) e se faz necessário, pois “cerca de 80,0% da água captada em ambientes naturais, tratada e distribuída por redes públicas para consumo humano se transforma em esgoto após usos domésticos.”(SNIS, 2020, p. 50). Os extratos abordam alguns processos de despoluição da água, atualmente, o processo envolve sete etapas, são elas:

Pré-cloração – Primeiro, o cloro é adicionado assim que a água chega à estação. Isso facilita a retirada de matéria orgânica e metais. Marcador

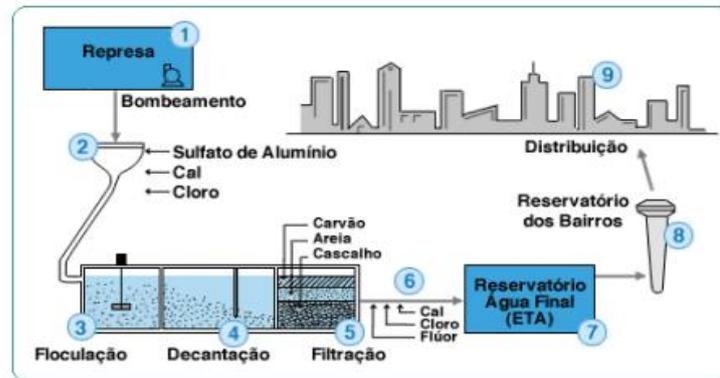
Pré-alkalinização – Depois do cloro, a água recebe cal ou soda, que servem para ajustar o pH [...] Um pH de 7 é neutro; um pH abaixo de 7 é ácido e um pH acima de 7 é básico ou alcalino. Para o consumo humano, recomenda-se um pH entre 6,0 e 9,5. (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, 2010)⁴⁶

1. Coagulação: quando a água na sua forma natural (bruta) entra na ETA, ela recebe, nos tanques, uma determinada quantidade de sulfato de alumínio. Esta substância serve para aglomerar partículas sólidas que se encontram na água, como, por exemplo, a argila.
2. Floculação: em tanques de concreto com a água em movimento, as partículas sólidas se aglutinam em flocos maiores.
3. Decantação: em outros tanques, por ação da gravidade, os flocos com as impurezas e partículas ficam depositados no fundo dos tanques, separando-se da água.
4. Filtração: a água passa por filtros formados por carvão, areia e pedras de diversos tamanhos. Nesta etapa, as impurezas de tamanho pequeno ficam retidas no filtro.
5. Desinfecção: é aplicado na água cloro ou ozônio para eliminar micro-organismos causadores de doenças.
6. Fluoretação: é aplicado flúor na água para prevenir a formação de cárie dentária em crianças.
7. Correção de PH: é aplicada na água uma certa quantidade de cal hidratada ou carbonato de sódio. Esse procedimento serve para corrigir o PH da água e preservar a rede de encanamentos de distribuição. (COSTA– 2015, p.19)

O papel de tratar a água para consumo está relacionado com pautas socioambientais e econômicas pois previne a contaminação, minimiza impactos ambientais e evita a transmissão de doenças, retomando o que foi debatido na categoria 5.3 *Destinação dos recursos hídricos*. Abordar o ciclo de tratamento do recurso hídrico, utilizando a figura 6, em aulas de Química conscientiza e ensina sobre o funcionamento, reações, produtos química e importância das ETA's,

⁴⁶ Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47>

Figura 6. Representação do tratamento e distribuição de água



Fonte: SABESP 2010⁴⁷

Embora os extratos não relacionem desastres ambientais, os acidentes envolvendo as represas de Brumadinho e de Mariana em Minas Gerais estão relacionados com barragens, não de tratamento de água, mas de rejeitos mineração. Esses reservatórios têm como objetivo reaproveitar os resíduos contendo metais como ferro e silicatos para aplicações industriais como:

Finos de ferro: Siderúrgicas e recentes aplicações na indústria civil.
 Resíduos finos de rochas ornamentais: Argamassas, cerâmicas vermelhas (tijolos, telhas), vidro, tintas, manilhas, corretivos de solos, entre outros.
 Resíduos grossos de rochas ornamentais: Fábricas de cimento, brita e areia artificial, artesanatos, seixos ornamentais, bijuterias, muros de contenção de taludes, pavimentação, filetes para muros etc. (GOMES, 2017, p. 10)

Se descartados diretamente na natureza, os rejeitos de mineração podem poluir a recursos hídricos, fauna, flora e solo da região, portanto, medidas de tratamento e destino são necessárias para essa atividade extrativista de grande porte, considerando o potencial impacto ambiental associado. Há legislação de controle e multas para as empresas que não estão dentro dos parâmetros impostos. (GOMES, 2017, p. 9).

