



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
*Campus de Bauru*



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS – CAMPUS BAURU**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**DANIEL LUIZ SEGA**

**ESPAÇOS NÃO FORMAIS DE ENSINO**  
**ENSINO DE QUÍMICA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

**BAURU**  
**2021**

DANIEL LUIZ SEGA

**ESPAÇOS NÃO FORMAIS DE ENSINO**

**ENSINO DE QUÍMICA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de licenciado no curso de Química pela Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Bauru.

Orientação: Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza.

BAURU

2021

Sega, Daniel Luiz

**Espaços não formais de ensino:** Ensino de Química na Estação  
de Tratamento de Água / Daniel Luiz Sega, 2021

66 f.

Orientador: Aguinaldo Robinson de Souza

Monografia – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Ciências, Bauru, 2021.

Daniel Luiz Segal

## **ESPAÇOS NÃO FORMAIS DE ENSINO**

### **ENSINO DE QUÍMICA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de licenciado no curso de Química pela Faculdade de Ciências da Universidade Estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Bauru.

Orientador: Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza.

Bauru, 19 de agosto de 2021.

#### **BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza  
Universidade Estadual Paulista – UNESP/Bauru  
Orientador

---

Profa. Ma. Karina Nomidome de Senna  
Universidade Estadual Paulista – UNESP/Bauru

---

Prof. Dr. Alexandre Oliveira Legendre  
Universidade Estadual Paulista – UNESP/Bauru



“Se a aparência e a essência das coisas coincidissem,  
a ciência seria desnecessária.” – Karl Marx.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a todos os professores, sem exceção. Agradeço em especial ao meu orientador Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza, presente em várias disciplinas durante minha graduação e por se dispor em me acompanhar nessa reta final de uma longa caminhada.

Agradeço também aos professores Alexandre e Karina, dos quais tive o prazer de ser aluno durante minha graduação.

Agradeço a meus pais por tudo. São meus pilares e sem seu apoio e dedicação esse objetivo ou qualquer outro jamais seria alcançado por mim.

A meu irmão Rafael, pelo suporte em momentos ruins e pela parceria de sempre.

Aos meus amigos, parceiros de verdade que estão e estarão presentes em todos os momentos.

A minha querida parceira Izanete, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

## RESUMO

No sistema educacional é comum que o ensino de ciências seja trabalhado de forma descontextualizada das práticas do dia a dia, o que torna mais difícil a compreensão do conhecimento científico. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, o ensino de ciências tem o dever de auxiliar na formação holística dos estudantes, não somente científica, mas também na construção valores éticos e de cidadania. Este trabalho foi realizado no âmbito do curso de Licenciatura em Química tendo como proposta uma prática educacional para o ensino de Química a ser implementada no 2º ano do ensino médio, servindo como suporte aos professores que desejarem utilizar o espaço não formal e como um importante acréscimo aos conteúdos desenvolvidos dentro da sala de aula. A educação não formal é uma importante ferramenta para complementar a educação formal, já que esta sozinha não tem possibilidade de atender a todas as demandas sociais. As atividades no espaço não formal foram planejadas e organizadas com uma dinâmica própria, na qual divide-se em em 3 etapas importantes que contemplam a perspectiva do ensino CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente) utilizando a aula de campo como instrumento facilitador da aprendizagem de Química. A visita à Estação de Tratamento de Água é justificada pela importância social do aprendizado por meio da apropriação dos conteúdos dos métodos e conceitos desenvolvidos durante o processo de purificação de água para o consumo humano e da possibilidade de contextualização entre os conteúdos desenvolvidos em sala de aula e o cotidiano dos alunos, desdobrando-se pelos pontos de vista científicos, tecnológicos, sociais e ambientais.

**Palavras-chave:** sistema educacional; conhecimento científico; o ensino de ciências; espaço não formal; CTSA.

## ABSTRACT

In the educational system, it is common for science teaching to be worked out of context from everyday practices, which makes it more difficult to understand scientific knowledge. According to the National Curriculum Parameters for High School, science teaching is the duty to assist in the holistic education of students, not only scientific, but also in the construction of ethical values and citizenship. This work was carried out within the scope of the Licentiate Degree in Chemistry with the proposal of an educational practice for the teaching of Chemistry to be implemented in the 2nd year of high school, serving as support for teachers who wish to use the non-formal space and as an important addition content developed within the classroom. Non-formal education is an important tool to complement formal education, as this alone cannot meet all social demands. The activities in the non-formal space were planned and organized with their own dynamics, in which it is divided into 3 important stages that include the perspective of teaching CTSA (Science, Technology, Society and Environment) using a field class as an instrument to facilitate the learning Chemistry. The visit to the Water Treatment Plant is justified by the social importance of learning through the appropriation of the contents of the methods and concepts developed during the water purification process for human consumption and the possibility of contextualization between the contents developed in the classroom and the daily lives of students, unfolding from the scientific, technological, social and environmental points of view.

**Keywords:** educational system; scientific knowledge; science teaching; non-formal space; CTSA.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 01</b> – Fachada do prédio da ETA .....                                     | 24 |
| <b>Figura 02</b> – Decantadores.....                                                  | 24 |
| <b>Figura 03</b> – Fluxograma do tratamento de água convencional .....                | 25 |
| <b>Figura 04</b> – Ilustração de captação, tratamento, reservação e distribuição..... | 26 |
| <b>Figura 05</b> – Captação vista da margem oposta.....                               | 26 |
| <b>Figura 06</b> – Reservatório de solução de permanganato de potássio .....          | 26 |
| <b>Figura 07</b> – Dosadora e ponto de dosagem de permanganato de potássio.....       | 27 |
| <b>Figura 08</b> – Extensão da Calha Parshall .....                                   | 27 |
| <b>Figura 09</b> – Reservatórios de sulfato de alumínio e ácido fluossilícico.....    | 29 |
| <b>Figura 10</b> – Ponto de dosagem do sulfato de alumínio .....                      | 31 |
| <b>Figura 11</b> – Tina de preparação da solução de cal.....                          | 33 |
| <b>Figura 12</b> – Tina de preparação do carvão ativado .....                         | 34 |
| <b>Figura 13</b> – Quatro câmaras de floculação e parte dos dois decantadores .....   | 35 |
| <b>Figura 14</b> – Câmara de floculação .....                                         | 35 |
| <b>Figura 15</b> – Visualização dos flocos na câmara de floculação.....               | 36 |
| <b>Figura 16</b> – Duas câmaras e floculação e ao fundo os decantadores.....          | 36 |
| <b>Figura 17</b> – Decantador vazio para processo de limpeza.....                     | 37 |
| <b>Figura 18</b> – Dois decantadores .....                                            | 38 |
| <b>Figura 19</b> – Calha de recepção da água decantada já cristalina .....            | 38 |
| <b>Figura 20</b> – Um dos quatro filtros .....                                        | 40 |
| <b>Figura 21</b> – Visão lateral de um dos filtros.....                               | 40 |
| <b>Figura 22</b> – Tubulação da saída da água filtrada .....                          | 41 |
| <b>Figura 23</b> – Sistema de geração de cloro.....                                   | 42 |
| <b>Figura 24</b> – Sacos de sal grosso armazenados.....                               | 43 |
| <b>Figura 25</b> – Reservatório de cloro produzido na ETA .....                       | 43 |
| <b>Figura 26</b> – Reservatório Elevado (T1) .....                                    | 44 |
| <b>Figura 27</b> – Reservatórios Redondo (R1') e Quadrado (R1).....                   | 46 |

|                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 28 – Casa de bombas do sistema de bombeamento do R1 .....</b>                                                  | <b>47</b> |
| <b>Figura 29 – Turbidímetro .....</b>                                                                                    | <b>48</b> |
| <b>Figura 30 – pHmetro .....</b>                                                                                         | <b>49</b> |
| <b>Figura 31 – Colorímetro .....</b>                                                                                     | <b>50</b> |
| <b>Figura 32 – Demonstração de como as metades da garrafa devem se encaixar para a construção do filtro de água.....</b> | <b>60</b> |

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

|                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Quadro 01</b> – Especificações de qualidade da água tratada segundo a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde e a Resolução SS-250 da Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo ..... | 51 |
| <b>Quadro 02</b> – Sequência em três etapas da aula de campo .....                                                                                                                       | 53 |
| <b>Quadro 03</b> – Técnicas e instrumentos de coleta de dados durante a visita.....                                                                                                      | 56 |
| <b>Quadro 04</b> – Plano de Aula Proposto Para a Atividade .....                                                                                                                         | 58 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**BNCC:** Base Nacional Comum Curricular

**CTSA:** Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente

**DPD:** N,N-Dietil-P-Fenilenodiamina

**EDTA:** Ácido Etilenodiaminotetracético

**ETA:** Estação de Tratamento de Água

**NTU:** Unidades Nefelométricas de Turbidez

**ONU:** Organização Mundial das Nações Unidas

**PAN:** Piridil Azo Naftol

**PCNEM:** Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

**pH:** Potencial Hidrogeniônico

**R1:** Reservatório Quadrado

**R1':** Reservatório Redondo

**SP:** Estado de São Paulo

**SS:** Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo

**S/A:** Sociedade Anônima

**T1:** Reservatório Elevado

**UNESP:** Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

## LISTA DE SÍMBOLOS

**$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$** : Sulfato de Alumínio

**$\text{H}_2\text{SiF}_6$** : Ácido Fluossilícico

**$\text{KmnO}_4$** : Permanganato de Potássio

**$\text{NaCl}$** : Cloreto de Sódio

**$\text{NaClO}$** : Hipoclorito de Sódio

**$\text{nm}$** : Nanômetro

**$\text{ZrF}_6^{2-}$** : Hexafluorozirconato

## SUMÁRIO

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO .....                                              | 16 |
| CAPÍTULO 1 – ESPAÇOS DE ENSINO .....                          | 19 |
| 1.1. DIFERENÇAS ENTRE ESPAÇO FORMAL E ESPAÇO NÃO FORMAL ..... | 20 |
| 1.2. A ETA COMO ESPAÇO NÃO FORMAL .....                       | 21 |
| 1.3. A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA.....                 | 22 |
| CAPÍTULO 2 – A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA I .....    | 23 |
| 2.1. CAPTAÇÃO E ADUÇÃO .....                                  | 25 |
| 2.2. PRÉ-OXIDAÇÃO .....                                       | 26 |
| 2.3. COAGULAÇÃO .....                                         | 28 |
| 2.4. FLOCULAÇÃO .....                                         | 34 |
| 2.5. DECANTAÇÃO .....                                         | 37 |
| 2.6. FILTRAÇÃO.....                                           | 39 |
| 2.7. DESINFECÇÃO .....                                        | 41 |
| 2.8. FLUORETAÇÃO.....                                         | 44 |
| 2.9. RESERVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO .....                          | 44 |
| CAPÍTULO 3 – ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....                   | 47 |
| CAPÍTULO 4 – PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO .....       | 50 |
| CAPÍTULO 5 – A PRÁTICA PEDAGÓGICA .....                       | 52 |
| 5.1. A ETAPA PRÉ-CAMPO.....                                   | 54 |
| 5.2. ETAPA DE CAMPO .....                                     | 56 |
| 5.3. ETAPA PÓS-CAMPO .....                                    | 57 |
| 5.4. PLANO DE AULA.....                                       | 57 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                    | 60 |
| REFERÊNCIAS.....                                              | 64 |

## INTRODUÇÃO

Os educadores têm importância crucial na procura pelo conhecimento, porque são eles que têm nas mãos os recursos para a criação de possibilidades em que os estudantes podem abandonar a ideia do aprendizado com estrutura sistêmica mostrado nas salas de aula através do ensino tradicional, e que acaba sendo diretamente responsável pela perda de interesse, inclusive desestimulando a curiosidade dos alunos. Para Vieira (2005), a utilização de espaços não formais de educação, como os museus e centros de ciências, podem estimular a curiosidade dos visitantes e suprir parcialmente certas carências da escola no estímulo ao aprendizado.

