

**CONSTRUÇÃO DE UM FOTÔMETRO DE BAIXO CUSTO E UTILIZAÇÃO NO ÂMBITO DA SALA DE AULA DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO ESTADUAL COMO INDUTOR DE CONCEITOS E APLICAÇÕES EM ANÁLISES QUÍMICAS DE ÁGUAS E EFLUENTES.**

**Glicia Alves Aleixo**

Atuou como responsável técnica e analista de controle e garantia de qualidade na área de Química industrial desde 2005 até 2019 em empresas químicas de diversos segmentos. Iniciou no magistério em 2011, passando por instituições de ensino privadas e públicas, estaduais e municipais, atendendo a componentes curriculares como: Química, Tecnologia de Processos e Análise Físico-Química de Águas e Efluentes. Hoje, é acadêmica do programa de mestrado profissional em Química da Universidade Estadual de São Paulo, *campus* de Araraquara.

Rua Santo Marinelli, 291 – Casa 4 – Jardim Princesa – Praia Grande – São Paulo – CEP: 11711-565 – Brasil – tel: +55 (13) 98160-1540 – e-mail: Glicia.aleixo@unesp.br

**RESUMO**

Esta pesquisa apresenta uma proposta para a construção de um fotômetro de baixo custo a ser utilizado em análises de águas. O desenvolvimento do fotômetro e sua aplicação em medidas analíticas ajudaram na compreensão de princípios e conceitos fundamentais para a formação de alunos matriculados em uma escola de nível médio-técnico. O projeto envolveu aulas práticas com: Uso de princípios de eletroeletrônica; construção de equipamento; avaliação da capacidade de medida de sinal; e comparação de sinais analíticos medidos entre o equipamento *home made* e equipamento comercial. Posteriormente, o equipamento foi utilizado para medir analitos que, usualmente, caracterizam a potabilidade de águas de consumo humano. Ao final da etapa de construção e experimentação, o aluno mostrou-se apto, não só para fazer uso de instrumentos de baixo custo, mas também para entender o funcionamento de um fotômetro. Ele melhorou seu entendimento referente a procedimentos analíticos que envolvem a medição da concentração de corantes e sua utilização como medida de parâmetros analíticos para garantir a qualidade da água potável. Junto a isso, realizou-se uma pesquisa-ação através de observações sistêmicas e participantes, com o intuito de verificar o uso do equipamento em situações de ensino-aprendizagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Química, Fotômetro, Química Ambiental.

**INTRODUÇÃO**

A água é uma molécula polar, formada apenas por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio e massa molar de 18g.mol<sup>-1</sup>, é considerada o solvente universal (ATKINS; JONES, 2007). Mais que um composto químico, a água é a base da vida já que suas características químicas permitem, entre outras coisas, servir como meio reacional e como transportadora de macro e micronutrientes.

A ingestão regular de 1,5 a 3 litros de água pelo ser humano é fundamental para manter seu organismo saudável. Em um adulto de peso adequado<sup>1</sup>, a massa de água representa entre 55% a 60% da massa total, tornando-se a fonte fundamental para a manutenção do corpo humano (TORTORA; DERRICKSON, 2017). Neste contexto, é importante que a água ingerida se apresente de uma forma limpa e saudável para o Homem, atendendo os critérios de qualidade para a água potável.

Estes critérios de potabilidade de água, são baseados em valores estabelecidos por órgãos reguladores, para certos compostos químicos com potencial de comprometer a qualidade da água. Os valores limites foram tabelados como valores numéricos de concentração em águas, e após análise quando mostram concentrações acima dos valores préestabelecidos são consideradas impróprias para o consumo humano. Água potável significa

<sup>1</sup> BRASIL. Brasil. Ministério da Saúde. IMC em adultos. 2017. Disponível em:

<<https://www.saude.gov.br/component/content/article/804-ime/40509-ime-em-adultos#:~:text=Avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20peso%20em%20adultos&text=Os%20par%C3%A2metros%20indicados%20pelo%20Minist%C3%A9rio,cintura%20ou%20circunfer%C3%A2ncia%20da%20cintura..>>. Acesso em: 30 maio 2017.

“própria para o consumo” e não oferece riscos à saúde do consumidor. O padrão de potabilidade da água no Brasil é estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

É fundamental que toda água a ser utilizada pelo ser humano seja avaliada segundo os critérios de qualidade. Assim, aferir a qualidade da água antes da distribuição é dever da empresa distribuidora de águas. E consumir uma água de qualidade é um direito do cidadão. As legislações aplicáveis para a sua classificação e controle estão disponíveis em portarias e resoluções que podem ser acessadas de qualquer ponto de internet, por exemplo. A portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 (BRASIL, 2011) traz no corpo do seu texto as disposições e procedimentos de controle e vigilância de água para o consumo humano. A potabilidade da água é caracterizada por cerca de cem parâmetros de qualidade que abrangem componentes biológicos, compostos orgânicos e inorgânicos. Para este projeto foi destacado sete parâmetros químicos que são de extrema importância em águas utilizadas no consumo humano:

- a) **Cloro Residual Livre:** É fundamental, pois se trata do mais comum e poderoso desinfetante utilizado no Brasil para produção de água potável. Uma característica importante deste tratamento de água é o poder residual do cloro (BAIRD; CANN, 2011). Este cloro deve continuar presente e ativo mesmo após a água deixar a estação de tratamento de água. O cloro livre é responsável pelo combate de diversos tipos de organismos patogênicos, como a bactéria *Escherichia coli*. Essa, por sua vez, é parasitológica e é uma das maiores fontes de diarreia, que podem ocasionar também cólicas, dores abdominais, mal-estar, náuseas e às vezes, até febre e desidratação (TORTORA; DERRICKSON, 2017).
- b) **Cor:** É um parâmetro que indica a presença de partículas em suspensão e substâncias dissolvidas na água, além de ser um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto (BRASIL, 2006).
- c) **Ferro (III):** Este em quantidade maior que os Valores Máximos Permitidos (VMP) previstos na portaria pode alterar o odor, sabor e a cor da água e tende a reduzir a sua aceitação. Além disso o íon  $Fe(III)$  pode precipitar mesmo em soluções ácidas. O Ferro  $[(Fe(OH)_3.nH_2O)]$  quando precipitado aumenta a turbidez e prejudica a eficiência dos elementos filtrantes que fazem parte do tratamento da água (PICANÇO; LOPES; SOUZA, 2002).
- d) **Fluoreto:** É um íon usualmente adicionado à água de abastecimento e auxilia na prevenção e proteção dos dentes contra a cárie. Algumas regiões que utilizam águas de poços artesianos já possuem fluoreto dissolvido naturalmente na água. O excesso de fluoreto na água resulta na fluorose, uma alteração que ocorre devido ao excesso de ingestão de flúor, durante a formação dos dentes. Ela se manifesta, principalmente, pela alteração de cor do esmalte, que pode assumir uma tonalidade esbranquiçada ou exibir pequenas manchas ou linhas brancas. Nos casos mais graves, adquire uma coloração acastanhada ou marrom, podendo haver perda de estrutura dental, nesses casos, torna-se mais friável, mais fácil de desgastar fisiologicamente. O teor de flúor deve ser controlado para evitar danos à saúde da população (BAIRD; CANN, 2011).
- e) **pH:** É uma medida que determina o grau de acidez ou basicidade da água. Águas ácidas podem aumentar a solubilidade de metais pesados e águas básicas podem comprometer a capacidade do cloro de atuar como desinfetante (BRASIL, 2006).
- f) **Turbidez:** É a medida associada a transparência da água, a passagem de luz visível. A turbidez está associada usualmente a presença de partículas suspensas na água. Esse é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto (BRASIL, 2006).
- g) **Fósforo (fosfato):** É um dos principais nutrientes para desenvolvimento dos organismos primários, e pode ser fator limitante da sua produtividade nos corpos d'água. A presença do íon fosfato nas águas pode estar relacionada a processos naturais, como a solubilização de rochas e solo, e degradação da matéria orgânica. Com maior frequência o excesso de fosfato está associado a processos de contaminação de rios e represas causados pela entrada de esgotos sanitários domésticos e industriais, pesticidas, detergentes e fertilizantes (ÉMIDIO, 2012).

Esses parâmetros destacados aqui são primordiais para o controle e a garantia da água. Com eles pode-se ter uma ideia de aceitação, qualidade e possíveis riscos do produto para a população humana, além de servir como indicativos para análises mais abrangentes. As legislações recomendam que a maioria desses parâmetros seja analisada diariamente e, dependendo da quantidade de água fornecida, várias vezes por dia (BRASIL, 2011).

Ao longo da história a educação passou por alguns modelos de ensino, como o tradicionalista, o tecnicista e o construtivista. Todos procuravam ensinar conceitos aos alunos dentro de sala de aula. Mudanças e transformações no processo de ensinar são resultado de vários fatores, como contexto histórico, valores da sociedade, pressão econômica etc. Investir na educação é um processo contínuo, que tem se perpetuado de professor para professor (FILHO, 2000). Os avanços tecnológicos têm alcançado as salas de aula, tornando a educação cada dia mais desafiadora para os educadores.

