**ESPETECOFOTÔMETRO**

**Victor Hugo Garrett[[1]](#footnote-0), Cesar Augusto Tacla[[2]](#footnote-1)** .

**RESUMO:** A análise espectrofotométrica é muito comum em diversas áreas da ciência. Para além dos laboratórios, em regiões sem saneamento básico ou com problemas ambientais, essa técnica também pode ser muito importante para a preservação da saúde pública. Este trabalho propõe, por isso, a construção de um protótipo de um espectrofotômetro de baixo custo e fácil uso e que seja capaz de detectar contaminantes comuns na água de consumo humano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Espectrofotômetro; Arduino; Qualidade da Água

**ESPETECOFOTÔMETRO**

**ABSTRACT**: Spectrophotometric analysis is a widely used technique in many areas of science. Outside of laboratories, in regions with poor sanitation or environmental problems, this technique may also be very important to the preservation of public health. Thus, this work proposes the creation of a spectrophotometer prototype with focus on low cost and ease of use, and that is able to detect common contaminants in human consumable water.

**KEYWORDS**: Spectrofotometer; Arduino; Water Quality

**INTRODUÇÃO**

Sabe-se que grande quantidade de fontes de água no território nacional está contaminada com algum tipo de resíduo químico ou biológico. Um estudo feito nos parques de Curitiba mostrou que alguns tinham contaminação por bactérias heterotróficas (SILVA et al., 2017). Outro encontrou resíduos farmacêuticos em pequenas bacias no Paraná (MINILLO et al., 2023).

A espectrofotometria é uma das técnicas mais comuns de análise química laboratorial. Seu objetivo é detectar a presença de compostos orgânicos ou inorgânicos em soluções e medir sua concentração. Essa técnica desempenha, pois, um papel importante na determinação da qualidade de amostras de água. Por isso seria muito benéfico à população, principalmente àquela parte sem acesso a tratamento de água, conseguir realizar uma análise desse tipo

Espectrofotômetros comerciais, contudo, têm preços proibitivos e operação demasiadamente complicada para um cidadão comum. Objetiva-se, então, com este trabalho, desenvolver um espectrofotômetro de custo mínimo para detecção de metais pesados como chumbo e mercúrio. Esses contaminantes foram escolhidos como objetivo pois estão entre os mais facilmente detectáveis pela espectrofotometria e são particularmente nocivos à saúde, mesmo em pequenas quantidades. Além disso, espera-se que esse equipamento, uma vez construído, possa ser operado por qualquer pessoa, isto é, sua interface deve ser intuitiva o suficiente para guiar até mesmo alguém sem conhecimento técnico.

**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A análise completa da qualidade da água feita em laboratório envolve uma série de processos que avaliam parâmetros físico-químicos e biológicos da amostra. A detecção da presença de certas substâncias faz parte desse processo, existe uma diversidade de equipamentos para esse fim, dentre os quais o espectrofotômetro (EF).

Um EF é um equipamento de medição para análises quantitativas geralmente usado para classificar substâncias químicas determinando a quantidade de luz que é parcialmente absorvida por um analito em solução (THOMAS, O.; BURGEES, C., 2017). Esses equipamentos têm um baixo custo em comparação com outros comuns em laboratórios de química, contudo, quando se trata de EFs comerciais, esse custo está na casa das dezenas de milhares de reais, tornando inviável o acesso da maior parte da população a esse tipo de equipamento. Existem EFs de feixe único e duplo, a diferença entre eles é como o espectro padrão é obtido; no primeiro caso ele é salvo a partir de uma leitura de calibração, no segundo caso há uma amostra padrão que é lida simultaneamente por um feixe de luz e sensor separados

Para detecção de metais pesados, os EFs devem absorver comprimentos de onda do espectro visível, de 400 nm a 800 nm. O chumbo pode ser detectado medindo o comprimento de onda de 520 nm utilizando-se o reagente ditizona (LANG, L. et al., 2008).