Segundo Gohn (2006), a educação não formal pode desenvolver vários processos importantes para o ensino-aprendizagem como a consciência e organização de como agir em grupos, a construção e reconstrução de concepções de mundo e sobre o mundo, a contribuição para um sentimento de identidade com uma dada comunidade, a formação do indivíduo para a vida e suas adversidades, e quando presente em programas com crianças ou jovens adolescentes a educação não formal resgata o sentimento de valorização de si próprio, ou seja, são dadas as condições para que os indivíduos possam desenvolver seus sentimentos de auto valorização, de rejeição dos preconceitos que lhes são dirigidos; o desejo de batalharem para ser reconhecidos como iguais, os indivíduos de adquirem conhecimento de sua própria prática, os indivíduos de aprender a ver com outros olhos e interpretar o mundo que os rodeia.

Nesse trabalho buscou-se utilizar conteúdos programáticos do ensino de Química por meio da visão CTSA (Ciência, Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente), empregando como temática os processos físico-químicos, as tecnologias empregadas e a importância para produção de água para o consumo humano em uma estação de tratamento de água considerando os benefícios e os impactos para a sociedade como um todo e para o meio ambiente, conhecendo todas as suas fases, desde o processo de captação da água no leito do rio até sua chegada aos reservatórios que distribuem a água tratada para a população e todos os setores da sociedade. Para isso, foram utilizados aqui perspectiva da educação não formal proposta por Gohn (2006).

Para Santos e Mortimer (2001), um currículo tem destaque em CTS (Ciência,

Tecnologia e Sociedade), quando trata das inter-relações entre o esclarecimento científico, planejamento tecnológico, solução de problemas e tomada de decisões sobre determinados temas de importância social. Assim como enfoque CTS, o enfoque CTSA busca maior compreensão sobre o exercício da Ciência e da Tecnologia, mas seu diferencial é que a educação CTSA também está ligada à educação ambiental dos indivíduos. Sob este ponto de vista, uma proposta de CTSA pode ser encarada como uma ligação entre educação científica, tecnológica e social e as consequências ambientais, onde os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados em paralelo com a discussão de suas perspectivas históricas, éticas, políticas e socioeconômicas (LÓPEZ; CEREZO, 1996). Portanto, o objetivo dos currículos CTS é o desenvolvimento das competências para tomada de decisão.

Ainda segundo Santos (2007), uma proposta curricular de CTS pode ser encarada como uma integração da educação científica, tecnológica e social, com a proposição de que junto aos conteúdos científicos e tecnológicos são estudados os aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos (p. 2).

A intenção desse trabalho é interligar a educação formal com a não formal, planejadamente, envolvendo alunos da disciplina de Química baseada na perspectiva da educação não formal proposto por Gohn (2006) com enfoque CTSA. Os capítulos abordados no decorrer deste trabalho são de caráter fundamental para a aplicação da sequência planejada para uma aula de campo. O primeiro capítulo abrange quais as definições e a importância dos espaços não formais de ensino para a educação e sobre a utilização de uma estação de tratamento de água como espaço não formal. O capítulo 2 traz informações mais detalhadas sobre o local definido como espaço não formal para esse trabalho, a Estação de Tratamento de Água da cidade de Jaú, que deve ser analisada dos pontos de vista científico, social, tecnológico e ambiental, para que possa ser compreendido o ambiente no qual o roteiro didático proposto no presente trabalho se insere.

No capítulo capítulo 3 é explicada a metodologia a ser utilizada, indicando de que maneira deve proceder a aula como um todo, sendo apresentada de três formas diferentes para facilitar e contextualizar o máximo possível sobre a aula de campo, sendo empregadas 3 etapas definidas como pré-campo, onde ainda na escola devem ser dadas aulas de maneira expositiva e prática para a compreensão dos conceitos químicos pertinentes ao processo a ser observado na visita, etapa de campo, onde a

aula é dada no próprio espaço na forma através da visita e etapa pós-campo, onde novamente na escola é realizada uma revisão e uma avaliação para fixação dos conteúdos. Ao final do capítulo 3 foi feito um plano de aula completo, baseado na BNCC (Base Nacional Comum Curricular) e no Currículo Paulista, com todas as etapas detalhadas, com tópicos como tema, nível de ensino compatível com a aula, duração prevista, habilidades desenvolvidas, objetivos, metodologia de ensino, cronograma, plano de ação e utilização de materiais.

## CAPÍTULO 1 – ESPAÇOS DE ENSINO

Quando nos referimos à educação com o termo “não formal”, de maneira bastante inconsciente logo fazemos a relação com o processo formal de ensino. Também é comum que sejam confundidos os conceitos de “não formal” com “informal”. Normalmente, a diferença entre formal, não formal e informal é especificada baseando-se simplesmente no uso ou não do ambiente escolar. “Assim, ações educativas escolares seriam formais e aquelas realizadas fora da escola não formais e informais” (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p.133). Para que seja esclarecido exatamente o que é um espaço não formal de ensino e sua importância, serão abordadas as categorias quando a educação em condição do ensino-aprendizagem é produzida, sendo elas a educação escolar em espaço formal, a informal e a não formal.

Uma das principais diferenças entre os termos é que a educação que ocorre em espaço formal de ensino é realizada pelos professores, no espaço não formal pode ser qualquer pessoal com quem haja interação, e no espaço informal os educadores são as pessoas de convívio direto ou indireto mais próximo no cotidiano, como familiares, vizinhos, pais, os amigos, colegas de trabalho ou de escola, apresentadores de canais de televisão, e atualmente youtubers, podcasters, etc.

No momento atual, há diferentes fontes de estudos e visões de pesquisadores sobre os conceitos de espaço formal, informal e não formal de ensino. O termo “espaço não formal de ensino” é usualmente empregado em pesquisas de publicação científica para caracterizar locais, fora do recinto escolar, onde pode-se elaborar atividades didáticas que oferecem algum benefício educacional, social e cultural para o sujeito que está inserido nesta metodologia.

Para Gohn (2006), a educação formal é considerada aquela em que a difusão dos conhecimentos ocorre em ambiente escolar, dentro da sala de aula, mas que é feita com intencionalidade e norteadas por professores, onde existe uma vontade direcionada dos professores para os alunos, tornando-a viável.

A educação informal acontece mais comumente pela convivência espontânea com pessoas que fazem parte de nosso dia a dia, pela informação adquirida em ambientes como clubes ou até mesmo teatros, desde que não haja intencionalidade no processo de ensino. Segundo Gohn (2006), a educação informal é aquela em que

os indivíduos aprendem durante seu processo de socialização - na família, bairro, clube, amigos etc., carregada de valores e culturas próprias, de pertencimento e sentimentos herdados.

Também de acordo com Gohn (2006), a educação não formal é aquela em que se aprende “no mundo da vida”, via os processos de compartilhamento de experiências, principalmente em espaços e ações coletivos cotidianas. Assim, a educação não formal é definida como aquela em que os princípios e conteúdos da educação formal são fundamentados, porém em locais menos delimitados do que a escola, como centros de ciências, zoológicos, museus ou indústrias, e nesse caso em uma estação de tratamento de água, desde que sejam definidos os objetivos das atividades desenvolvidas de forma diferenciada.

O espaço não formal proporciona ao professor um espaço para a elaboração antecipada das atividades objetivas, dando a convicção de que o ensino será aplicado da melhor forma para ambos os lados, e possibilita que o aluno.

### **1.1. Diferenças entre Espaço Formal e Espaço Não Formal**

Uma das principais características do espaço formal de ensino é que geralmente ocorre dentro do ambiente escolar. Desde que a escola foi estruturada com a finalidade de auxiliar para que ocorra a socialização dos edificados construídos pela humanidade, ela serve como espaço principal do processo de ensino-aprendizagem, onde são exibidos os temas propícios para a difusão do conhecimento. Segundo o escritor e educador brasileiro Rubem Alves (1980), educar é comunicar ideias e provocar a inteligência. As salas de aula tradicionais continuam sendo extremamente importantes para propiciar debates e fazer com que os alunos pensem e desenvolvam suas próprias ideias através da mediação dos professores. Para FREIRE (2003, p. 47) "...ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para sua própria produção ou a sua construção".

É incontestável que diante do modelo atual de educação que a escola é muito importante no processo ensino, mas não é o único meio que pode fazer parte do processo de formação, e não podemos desassociar o que acontece fora da escola, em ambientes familiares e culturais, onde o aluno vivencia tantas outras experiências. A educação é um processo contínuo, e é resultado tanto das instituições quanto das

relações sociais.

Em contrapartida ao espaço formal de ensino, o espaço não formal é um ambiente diferente do cotidiano e proporciona o método de ensino onde os alunos podem fazer análises e interpretações sobre o mundo em que vivem, utilizando metodologias diferentes, onde faz-se necessário uma preparação por parte dos professores para que o processo tenha o máximo aproveitamento possível do aprendizado. O bom senso do professor diz para sermos coerentes, diminuindo a distância entre o discurso e a prática (FREIRE, 2003, p.61).

Também para Freire:

Os homens emergem de onde se encontram mergulhados e adquirem a capacidade de intervir na realidade na medida em que esta é desvendada. A intervenção na realidade – ela própria consciência história – representa, portanto, um passo à frente em relação à emergência, a deriva da conscientização da situação. A conscientização é o aprofundamento da atitude de consciência característica de toda emergência (FREIRE, 1970: p.119-120).

Para Simson, Park e Fernandes (2001), para ser considerado um espaço não-formal devem ser cumpridos princípios como: ter caráter intencional, propiciar a solidariedade e a socialização, ter como propósito o desenvolvimento social, oportunizar toda forma de participação dos alunos como um todo e a favorecer a participação de todos de maneira descentralizada e investigativa.

## **1.2. A ETA Como Espaço Não Formal**

O espaço não-formal escolhido para essa prática pedagógica foi a Estação de Tratamento de Água denominada “ETA – I”, que fica na cidade de Jaú/SP, responsável pelo abastecimento de água tratada para mais de 60 mil pessoas. A Estação de Tratamento de Água recebe visitas de alunos das escolas da cidade desde 2015, quando começou a concessão privada e por iniciativa interna da empresa. Essas visitas são realizadas por alunos de todos os níveis, desde o Ensino Fundamental, passando pelo Ensino Médio até o curso superior de Meio Ambiente e Recursos Hídricos oferecido pela Fatec. A prática de receber visitas foi interrompida em meados de março de 2020, com a chegada da pandemia de Covid-19, quando foram

paralisadas diversas atividades presenciais por questão de segurança e saúde, assim como em vários outros setores da sociedade. Desde que a empresa assumiu o saneamento da cidade foram feitos investimentos para que houvesse completa adequação para as questões de segurança, e foram seguidas todas as normas de vigentes na legislação brasileira, onde foram instalados guarda-corpos, extintores de incêndio, correntes e portões de acesso, além de serem oferecidos EPIs para todos os visitantes, etc., o que torna a Estação de Tratamento de Água totalmente apta e adequada para voltar a receber visitas assim que a normalidade for retomada após serem atingidas metas de vacinação da população e ocorrer o fim ou a diminuição brusca dos riscos de problemas graves trazidos pelo vírus Sars-CoV-2, causador da Covid-19.

