

**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM FOTÔMETRO
DE CHAMA ALTERNATIVO PARA EXPLORAÇÃO
EM AULAS DE QUÍMICA DE NÍVEL MÉDIO**

**CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN
FOTÓMETRO DE LLAMA ALTERNATIVO PARA
EXPLORACIÓN EN CLASES DE QUÍMICA DE NIVEL
MEDIO**

**CONSTRUCTION AND EVALUATION OF AN
ALTERNATIVE FLAME PHOTOMETER FOR
EXPLORATION IN MIDDLE LEVEL CHEMISTRY
CLASSES**

DOI: <https://doi.org/10.31692/2595-2498.v6i3.289>

¹EMMILLY ROBERTA MINERVINO DA SILVA

Licenciatura em Química, IFPB *Campus* João Pessoa, emmilly.roberta@academico.ifpb.edu.br

²EVANY MIKAELLY CARDOSO SOARES

Licenciatura em Química, IFPB *Campus* João Pessoa, mikaelly.cardoso@academico.ifpb.edu.br

³RICARDO FRANÇA ALVES

Licenciatura em Química, IFPB, *Campus* João Pessoa, alves.franca@academico.ifpb.edu.br

⁴SERGIO RICARDO BEZERRA DOS SANTOS

Doutor em Química, IFPB *Campus* João Pessoa, sergio.santos@ifpb.edu.br

RESUMO

Em um ritmo exponencial, a sociedade contemporânea vem sofrendo modificações e inovações em diversas áreas da ciência, tal fato se justifica pela necessidade de oportunizar alternativas promissoras no âmbito educacional. Sob essa perspectiva, foi pensado e desenvolvido um fotômetro de chamas alternativo no laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB *Campus* João Pessoa, para ser utilizado em aulas de Química experimental de nível médio, explorando conceitos de espectroscopia. Os conceitos de espectroscopia são importantes nas discussões sobre os modelos atômicos e sua evolução com o passar dos anos, também são importantes para explicar como algumas análises químicas são realizadas por procedimentos instrumentais. O instrumento foi construído com materiais de baixo custo e permite obter espectros de emissão na chama de alguns metais a partir da queima de soluções alcoólicas de sais desses elementos. Para obtenção dos espectros de emissão um dedal foi utilizado como recipiente da amostra e um fragmento de CD foi utilizado para difratar a radiação policromática emitida pelos elementos na chama e direcionar o espectro de emissão para a câmera de um aparelho celular que registra os dados. Este procedimento foi utilizado para análises qualitativas de elementos na chama e permitiu realizar a caracterização de alguns espectros característicos dos elementos. Para a realização de análises quantitativas, as imagens dos espectros registrados foram avaliadas pelo aplicativo *ChemEye*, um aplicativo de análises químicas por imagens digitais. Ao avaliar as variações nas intensidades das cores da região espectral amarela obtidas das soluções sódio na faixa de concentrações de 10 a 40ppm, foi possível verificar um comportamento linear entre os sinais registrados e o parâmetro B (canal azul) do sistema RGB de cores, com um coeficiente de correlação linear $r=0,9838$. Com o fotômetro de chamas desenvolvido é possível realizar experimentos de baixo custo contextualizando conceitos de espectroscopia normalmente apresentados de forma teórica e com muita abstração em salas de aulas de nível médio, facilitando o processo de ensino-aprendizagem e sendo essencial para mostrar ao estudante uma concepção mais acentuada da Ciência.

Palavras-Chave: fotômetro de chamas; materiais alternativos; química experimental; ensino médio; contextualização.

RESUMEN

A un ritmo exponencial, la sociedad contemporánea ha venido experimentando cambios e innovaciones en diversas áreas de la ciencia, este hecho se justifica en la necesidad de brindar alternativas prometedoras en el ámbito educativo. Desde esta perspectiva, se diseñó y desarrolló un fotómetro de llama alternativo en el laboratorio de Química del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Paraíba – IFPB *Campus* João Pessoa, para ser utilizado en clases de Química experimental de secundaria, explorando conceptos de espectroscopia. Los conceptos de espectroscopia son importantes en las discusiones sobre modelos atómicos y su evolución a lo largo de los años, también son importantes para explicar cómo se llevan a cabo algunos

análisis químicos mediante procedimientos instrumentales. El instrumento fue construido con materiales de bajo costo y permite obtener espectros de emisión en la llama de algunos metales a partir de la quema de soluciones alcohólicas de sales de estos elementos. Para obtener los espectros de emisión se utilizó un dedal como recipiente de muestra y un fragmento de CD para difractar la radiación policromática emitida por los elementos en la llama y dirigir el espectro de emisión a la cámara de un teléfono celular que registra los datos. Este procedimiento se utilizó para análisis cualitativos de elementos en la llama y permitió la caracterización de algunos espectros característicos de los elementos. Para realizar análisis cuantitativos, las imágenes de los espectros registrados se evaluaron mediante la aplicación *ChemEye*,

una aplicación de análisis químico que utiliza imágenes digitales. Al evaluar las variaciones en las intensidades de color en la región espectral amarilla obtenida de soluciones de sodio en el rango de concentración de 10 a 40 ppm, fue posible verificar un comportamiento lineal entre las señales registradas y el parámetro B (canal azul) del sistema de color RGB. con un coeficiente de correlación lineal $r=0,9838$. Con el fotómetro de llama desarrollado es posible realizar experimentos de bajo costo contextualizando conceptos de espectroscopia normalmente presentados teóricamente y con mucha abstracción en las aulas de secundaria, facilitando el proceso de enseñanza-aprendizaje y siendo fundamental para mostrar al estudiante un concepto más acentuado. de Ciencia

Palabras clave: fotómetro de llama; materiales alternativos; química experimental; bachillerato; contextualización.

