

Desenvolvimento de um espectrofotômetro de baixo custo como recurso didático no ensino de Química

Development of a low-cost spectrophotometer as a didactic resource for teaching chemistry

 <https://doi.org/10.56238/sevedi76016v22023-036>

Daphne Oliveira Costa Gomes

Licenciada em Química - Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

E-mail: daphne_costa@hotmail.com

Juliana Fonseca de Lima

Doutora em Ciências - Universidade de São Paulo – USP

E-mail: juliana.lima@uerj.br

Jessica Cruz de Luca de Almeida

Doutora em Química - Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

E-mail: jessicadeluca01@gmail.com

Luiz Felipe Santoro Dantas

Doutor em Ensino de Ciências - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências no Instituto Federal do Rio de Janeiro – PROPEC/IFRJ

E-mail: santoro.luizfelipe@gmail.com

RESUMO

A espectroscopia não é trabalhada no ensino médio, mas pode auxiliar em conteúdos obrigatórios nessa fase escolar. Na literatura, há trabalhos que relatam o uso da espectroscopia no ensino de física, mas poucos são os que a relacionam com a química e os que o fazem, geralmente falam sobre química geral. Desta forma, este trabalho relaciona o uso da espectroscopia ao ensino de soluções químicas, dada a importância dos conceitos referentes ao conteúdo de soluções no Ensino de Química e da espectroscopia, desenvolveu-se um espectrofotômetro com materiais reutilizáveis e de baixo custo, a fim de possibilitar sua replicação nas aulas experimentais ministradas em escolas. Além da relevância de aulas práticas foram destacadas as relações entre a espectroscopia e o estudo de soluções químicas, conteúdo aplicado no 2º ano do ensino médio por meio de proposta criada com sequência de 6 aulas para conceituação de soluções, explicações sobre o equipamento e sua associação com soluções e a prática final em que o aluno pode ter contato com o

espectrofotômetro construído e realizar medidas. A sequência de aulas sugeridas possui planos de aula e métodos de avaliação recomendados. Com base na aula prática o equipamento foi testado e validado utilizando um espectrofotômetro real do laboratório de química da Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ, concluindo que o equipamento pode ser utilizado para o ensino de soluções em aulas práticas de forma qualitativa.

ABSTRACT

Spectroscopy is not taught in high school, but it can help in mandatory content in this school phase. In the literature, there are works that report the use of spectroscopy in teaching physics, but few are those that relate it to chemistry, and those that do, usually talk about general chemistry. Thus, this work relates the use of spectroscopy to the teaching of chemical solutions. Given the importance of the concepts related to the content of solutions in the teaching of chemistry and spectroscopy, a spectrophotometer was developed with reusable and low cost materials, in order to enable its replication in experimental classes taught in schools. Besides the relevance of practical classes, the relations between spectroscopy and the study of chemical solutions were highlighted, content applied in the 2nd year of high school through a proposal created with a sequence of 6 classes for the conceptualization of solutions, explanations about the equipment and its association with solutions and the final practice in which the student can have contact with the spectrophotometer built and perform measurements. The suggested sequence of lessons has lesson plans and recommended evaluation methods. Based on the practical lesson the equipment was tested and validated using a real spectrophotometer from the chemistry laboratory of the State University of Rio de Janeiro - UERJ, concluding that the equipment can be used for teaching solutions in practical classes in a qualitative way.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 2000), os jovens apresentam dificuldade em associar sua vivência e elementos cotidianos com a química lecionada em sala de aula. De fato, torna-se difícil muitas vezes vincular tantos cálculos, fórmulas e símbolos ao contexto do aluno para que ele perceba que a química vai muito além dos produtos de limpeza utilizados em casa. A percepção da química, às vezes, não é simples de ser obtida e pode ser facilitada por um professor que utiliza estratégias para diminuir o distanciamento entre os estudantes – docente – química.