### **1.3. A Importância do Tratamento de Água**

Desde o ano de 2010 a ONU (Organização das Nações Unidas) reconhece que a água tratada é um direito de todo ser humano, independente da classe social, econômica, cultural, de seu gênero ou de sua etnia. Segundo a própria ONU, através do Relatório de Desenvolvimento Mundial da Água (2021), pelo menos 3 bilhões de pessoas, o que equivale a cerca de 40% da população global não tem acesso a estruturas para higiene básica, entre elas o saneamento.

De forma simplificada, o saneamento começa na captação em rios, lagoas ou reservatórios, onde a água passa pelo processo de tratamento e distribuição para residências, escolas, indústrias, etc., e após seu uso ela é descartada para o sistema de esgoto, onde após seu tratamento adequado é devolvida para o meio ambiente. No Brasil, o saneamento básico um direito garantido pela Lei nº. 11.445/2007 e entre esses direitos destaca-se como um dos mais importantes o abastecimento com água tratada. O saneamento básico favorece diretamente a melhoria da saúde, da educação, do meio ambiente e da economia, beneficiando a sociedade em geral, onde são beneficiados todos os setores do país, promovendo o desenvolvimento social e econômico.

A água sem o seu devido tratamento oferece vários riscos à população, porque possui uma grande diversidade de microorganismos patológicos, e seu consumo ou a utilização para banho, higiene pessoal, limpeza e cozimento de alimentos pode ser

prejudicial à saúde, provocando várias doenças.

Quando falamos sobre saneamento, assim como qualquer assunto relacionado à saúde pública, a falta de investimentos e de medidas preventivas pode gerar um grande prejuízo ao país e resultar no aumento das desigualdades sociais, porque são necessárias utilizadas as chamadas ações tardias, onde o custo com tratamentos médicos e internações é muito mais alto do que o valor que deveria ser investido como prevenção.

Após o tratamento adequado, seguindo as normas e parâmetros nacionais e internacionais, exigidos por lei, a água pode ser considerada potável e apta para o consumo humano e sua utilização em qualquer uma de suas atividades. Essa água não deve apresentar cor, cheiro ou sabor, e estar livre de substâncias tóxicas ou microorganismos causadores de doenças.

Dentro desse contexto, para fins didáticos, a partir do próximo capítulo serão abordados os processos pertencentes ao tratamento de água nessa estação específica situada na cidade de Jaú.

## **CAPÍTULO 2 – A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA I**

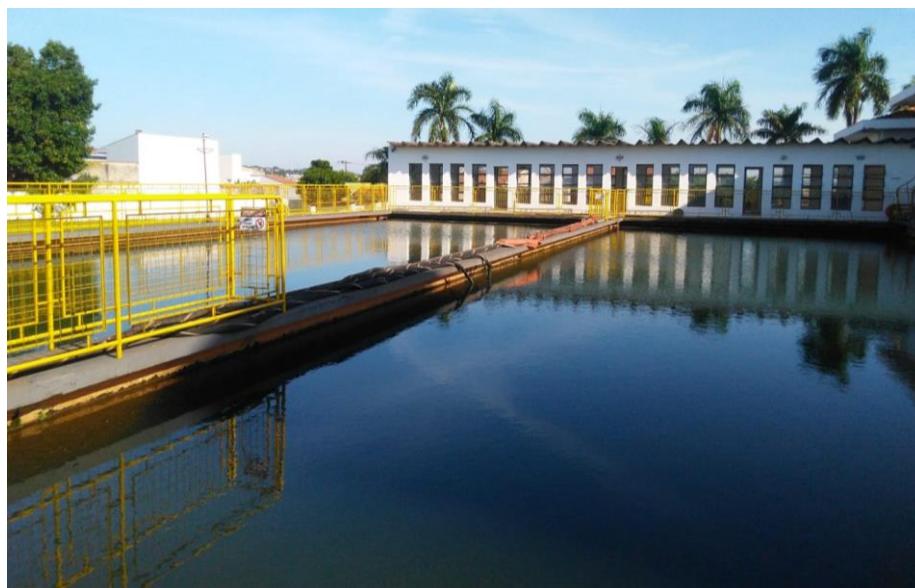
Inaugurada em 1971, a Estação de Tratamento de Água – ETA I situa-se no município de Jaú, na Rua Dr. Alcindo Ferraz Pahim nº 57, Bairro Jardim Continental, e foi projetada para tratar uma vazão nominal de 250 L/s de água bruta coletada no leito do Rio Jahu. Atualmente o tratamento de água realizado pela ETA é destinado à toda região que abrange a margem esquerda do rio, e que corresponde a aproximadamente 40% de toda água distribuída para a população, que hoje é constituída de cerca de 153,4 mil habitantes (IBGE; 2021). Além da ETA I, o sistema de tratamento e abastecimento de água conta com mais 16 poços e mais uma ETA com capacidade de produção bem menor, e a cidade tem 100% da água distribuída para a população tratada. O tratamento é realizado durante 24 horas por dia, e por ser abastecer uma parcela tão grande da população, é extremamente importante para a cidade. Qualquer paralisação das atividades da ETA pode ser responsável por deixar uma porcentagem considerável da cidade sem abastecimento, trazendo problemas para setores, com escolas, indústrias, comércio, prestação de serviço, ou seja, para a comunidade como um todo.

**Figura 01** - Fachada do prédio da ETA



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 02** – Decantadores



Fonte: Autoria própria, 2021.

Atualmente todos os processos de saneamento, como tratamento e distribuição de água, coleta, afastamento e tratamento de esgoto são realizados por uma empresa

privada. A Águas de Jahu S/A assumiu em 13 de abril de 2015 e tem contrato de concessão de 30 anos. A empresa faz parte do Grupo Águas do Brasil, que atualmente é responsável pelo saneamento em 16 cidades do Brasil.

O sistema de tratamento utilizado é o convencional de ciclo completo, que compreende os processos de Captação e Adução, Pré-oxidação, Coagulação, Floculação, Decantação, Filtração Descendente, Desinfecção, Fluoretação, Reservação e Distribuição, e esse tipo de tratamento é considerado o mais adequado para tratamento de água de alta turbidez. Atualmente essa ETA não é contemplada com sistema de tratamento de lodo, e seus resíduos gerados são descartados no leito do rio. De acordo com o contrato firmado com a Prefeitura da cidade, há um prazo para que essa adequação seja implantada até o final de 2022.

**Figura 03** – Fluxograma do tratamento de água convencional



Fonte: Autoria própria, 2021.

## 2.1. Captação e Adução

O processo de tratamento começa com o processo de captação. Toda a água produzida pela ETA I é proveniente do Rio Jahu. A água bruta é captada no leito do rio através de bombas submersas, onde passa por alguns processos simples na unidade de captação, é enviada para a estação de tratamento para que o processo completo seja realizado e então é encaminhada para reservação e finalmente é distribuída para a população.

**Figura 04** – Ilustração de captação, tratamento, reservação e distribuição



Fonte: <https://thumbs.dreamstime.com/b/paisagem-bonita-com-rio-61292988.jpg> adaptada.

**Figura 05** – Captação vista da margem oposta



Fonte: Autoria própria, 2021

Atualmente o sistema tem capacidade de captar e tratar até 220 litros por segundo, o que equivale a 792 metros cúbicos por hora ou 19 milhões de litros por dia.

## 2.2. Pré-Oxidação

Esse processo de tratamento de água que ocorre na cidade de Jáu começa logo na captação, onde recebe a dosagem do primeiro produto químico. Em um reservatório (conforme figura 6) é preparada duas vezes por semana uma solução de 1 kg de permanganato de potássio dissolvido em 1000 litros de água. A solução fica

localizada próximo à caixa de sucção, e a dosagem constante de 120 mL/min é feita por uma dosadora. Principalmente pela questão de eficiência e economia, ideal seria que a dosagem fosse ajustada de acordo com as concentrações de ferro e manganês na água bruta e pela variação de vazão, mas pela dificuldade de realizar o deslocamento constantemente para essa unidade a dosagem é feita de forma constante e dificilmente a vazão de dosagem sofre alguma alteração.

**Figura 06** – Resevatório de solução de permanganato de potássio



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 07** – Dosadora e ponto de dosagem de solução de permanganato de potássio



Fonte: Autoria própria, 2021

A pré-oxidação feita com o permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ), um oxidante agressivo e tem como principais funções o controle de odor e sabor, redução de cor aparente e algas e a oxidação de ferro e manganês. O permanganato de potássio é um oxidante bastante reativo e tem alta capacidade de oxidar compostos orgânicos e inorgânicos.

É importante que o  $\text{KMnO}_4$  seja dosado ainda na captação, que fica localizada a cerca de 1,5 km de distância do sistema de tratamento, para que haja o tempo de contato necessário para que ocorram as suas reações pertinentes.

A bacia do Rio Jahu tem cerca de 154 mil km e atravessa diversas cidades antes da região onde é captada toda a água superficial responsável pelo abastecimento da Estação de Tratamento de Água da cidade de Jaú, e sofre muito com a degradação ambiental causada pela monocultura de cana-de-açúcar. Por praticamente não contar com matas auxiliares, o rio sofre constante processo de assoreamento, e pelas características do solo na região, onde a terra é muito “roxa”, apresenta grandes concentrações de ferro e manganês, que são arrastados pelo leito do rio e conseqüentemente levados até a Estação de Tratamento de Água. Basicamente o permanganato de potássio oxida íons de ferro e manganês, presentes nas formas solúveis, e que portanto são de difícil remoção, após oxidados passam para as formas insolúveis, o que facilita que participem da formação de flocos no processo de tratamento, facilitando sua remoção. Segundo o relatório da Organização Mundial de Saúde (2011), as concentrações presentes geralmente não oferecem risco à saúde humana, mas seu controle é exigido pela Portaria nº 888 de 4 de maio de 2021 do Ministério da Saúde, e sua remoção é importante porque a presença de ferro e manganês deixam a água avermelhada, causam sabor e odor, podem causar manchas em louças, roupas e vasos sanitários, interferir em processos industriais e causar danos em tubulações, causando incômodo ou prejuízo para seus usuários.

### **2.3. Coagulação**

Os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração tem como principal finalidade a remoção dos sólidos suspensos presentes na água captada e pré-oxidada. Imediatamente após a chegada à Estação de Tratamento de Água, a

água entra pela Calha Parshall, onde ocorre a aplicação do sulfato de alumínio, responsável pela coagulação. A Calha Parshall tem finalidade de fazer com que os produtos químicos se misturem com a água com maior eficiência e durante o menor tempo possível. Na Calha Parshall ocorre o processo chamado de mistura rápida, e ela contém diversos obstáculos que criam condições para que em poucos segundos o coagulante seja distribuído por toda a massa de água.

**Figura 08** – Extensão da Calha Parshall



Fonte: Autoria própria, 2021.

A maior parte das partículas presentes na água estão na forma coloidal, e como possuem diâmetro médio entre 1 e 1000 nm, e por isso não sedimentariam apenas sob a ação da gravidade. O processo de coagulação ocorre que faz com que as partículas sólidas sejam desestabilizadas para que possam se aglutinar em flocos

durante o processo de floculação, para que juntas adquiram densidade maior que a da água, possibilitando o processo de separação através da decantação.