ABSTRACT

At an exponential pace, contemporary society has been undergoing changes and innovations in various areas of science, this fact is justified by the need to provide promising alternatives in the educational sphere. From this perspective, an alternative flame photometer was designed and developed in the Chemistry laboratory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Paraíba – IFPB Campus João Pessoa, to be used in high school experimental Chemistry classes, exploring spectroscopy concepts. . The concepts of spectroscopy are important in discussions about atomic models and their evolution over the years, they are also important to

explain how some chemical analyzes are carried out using instrumental procedures. The instrument was built with low-cost materials and allows emission spectra to be obtained in the flame of some metals from burning alcoholic solutions of salts of these elements. To obtain the emission spectra, a thimble was used as a sample container and a fragment of CD was used to diffract the polychromatic radiation emitted by the elements in the flame and direct the emission spectrum to the camera of a cell phone that records the data. This procedure was used for qualitative analyzes of elements in the flame and allowed the characterization of some characteristic spectra of the elements. To carry out quantitative analyses, the images of the recorded spectra were evaluated using the ChemEye application, a chemical analysis application using digital images. By evaluating the variations in color intensities in the yellow spectral region obtained from sodium solutions in the concentration range of 10 to 40ppm, it was possible to verify a linear behavior between the recorded signals and parameter B (blue channel) of the RGB color system, with a linear correlation coefficient $r=0.9838$. With the flame photometer developed, it is possible to carry out low-cost experiments contextualizing spectroscopy concepts normally presented theoretically and with a lot of abstraction in high school classrooms, facilitating the teaching-learning process and being essential for showing the student a concept most accentuated of Science.

Keywords: flame photometer; alternative materials; experimental chemistry; high school; contextualization.

INTRODUÇÃO

Em um ritmo exponencial, a sociedade contemporânea vem sofrendo modificações e inovações em diversas áreas da ciência, iniciando pelo rompimento dos paradigmas preestabelecidos, sobre a forma como percebemos e interpretamos o mundo que nos cerca. A vista disso, a contextualização surge como uma alternativa promissora pela busca de inovações

em diferentes campos e contextos, sendo essencial para apresentar ao estudante uma concepção mais acentuada da Ciência.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) a contextualização vai além da exemplificação de situações, mas deve salientar a aplicação desses conhecimentos na vida particular, promovendo o envolvimento ativo dos estudantes na abordagem de diversas questões. (Brasil, 2018) Diante dessa perspectiva, a contextualização coaduna ao ensino experimental emerge como uma estratégia eficaz na promoção da aprendizagem significativa.

Atrelada a essa premissa, na educação Química, essas duas vertentes mencionadas desempenham um papel fundamental na compreensão de teorias e conceitos específicos na área de estudo, o que é crucial para desenvolver experimentos didáticos pedagógicos relevantes e a formular (e resolver) hipóteses bem fundamentadas. Isso reflete a importância de inovar e modificar práticas no ensino dando ênfase à formação científica do indivíduo.

Um dos conteúdos explorados em Química para explicar a estrutura atômica é a espectroscopia, especificamente quando se explicam os espectros de raios emitidos pelos átomos de elementos químicos quando excitados. Este conteúdo é normalmente apresentado em aulas teóricas com apresentação de imagens de espectros obtidos em laboratórios de pesquisa com instrumentos específicos. Em escolas de nível médio, a observação de espectros de elementos não é uma atividade comum. Sob esta ótica, conhecendo-se as dificuldades vivenciadas em muitas escolas para ofertar atividades práticas aos estudantes, mostra-se como alternativa a utilização de materiais alternativos que possibilita aos docentes adaptar e construir diferentes materiais direcionados a análises, demonstrações ou experimentações, como por exemplo, espectrofotômetros alternativos. A aplicabilidade dessas ferramentas, permite aos educandos manipular diferentes instrumentos e participar ativamente do seu processo de aprendizagem.

A espectroscopia abrange um conjunto de métodos e técnicas utilizados para a análise de amostras de materiais diversos, fundamentando-se na interpretação de informações obtidas de padrões de emissão ou de absorção de radiações eletromagnéticas específicas associadas a determinadas substâncias ou elementos. Uma das técnicas de análises espectrométricas é a fotometria de chama que realiza a análise de elementos químicos através da medida da intensidade da radiação eletromagnética emitida pelos átomos excitados em uma chama.