O mercúrio pode ser detectado observando-se a variação do pico de absorção da cumarina de 480 nm até 520 nm (GONZÁLEZ-MORALES, D. et al., 2020)

**METODOLOGIA**

Um EF é composto de uma parte física, de uma eletrônica e de um software de calibração/utilização do dispositivo.

A parte física consiste no esquema óptico e no encapsulamento dos componentes eletrônicos. O esquema óptico é todo o conjunto de componentes pelos quais passa a luz, saindo de uma fonte que idealmente possui todos os comprimentos de onda do espectro visível. A parte eletrônica é responsável por ler o sensor de imagem, i.e., os comprimentos de onda que passam pela amostra e enviar os dados para um computador. O software tem como objetivo apresentar os dados ao usuário, bem como orientá-lo quanto ao procedimento de operação do EF.

Estabeleceu-se as seguintes etapas para o cumprimento do objetivo do trabalho:

1. definição dos requisitos funcionais e não funcionais do projeto
2. projeto e realização de cada uma das partes do EF
   1. física
   2. eletrônica
   3. software de calibração e uso
3. testes

O projeto da parte física foi feito levando em consideração que esta é a parte mais dificilmente reproduzível do protótipo e, portanto, deve ter sua complexidade reduzida ao máximo. Assim, optou-se pelo modelo de EF de feixe único e de arranjo. Um EF de feixe único compara a luz passante com uma calibração previamente realizada, dispensando a presença de uma amostra padrão no equipamento e deslocando a complexidade para o software. Um EF de arranjo tem um sensor CCD (Dispositivo de Carga Acoplada) que detecta simultaneamente todo o espectro analisado, dispensando um sistema de seleção física da luz com partes móveis. Os critérios de seleção do sensor foram menor custo e facilidade de montagem. O esquema óptico foi projetado para ter distâncias e ângulos ajustáveis, transferindo a necessidade de precisão da construção para a etapa de calibração.

A parte eletrônica foi projetada utilizando os componentes mais facilmente acessíveis encontrados e de baixo custo. Após a escolha do microcontrolador e do sensor CCD com os critérios elencados e pela compatibilidade entre eles, foram desenvolvidos em paralelo o circuito e o firmware do microcontrolador pela mesma equipe, ajustes em ambas partes foram necessários para encontrar a forma ótima de operação do sensor.

O desenvolvimento da parte de software foi realizado de maneira incremental, iniciando pela definição dos requisitos funcionais e não funcionais, sendo utilizado o método de programação por pares. Foi escolhida a linguagem Python pela facilidade de desenvolvimento, manutenção e posterior distribuição do código

Por fim, o protótipo será testado para avaliar o cumprimento de seus objetivos técnicos e de usabilidade. Inicialmente é esperado que o protótipo seja capaz de detectar metais pesados como chumbo ou mercúrio. Isso significa detectar o espectro visível de 400 nm até 800 nm com uma resolução nesse intervalo de, pelo menos, 1 nm por elemento do sensor. Esse teste será feito preparando soluções desses compostos com diferentes concentrações, analisando todas elas com o protótipo e comparando os resultados com os produzidos por um equipamento profissional. Para o teste de usabilidade, será pedido que pessoas sem conhecimento prévio de química ou eletrônica utilizem o equipamento, esse processo será monitorado para identificar potenciais problemas que o usuário teria durante uma operação não assistida.

**RESULTADOS**

O EF encontra-se em fase de prototipagem. Todas as etapas previstas na metodologia, exceto a montagem do esquema óptico, foram realizadas, restando concluí-la e, subsequentemente, fazer os ajustes e calibrações e a etapa de testes.

Os requisitos não-funcionais definidos foram dois. O principal deles a facilidade de uso. O EF deve ser utilizável sem nenhum requisito de conhecimento técnico. Além desse, todo o projeto, incluindo diagramas, softwares e firmwares com seus códigos fonte devem ser disponibilizados de forma gratuita online para aqueles que desejem reproduzi-lo. O tempo de resposta de análise de uma amostra deve ser instantâneo, pois o sensor lê simultaneamente todos os comprimentos de onda e a análise dos dados feita pelo software dura poucos milisegundos.