Com isso, a ascensão da tecnologia no cenário atual pede que os professores acrescentem novos estímulos e metodologias a fim de acompanhar o desenvolvimento da ciência e não estarem engessados em modelos antigos de ensino. Novas ideias para despertar a curiosidade dos alunos são importantes de forma a promover metodologias ativas e o interesse nos conteúdos ministrados (DANTAS et al., 2019).

Segundo Silva (2015), os obstáculos enfrentados na aprendizagem da química estão relacionados a falta de interesse, dificuldade nos cálculos e em assimilar o conteúdo, isso traz a ideia de complexidade e incompreensão. A falta de abordagens interdisciplinares também contribui negativamente na contextualização de conteúdos e integração das disciplinas porque existe necessidade de integrar as disciplinas escolares e de contextualizar os conteúdos lecionados (SOUZA et al., 2017).

A espectroscopia, estudo da interação da radiação eletromagnética e a matéria, não é uma abordagem comum no ensino médio, e atrelada a experimentação pode constituir um bom recurso de estímulo, podendo despertar a curiosidade (FREITAS, 2017).

A BNCC trata a investigação como forma de engajamento dos estudantes na aprendizagem de processos, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos, e promove o domínio de linguagens específicas, o que permite aos estudantes analisar fenômenos e processos, utilizando modelos e fazendo previsões. Dessa maneira, possibilita aos estudantes ampliar sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo, bem como sua capacidade de refletir, argumentar, propor soluções e enfrentar desafios pessoais e coletivos, locais e globais (BRASIL, 2018, p. 472).

A espectroscopia pode ser contextualizada através de diversos exemplos cotidianos, como a incidência da luz do sol, equipamentos de micro-ondas, exames de raios-x, rede wireless em que é possível ter acesso à internet etc. Além de trazer interdisciplinaridade com a física e poder ser utilizada a partir de diversas estratégias didáticas, incluindo aulas práticas abordando conteúdos de química para o ensino médio. No estudo de soluções químicas, não é comum a abordagem interdisciplinar e é um ótimo tema para inserir diferentes metodologias ativas de ensino como o ensino por investigação, além da possibilidade de aulas contextualizadas (CARMINATI et al., 2021.).

A inserção da espectroscopia nesse tema de estudo é promissora para aumentar o interesse dos discentes para as ciências e tecnologias. Uma forma de relacionar os assuntos é por meio do equipamento espectrofotômetro, que é utilizado para determinar valores de absorvância de uma solução em diferentes

comprimentos de onda. Esse instrumento de análise tem um custo elevado, mas é possível sua construção a partir de materiais de baixo valor, sendo a maioria, itens que os alunos já tiveram contato, como recortes de CD, lâmpada e papel cartão (ROSA et al, 2019).

No presente trabalho, foi elaborada uma proposta de aulas de soluções químicas utilizando um espectrofotômetro de baixo custo com base em blocos de montar e funcionamento a partir de programação em software e hardware Arduino. Foram adicionadas sugestões de métodos de avaliação das aulas a fim de se ter um documento completo para futura aplicação em turmas do 2º ano do ensino médio. Dessa maneira o objetivo principal deste trabalho foi promover o uso da espectrofotometria no ensino médio a partir da construção de um espectrofotômetro de baixo custo para uso como atividade experimental para abordar o conteúdo curricular de soluções da disciplina de química.

A experimentação no ensino de química

A química é a ciência que, dentre outras atribuições, estuda as propriedades da matéria, as mudanças sofridas por ela durante as reações químicas e físicas e sua relação com a energia, descrevendo fenômenos da natureza (BRASIL, 2017). Na mesma linha de raciocínio, os PCN dizem que “o aprendizado de química pelos alunos de ensino médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico” (BRASIL, 1999, p. 31).