Destarte, o objetivo principal do trabalho foi desenvolver um fotômetro de chamas alternativo usando um fragmento de CD como monocromador para avaliar espectros atômicos e sua aplicabilidade qualitativa e quantitativa em aulas de nível médio como uma proposta para exercitar a experimentação em Química de forma inovadora em escolas de nível médio.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Com a crescente evolução da sociedade atual, mais se percebe a necessidade de compreender conceitos científicos e tecnológicos. Isso é particularmente notório no contexto de ensino nas disciplinas específicas de ciências da natureza. Sob esse cenário a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca que essa área de conhecimento deve garantir aos estudantes o acesso a uma ampla gama de saberes científicos por meio de abordagens articuladas a vários campos de conhecimentos (Brasil, 2018).

Por sua vez, a Química é uma área que apresenta diversos símbolos e termos técnicos ainda pouco explorados de forma significativa. Em razão disso, Santos (2013), afirma que mesmo a Química possuindo um vasto corpo de conhecimento que contribui para o desenvolvimento do senso crítico, muitos estudantes consideram essa disciplina como pouco interessante e de difícil compreensão. Porém, o conhecimento dessa área é de extrema importância visto que orienta o discernimento de diversos fenômenos do cotidiano e prevê aos estudantes uma melhor relação com o mundo a sua volta.

Em vista disso, vários documentos de caráter normativo externam como eixo articulador, para beneficiar o ensino e aprendizagem de Química, a contextualização. Um desses documentos é a BNCC que destaca a contextualização como sendo elemento indispensável no ensino.

Corroborando com essa afirmação as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio afirmam que a contextualização pode ser realizada através da abordagem de questões sociais e reais, de maneira dinâmica permitindo a discussão abrangente e integrada de conteúdos e conceitos da Química, com aspectos socio científicos relacionados a questões ambientais, econômicas, sociais, políticas, culturais e éticas (Brasil, 2006).

Ademais, trazer discussões mais sistematizadas no ensino, impulsionam o desenvolvimento de competências aplicadas ao conhecimento científico, podendo ser caracterizada também pela resolução de situações problemas. Pois “mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente” (Brasil, 2018 p. 551). Sabendo disso, entende-se que esse tipo de metodologia pode proporcionar renovações no âmbito educacional que são necessárias e urgentes para o exercício de aprender.

EXPERIMENTAÇÃO UTILIZANDO MATERIAIS ALTERNATIVOS

É de conhecimento geral que a Química é uma ciência extremamente visual, entretanto para os conceitos tornarem-se mais que apenas “linguagens” passadas pelo professor, é necessário que os conhecimentos sejam empíricos. O ensino da referida disciplina é considerado por alguns estudantes como algo distante do seu cotidiano e muitas vezes maçante, visto que, tem professores que atuam exclusivamente com a teoria, isto é, robustecendo a abstração da disciplina (Gonçalves, 2019).

À vista disso, quando o estudante tem a oportunidade de participar ativamente do seu processo de aprendizagem realizando e observando experimentos científicos, este estará mais apto para compreender os fenômenos que ocorrem à sua volta. Concernente a isto, Guimarães (2009, p.198) afirma que “No ensino de ciências, a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação”. Dessa forma, podemos entender que no processo para uma aprendizagem significativa as experiências reais são de extrema importância pois auxiliam na construção do conhecimento científico.

A experimentação como prática pedagógica, estimula uma abordagem Química que valoriza a constante interlocução entre teoria e prática, contribuindo no desenvolvimento da compreensão de que esses aspectos têm uma interação contínua e dinâmica. As Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio afirmam que a compreensão da Química se desenvolve à medida que conceitos são construídos através da experimentação concomitantemente com as situações reais do nosso cotidiano, indo além das aparências e impressões iniciais, por isso as práticas experimentais devem sempre estar presentes nas abordagens pedagógicas (Brasil, 2006).

No entanto, é importante destacar que muitas escolas da rede pública enfrentam deficiências em sua infraestrutura, não dispendo de instalações adequadas nem materiais apropriados para a realização de atividades práticas, o que representa um desafio tanto para os alunos quanto para os professores. Segundo o Censo Escolar de 2010, apenas 23,8% das Escolas do Brasil que ofertam Ensino Fundamental e 49,3% das que ofertam Ensino Médio, apresentam laboratório de ciências (Brasil, 2010). Levando em consideração esses obstáculos, torna-se indispensável que tanto as instituições como os docentes busquem alternativas de ofertar esse tipo de atividade, a fim de evitar déficits na aprendizagem.