Apesar de comumente serem confundidas ou tratadas como mesma fase do processo, a coagulação e a floculação são processos bastante distintos e cada um tem importância ímpar no processo de tratamento. A coagulação é a parte do processo onde ocorre a adição do coagulante químico que tem a finalidade de reduzir as forças que mantêm separadas as partículas em suspensão, enquanto a floculação promove colisões entre as partículas desestabilizadas pelo processo de coagulação, formando flocos de partículas de maior.

**Figura 09** – Reservatórios de sulfato de alumínio e ácido fluossilícico

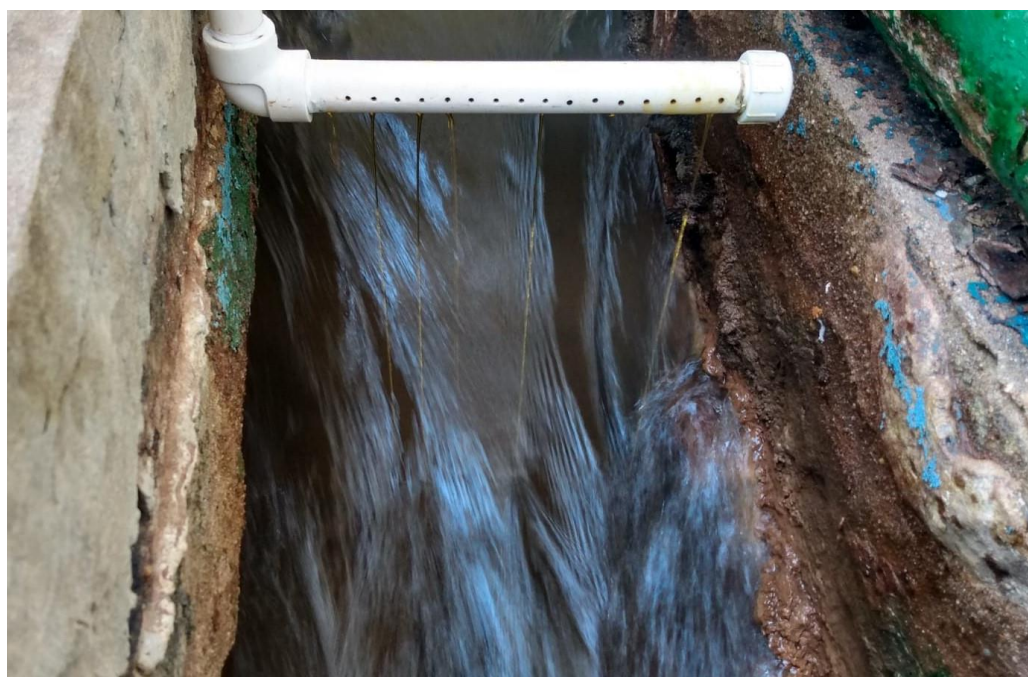


Fonte: Autoria própria, 2021.

O sulfato de alumínio é um complexo inorgânico de pH ácido (aproximadamente 4). Uma das características do sulfato de alumínio é que ele só mantém essas propriedades de coagulação quando o meio está em uma faixa ideal de pH, próximo da neutralidade, sendo efetivo na floculação quando encontra-se em meio com pH entre 6,50 e 7,20. Em época de seca, onde a turbidez da água bruta é bastante baixa (em torno de 10 Unidades Nefelométricas de Turbidez), utiliza-se uma quantidade pequena de sulfato de alumínio, e como a água bruta tem faixa de pH média de 7,10, não há necessidade de correção de pH em nenhuma parte do

processo. Em época de chuva, onde há grande variação de turbidez, e como o rio é assoreado e as margens praticamente não têm mata auxiliar pela monocultura de cana-de-açúcar na região, há muito arraste de detritos das margens e do fundo do rio, e grande parte desses detritos são compostos de matéria orgânica, o que faz com que o pH da água bruta tenha uma queda, é também pela utilização muito grande de sulfato de alumínio, que é ácido, a turbidez da Calha Parshall cai para a faixa de pH entre 4 e 5, sendo necessário fazer a correção de pH para que a floculação ocorra com eficiência. Para essa correção dosa-se solução de cal hidratada, mesmo material utilizado para a construção civil.

**Figura 10** – Ponto de dosagem de sulfato de alumínio



Fonte: Autoria própria, 2021.

A aplicação do sulfato de alumínio é constante e deve ocorrer continuamente sempre que água captada entrar na ETA, e a média de sulfato de alumínio dosado nessa unidade de tratamento de água específica é de 29 mg/L. A quantidade dosada é definida pelo teste de bancada, conhecido como *Jar Test*, e varia de acordo com a turbidez da água bruta que está entrando na ETA.

Em situações de baixa turbidez da água do rio e onde há utilização de pouca quantidade de sulfato de alumínio, cerca de 18 mg/L, não é necessário fazer nenhum

tipo de correção de pH. O Rio Jahu tem como característica que seu pH em época de estiagem, quando não há arraste de material, seja muito próximo da neutralidade, com média aproximada de 7,1 no ponto de captação.

Porém, em época de chuva, onde há grande arraste de detritos pelo rio, principalmente pela matéria orgânica, composta por resíduos vegetais, animais, compostos microbianos e húmus, de naturalmente derrubam o pH da água do rio, e onde também a turbidez tem níveis mais elevados, exigindo maior aplicação de sulfato de alumínio (que é ácido), chegando a cerca de 200 mg/L, esse pH pode chegar a 5,0, exigindo assim a correção desse pH para que os processos de coagulação e floculação possam ocorrer corretamente.

Atualmente a correção de pH é realizada pela adição de solução de cal hidratada em suspensão. Há um reservatório de água de 1000 L com um agitador mecânico, onde adiciona-se um saco de 20 kg de cal hidratada do tipo utilizado em construção civil, onde é dosado por gravidade através da tubulação e o controle é feito através de um registro. Como o reservatório é abastecido com água constantemente, há variação constante também na concentração da solução, por isso a dosagem também sofre constantes variações, e por isso não há controle da vazão de alcalinizante dosada. Para que haja controle da solução dosada, há um controle bem manual, onde analisa-se o pH da água ao final da Calha Parshall, e dependendo da necessidade abre-se ou fecha-se ligeiramente o registro da tubulação de dosagem.

**Figura 11** – Tina de preparação da solução de cal



Fonte: Autoria própria, 2021.

Também em caso de fortes chuvas, com o aumento significativo da cor aparente, faz-se necessária a aplicação de mais um produto químico: o carvão ativado. Diferentemente da turbidez, a cor aparente é composta por material solúvel, como pequenas moléculas, vírus e argila, por isso uma quantidade muito pequena participa da formação de flocos, por isso adiciona-se carvão ativado pulverizado em solução próximo às comportas de entrada da água bruta aos floculadores. O carvão ativado tem a capacidade de remover substâncias orgânicas dissolvidas através do mecanismo de adsorção e se junta aos flocos formados nas câmaras de floculação,

fazendo com que as partículas antes diluídas também possam ser removidas pelo processo de floculação e decantação.

**Figura 12** – Tina de preparação do carvão ativado



Fonte: Autoria própria, 2021.

## **2.4. Floculação**

Após a passagem pela Calha Parshall, o processo de mistura rápida, durando cerca de 60 segundos, e água é encaminhada para os floculadores, onde através de agitação bastante lenta, com velocidade controlada, estimula-se o choque entre as partículas desestabilizadas que se chocam umas com as outras, causando a formação de flocos bastante visíveis a olho nu e de densidade maior do que a da água, tornando possível a separação das partículas nas câmaras de decantação.

**Figura 13** – Quatro câmaras de floculação e parte dos dois decantadores



Fonte: Autoria própria, 2021

**Figura 14** – Câmara de floculação



Fonte: Autoria própria, 2021.

A ETA I é constituída por quatro câmaras de floculação individuais em paralelo, cada câmara é equipada com um floculador mecânico, do tipo paletas de eixo vertical, com dispositivo mecânico de ajuste de rotação. Cada decantador está associado em série com duas câmaras de floculação. Cada câmara possui formato quadrado com largura igual a cerca de 5,5 m e profundidade útil de aproximadamente 2,80 m. O

volume total útil de cada câmara é de aproximadamente de 85 m<sup>3</sup>, o que significa que o volume total dos quatro flocladores somados é de cerca de 340 m<sup>3</sup>.

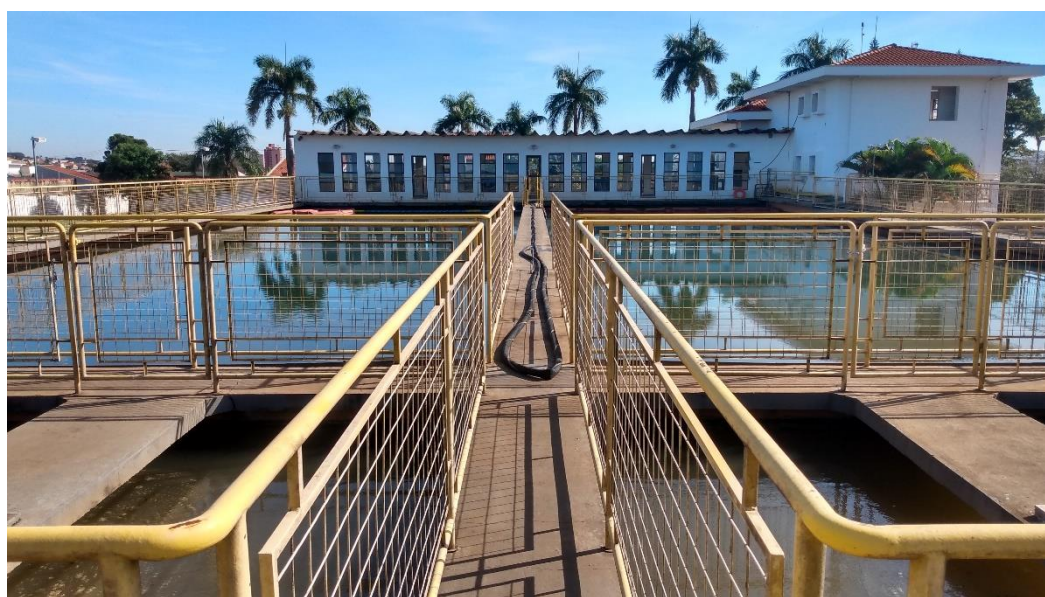
Esse volume resulta em tempos de detenção hidráulica da ordem de 22 minutos para a condição de tratamento atual da ETA (220 L/s).

**Figura 15** – Visualização dos flocos na câmara de floclação



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 16** – Duas câmaras e floclação e ao fundo os decantadores



Fonte: Autoria própria, 2021.

## 2.5. Decantação

Decantação, em suma, é o processo de separação de sólidos da solução líquida onde eles se sedimentam no fundo do recipiente. Nessa parte do processo, a água passa por dois tanques bastante grandes, onde os flocos já formados se separam por ação da gravidade e se alojam fundo do decantador.

Entre os flocculadores e os decantadores, há uma cortina difusora, que faz com que a água entre com velocidade reduzida no decantador, o que ajuda a diminuir o arraste que seria causado pela força da água no sentido horizontal, auxiliando no processo de separação.

**Figura 17** – Decantador vazio para processo de limpeza



Fonte: Autoria própria, 2021.

A ETA contém dois decantadores convencionais de fluxo longitudinal em paralelo. Cada decantador tem comprimento de 34,0 m, largura de cerca de 12,0 m e profundidade útil igual a 3,5 m, sendo assim cada decantador tem um volume total útil de decantação de aproximadamente 1430 m<sup>3</sup>, sendo o volume total dos dois decantadores de aproximadamente 2860 m<sup>3</sup>.