Outro desastre ambiental relacionado à poluição de recursos hídricos foi o rompimento de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da empresa CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) na cidade de Florianópolis, no bairro turístico Lagoa da Conceição, no dia 25 de janeiro de 2021. Foram liberados na Lagoa da Conceição mais de 100 milhões de litros de efluentes contendo nutrientes, hormônios, metais, detritos e abundante água doce no sistema. Os impactos estão associados à mortandade de peixes e siris por conta da falta

⁴⁷ Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47>

de oxigênio e presença de metais na água além do mau cheiro proveniente da contaminação. Houve também danos materiais às pessoas que moravam próximo a ETE, que tiveram suas moradias atingidas pelo grande volume de água contaminada que carregou pertences e móveis (UFSC, 2021, p.5). A empresa CASAN publicou em seu site na íntegra orientações sobre o uso adequado dos Sistemas Públicos de Esgotamento Sanitário para que acidentes não aconteçam por conta de entupimento de canos na rede coletora, cuidados com descarte de óleos, resíduos sólidos e destino correto do lixo são ressaltados (CASAN, 2021)⁴⁸. Órgãos públicos devem cobrar laudos sobre a estrutura e funcionamento das ETE de empresas e promover ações fiscalizatórias para que tragédias ambientais como essas não se repitam.

Abordar a importância e os processos das ETE é fundamental, essa contextualização pode ser feita através dos extratos dessa e de outras categorias, para explicar de forma conceitual e atitudinal os processos químicos associados em cada etapa e as consequências da ausência desse tratamento. No caso da cidade de Florianópolis, a turma junto com os/as docentes de biologia e geografia poderiam formular perguntas relacionadas aos impactos da poluição e da ausência de ETA na comunidade, para os estudantes que residem na localidade ou próximo dela, entrevistarem os moradores do Bairro da Lagoa da Conceição e através das respostas dos entrevistados, desenvolver em sala de aula possíveis soluções para a problemática. Seria ideal também se o/a professor/a conseguisse agendar previamente uma visita de estudo em alguma ETA da cidade para visualizar na prática os conceitos apropriados em sala de aula, motivando o debate crítico sobre toda a temática da poluição de recursos e possível despoluição⁴⁹.

A importância da aprendizagem significativa sobre poluição de recursos hídricos e danos ambientais proveniente de vários contextos está interligada com a formação de cidadãos que busquem garantir a preservação da natureza e sejam articulados na defesa de pautas ambientais, visto que a partir das aulas de química no ambiente escolar, aprenderam “assegurar o uso adequado dos recursos naturais, a conservação e a recuperação dos ecossistemas, contribuindo para a sustentabilidade e qualidade ambiental.” (IMA, 2017).⁵⁰

⁴⁸ Disponível em: <https://www.casan.com.br/noticia/index/url/casan-orienta-sobre-o-uso-adequado-dos-sistemas-de-esgotamento-sanitario#0>

⁴⁹ Em caso de inviabilidade da visita de estudo, o vídeo produzido pelo canal “Manual do Mundo” explicando o funcionamento de uma ETA, postado na plataforma YouTube pode ser exibido, a qualidade da filmagem é ótima e possui linguagem acessível aos estudantes. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cWBSF0VyMI>

⁵⁰ Disponível em: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/o-instituto/o-que-e>

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos artigos da revista QNEsc selecionou extratos que trazem a temática da Poluição Hídrica no contexto brasileiro com potencial de contextualizar conteúdos de Química na Educação Básica. A proposta de relacionar definições sobre poluição, desenvolver perspectivas de direcionamento para debates sobre minimização de poluentes em corpos d'água e aprendizagem CTS com foco na educação ambiental através da leitura dos extratos foi possível.