Diante disso, a utilização de materiais alternativos e de fácil aquisição surge como alternativa para buscar amenizar os obstáculos na aprendizagem prática. Uma forma de viabilizar os experimentos nas escolas de ensino médio é a adaptação de equipamentos e

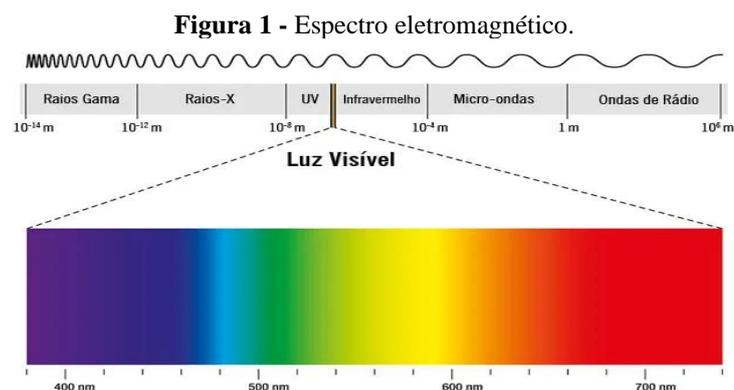
materiais alternativos que podem ser construídos com utensílios do cotidiano (Silva *et al.*, 2017). Assim, segundo Guedes (2017) os materiais alternativos e de baixo custo são recursos que se destacam por serem simples, econômicos e de fácil obtenção. Essas características tornam o processo de ensino-aprendizagem mais acessível, pois esses materiais são empregados na realização de experimentos e atividades práticas.

Portanto, buscar soluções inovadoras explorando a criatividade é uma atividade tanto para os educandos quanto para os docentes, pois torna-se viável fazer uso desses recursos para proporcionar aulas práticas tanto em laboratório quanto em sala de aula. O uso de materiais alternativos em aulas práticas, pode promover a popularização dessa abordagem entre professores permitindo que os alunos estabeleçam conexões mais fortes entre as aulas experimentais e os conteúdos de aulas teóricas, resultando em uma construção de conhecimentos químicos mais eficaz (Queiroz; Martins; Fernandez, 2019).

ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO VISÍVEL

O espectro eletromagnético é o agrupamento de radiações eletromagnéticas (REM) em função do seu comprimento de onda, essas radiações possuem propriedades como, frequência, velocidade e amplitude. Segundo Skoog *et al* (2006) a radiação eletromagnética é uma forma de energia que se propaga pelo espaço em alta velocidade e, rigorosamente falando, a faixa de radiação visível podemos caracterizar como luz.

Isaac Newton (1643-1727) descobriu que, se a luz branca atravessa por um prisma, ela se decompõe em diversas cores, gerando assim o espectro visível da radiação eletromagnética. Dessa forma podemos considerar que Luz é a faixa do espectro eletromagnético a qual o olho humano consegue detectar. A luz visível compreende uma estreita faixa de comprimentos de onda entre 400 e 700 nm (nanômetros = 10^{-9} m).



Fonte: Google.com

A região ultravioleta (UV) e visível (Vis), dentre as regiões do espectro, são as mais importantes a ressaltar devido à abundância de técnicas analíticas que se fundamentam na medição da absorção ou emissão de radiação nessas regiões (Oliveira, 2015). Ao longo do tempo houveram avanços significativos nos métodos analíticos como, o desenvolvimento de equipamentos mais acessíveis e fáceis de utilizar. O que tornou essa técnica mais irradiada foi o surgimento do espectrômetro UV-visível e de outras tecnologias analíticas modernas.

A espectroscopia é o conjunto de técnicas para analisar substâncias, baseando-se na leitura de seus respectivos espectros de emissão ou absorção de radiações eletromagnéticas. Segundo Platenik (2015) através do estudo da espectroscopia de emissão torna-se factível identificar a composição de várias substâncias em qualquer parte do universo observável. Isso se concretiza porque a emissão ou absorção de luz por uma substância equivale a uma espécie de "impressão digital" da molécula, revelando as características dos átomos que a constituem.

Com o novo modelo atômico proposto por Bohr, tornou-se viável comprovar as descobertas experimentais de vários cientistas que investigaram as linhas espectrais, o que fundamentou a utilização da espectroscopia como uma ferramenta para esclarecer a estrutura do átomo (Platenik, 2015). Diferentes elementos químicos emitem diferentes cores ao serem submetidos a alta temperatura, ou seja, cada átomo gera uma banda de comprimento de onda e é possível analisar o espectro de emissão de cada um dos elementos através da espectrometria de chama.

Quando os elementos recebem energia de uma chama, geram espécies excitadas que, ao retornarem para o estado fundamental, liberam parte da energia recebida na forma de radiação, em comprimentos de onda característicos para cada elemento químico (Okumura; Cavalheiro; Nóbrega, 2004).

FOTOMETRIA DE CHAMA

O químico Robert Bunsen e o físico Gustav Kirchhoff contribuíram significativamente para o campo da espectroscopia de emissão em chama ao estudarem o espectro de emissão. Eles fizeram uma descoberta crucial ao reconhecer que as linhas espectrais emitidas por metais ocorrem em comprimentos de onda específicos, independentemente dos ânions presentes na solução. Dessa forma, essas pesquisas levaram à conclusão de que é possível estimar as concentrações dos elementos através da comparação da intensidade das cores entre soluções de concentrações conhecidas e as soluções das amostras sólidas de minérios (Okumura; Cavalheiro; Nóbrega, 2004).

A espectrofotometria é bastante conhecida para determinação de concentração de espécies químicas presentes em uma solução. Concernente a isso Okumura, Cavalheiro e Nóbrega (2004) ainda afirmam que a fotometria de chama representa a técnica mais direta dentre as técnicas analíticas que se baseiam na espectroscopia atômica. Nesse procedimento, uma amostra contendo cátions metálicos é introduzida em uma chama e, em seguida, a análise é realizada através da medição da quantidade de radiação emitida pelas espécies atômicas ou iônicas excitadas.