Um dos principais documentos da educação que norteia os currículos nas redes de ensino e as propostas pedagógicas é a Base Nacional Comum Curricular, BNCC (BRASIL, 2018). Nela, constam instruções de que os alunos devem trabalhar com atividades investigativas, com situações de aprendizagem que partem de situações desafiadoras, o que estimula o interesse e curiosidade científica.

No meio da educação algumas são as metodologias utilizadas para determinar a produção do conhecimento. Esses procedimentos pedagógicos precisam ter um planejamento de acordo com os alunos, disciplina e contexto escolar. A química é uma ciência que possui uma abordagem mais abstrata, mas, muitas vezes os métodos tradicionais ainda se destacam em uso devido à reprodução realizada pelos docentes. Tendo sido ensinados desta forma, entendem que devem propagar o ensino de igual maneira (TEIXEIRA, 2018).

A tendência tradicional de ensino possui como características principais a separação entre o papel da escola e os problemas da sociedade; o ensino não individualizado, em que os alunos precisam se esforçar para atingir os objetivos dentro da escola sem o interesse em suas dificuldades pessoais; conteúdos de ensino acumulados por adultos e repassados como verdade absoluta através de método expositivo da matéria, com enfoque em exercícios, memorização e repetição de conceitos (LIBÂNEO, 1985).

Para Freire (1987), as relações na educação podem se tornar objeto de opressão e desinteresse à medida em que os professores agem como meros narradores de conteúdo e aos alunos sobra somente a

opção de ouvintes, em que as palavras devem ser memorizadas e não funcionam de fato como um instrumento transformador que conecte os alunos a compreensão do que se é estudado.

“O educador [...] será sempre o que sabe, enquanto os educandos serão sempre os que não sabem. A rigidez destas posições nega a educação e o conhecimento como processos de busca” (FREIRE, 1996, p. 57). Desta forma, cria-se uma configuração de educação bancária em que através do ato de “depositar conhecimento” surge uma relação de depositários, que detém todo o conteúdo, que pensam e atuam e os depositantes, que não sabem, escutam atentamente e devem se acomodar nesse formato. Em 1987 Freire já falava sobre a importância da contextualização quando diz que o conhecimento deve ser construído a partir de situações que envolvam a realidade do aluno e de seus familiares e deve ser ultrapassado, de maneira a utilizar o conhecimento científico por meio do professor atuando como um mediador.

Estimular os estudantes ao questionamento partindo de sua realidade, segundo Carminatti et al. (2021) é uma prática pedagógica que pode melhorar a reflexão, aumentando a compreensão e o aprendizado. Esse processo conduz ao desenvolvimento de perguntas mais complexas, que levam o aluno a um perfil mais investigativo e, portanto, científico.

O professor precisa perceber seus alunos como seres individuais, cidadãos que fazem parte de diferentes classes sociais e contextos familiares. Assim, é possível diminuir a exclusão dos indivíduos sem privilégio em termos culturais e econômicos e facilitar o processo de aprendizagem. “Não é possível à escola, se, na verdade, engajada na formação de educandos e educadores, alhear-se das condições sociais culturais, econômicas de seus alunos, de suas famílias, de seus vizinhos” (FREIRE, 1996, p.33).

Para que seja possível aos alunos de ensino médio uma maior autonomia e desenvolvimento de senso crítico, é necessário que tanto teoria quanto prática se alinhem no ensino de química, através de uma metodologia de aprendizagem que permita justificar fenômenos do cotidiano da sociedade e que possibilite a percepção da química presente em outras disciplinas, trazendo maior esclarecimento para questões simples, mas que por muitas vezes causam dúvidas (DANTAS, et al., 2019).

Segundo a BNCC (BRASIL, 2018), os conhecimentos conceituais dentro da área das ciências da natureza são configurados em formato de leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação desses modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico e de acordo com Freire (1996), para compreender a teoria é necessário experienciá-la.