A relevância desse trabalho está relacionada com a qualidade dos recursos hídricos disponibilizados à sociedade atualmente, de acordo com o Mapa da Água, um banco de dados que reúne resultados de testes semestrais feitos na água tratada por empresas e instituições responsáveis pelo abastecimento, a água consumida em São Paulo, Florianópolis, Guarulhos e outras 763 cidades apresentou índices de agrotóxicos, substâncias radioativas e resíduos de indústrias acima do que é permitido em lei. (UOL, 2022)⁵¹. Foram apontadas 65 substâncias que podem gerar risco à saúde se consumidas à longo prazo, “segundo a literatura internacional e o Ministério da Saúde. Entre elas estão as "possivelmente" cancerígenas", além das que podem causar doenças renais, cardíacas, respiratórias e alteração no sistema nervoso central e periférico.” (MAPA DA ÁGUA, 2021)⁵². “Os limites permitidos no Brasil são extremamente altos e contrastam de forma muito intensa com que é permitido na Europa e em outros países também. A quantidade de agrotóxicos que aceitamos no Brasil e na água brasileira é uma agressão.” (FIOCRUZ, 2019).⁵³

Evidencia-se que os principais tipos de poluição hídrica no Brasil estão associados ao uso de agrotóxicos, compostos inorgânicos (metais pesados), não tratamento de resíduos industriais e a falta de saneamento básico em algumas regiões do País, assim, as categorias elencadas nesse trabalho apontaram perspectivas de abordagens na Educação Básica. Portanto, ensinar, discutir e agir pensando na diminuição de danos ao planeta e aos ecossistemas, fundamentado em perspectivas CTS, se faz extremamente necessário considerando o contexto global de poluição em que estamos inseridos/as.

⁵¹ Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/reportagens-especiais/mapa-da-agua-agua-da-torneira-foi-contaminada-com-produtos-quimicos-e-radioativos-em-763-cidades/>

⁵² Disponível em: <https://mapadaagua.reporterbrasil.org.br/metodologia>

⁵³ Disponível em: <https://www.fiocruzbrasil.fiocruz.br/contaminacao-da-agua-potavel-por-agrotoxico-no-brasil-e-tema-de-audiencia-publica-na-camara-dos-deputados/>

7 REFERÊNCIAS

Agência IBGE Notícias. **PNAD Contínua 2019: abastecimento de água no Centro-Oeste volta ao patamar antes do racionamento.** Editoria: Estatísticas Sociais. 6 de Maio de 2020. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27595-pnad-continua-2019-abastecimento-de-agua-no-centro-oeste-volta-ao-patamar-antes-do-acionamento> Acesso em: 10 mar. 2022

Amaro, *et al.* **Concentração de mercúrio total (Hg-T) em peixes comercializados em diferentes períodos sazonais no Mercado do Ver-o-Peso, Belém, Estado do Pará, Brasil.** Rev Pan-Amaz Saude, v.5, n., Ananindeua Março de 2014. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.5123/S2176-62232014000100006> Acesso em: 08 mar 2022

ALVEZ, P. **Ricardo Salles é investigado por esquema de exportação ilegal de madeira; entenda.** G1, Distrito Federal, 23 jun. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2021/06/23/ricardo-salles-entenda-operacaocontra-exportacao-ilegal-de-madeira-que-mira-ministro-do-meio-ambiente.ghtml>. Acesso em: 29 jul. 2021

(ANA) Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual** / Agência Nacional de Águas. - Brasília, p. 13, 2018. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>. Acesso em: 31 jul 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos sólidos - Classificação.** NBR 10004 p.1-71. 2004. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-DeResiduos-Solidos.pdf>. Acesso em: 16 set. 2021

(ANA). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA).** Elaborado por: Portal da Qualidade. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 02 set. 2021.

AULER, Décio. **Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto Brasileiro.** Ciência & Ensino, vol. 1, número especial, novembro de 2007.

AZEVEDO, Eduardo Bessa. **Poluição vs. Tratamento de água: duas faces da mesma moeda.** Química e Sociedade. Química Nova na Escola (QNEsc). Nº 10, p. 21-25. Novembro de 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/quimsoc.pdf> Acesso em: 10 mar. 2022

BARBOZA *et al.* **Compostos Organofosforados e seu Papel na Agricultura.** Revista Virtual de Química. 10 (1), 172-193. 2 de março de 2018. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v10n1a15.pdf> Acesso em: 22 mar. 2022

(BNCC) BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR. **Educação é base.** Ministério da Educação. p.1-581. 2017.