Esse volume (com a vazão de cerca de 220 L/s) resulta em um tempo de detenção celular de aproximadamente 4 horas.

**Figura 18 – Dois decantadores**



Fonte: Autoria própria, 2021.

A água é recolhida dos decantadores por uma calha que recolhe a água superficialmente, fazendo com que mesmo que haja algum arraste de flocos no decorrer do decantador seja mais difícil que ele passe para o processo de filtração.

**Figura 19 – Calha de recepção da água decantada já cristalina**



Fonte: Autoria própria, 2021.

Ao final do processo, cerca de 90% da turbidez já foi removida. Essa parte do processo chama bastante atenção porque a água já está muito cristalina e visivelmente limpa, mas isso não quer dizer que já está pronta para o consumo.

## **2.6. Filtração**

A água decantada é aduzida, através de canal comum, a quatro filtros do tipo rápidos de fluxo descendente, com meio filtrante de camada dupla formado por areia e antracito.

Cada filtro apresenta comprimento útil de cerca de 6,5 m e largura de cerca de 5,6 m, o que resulta em uma área total de filtração igual a cerca de 146 m<sup>2</sup> considerando os quatro filtros. A coleta da água filtrada pada a tubulação ocorre no fundo dos filtros.

Os filtros operam segundo regime hidráulico de taxa constante, ou seja, distribuição equitativa e constante de fluxo de água decantada para as quatro unidades, independentemente do estado de colmatação de seus leitos filtrantes.

Para a condição de operação atual da ETA (250 L/s), a taxa de filtração resultante é da ordem de 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por dia. Considerando-se que o valor mínimo de taxa de filtração recomendada para filtros de camada dupla de areia é da ordem de 240 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por dia, observa-se que os filtros atuais operam com taxa de filtração bastante conservadora, permitindo mais do que dobrar a vazão aplicada aos filtros sem o comprometimento das suas condições operacionais.

Com relação à lavagem do leito filtrante, esta é feita em média a cada 24 horas, a contra-corrente com a aplicação de ar e água. O ar é aplicado através de sopradores e a água é aduzida por gravidade a partir do reservatório elevado, utilizando água tratada para esse processo.

**Figura 20** – Um dos quatro filtros da ETA visto de frente



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 21** – Visão lateral de um dos filtros



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 22** – Tubulação da saída da água filtrada



Fonte: Autoria própria, 2021.

## **2.7. Desinfecção**

Mesmo que a água esteja visualmente limpa após a filtração ela ainda contém microorganismos patogênicos que podem causar várias doenças caso sejam ingeridos. A desinfecção, ou nesse caso a cloração, tem como objetivo remover ou destruir os microorganismos como vírus, bactérias, protozoários e helmintos ou vermes, evitando que os usuários abastecidos com água tratada sejam expostos a doenças como poliomielite, hepatite infecciosa, febre tifóide, disenteria bacteriana ou viral, leptospirose, cólera, disenteria amebiana, esquistossomose, ancilostomíase, entre muitas outras. A destruição desses microorganismos é feita por meio do rompimento da estrutura celular com a utilização de produtos químicos denominados agentes desinfetantes, que no caso dessa Estação de Tratamento de Água especificamente é o Hipoclorito de Sódio ( $\text{NaClO}$ ).

O cloro utilizado para o processo de desinfecção é produzido na própria ETA, utilizando geradores de cloro que funcionam por meio da eletrólise aquosa da salmoura.

O sal grosso é colocado manualmente em um reservatório de água, onde assim é preparada a salmoura. É de fundamental importância que o sal esteja diluído em água para que a corrente elétrica seja descarregada sobre as moléculas de cloreto de sódio (NaCl). Essa salmoura passa por um eletrodo que contém células eletrolíticas, onde ocorre a reação de dissociação. O processo de eletrólise em meio aquoso não é espontâneo, por isso precisa de uma corrente elétrica para induzir as reações de redução e de oxidação dos íons que estão dissolvidos na água.

**Figura 23 – Sistema de geração de cloro**



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 24 – Sacos de sal grosso armazenados**



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 25 – Reservatório de cloro produzido na ETA**



Fonte: Autoria própria, 2021.

## 2.8. Fluoretação

Diferentemente de todas as outras especificações seguidas para a qualidade da água que tomam por base a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde, a concentração de flúor presente na água tratada segue a Resolução SS-250 da Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo. O processo de fluoretação é feito através da aplicação de ácido fluossilícico concentrado ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ), e é feito por sistema totalmente automatizado, onde a vazão e dosagem do produto varia de acordo com a vazão da água tratada, fazendo com que os operadores da ETA tenham o mínimo contanto possível com o produto, que é bastante perigoso, e que sua quantidade dosada seja mais específica.

Segundo a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 e a Resolução SS-250, de 15 de agosto de 1995, o flúor deve ser obrigatoriamente aplicado em todos os sistemas de tratamento de água no Brasil como método de prevenção à cárie dental na população. As precárias condições sócio-econômicas do país tornam o difícil o acesso a produtos básicos de higiene bucal.

Assim, é preciso realizar a aplicação de flúor na água tratada como método de prevenção da cárie dental, onde através do consumo do flúor aumenta-se a resistência do esmalte dos dentes, pelo efeito bacteriostático e pela remineralização do esmalte do dente, mas é extremamente importante que sejam respeitadas as normas referentes à concentração mínima e máxima de íons de fluoreto. Quando presente em quantidade insuficiente, não é possível que ocorram as propriedades de defesa e de tratamento bucal e quando em excesso, pode causar problemas de saúde sérios, como a fluorose, que afeta drasticamente os ossos e os dentes.

No caso específico do Estado de São Paulo, o intervalo permitido da concentração de flúor na água tratada tem um intervalo muito pequeno, sendo a quantidade mínima permitida de 0,60 mg/L e a quantidade máxima de 0,80 mg/L, o que requer muita atenção dos operadores da ETA, pois qualquer pequena anormalidade pode resultar na inconformidade do resultado final do tratamento.

## 2.9. Reservação e Distribuição

A reservação é o processo final e é fundamental para o tratamento de água. Os reservatórios promovem o tempo de contato necessário para que os produtos químicos (cloro de qualquer espécie e flúor) reajam com a água filtrada, configurando as atividades de desinfecção e de fluoretação.

A ETA I possui três reservatórios denominados de: Quadrado (R1), Redondo (R1') e Elevado (T1) com capacidade de 1000 m<sup>3</sup>, 2000 m<sup>3</sup> e 250 m<sup>3</sup> respectivamente.

O reservatório R1' é responsável por abastecer apenas por gravidade e sem nenhuma espécie de bombeamento vários bairros que ficam nas proximidades da Estação de Tratamento de Água. O reservatório R1 tem quatro bombas, sendo que três delas abastecer reservatórios estratégicos localizados em outros bairros afastados da ETA e uma das bombas serve para abastecer o próprio reservatório T1. O reservatório elevado, além de abastecer regiões próximas à ETA, tem como função abastecer a retrolavagem dos filtros e é utilizado para o abastecimento interno da própria ETA, que tem demanda consideravelmente alta, onde o sistema de produção de cloro, por exemplo, utiliza cerca de 200 L/h de água tratada.

**Figura 27 – Reservatório Elevado (T1)**



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 28 – Reservatórios Redondo (R1') e Quadrado (R)**



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 29** – Casa de bombas do sistema de bombeamento do Reservatório Quadrado



Fonte: Autoria própria, 2021.

### **CAPÍTULO 3 – Análises Físico-Químicas**

Todas as análises laboratoriais realizadas na operação pertinentes ao tratamento de água são instrumentais e bastante simples e rápidas, e são realizadas em laboratório na própria ETA. Para a realização da análise turbidez utiliza-se um turbidímetro portátil de bancada, onde compara-se a água que se deseja analisar com uma amostra de água deionizada. Seu resultado é mostrado instantaneamente pelo aparelho em NTU.

**Figura 30 – Turbidímetro**



Fonte: Autoria própria, 2021.

Para análise de pH utiliza-se um pHmetro de bancada, onde após os devidos cuidados, claro, como limpeza do eletrodo com papel macio, simplesmente se coloca o eletrodo na amostra em que se deseja analisar e o resultado é dado instantaneamente no visor do aparelho.

**Figura 31 – pHmetro**

Fonte: Autoria própria, 2021.

As análises de cor aparente, cloro residual, flúor, ferro e manganês são realizadas no mesmo aparelho, nesse caso um colorímetro. O colorímetro para utilizado no laboratório efetua medição das cores e detecta os triestímulos dos componentes da cromacidade da cor. Para cada parâmetro são utilizados reagentes específicos que em contato com o elemento a ser analisado, e é feita a comparação entre as cores da água a ser analisada, com a adição dos reagentes, e de uma amostra de água deionizada, com a mesma quantidade e os mesmos reagentes.

Para a análise de cor aparente, só é feita a comparação entre as amostras de água a ser analisada e da água deionizada. Nessa caso não é necessário utilizar nenhum tipo de reagente.

Para a análise de ferro adiciona-se um sachê de 0,1 g de reagente Ferrover, reagente comprado já pronto, que vem em pó e embalado em sachês individuais, e serve para a determinação de ferro total solúvel incluindo as formas  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$ , assim como compostos complexados de Ferro (Fe-EDTA) e ferro em presença de cobre.

Para a análise de cloro residual também adiciona-se um sachê de 0,1 g de reagente pronto e embalado, pra esse caso o DPD, um reagente orgânico composto de N,N-dietil-p-fenilenodiamina. O Cloro Residual Livre reage instantaneamente com o indicador DPD, produzindo uma cor rosada.

Para a análise de flúor utiliza-se 2 mL de uma solução chamada de Spadns para cada 10 mL de amostra. O reagente é líquido, onde o método colorimétrico se baseia na reação entre o fluoreto e o corante zircônio. O reagente Spadns tem cor avermelhada bastante escura, e quando fluoreto reage com o corante, dissocia-se uma porção em um complexo aniônico sem cor ( $\text{ZrF}_6^{2-}$ ). A quantidade de fluoreto é inversamente proporcional à cor produzida, portanto quanto maior a quantidade de flúor, mais clara a cor da amostra analisada.

Para cada análise de manganês primeiro adiciona-se um sachê de 0,1 g de ácido ascórbico, que vai reduzir todas as formas oxidadas a  $\text{Mn}^{2+}$ . Depois adiciona-se 1 mL de cianeto alcalino, também fornecido em sachês de 0,1 g, e por fim adiciona-se 1 mL de PAN indicador (Piridil Azo Naftol), que se vai se combinar com os íons  $\text{Mn}^{2+}$  presentes na solução, formando um complexo corado laranja.

**Figura 32 – Colorímetro**



Fonte: Autoria própria, 2021.

## **CAPÍTULO 4 – Parâmetros Analisados em Laboratório**

Após todo o processo de tratamento, para que a água tratada esteja totalmente apta a ser distribuída para a população, segundo a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, sete parâmetros específicos devem estar dentro da faixa permitida para que a água seja considerada potável, ou seja, própria para o consumo humano. Além de serem monitorados durante 24 horas por dia pela operação da ETA, esses parâmetros também são fiscalizados pelo Controle de Qualidade da própria empresa (setor totalmente independente da operação e com estrutura organizacional totalmente diferente), e pelo Departamento de Vigilância Sanitária da cidade de Jaú.