Fotômetros de chama são aparelhos cujo princípio fundamental de funcionamento reside na medição da absorção de radiações em diversos comprimentos de onda, essa radiação é incidente dos átomos presentes em certas substâncias empregadas na chama.

Contudo, o espectro de um átomo não é geralmente observado na forma de linhas, sendo necessário decompor esse espectro utilizando um prisma ou uma rede de difração que são capazes de dispersar a luz policromática incidente de radiações eletromagnéticas decompondo-as em seus constituintes monocromáticos, ou seja, em diferentes comprimentos de ondas.

O CD é um disco compactado a laser, de fácil aquisição e apresenta em sua superfície o fenômeno de difração, ou seja, quando a radiação incide sobre o CD promove a decomposição da luz branca em um espectro contínuo de cores podendo ser utilizado como uma rede de difração. Embora não especificamente destinados à análise espectral, a separação entre os sulcos no CD permite um ângulo de difração acentuado para os comprimentos de onda na faixa do visível (Kalinowski; Dummer; Giffhorn, 2004).

Dessa forma, a fotometria de chama é uma alternativa instrumental de baixo custo para determinação de Li, Na, K e Ca em diferentes amostras (Okumura; Cavalheiro; Nóbrega, 2004).

METODOLOGIA

O delineamento da pesquisa ocorreu por intermédio qualitativo, quantitativo e experimental. Ao realizar uma pesquisa de natureza qualitativa, o objetivo principal é pela compreensão dos desafios enfrentados pelos sujeitos em sua vida cotidiana, mas que não se alinha simplesmente a uma visão positivista da ciência. (Rosa; Mackedanz, 2021). Já a metodologia baseada na experimentação segundo Gonsalves (2001, p. 68) “é aquela que se refere a um fenômeno que é reproduzido de forma controlada, submetendo os fatos à experimentação buscando, a partir daí, evidenciar as relações entre os fatos e as teorias”. Sobre a metodologia quantitativa Gatti (2004) afirma que, com o uso de dados quantitativos e a devida contextualização por meio de abordagens teóricas bem fundamentadas, as decisões

metodológicas estrategicamente selecionadas fornecem informações concretas que enriquecem nossa compreensão dos fenômenos educacionais.

O trabalho em tela é fundamentado em abordagens amplamente empregadas pela comunidade científica e foi pensado e elaborado para o ensino experimental de Química. A pesquisa se consistiu no desenvolvimento de um fotômetro de chama alternativo que servirá como instrumento analítico que se assemelha as abordagens convencionais para a análise de substâncias/soluções e elementos químicos, este também pode ser utilizado de forma prática para ministrar mais concretamente os princípios de interação da luz com a matéria.

O instrumento foi idealizado e desenvolvido no laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB, *Campus* João Pessoa, Brasil, na disciplina de Química Analítica instrumental. Na produção e avaliação do fotômetro de chama foram utilizados materiais e reagentes listados a seguir.

MATERIAIS E REAGENTES

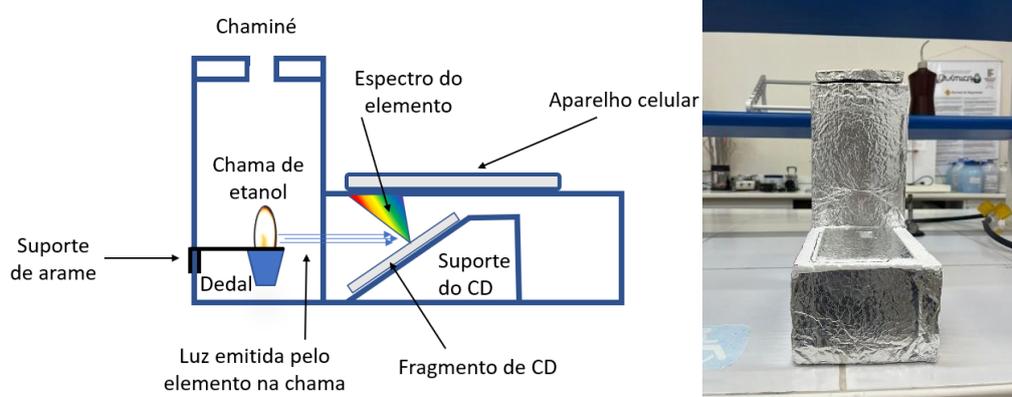
- Para a construção do Fotômetro de Chama foram utilizados: placa de isopor de 20mm, fragmento de *Compact Disk* (CD), papel alumínio, dedal de costura, fio de arame de 1,5mm, estiletes e canetas para marcação;
- Soluções alcoólicas de cloretos de sódio, potássio e bário nas concentrações de 10, 20, 30 e 40ppm foram preparadas com reagentes Merck de grau analítico.
- Um pequeno isqueiro foi utilizado para provocar a ignição das soluções alcoólicas dos sais e uma seringa de 5mL foi utilizada para transferir combustível e amostras para o recipiente de análises; (dedal);
- Álcool etílico absoluto (pode ser qualquer álcool com concentração superior a 70%) foi utilizado como solvente para os sais e combustível para o fotômetro;
- A aplicativo ChemEye produzido pelo *Chemistry Department* e pelo *Apps Resource Center* da *Hong Kong Baptist University* foi utilizado para as análises químicas por imagens digitais.