BBC News. **Consumo de plásticos explode na pandemia e Brasil recicla menos de 2% do material.** São Paulo. 30 de novembro de 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-55131470>. Acesso em 31 de ago. 2021

BRAIBANTE, Mara E. F. e ZAPPE, **Janessa A.** **A química dos agrotóxicos.** Química Nova na Escola (QNEsc). Vol. , Nº 1, p. 10-15., Fevereiro de 2012.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio (PCN).** Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. p. 1-58, 1996. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> Acesso em: 10 mar. 2022

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Diário Oficial da União. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562> Acesso em: 10 set. 2022

BRASIL. Presidência da República da Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Lei nº 9.7995, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a política nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 16 set. 2021

CARVALHO. Isabel Cristina de Moura. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico.** São Paulo 2004.

(CASAN) Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **CASAN orienta sobre o uso adequado dos sistemas de esgotamento sanitário.** Governo de Santa Catarina. 14 de outubro de 2021. Disponível em: <https://www.casan.com.br/noticia/index/url/casan-orienta-sobre-o-uso-adequado-dos-sistemas-de-esgotamento-sanitario#0> Acesso em: 08 mar. 2022

CAVALIERE Maria J. et al. **Mitotoxicidade por organofosforados.** Rev. Saúde Pública 30 (3), Junho de 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89101996000300010> Acesso em: 22 mar. 2022

CICATRIZES NA FLORESTA. **Evolução do garimpo ilegal na Ti Yanomami em 2020.** Instituto Socioambiental (ISA). p. 1- 50, março de 2021. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/prov0202.pdf>. Acesso em: 07 de set. 2021.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE URBANO. **Relatório da Delegação do Brasil à Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente.** Estocolmo, 1972. Volume I. p. 1-36. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2013/12/estocolmo_72_Volume_I.pdf Acesso em: 10 mar. 2022

COPERNICUS. Europe's eyes on Earth. **Marine.** Disponível em: <https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/marine>. Acesso em: 16 set. 2021

COSTA, Adriana Guimarães. **Sistemas de abastecimento de água**. (ANA) Agência Nacional de águas. Ministério do Meio Ambiente. Fortaleza - CE, p. 14-15, 2015. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2102> Acesso em: 08 mar. 2022

CRIMINELLI, *et al.* **Recursos Minerais, Água e Biodiversidade**. Cadernos Temáticos Química Nova na Escola (QNEsc). Nº 8, p. 39-45, Maio de 2014. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/08/08-CTN6.pdf> Acesso em: 10 mar. 2022

D'AMATO *et al.* **DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental uma revisão**. Revisão Quím. Nova 25 (6a), Novembro de 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000600017> Acesso em: 10 mar. 2022

DICIO. Dicionário online de português. **Poluição**. Significado de poluição. 2009. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/poluicao/>. Acesso em: 16 set. 2021

DOSSIÊ ABRASCO: **um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde** / Organização de Fernando Ferreira Carneiro, Lia Giraldo da Silva Augusto, Raquel Maria Rigotto, Karen Friedrich e André Campos Búrigo. - Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

ECYCLE. **O que é eutrofização?** 2013. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/eutrofizacao/>. Acesso em: 02 set. 2021.

EL PAÍS. **Desmatamento na Amazônia no mês de abril é o maior em seis anos** . São Paulo, 07 maio de 2021. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2021-05-07/desmatamento-na-amazonia-no-mes-de-abril-e-omaior-em-seis-anos-aponta-inpe.html>. Acesso em: 13 jul. 2021.

EOS, ORGANIZAÇÃO E SISTEMAS. **Como funciona a gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Água - blog. 26 de junho de 2016. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/como-funciona-gestao-de-recursos-hidricos-no-brasil/>. Acesso em: 07 set. 2021.

ESTADÃO. **Espuma no Rio Tietê em Pirapora do Bom Jesus**. Fotos. Junho de 2015. Disponível em: <https://fotos.estadao.com.br/galerias/cidades,espuma-no-rio-tiete-em-pirapora-do-bom-jesus,16037>. Acesso em: 10 jan. 2022.