O EF, no seu atual estado, implementa as funcionalidades padrão de um espectrofotômetro, como medição de absorbância e transmitância, o EsPETECOfotômetro deverá ter uma função de detecção de certas substâncias, que realiza para o usuário a análise química.

Como resultado das etapas de construção da parte física e eletrônica, definiu-se que o modelo de espectrofotômetro adequado para o projeto é o de arranjo, isto é, a intensidade de cada comprimento de onda é medido por um sensor diferente, o esquema óptico é fixo e contém, no sentido de propagação da luz: uma fonte luminosa, um suporte para amostras líquidas, uma fenda para restringir a passagem de luz, uma grade de difração e um sensor CCD linear sobre o qual a luz difratada incide. Em particular, a parte eletrônica é constituída pelo microcontrolador Arduino Mega. Para a detecção da luz foi escolhido o sensor CCD TCD1201 pelo seu baixo custo e frequência de operação compatível com o Arduíno.

A comunicação entre a parte eletrônica e o software que mostra os dados que é executada em um computador é realizada via USB. Um Arduino Mega realiza a leitura mediada por um circuito de controle e amplificação e então transmite os resultados através de sua interface serial para o software rodando em um computador pessoal.

Como o protótipo construído é de um EF de feixe único, isto é, a luz passada pela amostra não é comparada com um outro feixe de luz padrão e, sim, com uma medição feita da fonte em um momento anterior, será necessário calibrar o equipamento antes do uso. É tarefa do software garantir que o usuário realize esse procedimento de forma correta, antecipando possíveis erros.

O custo atual do protótipo, incluindo microcontrolador, grade de difração, sensor CCD, componentes eletrônicos para o circuito de amplificação e encapsulamento é de cerca de R$400,00 (quatrocentos reais).

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em termos dos objetivos técnicos, não se espera que a precisão do protótipo em determinar a concentração seja equivalente a de um EF comercial. Decidir entre a presença ou não de compostos contaminantes em uma dada amostra e fornecer uma ideia da concentração, ainda que seja vaga, é suficiente. Ainda que o projeto não esteja completo, o objetivo foi parcialmente cumprido com o desenvolvimento de um protótipo de baixo custo para detecção de metais pesados.

Espera-se ainda, com a divulgação do projeto, que outras pessoas construam sua versão do protótipo, testem-no e relatem sua experiência, como forma de avaliar o impacto dessa atividade na comunidade e sugerir melhorias para facilitar e ampliar o seu uso.

**REFERÊNCIAS**

SILVA, C. A. DA .; YAMANAKA, E. H. U.; MONTEIRO, C. S.. Monitoramento microbiológico da água de bicas em parques públicos de Curitiba (PR). Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 2, p. 271–275, mar. 2017.

MINILLO, A. et al.. Occurrence and ecological risk assessment of pharmaceutically active compounds in neotropical small basins, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 35, p. e8, 2023.

THOMAS, O.; BURGEES, C. UV-Visible Spectrophotometry of Water and Wastewater, 2. ed.; Elsevier Science: London, UK, 2017; p. 2

GONZÁLEZ-MORALES, D. et al. Development of a Low-Cost UV-Vis Spectrophotometer and Its Application for the Detection of Mercuric Ions Assisted by Chemosensors. Sensors, v. 20, n. 3, p. 906, 8 fev. 2020.

LANG, L. et al. Spectrophotometric Determination of Lead. Pharmaceutical Technology, v. 32, n. 4, 2 abr. 2008.

1. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, victorgarrett@alunos.utfpr.edu.br [↑](#footnote-ref-0)
2. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, [tacla@utfpr.edu.br](mailto:tacla@utfpr.edu.br) [↑](#footnote-ref-1)