DETALHAMENTO METODOLÓGICO

A Figura 2 apresenta um esboço do fotômetro de chamas desenvolvido e de seu funcionamento. O instrumento é composto de uma chaminé onde foi adaptado um dedal de costura (recipiente da amostra) fixado às paredes do instrumento por um fio metálico de 1,5mm. Uma solução alcoólica de um sal de metal alcalino é adicionada ao recipiente através de uma seringa de 5mL e depois inflamada com o auxílio de um isqueiro ou uma haste em chamas.

A chama então adquire a cor característica da radiação emitida pelo elemento químico sendo direcionada a um fragmento de CD que difrata a radiação policromática emitida em seus componentes monocromáticos e direciona a imagem formada para a câmera de um aparelho celular. A imagem formada pode ser fotografada ou filmada para o registro espectral.

Figura 2 - fotômetro de chama alternativo.



Fonte: Própria (2023).

A Figura 3 apresenta o fragmento de CD utilizado para a difração e direcionamento da radiação difratada para o dispositivo móvel.

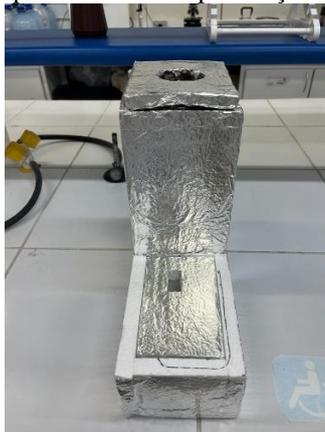
Figura 3 - Centralização e inclinação do fragmento de CD.



Fonte: Própria (2023).

Para posicionar o celular de forma correta foi desenhada uma marcação na parte superior do módulo do CD de forma que o celular permanecesse na mesma posição sempre que as análises fossem realizadas, como mostra a Figura 4. Um orifício também foi adaptado na parte superior do módulo de acordo com a posição da câmera do aparelho celular.

Figura 4 - Marcação do aparelho celular e perfuração da parte superior da caixa.



Fonte: Própria (2023).

A chaminé foi protegida internamente com folhas de alumínio para minimizar acidentes com o álcool e o contato do mesmo com o isopor extremamente inflamável. A chama do recipiente da amostra é suficientemente pequena para não gerar calor excessivo na chaminé de modo a prejudicar suas paredes. A Figura 5 apresenta o interior da chaminé com o dedal adaptado ao suporte de arame.

Figura 5 - Chaminé do fotômetro de chamas alternativo.



Fonte: Própria (2023).

Como já citado anteriormente, para suporte do recipiente da amostra foi utilizado um fio arame de 1,5mm em cuja extremidade foi adaptada uma alça no diâmetro do dedal. Na outra extremidade do suporte do dedal foi modelado um adaptador para ser fixado na parte superior frontal da caixa, fazendo com que o suporte permaneça seguro e estável evitando movimentos involuntários no momento da análise. As dimensões do dedal e o uso do arame permitem que a chama produzida não produza calor suficiente para aquecer as paredes internas da chaminé que foi revestida internamente com folhas de alumínio para maior proteção do isopor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados a seguir visam avaliar diversos aspectos significativos para validar a proposta apresentada como por exemplo, o uso de soluções alcoólicas com sais de

metais alcalinos como método para produzir espectros atômicos, estabilidade da chama produzida pela amostra contida no dedal e sua influência nos sinais analíticos, a qualidade dos espectros obtidos utilizando-se o fragmento de *cd* como dispositivo dispersor da luz da chama, caracterização de átomos de elementos químicos por meio dos espectros registrados e por último, avaliar o uso do fotômetro de chamas alternativo para análises qualitativas e quantitativas de metais em soluções alcoólicas.

Apesar de sais serem pouco solúveis em álcool, as pequenas quantidades necessárias para as análises por emissão em chama permitem o preparo de soluções para produzirem espectros característicos dos elementos na chama. Assim, a solubilidade baixa dos sais não foi um problema para a realização das atividades experimentais.

O aspecto mais relevante para o registro dos espectros característicos de elementos químicos, no fotômetro alternativo utilizando um dispositivo móvel (celular), foi a estabilidade da chama. A chama de fotômetros comerciais é muito estável de modo que a emissão de luz por espécies químicas na mesma seja reprodutível. Entretanto, a chama obtida em nosso instrumento era um pouco instável e realizar registros fotográficos não foi suficiente para obter uma imagem espectral nítida no celular. Para contornar esta dificuldade, os espectros produzidos no *cd* pela chama foram filmados e as imagens que produziam o melhor espectro foram selecionadas e avaliadas. Filmagens em torno de um minuto de duração foram realizadas, mas observou-se que com apenas alguns segundos de filme é possível selecionar um *frame* com uma imagem nítida do espectro.