FIOCRUZ. Contaminação da água potável por agrotóxico no Brasil é tema de audiência pública na Câmara dos Deputados. Por Nathália Gameiro. 14 de junho de 2019. Disponível em: <https://www.fiocruzbrasil.fiocruz.br/contaminacao-da-agua-potavel-por-agrotoxico-no-brasil-e-tema-de-audiencia-publica-na-camara-dos-deputados/> Acesso em: 08 mar. 2022

(FIT) Ficha de Informação Toxicológica. **DDT e derivados (DDE e DDD)**. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. Março de 2012. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/DDT.pdf> Acesso em: 10 mar. 2022

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química 2: Ensino Médio** / Martha Reis. 2. ed. São Paulo: Ática, p. 1-288, 2016.

G1. Brasil tem média móvel de 671 vítimas diárias de Covid; total se aproxima de 580 mil. País contabiliza 579.643 óbitos e 20.751.108 casos de Corona vírus, segundo balanço do consórcio de veículos de imprensa com dados das secretarias de Saúde. 30 agosto de 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2021/08/30/brasil-temmedia-movel-de-671-vitimas-diarias-de-covid-total-se-aproxima-de-580-mil.ghtml>. Acesso em: 13 set. 2021.

GIORDANI, Anney Tojeiro e PIRES, Priscila A. Borges Ferreira. **Normas editoriais, orientação aos autores: cartilhas.** Revisão de Diná Tereza de Brito. - Cornélio Procópio: Editora UENP, p. 1-12, 2020

GOMES, Ana Cláudia Franca. **Estudo de aproveitamento de rejeito de mineração.** Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo horizonte. p.9, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-AN9QQC/1/anacl_udiagomes_disserta_ofinal.pdf Acesso em: 10 mar. 2022

GRASSI, Marco Tadeu. **As águas do planeta Terra.** Cadernos Temáticos Química Nova na Escola (QNEsc). Edição especial, p. 31-40. Maio de 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf> Acesso em: 10 mar. 2022

GREENPEACE BRASIL. **Ricardo Salles deve ser retirado imediatamente do Ministério de Meio Ambiente.** 23 de maio de 2020. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/ricardo-salles-deve-ser-retirado-imediatamente-doministerio-de-meio-ambiente/>. Acesso em: 08 set. 2021.

GUIMARÃES, José Roberto; NOUR Edson Aparecido Abdul. **Tratando Nossos Esgotos: Processos que imitam a natureza.** Cadernos Temáticos Química Nova na Escola (QNEsc). Edição especial, p. 19-30. Maio de 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/esgotos.pdf> Acesso em: 10 mar. 2022

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Mercúrio Metálico.** Ministério do Meio Ambiente. 06 de dezembro de 2016. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/mercurio-metalico/sobre-o-mercurio-metalico>. Acesso em: 07 set. 2021.

IBERDROLA. **A poluição da água: como não colocar em perigo a nossa fonte de vida.** POLUIÇÃO DA ÁGUA. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/poluicao-da-agua>. Acesso em: 16 set. 2021

(IBGE) INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico: 2017: abastecimento de água e esgotamento sanitário.** Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2020. Livro 101734.

(IBGE) INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **PNSB 2017: Abastecimento de água atinge 99,6% dos municípios, mas esgoto chega a apenas 60,3%.** Por: Estatísticas Sociais. 22 de julho de 2020. Disponível em: PNSB 2017: Abastecimento de água atinge 99,6% dos municípios, mas esgoto chega a apenas 60,3%. Acesso em: 07 set. 2021;

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - Universidade de São Paulo - USP. **Conservação para ensino médio.** Disponível em:

http://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/des_etro.htm. Acesso em: 08 set. 2021

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. **Cicatrices na floresta: garimpo avançou 30% na Terra Indígena Yanomami em 2020.** 25 de março de 2021. Disponível em:

<https://www.socioambiental.org/pt-br/noticias-socioambientais/cicatrices-na-florestagarimpo-avancou-30-na-terra-indigena-yanomami-em-2020>. Acesso em: 08 set. 2021.

(IPEA) Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **História - Rio-92.** Edição 56. Dezembro de 2009. Disponível em:

https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2303:catid=28&Itemid

Acesso em: 10 mar. 2022

JORNAL DA USP. **Mesmo com chuvas, cenário de crise hídrica deve se manter até 2022.** Pedro Luiz Côrtes prevê que a crise de abastecimento se estenda durante o primeiro semestre do próximo ano, mesmo com a ocorrência de chuvas dentro dos padrões normais. 24 de setembro de 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=457058> Acesso em: 10 mar. 2022

LACERDA, L. D. **Contaminação por mercúrio no Brasil: fontes industriais vs garimpo de ouro.** 1997. Química Nova na escola v. 20 n. 2. Abril de 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/hjbCmKwN3TnKJnsYzvPNswD/?lang=pt#>. Acesso em: 06 set. 2021.