**Quadro 01** - Especificações de qualidade da água tratada segundo a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde e a Resolução SS-250 da Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo.

| <b>Especificação da Água Tratada</b> |                        |
|--------------------------------------|------------------------|
| <b>Parâmetro</b>                     | <b>Faixa Permitida</b> |
| Cor Aparente (mg/L de Pt/Co)         | ≤ 15,00                |
| pH                                   | 6,0 a 9,5              |
| Turbidez (UNT)                       | ≤ 0,5                  |
| Flúor (mg/L)                         | 0,60 a 0,80            |
| Cloro Residual Livre (mg/L)          | 0,2 a 2,0              |
| Ferro                                | ≤ 0,1 mg/L             |
| Manganês                             | ≤ 0,3 mg/L             |

Fonte: Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021; Resolução SS-250 de 15 de agosto de 1995.

**Turbidez:** A turbidez é o resultado da dificuldade de um feixe de luz atravessar a água, e essa dificuldade ocorre pela presença de sólidos suspensos na água, que lhe dão uma aparência turva. O turbidímetro compara o espalhamento de um feixe de luz ao atravessar a amostra presente na cubeta, e quanto maior o espalhamento, maior será o resultado da turbidez.

**Cor Aparente:** Partículas pequenas dão cor à água, que podem ser pela decomposição orgânica (vegetais e algas) ou inorgânica, esgotos industriais e domésticos, húmus ou compostos de ferro e manganês. As cores variam conforme composta: em estado puro, é azulada; rica em ferro, se torna arroxeada; rica em manganês, fica negra; rica em ácidos húmicos, é amarelada. A medida da cor da água é realizada com soluções de platina-cobalto. Uma unidade de cor equivale à produzida

por 1mg/L de platina.

pH: O pH é uma unidade que demonstra o grau de acidez ou alcalinidade da água. Resultados menores que 7 indicam acidez, iguais a 7 significam que o pH é neutro e resultados maiores que indicam alcalinidade.

As águas naturais têm diferentes faixas de pH, e essa variação ocorre de acordo com as características do solo da região ou por bastante atividade fotossintética, como por exemplo a floração de algas que tende a aumentar o pH do meio em que vivem.

Ferro e Manganês: As moléculas de ferro e manganês geralmente encontram-se em águas subterrâneas e em grande quantidade por serem os materiais mais abundantes presentes na crosta terrestre. Dependendo do tamanho de suas moléculas, tanto o ferro quanto o manganês podem ser encontrados complexados à matéria orgânica, o que torna a estabilidade dos metais maior e consequentemente dificulta suas remoções.

Cloro Residual: Por ser responsável por desativar ou destruir agentes e microorganismos patógenos, é importante que a água seja distribuída com uma quantidade mínima de cloro livre, o que é um dos principais fatores que garante sua segurança para o consumo.

Flúor: Se o flúor é ingerido em quantidades abaixo do recomendado, não tem eficácia no combate às cáries, e se consumido em quantidade acima do permitido, apresenta alta toxicidade e pode causar fluorose, que pode causar desde pequenos problemas como manchas no esmalte dos dentes até problemas mais sérios, causando perda localizada do esmalte dental associada ou não a pigmentação e problemas ósseos.

## **Capítulo 5 – METODOLOGIA**

Essa didática para o ensino de Química foi planejada utilizando como base em três etapas distintas com enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente), com aulas realizadas dentro da própria escola, com caráter teórico e prático, chamadas de aula pré-campo (SENICIATO & CAVASSAN, 2004), uma aula de campo realizada no espaço não formal de ensino escolhido para a atividade, no caso a Estação de Tratamento de Água da cidade de Jaú, e aula pós campo, realizada

na escola, quando deve-se explorar os resultados obtidos na atividade, com a retomada do conteúdo ministrado no pré-campo, além de promover debates com os alunos, relembrando as observações e dados coletados no campo para fomentar a fixação do conteúdo, observando a percepção dos alunos sobre a atividade desenvolvida como um todo..

**Quadro 02 – Sequência em três etapas da aula de campo**

| <b>Sequência em Três Etapas</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pré-Campo                       | Aulas pré-campo, onde ocorre o primeiro contato dos alunos sobre o assunto, para que tenham conhecimento prévio sobre os processos físico-químicos que ocorrem dentro da estação de tratamento de água.                                                                                                                                                         |
| Campo                           | Aula de campo, onde os alunos conhecerão todo o processo responsável pela produção de água potável para a população, relacionando a importância tecnologia empregada nos processos, quais os processos científicos são utilizados, a importância da distribuição de água potável para a sociedade e os impactos do saneamento e da falta dele ao meio ambiente. |
| Pós-Campo                       | Aula pós-campo, para questões e debates para fixação do conteúdo e avaliação.                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Fonte: Autoria própria, 2021.

De acordo com Seniciato e Cavassan (2004), a aula de campo se configura como um método de ensino organizado em três momentos: pré-campo, campo e pós-campo, que alia aspectos educacionais e afetivos, levando a uma aprendizagem mais contextualizada. Essa aula deve mostrar a natureza do conhecimento científico como fruto do raciocínio lógico, e contribui na construção e revisão de valores e regras morais.

Uma ação pedagógica planejada baseada na metodologia de aula de campo, através do ensino dos processos físico-químicos utilizados para que seja demonstrado todo o processo que garante que a água seja fornecida para a população com qualidade para que seja consumida com segurança deve fazer a relação entre Ciência e Tecnologia, e através da contextualização da importância de todo o processo, deve abranger dimensões sociais, culturais, econômicas e ambientais, considerados através do ponto de vista do movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

Segundo LOUREIRO, LAYRARGUES E CASTRO, 2011, p. 73,

[...] uma práxis educativa e social que tem por finalidade a construção de valores, conceitos, habilidades e atitudes que possibilitem o entendimento da realidade de vida e a atuação lúcida e responsável de atores sociais individuais e coletivos no ambiente.

Segundo o PCN – Meio Ambiente (1999, p. 21):

A principal função do trabalho com o tema Meio Ambiente é contribuir para a formação de cidadãos conscientes, aptos a decidir e atuar na realidade socioambiental de um modo comprometido com a vida, com o bem-estar de cada um e da sociedade, local e global. Para isso é necessário que, mais do que informações e conceitos, a escola se proponha a trabalhar com atitudes, com formação de valores, com o ensino e aprendizagem de procedimentos. E esse é um grande desafio para a educação. Gestos de solidariedade, hábitos de higiene pessoal e dos diversos ambientes, participação em pequenas negociações são exemplos de aprendizagem que podem ocorrer na escola.

Quando se trata de uma prática de estudo que envolve processos ambientais, as atividades devem ser aplicadas de forma que a aula de campo possa abranger a perspectiva ambiental como um sistema complexo das interações da base natural e social (CARVALHO, 2001 *apud* VIVEIRO e DINIZ, 2009). Tomando isso por base, entende-se a necessidade da interferência da educação escolar na maneira de pensar e avaliar as relações que envolvem sociedade, meio ambiente e natureza, e dentro dessa conjuntura, as atividades de campo devem ser bastante relevantes no sentido de atuarem de maneiras:

“...fundamentais à compreensão das questões ambientais em sua complexidade, propiciando uma visão articulada das diferentes esferas de repercussão de um problema ambiental em estudo. Isto favorece a compreensão dos problemas socioambientais na escola, bem como contribui para a formação de cidadãos críticos e participativos em busca da melhoria da qualidade de vida” (SANTOS e COMPIANI, 2005, p. 2 *apud* Viveiro e Diniz, 2009).

### 5.1. A Etapa Pré-Campo

A primeira etapa de todo o processo, a etapa do Pré-campo, deve ser realizada na própria escola, através de aulas expositivas com a de alunos que posteriormente irão participar da visita ao espaço não formal. Essa aula é fundamental porque é o momento que vai gerar o primeiro contato dos alunos com o tema e consequentemente a problematização inicial, e é quando vai ser produzido um estudo prévio sobre os processos do tratamento de água, sobre os parâmetros que definem a qualidade da água e a importância do tratamento de água para obtenção de água potável. Nessa proposta de prática pedagógica, essa parte foi dividida em três aulas, para que haja tempo hábil para ministrar todos os conteúdos pertinentes à aula de campo, para facilitar a compreensão de todos os processos que serão vistos na visita.

Essa primeira parte trará conhecimentos específicos sobre como será a visita ao espaço não formal, através de um estudo prévio sobre o como é feito o tratamento de água para o consumo humano. Deve ser mostrada a temática que será estudada, relacionando com conhecimentos específicos do ensino de Química pertinentes ao 2º ano do ensino médio presente na BNCC (Base Nacional Comum Curricular) e no Currículo Paulista, e como apoio também pode ser realizada uma aula experimental, com intuito de ampliar sua compreensão para a aula de campo que virá a seguir.

Seguindo esse trabalho como guia, dessas três primeiras aulas pré-campo, as duas primeiras expositivas terão 50 minutos cada, e devem ser ministradas aos alunos os conceitos sobre os processos de separação de misturas, solubilidade e de transformação, processos envolvidos no tratamento da água para consumo humano como filtração, flotação, cloração e o correção de pH.

Na terceira aula, também de 50 minutos, é realizada uma aula prática e de caráter investigativo, tomando por base o preceito de que através da atividade experimental pode-se proporcionar um significado prático ao conceito teórico. O objetivo é levar aos alunos exemplos do cotidiano para que seja feita essa relação dos fenômenos observados em teoria, que no ensino de Química podem ser muito abstratos para os estudantes, com a prática. Levando-se em conta a realidade da maioria das escolas públicas, e considerando que o ensino deve ser uma ferramenta de democratização do conhecimento, a aula pode ser realizada independentemente da existência ou não de um laboratório de ciências na escola, e foi planejada para ser realizada com a utilização de materiais de custo muito baixo, como garrafas PET por exemplo.

## 5.2. Etapa de Campo

Essa etapa é quando todo o conhecimento adquirido através das aulas formais são utilizados. Ela é muito importante para o processo, porque é nela que os alunos irão presenciar e conhecer *in loco* os processos e a importância do processo de tratamento de água para saúde humana e, conseqüentemente, para a sociedade e para a sustentabilidade ambiental.

Em uma aula de campo, deve se manter a preocupação em realizar as atividades com cautela e objetivos pré delimitados, dando atenção ao enfoque CTSA e estimulando a participação dos alunos nas discussões. O direcionamento de uma aula de campo abrange a quebra do ambiente com o autoritarismo, que sempre está presente na sala de aula, onde o professor está em posição de domínio sobre os alunos, sendo que em campo a aula é mais aberta, onde as hierarquias estão menos evidentes e apesar de ser o principal mediador, o professor não está na posição de monopolizador do conhecimento. Assim, a aula de campo prolonga a contribuição teórica, permitindo o contato direto dos alunos com a realidade, investigativo e buscando a resolução dos problemas por meio da orientação do professor, levantando questionamentos e hipóteses e decidindo por si quais métodos utilizará para alcançar os resultados. Para essa aula, os alunos devem levar cadernos para anotação, que serão utilizados como "diários de bordo", para que sejam feitas anotações sobre os conceitos que eles acharem mais importantes durante a aula no espaço não formal.

**Quadro 03** – Técnicas e instrumentos de coleta de dados durante a visita

| <b>Técnicas Investigativas</b> | <b>Instrumentos</b>                                                    |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Observação                     | Visualização e compreensão dos processos observados na ETA.            |
| Perguntas                      | Informações adquiridas questionando o professor e funcionários da ETA. |
| Relatos                        | Anotações produzidas nos diários de bordo dos alunos.                  |

Fonte: Adaptada de Educação Química na Estação de Tratamento de Água: Uma Práxis Pedagógica no Ensino Médio Público com Enfoque CTSA (2016).