Com a utilização dos *frames* das filmagens foi possível avaliar a qualidade dos espectros obtidos. Na Figura 6 pode-se observar tanto o perfil da chama quanto o espectro produzido na queima do etanol utilizado como combustível no fotômetro de chamas.

Figura 06 - Perfil da chama e espectro de emissão obtidos para a queima do etanol usado como combustível no fotômetro de chamas alternativo.



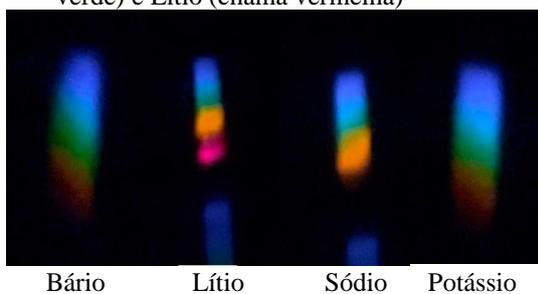
Fonte: Própria (2023).

Com a verificação da possibilidade de registros espectrais adequados utilizando-se a chama do álcool etílico foram preparadas soluções de sais de elementos metálicos,

especificamente de metais alcalinos para avaliar os espectros dos elementos. Na Figura 7 são apresentados espectros registrados para os elementos Sódio, Potássio, Bário e Lítio em concentrações diversas. A chama amarela característica do sódio é difratada no fragmento de *cd* gerando um espectro que identifica as cores de outras raia de emissão do elemento como por exemplo nas regiões do violeta, azul, verde e vermelho. A chama lilás do potássio produz um espectro com maior intensidade nas regiões azul e violeta do espectro o que condiz com a cor observada na chama. Mas é possível perceber que também é produzida radiação na região amarela do espectro, o que está de acordo com os registros espectrais para este elemento. A chama verde do bário também é decomposta nas cores das raia de emissão típicas para o elemento, notadamente a região espectral verde.

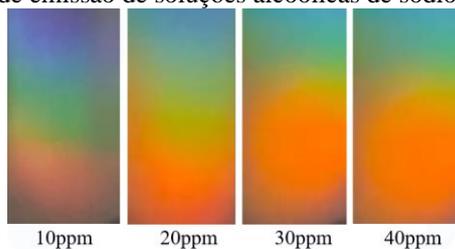
Dessa forma, também observamos o espectro do Lítio, o qual se percebe uma maior banda de intensidade na região vermelha e laranja. Assim, o fotômetro de chamas alternativo é útil na caracterização espectral de elementos químicos indicando que ele pode ser explorado em aulas experimentais de química.

Figura 07 - Espectros registrados para sódio (chama amarela), potássio (chama lilás), bário (chama verde) e Lítio (chama vermelha)



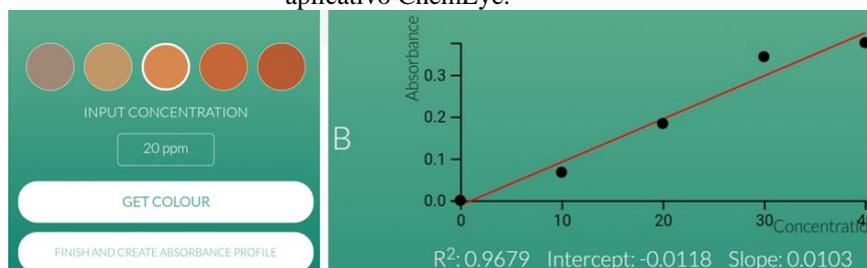
Fonte: Própria (2023).

Na perspectiva da utilização do fotômetro de chamas alternativo para avaliação quantitativa, imagens digitais de soluções de sódio em álcool foram analisadas através de um aplicativo de análises de imagens pelo padrão RGB. A partir dos parâmetros RGB determinados para as soluções uma curva de calibração foi construída para avaliar a linearidade de respostas utilizando esse método. A Figura 8 apresenta as imagens espectrais selecionadas para as soluções de sódio com concentrações na faixa de 10 a 40ppm.

Figura 08 - Espectros de emissão de soluções alcoólicas de sódio na faixa de 10 a 40ppm.

Fonte: Própria (2023).

A Figura 9 apresenta uma das respostas do aplicativo *ChemEye* utilizado para a decomposição da imagem em parâmetros RGB e produção da curva de calibração elaborada para verificar a linearidade de resposta e avaliar a aplicabilidade do fotômetro para análises quantitativas. Foram utilizadas as 5 imagens espectrais presentes nas Figuras 6 (concentração zero em sódio) e 8.

Figura 09 - Análises digitais das imagens espectrais das soluções alcoólicas de sódio através do aplicativo *ChemEye*.

Fonte: Própria (2023).

Como pode ser observado nas análises de imagens, a resposta apresentou um comportamento linear quando as concentrações de sódio foram avaliadas pelo canal B (cor azul) do sistema RGB. O valor R^2 de 0,9679 apresentado abaixo da curva de calibração produz um coeficiente de correlação linear $R=0,9838$, indicando uma correlação linear muito boa entre o parâmetro de cor B da imagem e a concentração do sódio, essa tendência linear sugere que um aumento na concentração resulta em um aumento na absorvância. Isso indica que o método proposto pode ser utilizado em aulas de química experimentais que explorem a espectroscopia em análises quantitativas.