MAGALHÃES, Lana. **Eutrofização.** Toda Matéria. 19 de abril de 2018. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/eutrofizacao/>. Acesso em: 07 set. 2021.

MAPA DA ÁGUA. **O que sai da sua torneira?** Repórter Brasil. 8 de março de 2022. Disponível em: <https://mapadaagua.reporterbrasil.org.br>. Acesso em: 8 mar. 2022

MELLO, Jaime W. V. de *et al.* **Origem e Controle do Fenômeno Drenagem Ácida de Mina.** Cadernos Temáticos Química Nova na Escola (QNEsc). Nº 8, p. 24-29. Maio de 2014. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/08/06-CTN4.pdf> Acesso em: 10 mar. 2022

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998.** Disponível em:

https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/1998/prt0685_27_08_1998_rep.html.

Acesso em: 16 set. 2021

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Qualidade do Ar.** Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar.html>. Acesso em: 06 set. 2021.

MIRANDA de B. Renato, *et al.* **Rio Tietê: iniciativas governamentais para revitalização do trecho urbano no município de São Paulo (SP).** XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 12 de jun. 2011. p. 1-20. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/17a3d92a5f38b9488a3ed6249cb96dc5_fdbb31ce0eab937cbe28d4d81f86a76b.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

MORAES, Roque. **Uma tempestade de luz**. Ciência & Educação, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MOREIRA *et. al.* **Abordagem CTS e o conceito química verde: possíveis contribuições para o ensino de química**. ACTIO - Docência em Ciências Curitiba, v. 2, n. 2, p. 193-210, Setembro de 2017

MOREIRA, Helena Margarido. **A importância da Amazônia na definição da posição brasileira no regime internacional de mudanças climáticas**. 2009. p 7-20. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais, Unesp/Unicamp/Puc-Sp, São Paulo, 2009. Disponível em:

https://www.fclar.unesp.br/Home/Pesquisa/GruposdePesquisa/NPPA/C.E_Helena_MargaridoMoreiraHelena-LASA.pdf. Acesso em: 22 jul. 2021.

MORGANO, A. Marcelo *et al.* **Níveis de mercúrio total em peixes de água doce de pisciculturas paulistas**. Food Science Technology v. 25, n. 2, junho de 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/LFyc3DrpKKfX4XLd9QKsGWs/?lang=pt#>. Acesso em: 07 set. 2021.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111-124, jun. 2008.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sn/a/q3QftHsxztCjbWxKmGBcmSy/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 31 ago. 2021.

MORETE, Luiz Carlos. Origem da Palavra. **Poluição**. 26 de dezembro de 2011. Disponível em: <https://origemdapalavra.com.br/palavras/poluicao/>. Acesso em: 16 set. 2021

NACIONAL, radio agência. **Centenas de peixes morrem em afluente do Tietê após contaminação por espuma com resíduos químicos**. 2019. Publicado por: Eliane Gonçalves.

Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencianacional/acervo/geral/audio/2019-03/centenas-de-peixes-morrem-em-afluente-do-tiete-aposcontaminacao-por-espuma-com/>. Acesso em: 02 set. 2021.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. **Lama tóxica da barragem de Mariana contaminou corais de Abrolhos, diz novo estudo**. Pesquisadores da UERJ constataram que chegada de pluma de sedimentos ao parque nacional, no litoral sul da Bahia, ameaça espécies nativas.

Kevin Damasio. 21 de fevereiro de 2019. Disponível em:

<https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/02/lama-toxica-poluicaobarragem-fundao-samarco-mariana-abrolhos>. Acesso em: 07 set.2021.

PACCHELLO, Stefano Navaro. **Impactos ambientais e socioeconômicos causados pelo rompimento da barragem de Brumadinho**. São José dos Campos, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.unifesp.br/bitstream/handle/11600/60630/Stefano%20Navarro%20Pacchello%20-%20TCC%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 16 set. 2021

PENA, Rodolfo F. Alves. **Poluição hídrica**: a poluição hídrica, causada pela atuação indevida das práticas humanas, pode gerar impactos sobre as espécies e provocar a escassez desse recurso

natural.. A poluição hídrica, causada pela atuação indevida das práticas humanas, pode gerar impactos sobre as espécies e provocar a escassez desse recurso natural. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/poluicao-das-aguas.htm>. Acesso em: 31 jul. 2021.