### **5.3. Etapa Pós-Campo**

A aula pós campo deve ser realizada ao retornar para a escola, sendo portanto mais uma aula em espaço formal. Na aula pós-campo deve ocorrer a organização dos conhecimentos teórico e prático de maneira incorporada. Nessa etapa os alunos podem utilizar as anotações realizadas nos diários de bordo, com base em observações e questionamentos feitos ao professor e aos funcionários da ETA. Pode ser feito um pequeno debate, dando oportunidade para que cada grupo de alunos na sala de aula fizesse uma pequena exposição sobre as etapas anteriores da sequência didática: Pré-campo e Campo. Recomenda-se fazer perguntas abertas do tipo “Como vocês imaginavam que era o processo de tratamento de água?”, “O que você aprendeu?” ou “O que mais te chamou a atenção?” para catalisar o debate. Essas perguntas sem muita especificidade são um meio interessante de gerar debates sobre a visita, onde serão discutidos os diferentes pontos de vista de cada um dos alunos. Promover essa revisão de pensamentos e conceitos após a visita ao espaço não formal pode dar um novo sentido aos fatos e aos conteúdos programáticos.

Além da avaliação contínua, é muito importante que na aula pós-campo seja realizada a avaliação da aula de campo, de suas perspectivas e da aprendizagem do alunos que participaram da aula de campo. Esse método de avaliação está evidenciado no quadro a seguir (Quadro 04).

### **5.4. Plano de Aula**

**Quadro 04** – Plano de Aula Proposto Para a Atividade

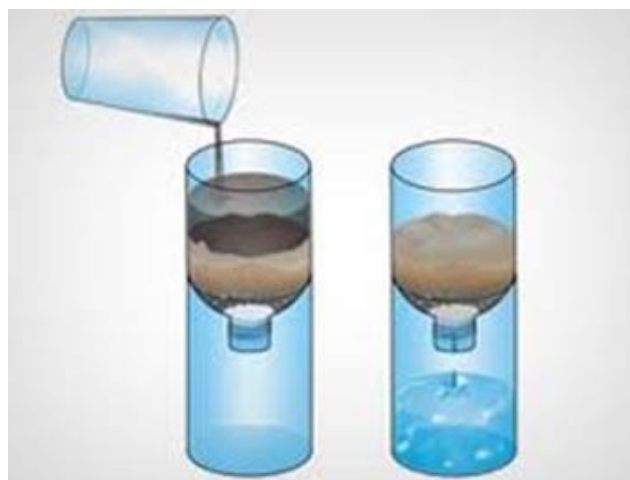
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tema</b>                  | Tratamento de Água / Processos de Separação de Misturas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Nível de Ensino</b>       | 2ª Série do Ensino Médio.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Duração Prevista</b>      | 5 aulas de 50 minutos cada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Habilidades</b>           | Aplicar conceitos de separação de misturas, de solubilidade e de transformação química para compreender os processos envolvidos no tratamento da água para consumo humano.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Objetivos</b>             | Conhecer e compreender os processos teóricos pertencentes ao Tratamento de Água por filtração, flotação, cloração e conceitos de pH.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Aula 1:<br/>Pré Campo</b> | <p><b>Metodologia de Ensino:</b> Expositiva dialogada.</p> <p><b>Cronograma:</b> Organização Da classe: 5 min. / Brainstorming: 10 min. / Introdução teórica: 35 min.</p> <p><b>Plano da Ação:</b> No início da primeira aula o professor deve realizar um brainstorming, colocando aos alunos os seguintes questionamentos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- O que é uma substância?</li> <li>2- O que é uma mistura?</li> <li>3- Existem misturas sólidas?</li> <li>4- Quem pode dar exemplos de misturas?</li> </ol> <p>Após a realização do debate inicial, o professor deve fazer introduzir a teoria de acordo com o conteúdo programático sobre Misturas e Separação de Misturas, onde devem ser abordadas os conceitos de misturas homogêneas e heterogêneas e os processos de separação de misturas por decantação e filtração.</p> <p>Por ser a primeira aula ministrada sobre o conteúdo, é importante que se faça relações das misturas presentes no dia a dia dos alunos. Essa aula pode ser realizada usando lousa e giz para fazer modelos e ilustrações.</p> <p>Quando for ministrado o assunto sobre misturas heterogêneas deve ser citado o caso entre água e óleo e questionar qual a quantidade de fases é possível visualizar neste caso. Ao tratar de misturas homogêneas, deve-se falar sobre água + sal e realizar o questionamento de quantas fases é possível visualizar. Também é recomendado comparar os casos, fazendo a diferenciação do exemplo da água e óleo. Sobre o processo de separação, pode ser mostrado o exemplo da filtração do preparo de café; para falar sobre o processo de decantação é possível citar o preparo de sucos.</p> <p><b>Recursos Didáticos:</b> Livro didático, giz e lousa.</p> <p><b>Material de apoio:</b> Livro didático: MACHADO, A. H.; MORTIMER, E. F. Química – Ensino Médio, volume 1. Manual do professor. Editora Ática Scipione. 2018. Disponível em: <a href="https://www.aticascipione.com.br/pnld/edital/pnld-2018/obra/1458001/">https://www.aticascipione.com.br/pnld/edital/pnld-2018/obra/1458001/</a>.</p> <p>Khan Academy – Misturas e Separação de Misturas. Disponível em: <a href="https://pt.khanacademy.org/science/6-ano/materia-e-energia-6-ano/separacaomisturas/a/separacao-de-misturas">https://pt.khanacademy.org/science/6-ano/materia-e-energia-6-ano/separacaomisturas/a/separacao-de-misturas</a>.</p> |
| <b>Aula 2:<br/>Pré Campo</b> | <p><b>Metodologia de Ensino:</b> Expositiva dialogada.</p> <p><b>Cronograma:</b> Organização Da classe: 5 min. / Brainstorming: 10 min. / Introdução teórica: 35 min.</p> <p><b>Plano da Ação:</b> No início dessa segunda aula, o professor realizará mais um brainstorming, onde podem ser feitos as seguintes questões:</p> <p>De onde vem a água que chega até as torneiras de nossas casas?</p> <p>Como podemos saber se essa água pode ser consumida por nós?</p> <p>O que poderia acontecer se nossas casas fossem abastecidas com água sem nenhum tipo de tratamento?</p> <p>Depois, o professor iniciará a introdução sobre a teoria de como é realizado o processo de tratamento de água e como funciona uma estação de tratamento de água. Devem ser mostradas todas as fases do tratamento, desde a captação da água do rio até a distribuição após o tratamento, comentando sobre os benefícios da tecnologia adequada para o processo.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | <p>O professor deve explicar os processos de coagulação e floculação, sempre relacionando os conceitos de mistura heterogênea apresentado na aula 1, o processo de decantação relacionando também com o conceito de decantação visto na aula 1, o processo de filtração, lembrando o conceito de filtração ministrado na aula 1, o processo de desinfecção e fluoretação, relacionar com os conceitos de mistura homogênea e sobre as patologias causadas pelos microorganismos presentes na água não desinfetada, o armazenamento e a distribuição da água.</p> <p>É recomendado mostrar aos alunos uma imagem representativa que ilustre todos os processos de uma estação de tratamento de água. É fundamental incentivar a participação dos alunos e realizar questionamentos que possam promover reflexões sobre os atos muitas vezes feitos pelos seres humanos, que demonstram a total desvalorização deste recurso natural tão importante, como por exemplo: “Qual o impacto ocorre quando jogamos lixo no rio? Por que isso deve ser evitado?”.</p> <p><b>Recursos Didáticos:</b> Lousa, giz, livro didático, retroprojeto.</p> <p><b>Material de apoio:</b><br/>Educação Ambiental e Cidadania - Tratamento de água. Disponível em: <a href="http://www.usp.br/qambiental/tratamentoAgua.html">http://www.usp.br/qambiental/tratamentoAgua.html</a><br/>Esquadrão do conhecimento: Estação de Tratamento de Água - Etapas. Disponível em: <a href="https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/estacao-detratamento-de-agua-eta-etapas/">https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/estacao-detratamento-de-agua-eta-etapas/</a><br/>Khan Academy – Tratamento de água e esgoto. Disponível em: <a href="https://pt.khanacademy.org/science/5-ano/materia-e-energia-a-gua-na-terra/o-papel-da-gua-na-terra/v/tratamento-de-agua-e-esgoto">https://pt.khanacademy.org/science/5-ano/materia-e-energia-a-gua-na-terra/o-papel-da-gua-na-terra/v/tratamento-de-agua-e-esgoto</a>.</p> |
| <b>Aula 3:<br/>Pré Campo</b> | <p><b>Metodologia de Ensino:</b> Experimental investigativa.</p> <p><b>Cronograma:</b> Organização da classe e divisão em grupos: 5 min. / Revisão teórica dos processos vistos nas duas aulas anteriores: 10 min. / Realização do experimento: 35 minutos.</p> <p><b>Plano da Ação:</b><br/>Experimento 1 - Em qualquer recipiente transparente, como uma garrafa PET, cada grupo deve adicionar pelo menos 100 mililitros de água da torneira com a mesma quantidade de óleo de cozinha.</p> <p>Experimento 2 - Em outro recipiente, como um copo de vidro por exemplo, deve-se misturar uma pequena quantidade de sal de cozinha em uma quantidade relativamente grande de água, no caso enchendo o copo quase ao ponto de derramar.</p> <p>Experimento 3 – Para a realização do experimento 3 deve ser construído um filtro de água. Com uma tesoura sem ponta, deve-se cortar uma garrafa PET ao meio. A parte da tampa da garrafa deve ser encaixada de cabeça pra baixo na parte de baixo da garrafa, formando uma espécie de funil. No “funil” deve ser colocada uma camada de cerca de 3 dedos de pedregulhos e mais uma camada de cerca de 3 dedos de areia fina. As pedras devem ser lavadas antes de serem colocadas no funil. Em dois recipientes transparentes deve ser colocados cerca de um copo de água da torneira em cada um, e em seguida uma ou duas colheres de terra para que se suje a água. O conteúdo de um dos copos deve ser colocado no filtro. O recipiente deve ser lavado e após o processo de filtração a água filtrada deve ser colocada no mesmo recipiente. Os dois recipientes, um com água suja e outro com água tratada devem ser colocados lado a lado e comparados.</p> <p><b>Materiais:</b> Garrafas PET, tesouras sem ponta, areia e pedras de construção civil, água da torneira, óleo e sal de cozinha.</p>                                                                                                                                                                                              |
| <b>Aula 4:<br/>Campo</b>     | <p><b>Metodologia de Ensino:</b> Expositiva dialogada.</p> <p><b>Cronograma:</b> Visita ao espaço não formal: 6 horas.</p> <p><b>Plano da Ação:</b> Nessa aula é quando ocorre a visita à Estação de Tratamento de Água, guiada pelo professor e acompanhada por pelo menos um funcionário da ETA. Os alunos devem utilizar cadernos de anotação como “diários de bordo” para relatarem as principais experiências desenvolvidas na aula. Devem ser mostrados todos os processos que ocorrem na estação e qual a sua importância para os moradores, para a sociedade como um todo e para a economia, indústria, quais as tecnologias utilizadas e qual a sua importância para</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | o meio ambiente. A aula deve ser expositiva e dialogada de forma que os alunos possam expressar seus conhecimentos adquiridos nas três aulas pré-campo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Aula 5:<br/>Pós Campo</b> | <p><b>Metodologia de Ensino:</b></p> <p><b>Cronograma:</b> Organização da classe: 5 min. / Debates sobre a visita: 40 min. / Instruções sobre o relatório avaliativo: 5 min.</p> <p><b>Plano da Ação:</b> Nessa etapa deve ser gerada uma discussão onde os alunos devem ter bastante liberdade para escolher os temas.</p> <p>Podem ser utilizadas questões genéricas como “O que mais te chamou a atenção durante a visita?” ou “Como você imaginava que era feito o tratamento de água e quais as principais diferenças com a realidade?”</p> <p><b>Avaliação:</b> A avaliação deve ser feita de duas maneiras: O primeiro critério avaliativo deve ocorrer continuamente e durante todos os processos de explanação do conteúdo, sendo feito pela observação da participação do aluno dentro das 5 aulas, durante os debates e reflexões e de seu desempenho em todas as dinâmicas. O segundo critério avaliativo deve ser um relatório completo, com duas partes, realizado em grupo, sendo uma sobre os experimentos realizados na aula 3 e outra sobre a visita, utilizando as anotações realizadas no diário de bordo.</p> |

Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 33** – Demonstração de como as metades da garrafa devem se encaixar para a construção do filtro de água



Fonte: <https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/f5b472fa004d1cf295dda132e88cb5f5.jpg>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Jaú possui uma população de aproximadamente 151,8 mil habitantes e destes os imóveis de cerca de 80 mil são abastecidos pela Estação de Tratamento de Água - “ETA I”. O restante é abastecido por outra ETA, com capacidade de produção bem menor e mais 16 poços.