Quando se trata do ensino de ciências, principalmente o ensino de química, os métodos didáticos são inúmeros e desafiam os professores a serem mais criativos. Visitas técnicas, jogos, metodologias ativas, sala invertida e experimentação são algumas das muitas maneiras utilizadas hoje nas aulas para que elas possam ser cada vez mais atraentes. Contudo, algumas ações requerem materiais e equipamentos para uso na sala de aula. Isto significa que mudanças na forma de apresentar o conteúdo demandam investimentos, não só de tempo do professor, mas também de investimentos em dinheiro para aquisição dos materiais. Por exemplo, simular um laboratório químico de análises, requer reagentes, vidrarias e equipamentos de análise, que é o mais custoso.

Ao encontrar estes obstáculos e as demandas que ficam cada vez mais rígidas, seja pelos critérios para se sobressair na sua área de atuação ou para contemplar tudo o que é exigido por legislações de educação, muitos desanimam. Professores despreparados desde a formação inicial, onde são desenvolvidos com uma visão mais próxima da produção química e são pouco estimulados a pensar como ensinar os conceitos aprendidos. Posteriormente, quando estão atuando em sala de aula, estes professores de Química, são pouco estimulados a desenvolver o interesse em expandir e melhorar o ensino. Um exemplo é a pouca possibilidade de acesso à formação continuada. Com isso, eles se encontram constantemente encurralados tanto no ensino de Química regular (EM), como em matérias que levam a Química como base no Ensino Profissionalizante.

A falta de investimento no aprimoramento do professor e na melhoria dos laboratórios para experimentos práticos é comum no Brasil. Por estes e outros motivos, como: alunos sem acompanhamento; infraestrutura ruim e pouco investimento (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010) a educação pública brasileira tem sido desacreditada. Assim, o aluno sai mal preparado para desempenhar o papel para qual foi preparado em princípio e para atuar na sociedade de forma produtiva. Com o intuito de buscar uma alternativa para contornar essa situação comum e frequente nas escolas, esse projeto procura ensinar os alunos sobre a construção de um fotômetro de baixo custo e fácil reprodução. Posteriormente, o equipamento foi utilizado para fortalecer o aprendizado de química prática nas aulas de Análise Físico-Química de Águas e Efluentes, de uma ETEC.

O ensino de Química essencialmente pautado na integração da teoria e a prática é essencial para formar técnicos no âmbito de uma ETEC. Indiretamente o fortalecimento da competência técnica colabora na construção de cidadãos conscientes do seu papel social. A competência de compreender conceitos sobre as estruturas fundamentais à Química está de acordo com o estabelecido pelo eixo de Ciências da Natureza e suas Tecnologias pela Base Nacional Comum Curricular, BNCC (2017).

O curso técnico em Meio Ambiente ofertado pelo Centro Paula Souza (CPS)<sup>2</sup> busca ser dinâmico e oferece na sua estrutura vários componentes curriculares, dentre eles Análises Físico-Químicas de Águas de Efluentes (AFQ) e Tecnologia de Processos (TP). Nos quais as competências e habilidades esperadas que os alunos alcancem são: Selecionar metodologias analíticas e instrumentais para análise e tratamento de águas e efluentes; realizar e expressar resultados das análises físico químicas de águas e efluentes; utilizar tecnologias aplicadas à sustentabilidade ambiental; E utilizar instrumentação básica de monitoramento dos processos dos setores de petroquímica, siderurgia e farmacêutica (DEMAI, 2018).

---

<sup>2</sup> Centro Paula Souza é uma autarquia do Governo do Estado de São Paulo, vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação (SDECTI). O perfil deste órgão pode ser encontrado em: <<http://www.portal.cps.sp.gov.br/quem-somos/perfil-historico/>> Acesso em: 09 abr. 2021.

Na estrutura básica dos laboratórios de práticas ambientais, o CPS recomenda, pelo menos, um espectrofotômetro UV-vis (PELLEGRINO; PELLEGRINO, 2010). Entretanto, é constante a reclamação de professores que essa quantidade não atende às necessidades do ensino-aprendizagem voltado para as práticas, que visam a formação de um profissional preparado. De forma geral, no ensino técnico profissionalizante procura-se formar mão de obra técnica qualificada. Estes profissionais deveriam estar aptos para atuar em fábricas e indústrias, mas se afastando do ensino tecnicista focado na objetividade da qualificação, que enfatizava saber-fazer, e se aproximando da subjetividade do saber-ser (RUBEGA; PACHECO, 1999). Nesta premissa é mais importante para o aluno compreender como o instrumento funciona e como a análise se efetiva, do que o pragmatismo de como usar o instrumento dentro do roteiro analise.

As demandas de análises físico-químicas no cotidiano de uma empresa são diversas. Elas atendem tanto para acompanhar processos de produção, como avaliar e certificar qualidades de produtos, segundo a legislação deles. Para atender a demanda por análise, existem empresas especializadas em análises químicas. Porém, a maioria das empresas de produção de água Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) possuem laboratório próprio. Estes laboratórios usualmente fazem o uso de equipamentos modernos que possam sanar as necessidades específicas de análises.

Um profissional preparado tem melhores chances de sucesso em sua área de escolha, e um dos principais objetivos das escolas do CPS é, justamente, prepara-los para tal. Porém, no Brasil falta uma política voltada para a formação de técnicos para atuar de forma adequada no mercado de trabalho. O pouco investimento, não atende à demanda mínima das escolas para montar um laboratório de análises químicas. Os equipamentos, quando existem, estão defasados no tempo e em quantidade mínima, que no máximo atendem às aulas demonstrativas. Neste sentido, o aluno não opera

---

o equipamento e, portanto, pouco poderá fazer quadro precisar operar um dentro de uma demanda por análise específica.

Os princípios teóricos apresentados pelo docente podem ser melhor compreendidos nas aulas práticas, pois é nesse momento que a contextualização fica mais clara e específica (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010). Dentre os muitos tópicos abordados nas disciplinas de AFQ e de TP estão os de espectroscopia, conceitos de construção, de funcionalidade e experimentação, estes que inclusive estão sendo cobrados em vestibulares e ENEM.

Os conceitos teórico-práticos mais específicos, tais como os fenômenos analíticos e espectroscópicos têm como objetivo o preparo do aluno para o período após o término do ensino básico. Além disso, pretendem fazer com que o estudante entenda melhor a relevância e aplicabilidade destes conceitos para inúmeros propósitos da facilidade instrumental, comparando-os aos diversos métodos analíticos disponíveis. Diante desse tema, o fotômetro é um dos equipamentos que de uso comum em diversas análises químicas e, por isso, requer atenção no processo de formação do aluno de um curso técnico.

O fotômetro é um dos instrumentos analíticos mais simples e relativamente barato, e dos mais utilizados em análises para demandas diárias. Ele é utilizado na execução de diferentes processos e que requerem determinar medidas de concentração com objetivo final de quantificar analitos (SKOOG; HOLLER; CROUCH, 2009).

Os avanços tecnológicos ocorrem todo o tempo, com isso a tendência de diminuir as dimensões físicas e facilitar o uso e transporte dos aparelhos, sem perder a utilidade é muito comum e tem ocorrido também na química analítica. Por isso, o uso frequente de equipamentos portáteis e móveis com dimensões cada vez menores, como o LED (Light Emitting Diode) e o LDR (Light Dependent Resistor), tem ocupado lugar de destaque como alternativas para a construção de equipamentos analíticos. No entanto, é importante destacar que os princípios químicos envolvidos nas reações, e como ocorre o processo de medida do sinal analítico não muda, independente da complexidade técnica do equipamento de medida. Com base nesta premissa, a construção e utilização de um fotômetro simples pode ser uma alternativa simples, para que o aluno se sinta seguro para reconhecer e operar equipamentos mais complexos baseados nos mesmos princípios de medida de sinal analítico.

Com isso, os principais analitos mencionados no controle da potabilidade da água poderiam ser monitorados pelo fotômetro. A construção do equipamento requer uma metodologia e amostragem específica, além dos procedimentos para a validação analítica que são confiabilidade e verificação dos dados, conhecidos como figuras de mérito (SKOOG; HOLLER; CROUCH, 2009).