(PROCLIMA) Programa Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo. **Conferência de Estocolmo**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/conferencias-internacionais-sobre-o-meio-ambiente/estocolmo/> Acesso em: 10 mar. 2022

PROPOSTA CURRICULAR. **Educação Ambiental**. 1998, p. 47-61

REIS, Alexsandro Luiz Dos. **As controvérsias nas aulas de biologia a partir da leitura de jornais impressos: o desastre ambiental de Samarco**. Universidade Federal de Ouro Preto. Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. 2018. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/9701/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Controv%C3%A9rsiasAulasBiologia.pdf. Acesso em: 08 set. 2021

RESOLUÇÃO CONAMA. **Qualidade da água**. n. 396, p. 308 - 318. Seção 1. 3 de abril de 2008. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>. Acesso em: 07 set. 2021.

Química Nova na Escola (QNEsc). **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/>. Acesso em: 16 set. 2021

RIBEIRO, Júlia Werneck e ROOKE, Juliana Maria Scoralick. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Curso de especialização em análise ambiental. Juiz de fora, P. 1-28, 2010. Disponível em: <https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoeSa%C3%BAde.pdf> Acesso em: 10 mar. 2022

RIBEIRO, Maria Luisa *et al.* **Observando o Tietê 2019**: o retrato da qualidade da água e a evolução dos indicadores de impacto do projeto tietê. São Paulo: Sos Mata Atlântica, 2019. 36 p. Disponível em: <https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/09/observando-ris19tietedigital.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2021.

ROCHA, Aristides Almeida. **Observando o Tietê**. São Paulo. 15 de abril de 2004. Disponível em: <https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2014/02/Observando-o-Tiete.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2021.

(SABESP) Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Tratamento de Água. 2010. Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47> Acesso em: 10 mar. 2022

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. **Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças**. AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas V.9 – nº 17 , p.49-62. Dezembro de 2012.

SANTOS, *et al.* **Controle de qualidade físico-químico e quimiométrico de detergente líquido de côco.** 56º Congresso Brasileiro de Química. Química: Tecnologia, Desafios e Perspectivas na Amazônia. Novembro de 2016. Belém - PA. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2016/trabalhos/3/9795-21160.html> Acesso em: 10 mar. 2022

SANTOS, *et al.* **Práticas de uma educação ambiental em aulas de química em uma visão socioambiental: perspectivas e desafios.** Universidade de Brasília - DF. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien. p. 260-270, 2010, 7, Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/920/92013009009.pdf> Acesso em: 08 mar. 2022

SANTOS, Wildson. L. P. *et al.* **Química Cidadã.** Volume 2. Ensino Médio. Química 2ª série. São Paulo, 2016 (3). Disponível em: http://quimicaajs.com.br/pdp/pdf/livros/quimica_cidada_2.pdf. Acesso em: 16 set. 2021

SANTOS W. L. P. dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. **Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações.** Investigaçao em Ensino de Ciências, v 14. p 191-218, 2009.

SILVA, Fabiane Ferreira e RIBEIRO Paula Regina Costa. **Trajetórias de mulheres na ciência: "ser cientista" e "ser mulher"** . Ciênc. educ. (Bauru) 20 (2). Junho de 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000200012> Acesso em 10 mar. 2022

SILVA, Vinicius Gomes. **A importância da experimentação no ensino de química e ciências.** Universidade Estadual Paulista - UNESP. Faculdade de Ciências. Departamento de Química. Bauru, p. 12-39, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136634/000860513.pdf> Acesso em: 10 mar. 2022

SILVEIRA Evanildo. **Rejeitos de Brumadinho causam mortes de embriões de peixes.** Conclusão é de estudo do Instituto Butantan e da UFRJ realizado com água coletada em seis pontos ao longo de 176 km do rio Paraopeba. Jornal Ambiental oeco. 23 de junho de 2019. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/reportagens/rejeitos-de-brumadinho-causam-mortesde-embrioes-de-peixes/>. Acesso em: 16 set. 2021

(SNIS) Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto.** Ministério do Desenvolvimento Regional Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. Brasília. p. 6-90, Dezembro de 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VIS_AO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf Acesso em: 08 mar. 2022