Por meio da competência específica de investigar situações-problema que consta na BNCC (BRASIL, 2018), espera-se que os estudantes possam se apropriar de procedimentos como o da experimentação com coleta e análise de dados mais aprimorados. De mesma forma, nos PCN (BRASIL, 1999), é salientado que para uma aprendizagem significativa é necessário que a prática também esteja alinhada, permitindo que o aluno reconstrua o conhecimento didaticamente transposto para a sala de aula com a ajuda de suas observações e associações, além de promover a possibilidade de discussões entre os alunos.

A experimentação é uma ótima estratégia didática para a promoção de debates, por meio da criação de problemas reais, que possibilitam a contextualização. Dentro das ciências da natureza, é uma excelente ferramenta para que o aluno tenha curiosidade pelo conteúdo e possa estabelecer a dinâmica entre teoria e prática (SILVA et al., 2016). Ela é um tipo de competência cognitiva superior que estimula a reconstrução do conhecimento e mobiliza o raciocínio e, no ensino de química, desenvolve as habilidades e competências de investigação e compreensão, promovendo, junto à teoria, o aprendizado ativo (BRASIL, 1999, p. 39).

Na BNCC (BRASIL, 2018) um dos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento é o de observar e descrever as mudanças de diferentes materiais em experimentos envolvendo fenômenos naturais e artificiais. Essas práticas devem ser intensificadas de forma que o estudo seja aprofundado por meio de atividades em que os alunos façam experimentos para confrontar os resultados obtidos com a probabilidade teórica.

De mesma forma, os PCN+ já ressaltavam a importância de atividades experimentais como instrumento pedagógico dentro do ensino de química, existindo diferentes modalidades dessas atividades, como em laboratório, sala de aula, visitas às indústrias, situações problema etc. Devendo a atividade escolhida “possibilitar o exercício da observação, da formulação de indagações e estratégias para respondê-las, como a seleção de materiais, instrumentos e procedimentos adequados, da escolha do espaço físico e das condições de trabalho seguras, da análise e sistematização de dados” (BRASIL, 2002 p. 108).

Segundo Silva (2016), o conhecimento químico possui três formas de abordagem, sendo elas: a fenomenológica, em que se fundamenta o conhecimento e é possível se observar, analisar e determinar; a teórica, que possibilita explicações relacionadas aos modelos químicos; e a representacional, que traduz a linguagem da química através de equações e fórmulas.

A experimentação é o caminho de comunicação pelas três abordagens do conhecimento químico, tornando sua importância bastante expressiva, permitindo aos alunos o desenvolvimento de habilidades como iniciativa, tomada de decisão, propostas de hipóteses para fenômenos, criatividade, interesse, aprendizado de conceitos científicos etc. Possibilitando ainda para os professores, a detecção de erros conceituais dos alunos (SILVA, 2016).

Existem algumas dificuldades relacionadas à aplicação do recurso experimental, como a ótica simplista do potencial pedagógico que muitas vezes lhe é atribuído, o desinteresse por parte dos alunos, as dificuldades em relacionar a teoria com a prática e os problemas estruturais, como a falta de equipamentos e recursos para realização das práticas (SANTOS;MENEZES, 2020).

Diante das dificuldades que se apresentam Silva et al. (2017) ressalta a importância do uso de experimentos de baixo custo, construídos a partir de materiais adaptados e com uso alternativo. Assim, viabiliza-se o estudo fenomenológico, com uso de instrumentos que fazem parte do cotidiano dos alunos, sendo os fatores de maior relevância, a possibilidade de interpretar fenômenos químicos, as discussões entre os grupos de alunos e as análises dos dados.

A experimentação é mais um componente dentro da proposta de ensino, deve estar sempre aliada à teoria e discussão de ideias, além do uso de outros recursos. É importante que os alunos conheçam os materiais utilizados, para que estejam familiarizados e possam correlacionar com diferentes aplicações dos materiais na química. Por esses motivos os experimentos devem ser elaborados utilizando materiais de baixo custo (VEIGA et al., 2020).