## **OBJETIVO GERAL**

Construir um fotômetro de baixo custo para ser utilizado na sala de aula de uma ETEC, como ferramenta didática para auxiliar no entendimento de conceitos e fundamentos de análise de águas e efluentes.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Buscar no uso do equipamento os problemas relacionados à presença e determinação de concentração de espécies químicas que afetam a qualidade da água.
- Correlacionar, com o protótipo proposto, problemas de determinação e concentração de espécies em análises de água interessantes à química ambiental, instrumentação analítica, análises e processos físico-químicos, espectroscopia, fotometria, validação e tratamento de dados, além de outros que professores que fizerem o uso deste julguem pertinentes.
- Aferir e registrar os resultados obtidos com fotômetro em relação aos equipamentos comerciais com objetivo de validar seu uso em aulas práticas.
- Desenvolver aulas mais dinâmicas, atraentes e diversificadas utilizando a experimentação em química com os alunos.
- Contemplar durante o todo o processo de introdução teórica, montagem, experimentação e reflexão as competências e habilidades EM13CNT104<sup>3</sup>, EM13CNT105<sup>4</sup> e EM13CNT301<sup>5</sup> estabelecidas pela Base Nacional Comum Curricular (2016). um fotômetro de baixo custo para ser utilizado na sala de aula de uma ETEC, como ferramenta didática para auxiliar no entendimento de conceitos e fundamentos de análise de águas e efluentes.
- Incentivar o desenvolvimento de uma formação ética, de autonomia intelectual e a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos.

---

<sup>3</sup> “Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.” (BRASIL, 2016, p. 555)

<sup>4</sup> “Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.” (BRASIL, 2016, p. 555)

<sup>5</sup> “Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.” (BRASIL, 2016, p. 559)



---

## **METODOLOGIA**

Segundo Gil (2002), toda pesquisa se inicia com algum tipo de problema, ou indagação. Todavia, a conceituação adequada do problema de pesquisa não constitui tarefa fácil, em virtude das diferentes acepções que envolvem este termo. O mais importante na pesquisa é que a busca pela resposta acarrete conhecimentos (ROSA; MOREIRA, 2009). Sendo assim, a questão de pesquisa que conduziu o estímulo para desenvolver o presente projeto é a de agregar conhecimentos ao aluno de uma forma mais ampla, que passou pela construção de um fotômetro de baixo custo e demandou entendimento sobre os princípios de seu funcionamento, até a aplicação em análises de contaminantes de águas, que demandou entendimento sobre conceitos diversos como reações químicas e cálculos diversos.

As aulas práticas de ciências, principalmente as de química, geralmente são muito aguardadas pelos alunos. Muitos deles esperam ir ao laboratório onde serão capazes de ver a “mágica” acontecer, porém esse momento tem sido frustrado mais a cada dia, sendo inúmeros e frequentes os motivos para tal (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010). Porém, muitos professores têm se esforçado para que as aulas práticas de química possam ser oferecidas de maneira diferenciada, mesmo que isso seja relativamente trabalhoso.

O componente curricular de análise físico-química de águas e efluentes oferecido pelo Centro Paula Souza traz uma base tecnológica sugestiva e poucas aulas práticas, o que desmotiva o aluno. Com apenas aulas teóricas o nível da dificuldade de aprendizagem eleva-se, o que torna relativamente traumatizante esse tipo de abordagem.

Para atrair os alunos, diminuir a desmotivação encontrada nesse componente curricular, parcialmente difícil, e unir a teoria à prática de uma maneira que prepare mais e melhor o aluno, é que sucedeu a questão de pesquisa: Como a montagem de um fotômetro de baixo custo, produzido com alunos de uma ETEC, influencia no processo de ensino-aprendizagem do componente curricular de análises físico químicas de águas e efluentes? Para auxiliar na resposta da principal questão de pesquisa, tal como colaborar com todo o desenvolvimento na construção, validação e tratamento de dados, outras questões foram levantadas: “Qual a validade dos resultados analisados pelo fotômetro construído, frente ao espectrofotômetro UV-Vis?” e “Quais são as possibilidades de o fotômetro analisar parâmetros de acordo com as legislações pertinentes, tais como, ferro e fósforo?”

O presente projeto tem a intenção de facilitar a vida dos professores, abordando aspectos econômicos e práticos para as práticas utilizadas nas aulas AFQ e ainda podendo ser usado em outros componentes curriculares, além de trazer uma abordagem mais experimental, preparando melhor o aluno para a prática, já que é o objetivo principal no oferecimento dos cursos técnicos.

## **DESENHO DE PESQUISA**

A pesquisa-ação é um processo que incorpora muitos métodos de estudos e exploração comuns. Nesse tipo de abordagem faz-se o uso de estratégias de coleta e análise de resultados, mediação na resolução de problemáticas e preparo de operações, (BALDISSERA, 2001) assim como, uma ação mediadora entre o pesquisador – pesquisa e pesquisado. Uma pesquisa com muitas ações participativas é claramente definida por Thiollent (1986). A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação da realidade a ser investigada estão envolvidos de modo cooperativo e participativo (THIOLLENT, 1986, p. 14).

O tipo de pesquisa escolhida para a realização desse projeto foi a pesquisa ação, devido à dinâmica prevista na realização dos estudos, às interferências por parte dos participantes e aos impactos que ela causa. Na área da educação, esta é uma das principais estratégias utilizadas por docentes e pesquisadores, pois eles costumam empregar suas pesquisas a fim de aperfeiçoar o ensino-aprendizagem (TRIPP, 2005).

## **FONTES DE INFORMAÇÃO E INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS**

A coleta de dados é um agrupamento de ações por meios dos quais o exemplo de estudo é comparado aos resultados obtidos. Durante esse momento, muitas informações são coletadas e analisadas sistematicamente (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para a realização da presente pesquisa, os instrumentos utilizados para coleta e obtenção de dados foram os seguintes: observação estruturada, pesquisa documental e questionários. A pesquisa qualitativa, conhecida igualmente como naturalista, pois não há manuseio de variáveis, tão pouco, passa por tratamento experimental; fenomenológica por evidenciar conceitos individuais humanos, o universo da pessoa, suas vivências costumeiras, suas relações sociais e os conceitos que se dá a essas vivências e relações; interações simbólicas, pois parte da hipótese que a vivência humana é medida pela interpretação, a qual não é realizada de maneira independente, contudo, conforme o sujeito interage com outro, por intermédio dessas comunicações sociais como são realizadas as interpretações, as definições e o olhar de existência do indivíduo (ANDRÉ, 1998)

Por esse motivo, a pesquisa conhecida como qualitativa foi a base deste projeto, na obtenção de fontes de informação e instrumentos para coleta de dados, para estender a pesquisa e responder a dúvidas surgidas na interpretação dos dados qualitativos, bem como, ampliar o espectro de investigação e incluir outros temas como desenvolvimento sustentável, inclusão social e razão substantiva nas entrevistas com os estudantes envolvidos.

A classe é mista, formada por alunos de 15 a 17 anos de ambos os sexos, muitos deles pensam em seguir carreira ambiental e alguns almejam seguir a área química como profissão. Além disso, houve um grande despertar nos interesses por química analítica durante o desenvolvimento do projeto.

A observação é um procedimento que consiste em coletar informações através dos sentidos, ou seja, ver, escutar e provar os fatos e acontecimentos investigados. Na observação sistemática, o observador conhece o que busca, o que requer uma atenção reforçada em determinada circunstância e propósito, recomenda-se que ele assuma falhas e reduza interferências acerca dos resultados obtidos. Já na observação participante, o esforço é em trazer o observado e observador para o mesmo lado, ou seja, é a atuação efetiva do pesquisador com a pesquisa, isso gera conflitos para o observador em preservar seus objetivos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Segundo Fonseca (2002), a pesquisa documental segue a mesma linha da pesquisa bibliográfica, às vezes é até difícil diferenciar uma da outra. A pesquisa bibliográfica desfruta de fontes e materiais já produzidos, como livros e artigos científicos disponíveis em bibliotecas. A pesquisa documental, por sua vez, está disponível em fontes mais variadas e abrangentes, sem tratamento analítico, como: relatórios, documentos oficiais, filmes, fotografias etc.

O questionário é uma fonte de coleta de informações produzido por uma sequência alinhada de perguntas, que precisam ser respondidas por escrito e sem o acompanhamento do entrevistador (MARCONI; LAKATOS, 2003). Após o término da construção e utilização do fotômetro pelos alunos, aplicou-se um questionário. Este foi no modelo estruturado, com questões de alternativas fixas no estilo perguntas de opinião, são perguntas fechadas que não apresentam uma série de possíveis respostas, abrangendo várias facetas do mesmo assunto.

A escolha desse tipo de questões foi determinada porque permite facilidade na tabulação, rápido preenchimento, além de garantir uma boa análise, tanto quanto as questões abertas. O questionário é composto por questões variadas e visam coletar perguntas e respostas para a dissertação, a saber: A relevância das análises físico-químicas de águas e efluentes na formação do técnico em meio ambiente; A avaliação da construção, funcionamento e utilização do fotômetro; os conhecimentos adquiridos durante a proposta; as motivações que o fizeram aceitar a proposta.

Sendo assim, a observação do tipo sistemática e participante, a pesquisa documental e o questionário estruturado proporcionaram uma melhor aplicabilidade para o projeto. Um exemplar do questionário em branco se encontra no apêndice desta dissertação.