Compreender a importância desta ETA para a cidade e entender sua incorporação integrada aos conteúdos curriculares no ensino médio é importante e

deve auxiliar na superação do raciocínio técnico e do olhar parcial e fragmentado da ciência. Segundo Auler (2011), durante muito tempo o ensino de ciências foi norteado apenas pelo ponto de vista da Ciência e da Tecnologia, sem a inclusão da sociedade.

A sequência didática de ensino de Química planejada com base em três etapas distintas, pré-campo, campo e pós-campo é fundamental para cumprir os aspectos curriculares previstos no ensino de química do ensino médio. Como relata Thomaz Júnior (1992, p. 21), o trabalho de campo é uma maneira concreta de se viabilizar teoricamente o propósito de ultrapassar a reflexão ocorrida na sala de aula, como alternativa de executar ou praticar a observação da realidade, e portanto, é um momento único no exercício da práxis teórica.

Essa metodologia de ensino deve ser dinâmica, ativa, produzida na perspectiva da práxis, isto é, articulando teoria e prática, introduzindo os conteúdos de Química e articulando às etapas do processo de tratamento de água para o consumo humano (captação e adução, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e reservação e distribuição) e aos conceitos de separação de misturas, de solubilidade, de transformação química e de pH. Articular a teoria com a prática consciente tornam as aulas de campo um atrativo integrador do conhecimento, dotando o estudante de competências para analisar um mesmo objeto de estudo, a partir das contribuições de várias disciplinas (SILVA, SILVA, VAREJÃO, 2010).

Essa aproximação entre conteúdos e educação não formal serve para promover questões sociocientíficas, articulando experiências cotidianas e a visualização da prática onde ela acontece, através de uma visita guiadas. O enfoque CTSA quando as questões sociocientíficas, sócio-tecnológicas, socioambientais, socioeconômicas, sócio-históricas e socioculturais, todas devem ser abordadas durante a prática pedagógica, muito além dos conteúdos programáticos de Química.

Com base nessas discussões estabelecidas, deve tornar-se viável estabelecer conexões entre os pressupostos das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (2013) e a aula de campo realizada na Estação de Tratamento de Água. Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (2013, p. 5), durante a prática pedagógica, devem ser percorridas as seguintes linhas temáticas:

- I – as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura como eixo integrador entre os conhecimentos de distintas naturezas, contextualizando-os em sua dimensão histórica e em relação ao contexto social contemporâneo;
- II – o trabalho como princípio educativo, para a compreensão do processo

histórico de produção científica e tecnológica, desenvolvida e apropriada socialmente para a transformação das condições naturais da vida e a ampliação das capacidades, das potencialidades e dos sentidos humanos;

III – a pesquisa como princípio pedagógico, possibilitando que o estudante possa ser protagonista na investigação e na busca de respostas em um processo autônomo de (re)construção de conhecimentos.

IV – os direitos humanos como princípio norteador, desenvolvendo-se sua educação de forma integrada, permeando todo o currículo, para promover o respeito a esses direitos e à convivência humana.

V – a sustentabilidade socioambiental como meta universal, desenvolvida como prática educativa integrada, contínua e permanente, e baseada na compreensão do necessário equilíbrio e respeito nas relações do ser humano com seu ambiente.

No que diz respeito a educação não formal proposta por Gohn (2006), é possível desenvolver uma série de processos como a consciência e organização de como agir em grupos coletivos; a construção e reconstrução de concepção(ões) de mundo e sobre o mundo; a contribuição para um sentimento de identidade com uma dada comunidade; forma o indivíduo para a vida e suas adversidades (e não apenas capacita-o para entrar no mercado de trabalho); quando presente em programas com crianças ou jovens adolescentes a educação não-formal resgata o sentimento de valorização de si próprio (o que a mídia e os manuais de autoajuda denominam, simplificadamente, como a autoestima); ou seja dá condições aos indivíduos para desenvolverem sentimentos de auto valorização, de rejeição dos preconceitos que lhes são dirigidos, o desejo de lutarem para ser reconhecidos como iguais (enquanto seres humanos), dentro de suas diferenças (raciais, étnicas, religiosas, culturais etc.); os indivíduos adquirem conhecimento de sua própria prática, os indivíduos aprendem a ler e interpretar o mundo que os cerca.

O espaço onde se educa, tanto de maneira formal quanto não formal, é um espaço de formação crítica e não apenas um “depósito de conteúdos”, onde deve se reinventar e é importante que se integre espaços de formação alternativos ao sistema formal de educação, negando sua forma hierarquizada em uma estrutura de mando e subordinação, e educando as diferentes rebeldias que negam hoje as relações sociais capitalistas, é educar para mudar radicalmente nossa maneira de produzir e de reproduzir nossa existência no planeta, portanto, é uma educação para a sustentabilidade.

O ensino deve vincular teoria e prática, porque essa é uma circunstância fundamental para o aprendizado. Freire afirma que:

O importante é ir teorizando até onde o grupo pode digerir. E pode digerir até

onde chegou com sua prática. Não adianta ir construindo todo um andaime teórico para depois colocar-lhe a prática, mas sim ir construindo a teoria junto com a prática. Talvez seja esse o caminho que o educador deve percorrer com seu grupo de educandos. (FREIRE, 1991, p. 63).

Assim, conclui-se que a educação Química com compromisso com a cidadania realizada na Estação de Tratamento de Água aproxima-se dos pressupostos e fundamentos das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica (BRASIL, 2013).

## REFERÊNCIAS

Alves, R. **Conversas Com Quem Gosta De Ensinar**. São Paulo, Cortez, 1980. Editora e Editora Autores Associados.

CARVALHO, L. M. de. **A Educação Ambiental e a formação de professores**. In: MEC ; SEF, Panorama da educação ambiental no ensino fundamental / Secretaria de Educação Fundamental – Brasília :, 2001. 149 p. : il.

Diário Oficial da União - Ministério da Saúde/Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Publicado em: 07/05/2021, Ed: 85, Seção: 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

FREIRE, Paulo et al. **O processo educativo segundo Paulo Freire e PichonRiviére**. Tradução de Lúcia Mathilde E. Orth. 3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1991, 80 p.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia – Saberes Necessários à Prática Educativa**. 43ª Ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

Gohn, M. G. **Educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas**. Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v. 14, n. 50, p. 27-38, jan.-mar. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/s5xg9Zy7sWHxV5H54GYydfQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

Presidência da República. Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº. 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso em: 01 de agosto de 2021.

LIMA, Venício A. de. **Comunicação e Cultura: as ideias de Paulo Freire**. 2ª Ed. Brasília: Universidade de Brasília: Fundação Perseu Abramo, 2011.

LÓPEZ, J. L. L.; CEREZO, J. A. L. **Educación CTS en acción: enseñanza secundaria y universidad**. In: GARCÍA, M. I. G.; CEREZO, J. A. L.; LÓPEZ, J. L. L. Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Editorial Tecnos S. A., 1996.

LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (Orgs.). **Repensar a educação ambiental: um olhar crítico**. São Paulo:Cortez, 2009.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009. (Coleção Docência em Formação. Série Ensino Médio).

ONU. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados**. Genebra, 2021. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por). Acesso em: 01 de agosto de 2021.

Prefeitura Municipal de Jaú. **Plano Municipal de Saneamento**. Jaú, SP. Prefeitura Municipal de Jahu, 2012, 592 p. Disponível em: <http://www.saemja.jau.sp.gov.br/saneamento/plano-de-saneamento-basico-jahu-final.pdf>. Acesso em: 04 de agosto de 2021.

SANTOS, V. M. N.; COMPIANI, M. **Formação de professores: desenvolvimento de projetos escolares de educação ambiental com o uso integrado de recursos de sensoriamento remoto e trabalhos de campo para o estudo do meio ambiente e exercício da cidadania**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. **Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira**. Ensaio – pesquisa em educação em ciências, v. 2, n. 2, p.133-162, 2000.

SANTOS, W.L.P. **Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica**. Ciência & Ensino, v. 1, número especial, p. 1-12, 2007.

Secretaria de Estado da Saúde. **Resolução SS-250, de 15-08-95**. Publicado em D.O.E.; Seção I; São Paulo, em 16/08/95, 1 p. Disponível em: <https://daejudiai.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Resolu%C3%A7%C3%A3o-SS-250-1995.pdf>. Acesso em: 04 de agosto de 2021.

SENICIATO, T.; CAVASSAN, O. **Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências – um estudo com alunos do ensino fundamental**. Ciência & Educação. vol. 10, n. 1, p. 133-147, 2004.

SILVA, J. S. R.; SILVA, M. B.; VAREJÃO, J. L. **Os (des)caminhos da educação: a importância do trabalho de campo na Geografia**. Vértices. Campos dos Goytacazes, v.12, n.3, p. 187-197, set./dez. 2010.

SIMSON, Olga Rodrigues Moraes von; PARK, Margareth Brandini; FERNANDES, Renata Sieiro, (org.). **Educação não formal: cenários da criação**. Campinas: Ed. Unicamp/CMU, 2001a. 315p.

THOMAZ JÚNIOR, Antônio. **Trabalho de campo: o laboratório por excelência do geógrafo**. In: Geografia passo-a-passo: ensaios críticos dos anos. Presidente Prudente: Centelha, 2005.

VIEIRA, V. S.; BIANCONI, M.L; DIAS, M. **Espaços Não-Formais de Ensino e o Currículo de Ciências**. Revista Ciência e Cultura (SBPC), Brasil, v. 57, p. 21-23, 2005. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v57n4/a14v57n4.pdf>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

VIVEIRO, Alessandra Aparecida; DINIZ, Renato Eugênio da Silva. **Atividades de campo no ensino das ciências e na educação ambiental: refletindo sobre as potencialidades desta estratégia na prática escolar**. Ciência em Tela. v.2, n.1, 2009.

WHO – World Health Organization. **Manganese in Drinking-water**. Geneva, 2011, 29 p. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/manganese.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf). Acesso em 01 de agosto de 2021.