O Estudo de Soluções Químicas

O estudo das soluções e a diferença entre solução e mistura, fazem parte das competências básicas de conhecimentos químicos descritos nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), constando no currículo mínimo de química do ensino médio (BRASIL, 2006). A importância de se estudar soluções se deve a sua ampla aplicação em atividades cotidianas, processos industriais e funcionamento dos organismos vivos (NIEZER et al., 2016).

Algumas são as habilidades presentes na BNCC (BRASIL, 2018) que contemplam o estudo das soluções: empregar instrumentos de medição; representação e interpretação de dados experimentais; análise de questões socioambientais; e avaliação e justificativa de conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica, aplicando o conhecimento em situações reais.

Como definição, as dispersões são sistemas em que existe uma substância dispersa, ou um soluto, em um meio dispersante, ou solvente. Esses sistemas podem ser homogêneos ou heterogêneos e subdividem-se em três tipos: soluções, coloides e suspensões. A diferença na definição dos tipos de dispersões está no tamanho das partículas presentes e no comportamento frente a processos físicos de separação (MUNCHEN, et al., 2016).

De acordo com Atkins, Jones (2018) e Russel (1994), as soluções apresentam-se como sistemas homogêneos, podendo ser sólidas, líquidas e gasosas, em que as moléculas ou íons estão bem dispersos, com a mesma composição em toda a amostra. As partículas são menores que 1 nm, não sendo possível filtrar ou centrifugar, impossibilitando a decomposição por processos físicos. O componente em maior quantidade é chamado de solvente enquanto os demais são chamados de soluto e estão dissolvidos. A solução existe se ao menos uma substância está dissolvida na outra.

Muitas soluções têm como meio de dispersão a água, quando isso acontece, chamamos de solução aquosa. Soluções não aquosas possuem outras substâncias como solventes. Os solutos mais comuns são iônicos, mas também podem ser substâncias moleculares polares (NIEZER et al., 2016). Nas soluções as partículas do soluto estão distribuídas no solvente, não sendo possível a observação dessas partículas mesmo ao microscópio. No entanto, no caso de aumento na proporção de soluto, ocorrerá precipitação, formando-se material heterogêneo (SANTOS e MÓL, 2016).

A espectroscopia como um tema relevante no ensino médio

Nos PCN (BRASIL, 2000) é apontado que os jovens não enxergam a química como algo presente em suas vidas ou na sociedade, como se os agrotóxicos, roupas que usam etc. fossem desvinculados do que se é estudado em sala de aula. Uma estratégia para trazer a química a um aprendizado mais próximo e significativo é através da contextualização.

Várias são as formas de se apresentar o estudo da espectroscopia, em muitos modos atrelando às áreas que os alunos possuem alguma vivência e interesse como na astronomia e no estudo de soluções, o que pode ser muito bem contextualizado em diversas situações reais. A espectroscopia é ainda um tema que permite o diálogo com outras ciências como a física por exemplo, oferecendo a oportunidade de interdisciplinaridade na escola. A BNCC (2018) prioriza que no ensino médio os alunos sejam capazes de analisar várias situações-problema e que também nessa idade escolar, sejam aplicados modelos com maior nível de abstração. Já nas habilidades específicas relacionadas à matéria e energia e nas competências específicas sobre dinâmica e vida na Terra, os fenômenos naturais são investigados, o que pode contemplar a área da espectroscopia já que ela compreende esses quesitos.

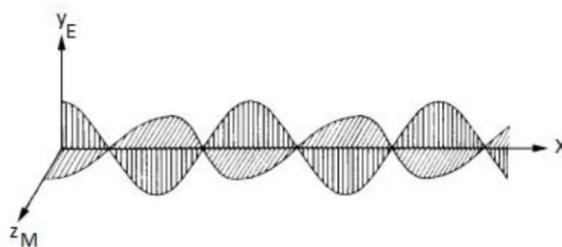
Ainda segundo a BNCC (2018) algumas experiências são o ponto de partida para possibilitar a construção de noções sobre os materiais, seus usos e suas propriedades, como por exemplo, as interações com a luz. Nas competências específicas das ciências da natureza é destacada a necessidade de planejar e executar experimentos que mostrem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das cores primárias e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.