No Quadro 1 abaixo, é exposta uma síntese das fontes de informação e instrumentos para coleta de dados que foram utilizadas e objetivadas.

**Tabela 1: Síntese das fontes de informação e instrumentos para coleta de dados.**

FONTE DE INFORMAÇÃO		DADOS OBJETIVADOS	INSTRUMENTOS PARA COLETA DE INFORMAÇÕES
	Fotos	Acompanhamento por meio visual, a fim de selecionar imagens para compor a pesquisa	Máquina fotográfica e/ou câmera de celular
ESPAÇOS	Filmagens	Acompanhar ações a fim de evitar erros ou corrigi-los em momentos futuros	Filmadora e/ou câmera de celular
	Observação sistemática e participante	Aproximar pesquisador do pesquisado – professor do aluno	Sentidos como ver, ouvir, dialogar e provar fatos e acontecimentos
SUJEITOS	Questionário	Respostas e sugestões para a melhora dos resultados esperados.	Questionário manual

## PROCEDIMENTOS DE TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Nos termos da Resolução nº 466/12, todo e qualquer projeto de pesquisa relativo a seres humanos (direta ou indiretamente) deve ser submetido à apreciação de um Comitê de Ética e Pesquisa (CEP), para tanto, tal submissão foi realizada e os documentos relativos ao procedimento, Termo de Autorização para Realização da Pesquisa e Parecer Consubstanciado do Cep, encontram-se no Anexo A e B, respectivamente.

Posterior a coleta de dados, veio o tratamento e análise deles. O objetivo desse momento é que o pesquisador torne os dados coletados tangíveis, dados coletados sem um tratamento adequado são comumente conhecidos como “dados brutos”. Portanto, o melhoramento desses dados, para que eles possam facilmente ser interpretados é de extrema importância. Esse procedimento é conhecido como tratamento e análise de dados.

O tratamento e análise de dados é conhecido também como tratamento das informações por Quivy e Campenhoudt<sup>6</sup>.

[...] a etapa que faz o tratamento das informações obtidas pela coleta de dados para apresentá-la de forma a poder comparar os resultados esperados pelas hipóteses. No cenário de uma análise de dados quantitativos, essa etapa compreende três operações. Entretanto, os princípios deste método podem ser transpostos, em grande parte, a outros tipos de métodos (1995 apud GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.

<sup>6</sup> Passagens citadas da obra de QUIVY & CAMPENHOUDT (1995) foram traduzidas por Tatiana Engel Gerhardt.



58).

As etapas para o tratamento e análise de dados desse projeto, seguiram a seguinte ordem: Agrupamento; padronização categórica e demonstração dos dados, fazendo o uso de imagens; questionário; tabelas e/ou planilhas a fim de precisar os dados obtidos. Para facilitar o tratamento de dados foi utilizado um questionário composto de três tipos: Identificação: perguntas abertas e diretas, o objetivo é conhecer melhor o perfil do entrevistado; Análise da proposta: perguntas escalonadas no estilo escala simples com questões tricotômicas, contendo respostas apenas para “sim”, “não” e “parcialmente”; Motivações de aceitação à proposta: perguntas de escala *check-list*, onde o entrevistado pode responder mais de uma questão afim de justificar seus motivos para a aceitação. Após o recebimento dos questionários, foram realizadas as análises estatísticas com o objetivo de coletar as informações, correlacionar variáveis e ainda verificar eventuais semelhanças sobre as opiniões dos entrevistados.

Os dados obtidos através dos questionários estruturados foram tabulados em planilhas e gráficos, além de passados por tratamentos para proporcionar comparações, inferências e relações. Utilizou-se também o Coeficiente Alfa de Cronbach para uma maior confiabilidade dos dados, já que este método provou-se eficaz por vários motivos; fornece um padrão aceitável de credibilidade; sua fórmula geral pode ser aplicada em diversos questionários, principalmente em escalas tricotômicas e, ainda, é calculável de forma descomplicada por fundamentos estatísticos fáceis, Shavelson<sup>7</sup>(2003 apud MATTHIENSEN, 2010, p. 11).

### ORÇAMENTO DO PROJETO

O orçamento de um projeto de pesquisa é uma estimativa de gastos durante o início do projeto até a defesa da dissertação. Foram construídos dois aparelhos nos quais apenas os gastos efetivos foram contabilizados. O uso de ferramentas, aparelhos e utilitários disponíveis na unidade escolar não fizeram parte do orçamento.

---

Para se ter uma estimativa dos gastos com a pesquisa, convém que seja elaborado um orçamento. Para ser adequado, o orçamento deverá considerar os custos referentes a cada fase da pesquisa, segundo itens de despesa. Esses itens, por sua vez, podem ser agrupados em duas grandes categorias: custos de pessoal e custos de material. Os custos de pessoal são geralmente calculados segundo o trabalho dos colaboradores em dias, exceto no caso de consultores, cujos trabalhos frequentemente são remunerados de acordo com as horas despendidas (GIL, 2002, p. 157).

Em suma foram necessários resistores (de diferentes valores de resistência), LEDs (de diferentes cores), uma fonte de energia elétrica que fornece entre 5 a 12 V, Conectores de energia de aproximadamente 10 ampères, multímetro digital, polímero do tipo caixa múltipla, chave alavanca, clips para bateria de 9 Volts, Diodo e fios de cobre encapado.

**Tabela 2: Orçamento do projeto.**

MATERIAIS	VALORES	QUANTIDADE	GASTO TOTAL
Resistor 1/8W Modelo: Resistor Fio	R\$ 0,30	2 unidades	
Multímetro portátil digital Modelo: Digital Dt830b	R\$ 39,99	2 unidades	
Condutele - caixa múltipla de PVC com tampa Marca: Tramontina	R\$ 8,03	2 unidades	
Abraçadeira Branca 2,5x100mm Modelo: Fita Hellerman	R\$ 0,03	4 unidades	
Conector barra de 12 bornes - 4 mm – 10A Marca: Sindal	R\$ 1,00	4 unidades	

---

<sup>7</sup> SHAVELSON, R.J. *Biographical Memoirs: Lee J. Cronbach. Proceedings of the American Philosophical Society*, v.147, n.4, p.379-385, 2003.



LED de alto brilho 5mm Azul Tensão: 3V - 3,2V Corrente: 30mA	R\$ 1,00	1 unidades	<b>R\$ 86,82 por aparelho</b>
LED de alto brilho 5mm Vermelho Tensão: 3V - 3,2V Corrente: 30Ma	R\$ 1,00	1 unidades	
Mini chave alavanca 2 Polos On/Off Modelo: 6A – 125	R\$ 3,50	2 unidades	
Clip para bateria 9V Modelo: Cn0144sc20 - Vermelho e Preto	R\$ 5,50	2 unidades	
Sensor Fotorresistor LDR de 5mm Marca: DIAC	R\$ 0,67	2 unidades	
Fio de cobre revestido Modelo: Cabinho Flexível 2,5mm	R\$ 1,00	1 metro	
Tubo de ensaio vidro neutro Modelo: 10x75 mm 4 ml	R\$ 0,50	2 unidades	
Tê 90º 22mm Branco – Aquatherm Marca: TIGRE	R\$ 4,59	2 unidades	
Cap 22mm Branco – Aquatherm Marca: TIGRE	R\$ 2,69	2 unidades	
Bateria Alcalina Tensão: 9V - unidade	R\$ 14,99	2 unidades	

## RESULTADOS OBTIDOS

As aulas oferecidas nas escolas técnicas do Centro Paula Souza têm duração de cinquenta minutos, o fotômetro foi construído nas aulas de AFQ (duas aulas semanais) e de TP (três aulas semanais) possibilitando maior abrangência e multidisciplinaridade, inclusive a estrutura do curso permite a divisão de classe entre os especialistas da área que podem lecionar. As aulas de TP são divididas entre professores com habilitação específica, no caso, as aulas aplicadas eram divididas a professora Glicia Alves Aleixo, formada em Química e outro professor, formado em engenharia civil, que demonstrou interesse e disponibilidade para a execução do projeto.

Por se tratar de uma parte peculiar na área analítica, e tendo em vista que anteriormente, apesar do espectrofotômetro disponível na unidade escolar, os alunos tiveram pouco contato com teorias e práticas necessárias antes da construção do aparelho proposto neste projeto. Houve, então, a necessidade de aulas teóricas sobre conceitos de Colorimetria, Espectrofotometria, interpretação de legislações que se referem à qualidade da água para o consumo humano e conceitos sobre a Lei de Lambert-Beer, além de aulas práticas sobre funcionalidade e aplicabilidade de vidrarias, e preparo de soluções padrão e reagentes.