CONCLUSÕES

Em conformidade com as análises apresentadas neste estudo, é perceptível que o fotômetro de chama alternativo, mesmo não oferecendo a mesma qualidade de imagem de um fotômetro de chama comercial, desempenha um papel fundamental na democratização do acesso à educação de alta qualidade. Visto que, as análises qualitativas indicaram a utilidade do fotômetro de chama para caracterizar os espectros dos elementos químicos metálicos presentes

na chama, já por sua vez as análises quantitativas permitiram obter curvas analíticas consideráveis para o sódio nas concentrações entre 10 a 40 ppm.

Compreendendo esse contexto, a introdução deste instrumento nas salas de aula pode desempenhar um papel fundamental em oferecer aos discentes uma compreensão prática e concreta dos átomos e das complexas interações entre a luz e a matéria que permeiam o mundo ao seu redor. O uso desse instrumento se traduz em uma oportunidade valiosa para a demonstração de conceitos abstratos, resultando em um aumento notável no interesse e na motivação dos alunos em relação à disciplina. Isso, por sua vez, transforma o processo de aprendizado em uma experiência mais cativante e profundamente significativa.

Com isso, podemos concluir que o fotômetro de chamas alternativo desenvolvido é, portanto, um meio interessante de explorar a espectroscopia em aulas de Química de nível médio contextualizando a exploração da radiação eletromagnética para elucidação da estrutura da matéria e análises químicas por emissão na chama. O uso do fotômetro se traduz em uma oportunidade valiosa para a demonstração de conceitos abstratos, resultando em um aumento notável no interesse e na motivação dos educandos em relação à disciplina. Isso, por sua vez, transforma o processo de aprendizado em uma experiência mais cativante e profundamente significativa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Resumo Técnico – Censo Escolar 2010: versão preliminar**. Brasília, DF, 2010

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria de Educação Básica - Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Volume 2. Brasília, 2006.

GATTI, Bernardete A. Estudos quantitativos em educação. **Educação e pesquisa**, v. 30, n. 01, p. 11-30, 2004.

GONÇALVES, Raquel Pereira Neves. **Experimentação no ensino de Química na educação básica**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino das Ciências, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, p. 148. 2019.

GONSALVES, Elisa Pereira. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. 2 ed. Campinas, SP: Editora Alínea, f. 68, 2001. 80 p.

GUEDES, Luciano Dias dos Santos. **Experimentos com materiais alternativos: sugestão para dinamizar a aprendizagem de eletromagnetismo**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Física, Universidade Federal de Goiás, Catalão, p. 82. 2017.

GUIMARÃES, C. C.. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, mar. 2009.

KALINOWSKI, Hypolito Jose; DÜMMER, Otto S.; GIFFHORN, Edy. Produção de redes de difração por técnica fotográfica no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Curitiba- PR, v. 21, n. especial, p. 265-271, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10013> . Acesso em: 11 out. 2023

OKUMURA, Fabiano; CAVALHEIRO, Éder TG; NÓBREGA, Joaquim A. Experimentos simples usando fotometria de chama para ensino de princípios de espectrometria atômica em cursos de química analítica. **Química Nova**, v. 27, n. 5, p. 832-836, 2004.

OLIVEIRA, Helton Jader Souza. **Desenvolvimento de um espectrofotômetro para medidas de absorção/emissão na região do visível utilizando mini lâmpada incandescente, mídia de DVD e smartphone**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, p. 96. 2015.

PLATENIK, G. **Desenvolvimento e aplicação de espectroscópio instrumentado para uso em aulas de laboratório**. TCC (Graduação) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 143, 2015.

QUEIROZ, Davi Lira; MARTINS, Adriel Castro; FERNANDES, Carromberth Carioca. Determinação de pH: utilização de materiais alternativos para ensino de química. **Scientia Naturalis**, Rio Branco. v.01, n.01, p. 51-59, 2019. Disponível em: <http://revistas.ufac.br/revista/index.php/SciNat/index>. Acesso em: 23 set. 2023.

ROSA, L. S.; MACKEDANZ, L. F. A análise temática como metodologia na pesquisa qualitativa em educação em ciências. **Atos de Pesquisa em Educação**, v. 16, e8574, p. 2-22, 2021.

SANTOS, A. O. et al. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Scientia plena**, Sergipe, v. 9, n. 7 (b), p. 1-6, 2013. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/1517/812> . Acesso em: 26 set. 2023.

SILVA, J. N et al., Experimentos de baixo custo aplicados ao ensino de química: contribuição ao processo ensino-aprendizagem. **Scientia Plena**. v.13, n.01, p. 1-11, 2017. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/3299/1614> . Acesso em: 23 set. 2023.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de Química Analítica**. 8ª ed. Pioneira, Thomson Learning, São Paulo, 2006.

Submetido em: 30/09/2023

Aceito em: 02/12/2023

Publicado em: 30/08/2023

Avaliado pelo sistema *double blind* review