SOARES, M. TALES. *et al.* **Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose.** Gestão e Controle ambiental. Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental. n. 10, v 3, Setembro de 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/LWX7MTdbcWPVxSChpjGrZdd/?lang=pt>. Acesso em: 07 set. 2021

SOUZA, Jurandir Rodrigues de; BARBOSA, Antonio Carneiro. **Contaminação por Mercúrio e o Caso da Amazônia.** Química e Sociedade. Química Nova na Escola (QNEsc). Nº 12, p. 3-

7. Novembro de 2000. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc12/v12a01.pdf>
Acesso em: 10 mar. 2022

STROPASOLAS PEDRO. **Brumadinho: águas do Rio Paraopeba provocam morte e deformidades em peixes.** Pesquisa revela que contato com metais pesados afeta embriões do zebrafish. Espécie tem 70% de semelhança com ser humano. Brasil de Fato. Uma visão popular do Brasil e do Mundo. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/03/26/brumadinho-aguas-do-rio-paraopeba-provocammorte-e-deformidades-em-peixes>. Acesso em: 16 set. 2021

THE NATURE CONSERVANCY. **Proteger as fontes de água é uma tarefa de todos.** Como a Coalizão Cidades Pela Água tem fortalecido a segurança hídrica nos últimos cinco anos. Dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.tnc.org.br/o-que-fazemos/nossasiniciativas/coalizao-cidades-pela-agua/coalizao-5-anos/proteger-as-fontes-de-agua/>. Acesso em: 16 set. 2021

TORRALBO, Daniele. **O tema água no ensino: a visão de pesquisadores e de professores de Química.** Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2-141, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-22022011-115248/publico/Daniele_Torralbo.pdf Acesso em: 08 mar 2022

TREVIZIANI, Tailisi Hope. **Bioacumulação e biomagnificação de metais pesados em teias tróficas de estuários do sul-sudeste do Brasil.** Universidade de São Paulo - USP. Instituto Oceanográfico. p 15-156, 2018. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21137/tde-01022019-141450/publico/Tese_Trevizani_Tailisi_Corrigida.pdf Acesso em: 10 mar. 2022

(UFSC) Universidade Federal de Santa Catarina. Ministério da Educação da Universidade Federal de Santa Catarina projeto ecoando sustentabilidade (PES). Nota técnica nº12/PES/2021. **Assunto: Dez meses após desastre: Sucessão ecológica, fauna e importância do baixio formado pelo desastre da LEI – CASAN para biorremediação do desastre.** Florianópolis, p. 1-36, 25 de Novembro de 2021.

UOL. **Mapa da contaminação.** Produtos químicos e radioativos foram encontrados em teste feitos com água da torneira em 763. 7 de março de 2022. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/reportagens-especiais/mapa-da-agua-agua-da-torneira-foi-contaminada-com-produtos-quimicos-e-radioativos-em-763-cidades/#page12>. Acesso em: 08 mar. 2022

(UNESCO) United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Água e mudança climática.** World Water Assessment Programme (WWA). p. 2-11. 2020. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372882_por Acesso em: 10 mar. 2022

URQUIZA Antônio H. Aguilera & ROCHA, Adriana Oliveira. **O Desastre Ambiental de Mariana e os Krenak de Rio Doce.** 2019.

VIEIRA, Maria Cecília dos Santos e GARCIA, Lenise Aparecida Martins. **Saneamento Ambiental como Tema para Abordagem de Conceitos Químicos.** Ensino, Saúde e Ambiente – V13 (1), p. 326-343, Abril de 2020

VINHAL Daniela Cristina; SOARES Vitor Hugo Cunha. **Intoxicação por organofosforados: uma revisão da literatura.** Revista Científica FacMais, Volume XIV, Número 3. p. 62-75, 01 de Setembro de 2018. Disponível em: https://revistacientifica.facmais.com.br/wp-content/uploads/2018/12/6.-Intoxicacao_por_organofosforados-VERS%C3%83O-PARA-PUBLICA%C3%87%C3%83O.pdf Acesso em: 22 mar. 2022

WARTHA. J. Edson. et, al. **Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química.** Química Nova na Escola - QNesc.. Vol. 35, N° 2, p. 86, Maio de 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf Acesso em: 06/01/2022

WWF (Fundo Mundial para a Natureza). **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico.** 4 de março de 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 16 set. 2021