O livro *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2017) foi apresentado para a turma, a fim de melhor referenciar conceitos entre teoria e prática. Com isso, pôde-se observar o maior contato dos alunos com a experimentação em Química, bem como o contato com tecnologias alternativas que são constantemente utilizadas. Nas aulas de AFQ, muito falou-se sobre as legislações vigentes para análises e controle da potabilidade de águas, como a Portaria nº 2.914 e a CONAMA nº 357. Essas referências possuem mais de 100 parâmetros a serem trabalhados. Os parâmetros de qualidade de água são fonte de muitos experimentos que resultam em reações que podem produzir substâncias coloridas. Na sequência, os alunos foram estimulados a preparar experimentos analíticos, para utilizar no fotômetro construído e comparar com os resultados obtidos no espectrofotômetro da instituição escolar.

As turmas foram planejadas em Turma A (20 alunos com nomes de A até L) e Turma B (19 alunos com nomes de M até W). Todas as etapas do processo foram divididas entre as turmas A e B, nos quais eles permaneceram atentos e questionaram sempre que tinham dificuldades ou dúvidas. Os alunos eram frequentadores assíduos das aulas, que é um perfil forte da Unidade Escolar, o que facilitou muito a execução de toda a aplicação do projeto. No cronograma abaixo é possível verificar a sequência didática realizada.

**Tabela 3: Cronograma de aplicação das sequências didáticas.**

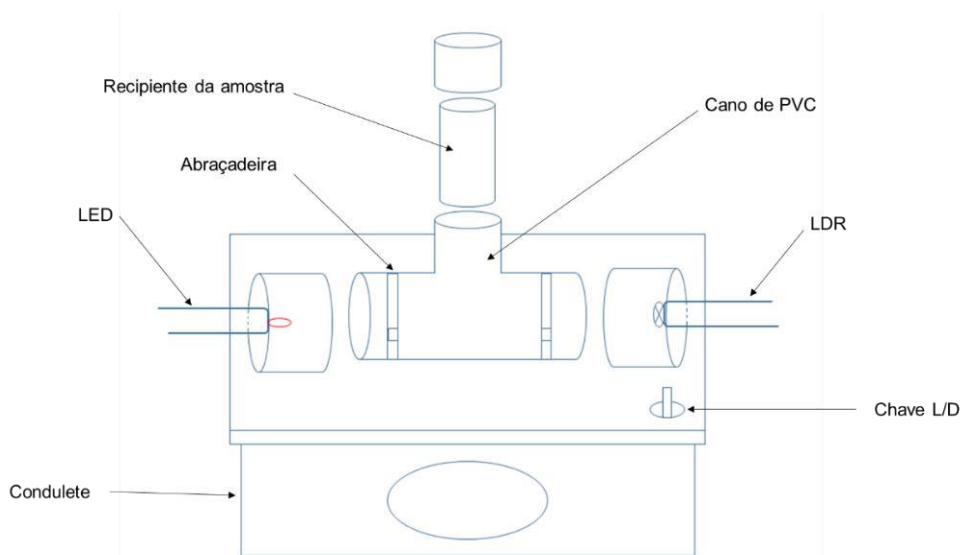
SEQUÊNCIA DIDÁTICA	OBJETIVOS	DURAÇÃO
Apresentação do projeto	Apresentação do projeto para obtenção do mestrado, a importância da participação de cada aluno e resolução n° 466.	1 aula
CONAMA 357	Química ambiental da água, Classificação dos corpos d'água, importância e disponibilidade.	2 aulas
Portaria 2914	Água potável: histórico, critérios, aplicação e análises.	2 aulas
Standard Methods	Histórico, importância, referencial, tipos de análises e manuseio.	1 aulas
Colorimetria	Conceitos e aplicabilidade.	2 aulas
Lei de Beer	Histórico, importância, aplicabilidade e práticas.	3 aulas
Espectrofotometria	Comprimento de onda, largura de banda, frequência, aplicabilidade, funcionalidade do aparelho.	5 aulas
Construção do fotômetro	Esquema de montagem, construção do fotômetro, funcionamento e uso.	5 aulas
Análise com fotômetro	Coleta de água potável, análise com fotômetro para fosfato e registro dos dados obtidos.	3 aulas
Análise com espectrofotômetro	Coleta de água potável, análise com espectrofotômetro para fosfato e registro e comparação dos dados obtidos.	3 aulas
Avaliação	Aplicação de questionário via Google Forms.	1 aula

### UTILIZAÇÃO DO ESPECTROFOTÔMETRO

No primeiro momento, os experimentos foram realizados no aparelho de espectrofotômetro “Nova 2100 Series®”9, que são do tipo feixe Simples (single beam system), tal instrumento pode ser considerado de fácil de uso. Durante a aula, os alunos foram instruídos a utilizá-lo de maneira correta, seguindo os seguintes passos de como operar o aparelho no manual de instruções do espectrofotômetro: Ligar, desligar, realizar a leitura do painel, recursos de operação, uso dos componentes, calibração, tipo de cubeta X comprimento de onda, principais erros e como resolvê-los.

### CONSTRUÇÃO DO FOTÔMETRO

Para a montagem do equipamento um protótipo foi utilizado como guia, além de um esquema impresso para todos os alunos, conforme o exemplo abaixo:

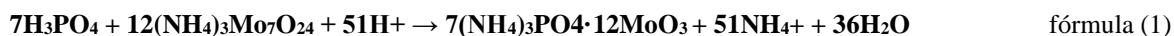


**Figura 1: Esquema da montagem do fotômetro (Fonte: Autor)**

Durante a construção do fotômetro os alunos puderam questionar e compreender melhor o funcionamento de cada componente utilizado. Foram escolhidos as lâmpadas de LED em azul e vermelha, pois inicialmente estimava-se fazer análises dos componentes inorgânicos não metálico ferro e fósforo, pois são análises que determina analitos que, em contato com reagentes, produzem uma solução colorida, entretanto somente foi realizado as análises de fosfato, isso se deu ao fato da disponibilidade e facilidade em adquirir os reagentes que foram gentilmente cedidos pelo IQ – Araraquara através do Laboratório Didático de Ensino de Química (LDEQ) que visa o fortalecimento das atividades de pesquisa na graduação e pós-graduação.

## REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES

Os pontos para coleta das amostras de água foram escolhidos pelos próprios alunos momentos antes da análise. O azul de molibdênio foi a metodologia utilizada para determinar a quantidade de fosfato na água. Além de convencional, foi escolhido pela facilidade de acesso aos reagentes. Essa metodologia é baseada na reação entre o molibdato e o fosfato, formando o fosfomolibdênio, seguida pela redução química mediada pelo ácido ascórbico com a espécie colorida, explicitado na fórmula abaixo.



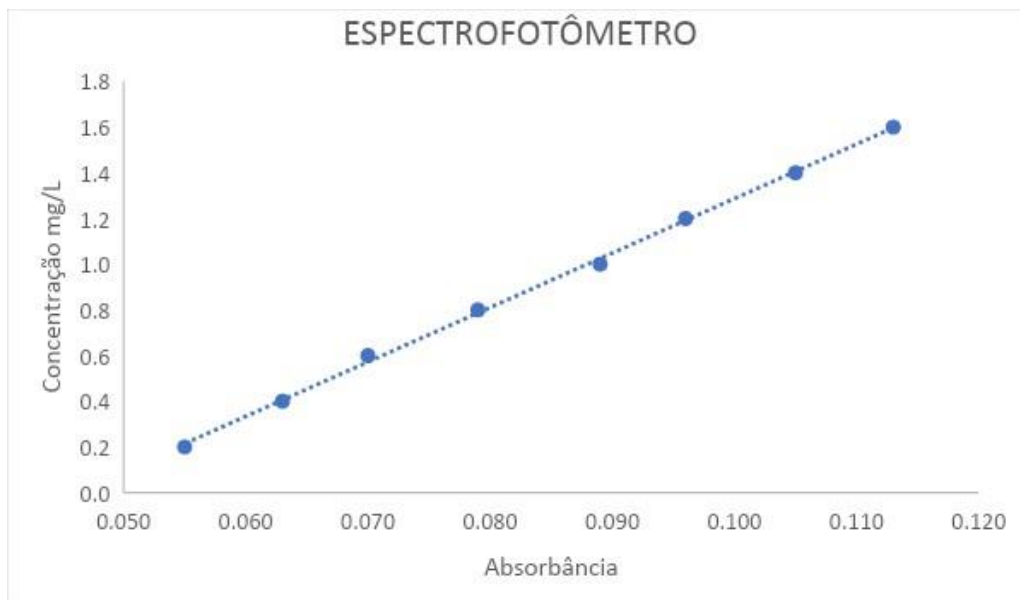
Previamente, foram preparadas soluções estoque de fosfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -10,0 mg L<sup>-1</sup>), molibdato de amônio ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ -1000mg L<sup>-1</sup>), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ -1 mol L<sup>-1</sup>) e ácido ascórbico ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 100 g L<sup>-1</sup>).

Após preparadas, as soluções foram proporcionalmente misturadas na seguinte ordem:

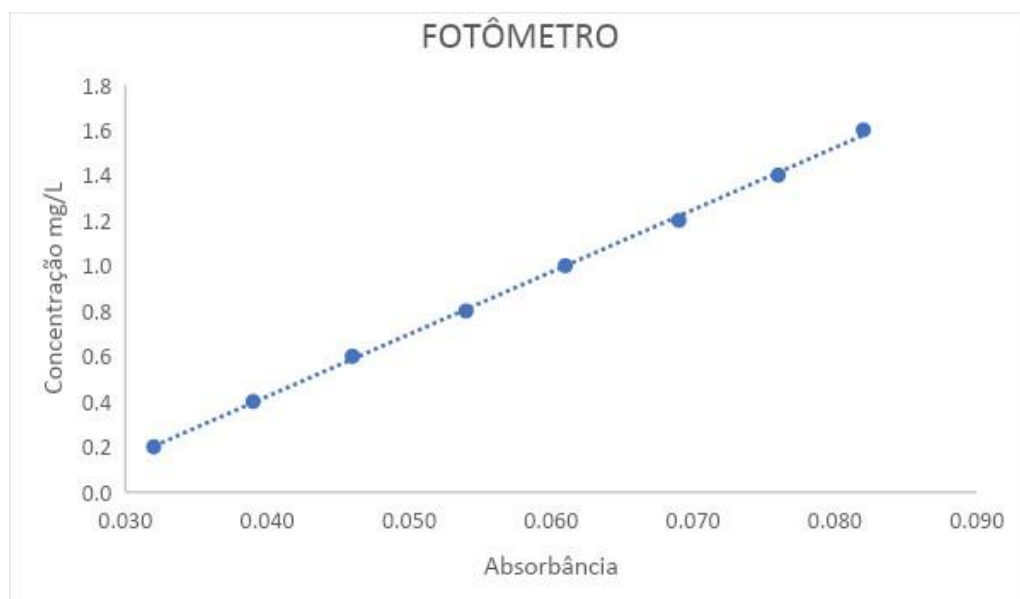
- Misturas para serem adicionadas na próxima etapa: 10,0mL de  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; 1,25mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 1,0mL de  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$
- Diluição para 25,0mL da mistura da primeira etapa, com oito medidas de 0,5 a 4,0 mL de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , com intervalos de 0,5 mL.
- Intervalo de 1 hora para a formação do complexo.
- Interposição das oito medidas de absorbância de 0,2 a 1,6 mg L<sup>-1</sup>, com intervalos de 0,2 mg L<sup>-1</sup>.

## CURVAS DE CALIBRAÇÃO

A calibração dos resultados foi realizada em oito amostras de concentração entre 0,2 a 1,6 mg L<sup>-1</sup>, com intervalos de 0,2 mg L<sup>-1</sup> a cada amostra. A curva apresentada foi linear, um resultado positivo já que a lei de Lambert-Beer é baseada em funções lineares.



**Figura 2: Curva de calibração do espectrofotômetro**



**Figura 3: Curva de calibração do fotômetro**

Vale lembrar que a equação de uma reta pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$Y = mx + b$$

fórmula (2)

Onde: m = inclinação da reta e b = interseção em y. Sendo assim, os resultados encontrados foram os seguintes:

**Tabela 4: Resultados obtidos pelos alunos**

TURMAS	ESPECTROFOTÔMETRO		FOTÔMETRO	
	Absorbância	Concentração mg L <sup>-1</sup>	Absorbância	Concentração mg L <sup>-1</sup>
A	0,023	1,6	0,045	1,9
B	0,040	2,0	0,066	2,5



De acordo com a CONAMA n° 357 na Tabela 1 - Classe 1 de Águas Doces, os valores máximos permitidos para o fósforo são os seguintes:

**Tabela 5: Padrões de água doce – VMP**

PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS (VMP)
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P

Dessa forma, os resultados obtidos podem ser comparados acima dos VMP que se encontram nos ambientes lóticos, mesmo que a coleta tenha sido realizada dentro do ambiente escolar. Vale ressaltar ainda que a análise de fósforo total não é obrigatória na portaria n° 2914.

### ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO APLICADO NOS ALUNOS

Foi aplicado aos alunos um questionário em formato de Google formulário posterior à prática teórica e de laboratório, que está explicitado no anexo X, o período de respostas se estendeu de novembro a dezembro de 2019. Neste questionário entendeu-se as motivações e impressões dos alunos. Sobre o conteúdo do componente curricular Análises Físico-Químicas de Águas e efluentes, no sentido da relevância 97,4% declararam que a abordagem dos assuntos neste projeto é relevante para sua formação, porém apenas 41% atesta estar preparado para o mercado de trabalho através dos conteúdos do curso. Ou seja, seria benéfico para a formação dos alunos no Centro Paula Souza, que visa a preparação dos alunos para o mercado de trabalho, abordar mais dos assuntos citados neste desenvolvimento. Atestamos também, através de 94,9% dos alunos que metodologias analíticas são eficazes para a educação e formação, e que outras técnicas físico-químicas são de interesse.

Acerca da construção e aplicação do projeto, que até este momento tinha sido teoricamente proposto a eles, trinta e oito alunos afirmam que a construção estava de acordo com a proposta. Trinta e sete asseguraram que o funcionamento do equipamento construído estava de acordo com o esperado teórico. Ainda, o tempo para construir e utilizar o equipamento também foi validado e averiguado pela turma. A partir destas conclusões, entendemos que o preparo e o planejamento deste trabalho foram adequados e imprescindíveis.

97,4% dos alunos afirmaram o bom preparo da docente que os guiou durante todo o processo, seja na teoria, na ajuda prática e na orientação, o que minimizou ao máximo as dificuldades envolvidas no projeto. Então, os alunos reconheceram que a prática analítica tem relevância tanto para a formação como para o mercado de trabalho. E a maioria (51,3%) entende que a técnica analítica desenvolvida através do aparelho *home-made* apresenta resultados confiáveis, sendo que o restante (48,7%) não nega este fator, apenas preferiram se expressar através de “parcialmente”.

A última seção deste sucinto questionário levanta as motivações e inspirações dos alunos a serem ativos em todo o processo. Reiterando a visão preparatória para o futuro, que a instituição procura transmitir aos discentes, 66,7% acreditam que a construção e utilização do fotômetro é relevante de forma auxiliadora nos próximos momentos de sua vida. Inclusive, 87,2% confirma que o aparelho construído por eles pode, ser utilizado em outros componentes curriculares, o que estimula a reflexão de legado na turma. Estes alunos estarão deixando algo para a escola, algo feito por suas mãos que influenciará a aprendizagem de muitas turmas a seguir. Por fim, o dado mais importante deste questionário é exposto na pergunta “E” da segunda seção, já que o principal objetivo exposto foi criar um aparelho de baixo custo e fácil acesso, “O fotômetro é de fácil utilização?”, 92,3% da turma respondeu “sim”, enquanto 7,7 respondeu “parcialmente”.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa precisamos estabelecer algumas informações periféricas importantes, o entendimento acerca da influência que os últimos cinquenta anos exerceram sobre a educação está entre elas, seja em perspectiva histórica, pedagógica ou legislativa as mudanças que tomaram lugar neste período trouxeram mais mudanças e evoluções que qualquer outro, desde a educação jesuítica, podemos dizer que estes últimos cinquenta anos no Brasil foram determinantes em termos de educação geral, educação de ciências e educação profissionalizante. Para entendermos brevemente esta influência traz-se o termo “reforma”, que para o âmbito educacional significa:

Uma iniciativa do estado que estabelece objetivos e critérios claros e ambiciosos, recorre a todas as instâncias políticas para apoiá-la, estimulando iniciativas no nível das escolas e mobilizando recursos financeiros para sustentar as mudanças propostas (TIMPANE e WHITE, 1998 *apud* KRASILCHIK, 2000, p. 86)

O momento que vivemos de reformas escolares é o resultado de um processo tendencioso para a centralização do Estado como emissor de normas e regulamentos. Krasilchik (2000) traz em seu estudo histórico das reformas e realidades do ensino de ciências a análise sobre os objetivos de cada tendência de ensino desde a Guerra Fria. Destacamos que à medida que a sociedade se encaminhava para a globalização, evoluímos nossa forma de ensinar. Em 1950, o objetivo do ensino era formar uma elite e em 1970 passou a ser formar um cidadão trabalhador, inclusive grande parte das legislações que baseiam o ensino profissionalizante vêm desta época, pois o Brasil procurava se tornar independente no que se tratava de produtos industrializados e tecnologia.

Desta forma, o ensino de ciências passa a estar presente na escola desde o 1º ano e se destacar no ensino médio nas matérias de Física, Química e Biologia com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, de 1961. A partir de 1964, com a ditadura militar, as disciplinas de ciências são descaracterizadas de sua função de desenvolver o caráter crítico e o método científico, e são atribuídas caráter profissionalizante. Cabe comparar que tal movimento ocorreu no âmbito das escolas públicas as escolas, as instituições particulares continuaram a preparar seus alunos para o ensino superior.

Doravante desta crise e conflito, Amaral no final da década de 90 estabeleceu um momento histórico na educação e para o ensino de ciências, os princípios e diretrizes curriculares precisariam seguir a prática construtivista isolada que estava se fortificando para unificar de forma coerente o paradigma da educação. No âmbito das ciências da natureza, a concretização mais significativa da aproximação da teoria com a prática é o saber “laboratorial”, expresso desta forma porque ele pode ocorrer tanto dentro do laboratório, ambiente controlado e específico para a aplicação das teorias, ou em sala de aula.

Porém, a falta de um laboratório propriamente dito não deve desanimar o professor a inovar e trazer atividades onde os alunos realmente aplicam os conhecimentos adquiridos em sala e seus conhecimentos de mundo. Interação é a palavra-chave aqui, seja interação com analitos, instrumentos de laboratório e procedimentos de segurança, ou uns com os outros e com os conceitos a partir de instrumentos do dia a dia. O laboratório didático tem o caráter de elemento e prática mediadora para o ensino das ciências dentro do ambiente escolar

Nos limitando a partir de agora ao ensino da química, Chassot (2003) fala sobre alfabetização científica e defende que os ensinamentos e conhecimentos químicos devem ser praticados dentro de uma concepção que leve em conta seu papel social, formando cidadãos conscientes, competentes e críticos através do ensino teórico articulado com a prática social, desempenhando papel de facilitador na leitura do mundo. É neste sentido que a prática construtivista e o ensino de química mais se encontram, pois este segundo elemento apropria-se, principalmente, da função de fornecer ao homem uma visão crítica do mundo, podendo analisar e compreender a química no cotidiano e a partir disso perceber e interferir para melhorar sua qualidade de vida.

Por isso, se estabelece que é necessário nos afastar das aulas de simples memorização, cálculos e medições estritamente teóricos e nomes de elementos da tabela periódica, para vincular as aulas aos conhecimentos do cotidiano. Seja utilizando o laboratório que é fornecido pela escola ou dentro de sala de aula, cabe trazer temas e práticas acessíveis e usuais aos alunos, como análise de águas. Não deve haver uma dicotomização da teoria e da prática em momentos isolados, mas sim uma vinculação com o intuito de combater a rejeição imposta pelos alunos para com as aulas de ciências, que são consideradas de difícil compreensão.

Quando questionados sobre o como se sentiam em relação a preparação para o mercado de trabalho, o principal objetivo para um aluno cursando o Ensino Técnico Profissionalizante, 59% da turma entrevistada afirma se sentir parcialmente preparado, o que demonstra clara insegurança com relação aos conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Fator interessante quando comparado com os 97,4% que responderam que abordar assuntos relacionados a análise de águas e efluentes são sim relevantes para a sua formação.

Com certeza algo está se perdendo, porque os alunos entrevistados acreditam que os assuntos abordados neste projeto e no currículo das matérias Análises Físico-químicas e Tecnologia de Processos são relevantes, porém estão inseguros com sua formação. Pode-se identificar o problema a partir do seguinte dado: 94,9% dos alunos dizem que a aplicação de diferentes metodologias analíticas pode proporcionar uma melhor formação.

Para entendermos melhor como as respostas destes alunos são relevantes, cabe apresentar aspectos do Plano de Curso<sup>8</sup> da Habilitação Profissional em Meio Ambiente integrado ao Ensino Médio do Centro Paula Souza, destacando os componentes curriculares relevantes para o projeto, Análises Físico-químicas e Tecnologia de Processos. Este documento denota a grande preocupação da instituição em formar cidadãos conscientes e responsáveis em relação à conservação do meio ambiente e aos efeitos que o desenvolvimento humano trouxe sob os recursos naturais, mas também demonstram preocupação em assegurar a proficiência de habilidades técnicas e profissionalizantes.

Neste âmbito foi instituído o “laboratório de currículo” que se propõe a atualizar os planos de curso das habilitações técnicas da instituição. Este programa se mostra interessante metodologicamente por reunir profissionais reais das áreas específicas, docentes, especialistas e outros pertinentes, mantendo o currículo dos cursos no Centro Paula Souza relevante em conteúdo e métodos, desta forma se torna um cenário particularmente interessante se desenvolver e entrevistar o alunado.

## **EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

Para Nunes (2009), desde os primórdios, e com o objetivo de satisfazer suas próprias necessidades, o indivíduo humano sempre recorreu a natureza, e por vezes sem se preocupar sobre as transformações que poderia causar. Durante muito tempo pouco se discutiu sobre o meio ambiente, mas durante as últimas décadas esse assunto tornou-se um dos principais focos mundialmente. Assim, pode-se observar uma linha do tempo breve com uma série de eventos que tratam das questões ambientais como um bem comum (figura 4), um grande movimento que trouxe/traz à tona desafios e metas, disseminando o conhecimento e discutindo sobre como a natureza pode ser benéfica a todos (Pimenta; Nardelli, 2015).

---

<sup>8</sup> O Plano de Curso é o documento responsável por referenciar os conteúdos, metodologias, procedimentos e técnicas empregadas nas práticas de ensino-aprendizagem de cada unidade escolar, sempre alinhado às legislações de educação vigentes. O plano de curso completo da Habilitação Profissional em Meio Ambiente integrado ao Ensino Médio do Centro Paula Souza está disponível em: <[https://www.etecitanhaem.com.br/documentos/pc\\_etim\\_meio\\_ambiente.pdf](https://www.etecitanhaem.com.br/documentos/pc_etim_meio_ambiente.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2021

## Histórico Ambiental

*Principais eventos ambientais das últimas décadas.*



**Figura 4: Histórico dos principais eventos ambientais das últimas décadas**

A partir destas discussões, a educação ambiental passou a ser foco de projetos e planejamentos educacionais. Neste sentido, a Base Nacional Comum Curricular brasileira é, para a educação atual, um documento de caráter normativo que estabelece de forma espiralada e progressiva as aprendizagens essenciais para os alunos em todas as etapas da Educação Básica: Ensino infantil, fundamental (anos iniciais e finais) e médio. Ele foi criado pelo governo brasileiro em conjunto com diversos especialistas para que as unidades escolares disponham de um padrão mínimo de aprendizagem, principalmente nas escolas da rede pública, mas se estende para o ensino técnico e ensino da rede privada. Estas aprendizagens se propõem a ser um conjunto de competências e habilidades relevantes em todas as regiões do país, prevendo a elaboração e implementação do currículo em diferentes contextos.

Para tal, este documento busca promover a igualdade educacional a todos os alunos e os mesmos direitos de aprendizagem no desenvolvimento do sujeito cidadão. A organização deste documento se dá a partir de cinco áreas do conhecimento: Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Ensino Religioso. Dessa forma, a preocupação com a formação de um alunado consciente e protagonista em relação a questões ambientais está atrelada além dos componentes curriculares, mas sim a área do conhecimento que engloba: Ciências, para o ensino infantil e fundamental; e Física, Química e Biologia para o ensino médio. Dentro desta área, existe uma preocupação explícita às questões ambientais que é trabalhada desde o ensino infantil até o ensino médio. É estabelecido para o ensino infantil o foco nas transformações na natureza, quando cita que os alunos neste momento “[...] demonstram também curiosidade sobre o mundo físico (seu próprio corpo, os fenômenos atmosféricos, os animais, as plantas, as transformações da natureza, os diferentes tipos de materiais e as possibilidades de sua manipulação etc.) [...]” (BRASIL, 2017, p. 42), e que eles devem desenvolver a habilidade “Identificar e selecionar fontes de informações, para responder a questões sobre a natureza, seus fenômenos, sua conservação” (BRASIL, 2017, p. 51).

Já nos anos iniciais e finais da etapa de ensino fundamental, são revelados os desequilíbrios que o desenvolvimento científico e tecnológico humano traz, e trará, ao meio ambiente. Procura-se “[...] debater e tomar posição sobre alimentos, medicamentos, combustíveis, transportes, comunicações, contracepção, saneamento e manutenção da vida na Terra [...]” (BRASIL, 2017, p. 321).

E no ensino médio, última etapa do ensino básico, estes debates, reflexões, impressões e experimentações se especificam em conteúdos e conceitos pontuais, assumindo que este aluno já foi apresentado a forma de letramento científico eficaz e está competente para deliberar mais profundamente acerca da: Transformação de materiais, os impactos da evolução e do desenvolvimento humano na natureza, recursos naturais essenciais considerados finitos e infinitos, desmatamento, geração de energia, mudanças climáticas, agricultura etc. (p. 547)

## CONCLUSÕES

Portanto, a luz da problemática proposta, a construção de um fotômetro válido para análises químicas de baixo custo e fácil acesso, que além de desempenhar sua função final básica de realizar medições e fornecer valores, também inclui o discente, ou indivíduo que está realizando o projeto, no processo de construção e validação da eficiência de um instrumento complexo, desenvolvendo a autonomia e competência. O fotômetro construído e apresentado apresentou o valor de R\$ 86,82 por aparelho, em comparação ao instrumento comercial profissional que têm o custo médio avaliado entre R\$ 3.000 e R\$ 4.000 para uma escola ou laboratório, ressaltando que o aparelho construído pode e estará disponível à unidade escolar para ser utilizado em outras turmas e componentes curriculares, podendo substituir o aparelho comercial em unidades escolares que não possuem grande orçamento destinado ao laboratório sem custos para o ensino-aprendizagem e o desenvolvimento dos conteúdos.

Os objetivos propostos para esta pesquisa foram atingidos, o caminho para a construção de um fotômetro de baixo custo com fins didáticos para ser utilizado em uma sala de aula de uma ETEC, e posteriormente em outras unidades escolares, afim de auxiliar no entendimento de conceitos e fundamentos de análise de águas e efluentes, foi traçado a partir: da transmissão e aplicação dos princípios de funcionamento e construção do aparelho nas aulas teóricas e práticas ministradas; A eficiência e precisão do aparelho *home-made* foi validada em frente a turma e através desta validação é possível atestar, também, a presença e determinação e concentração de espécies em análises de água interessantes à química ambiental, instrumentação analítica, análises e processos físico-químicos, espectroscopia, fotometria, validação e tratamento de dados, além de outros que professores que fizeram o uso deste julguem pertinentes que são conteúdos concernentes ao curso de Meio Ambiente, habilidades e competências que devem ser atestadas no profissional desta área;

As motivações dos alunos foram destacadas em aulas dinâmicas que unem a teoria e a prática, e estas aulas se tornaram possíveis através das soluções propostas; ainda, no âmbito da educação e do ensino médio regular atesta-se o desenvolvimento das habilidades EM13CNT104, EM13CNT105 e EM13CNT301 inerente ao componente curricular de Química e a área de ciências da natureza e suas tecnologias estabelecidas pela legislação mais atual, a Base Nacional Comum Curricular (2017).

Por fim, esta temática se desdobra para outros desenvolvimentos, exposto neste estudo pode fomentar novas pesquisas, tanto na área de educação, quanto química ambiental e procedimentos analíticos, no que desrespeito às necessidades escolares em espaços de laboratório, oficinas e planos de aula que adequem a prática às necessidades e potencialidades das unidades e comunidades escolares. Também, as possibilidades que um projeto com tais características apresenta para o ensino híbrido<sup>9</sup>, consolidado na educação básica pública, principalmente, no ano de 2020. Inclusive, fica o incentivo para que outros instrumentos de laboratório sejam adaptados para a versão *home-made*, sempre priorizando o baixo custo e fácil acesso.

---

<sup>9</sup> Ensino híbrido é uma metodologia que combina a aprendizagem remota com a aprendizagem presencial em sala de aula, permitindo que o aluno desenvolva os conteúdos de forma autônoma através de estudos on-line, ou interagindo com colegas e professores no espaço escolar.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADUAN, R. Engel; DOS REIS JUNIOR, F. B.; VILELA, M. de F. Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta. Distrito Federal: Embrapa Cerrados, 2004.
2. ANDRÉ, M.E.D.A. Etnografia da prática escolar. 2ª ed. São Paulo: Papirus Editora, 1998.
3. ATKINS, P.; JONES, L. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. 3º ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
4. BAIRD, Colin; CANN, Michael. Química Ambiental. 4º ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
5. BALDISSERA, A. Pesquisa-ação: uma metodologia do conhecer e do agir coletivo. Sociedade em debate, Pelotas, v.7, n.2, p.5-25, 2001. Disponível em: <<http://revistas.ucpel.edu.br/index.php/rsd/article/viewFile/570/510>>. Acesso em: 30 nov. 2018.
6. BERTOLINI, C. Sistema para medição de cores utilizando espectrofotômetro. 2010. TCC - Bacharelado em Ciências da Computação. Blumenau: Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau. 96 f.
7. BRASIL. Agência Nacional de Águas. Água no Mundo. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo/agua-no-mundo>>. Acesso em: 5 nov. 2018.
8. BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base. Ensino médio. 2017. p. 539-545. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bnccensino-medio/file>>. Acesso em: 9 abr. 2021.
9. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. Brasília: SVS, 2011. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 5 nov. 2018.
10. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.
11. BRASIL. Ministério da Saúde; Conselho Nacional de Saúde. Resolução n.º 466, de 12 de dezembro de 2012. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Diário Oficial da União. v. 150, n. 112, 2013. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466\\_12\\_12\\_2012.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html)>. Acesso em: 17 nov. 2019.
12. CARDOSO, A. A.; ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. Introdução à química ambiental. 2º ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 256 p.
13. CARDOSO, F. P. Desenvolvimento de equipamento analítico portátil para determinação de fósforo em insumos agropecuários. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Química. Araraquara: Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, 2010. 51 p.
14. CROUCH, S. R.; HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A. Princípios de Análise Instrumental. 6º ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2009.
15. DEMAÍ, F. M. Plano de curso: Ambiente e saúde. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo: Governo de São Paulo, 2018, 109 p.
16. DERRICKSON, B.; TORTORA, G. J. Corpo Humano: Fundamentos da Anatomia e Fisiologia. 10º ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
17. DIAS, Leonice Seolin; JUNIOR, Salvador Carpi; LEAL, Antonio Cezar. Educação ambiental: conceitos, metodologias e práticas. São Paulo: Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, 2016. 190p.
18. EMÍDIO, V. J. G. A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu tratamento. 2012. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade do Algarve. Disponível em: <<https://sapientia.ualg.pt/handle/10400.1/3154>>. Acesso em: 17 nov. 2019.
19. FEDERATION, Water Environment et al. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition*, Washington: American Public Health Association, 2017.
20. FILHO, J. P. A. Atividades Experimentais: do Método à Prática Construtivista. 2000, 312 p. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
21. FILHO, H. C. A. et al. Análise instrumental: uma abordagem prática. Coordenação: ALMEIDA, Nival Nunes de. 1º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.
22. FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. GAUTO, Marcelo. GONÇALVES, Fábio. ROSA, Gilber. Química analítica: práticas de laboratório. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2013.

23. GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de Pesquisa. 1º ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
24. GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.
25. LAKATOS, E.; MARCONI, M. Fundamentos de metodologia científica. 5ª ed. São Paulo. 2003.
26. LOPES, E. C. S.; SOUZA, A. L.; PICANÇO, F. E. L. Fatores Responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA. *Águas Subterrâneas*. v. 16, n. 2, p. 116, 2002.
27. MACHADO, P. F. L.; TUNES, E.; SILVA, R. R. Experimentar Sem Medo de Errar. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. Ensino de Química em Foco. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 231-261.
28. MATTHIENSEN, A. Uso do Coeficiente Alfa de *Cronbach* em Avaliações por Questionários. Roraima: Embrapa, 2010.
29. MEDEIROS, Sófocles Borba de. Química Ambiental. 3ª ed. Recife, 2005. 122 p. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/samueloliveira/disciplinas/quimicaambiental/apostilas-e-outrosmateriais/livro-de-quimica-ambiental>>. Acesso em: 14 abr. 2021.
30. MOREIRA, D. A. O Método Femenológico na Pesquisa. 1ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.
31. MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. DA S. Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos, 2009. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios11.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2018.
32. NARDELLI, A. M. B.; PIMENTA, M. F. F. Desenvolvimento sustentável: os avanços na discussão sobre os temas ambientais lançados pela conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, Rio +20 e os desafios para os próximos 20 anos. *Perspectiva*, v. 33, n. 3, p. 1257-1277, 2015.
33. NUNES, I. R. A avaliação do ciclo de vida como ferramenta para a educação ambiental: o uso da redução do desperdício e do aumento da produtividade como indicadores. 2009. 277 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Área de Tecnologia Nuclear). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo.
34. PELLEGRINO, R.; PELLEGRINO, R. R. L. Padronização do tipo e quantidade necessária de instalações e equipamentos dos laboratórios das habilitações profissionais. Campinas, 2010. Disponível em: <[http://www.cpscetec.com.br/padronizacaoodelaboratorios/pdfs/pdf\\_20.pdf](http://www.cpscetec.com.br/padronizacaoodelaboratorios/pdfs/pdf_20.pdf)>. Acesso em: 5 nov. 2018.
35. THIOLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. 2ª Ed. São Paulo: Cortez, 1986.
36. TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. São Paulo, v. 31, n. 3, set./dez. 2005, p. 443-466.
37. VOGEL, Arthur Israel. Análise química quantitativa. Rio de Janeiro: LTC, 2019. 488p.