Ainda que o assunto espectroscopia não seja claramente citado no documento mais recente que diz respeito às orientações curriculares no ensino médio (BRASIL, 2018), a competência específica 1 das ciências da natureza e suas tecnologias estimula estudos sobre o espectro eletromagnético, a análise de fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia.

Conceitos fundamentais de espectroscopia

A radiação eletromagnética é uma forma de energia radiante transmitida pelo espaço que pode ser descrita através de dois modelos complementares. Um deles é o modelo ondulatório que apresenta propriedades comuns às ondas e que possui os dois componentes, elétrico e magnético (Figura 1), como campos oscilantes no tempo e espaço e perpendiculares entre si (SKOOG, 2015).

Figura 1: Plano polarizado de radiação eletromagnética ao longo do eixo x, em que yE corresponde à componente elétrica e zM à componente magnética.



Fonte: Adaptado de HOLLAS, 2004.

No outro modelo, a radiação eletromagnética é tratada como partícula, sendo considerada como pequenos pacotes quantizados de energia, chamados fótons. Cada fóton é responsável pelo transporte de energia. Essa ideia foi proposta por Einstein a partir de suas investigações sobre o efeito fotoelétrico, em que elétrons são emitidos pela incidência de luz. Deve-se admitir que um fóton se comporta como uma partícula de massa nula e que se move na velocidade da luz no vácuo.

Esses dois modelos permitem descrever a propagação da radiação eletromagnética e a emissão e absorção dessa energia presente no cotidiano de todos. O que comumente é chamado de “luz” é uma forma de propagação dessa energia e que corresponde à radiação visível. São também tipos de radiação eletromagnética, as conhecidas ondas de rádio, as micro-ondas e os raios-x (ATKINS, 2018).

As ondas eletromagnéticas apresentam algumas características, como a propagação no vácuo com uma mesma velocidade específica (c), além de propriedades que se assemelham às ondas mecânicas. A frequência f é a quantidade de vezes pelo tempo em que ocorre uma oscilação completa. A unidade utilizada para a frequência é o Hertz, em que 1 Hz equivale à uma oscilação por segundo. O período T da oscilação relaciona-se com a frequência segundo a equação (HALLIDAY et al., 2016):

$$T = 1/f$$

A amplitude é determinada como o ponto máximo da onda, o comprimento de onda λ , é definido por ser a distância entre dois máximos ou dois mínimos sucessivos da onda, enquanto o número de onda ν , é o número de ondas por unidade de centímetro. A velocidade v , com que a onda atravessa um meio, a frequência e o comprimento de onda, possuem a seguinte relação:

$$v = \nu \cdot \lambda$$

Enquanto o número de onda pode ser descrito matematicamente como:

$$\nu = 1/\lambda$$

É possível relacionar os dois modelos de representação da radiação eletromagnética associando-se a energia dos fótons com o comprimento de onda, frequência e número de onda, utilizando a constante de Planck, h (SKOOG, 2015).

$$E = hc/\lambda$$

$$E=h.v$$

$$E=hc.v$$

Isaac Newton em seu estudo sobre a dispersão da luz solar observou através de experimento utilizando prismas e lentes, que a luz branca pode ser decomposta em algumas faixas de cores. Hoje sabe-se que a radiação eletromagnética se propaga em extensa variedade de comprimentos de onda e energia. A região em que os comprimentos podem ser visualizados pelo ser humano através das cores compreende-se no intervalo de 400 nm a aproximadamente 800 nm, e é chamada de espectro visível (OLIVEIRA e LEITE, 2016).

Os outros tipos de radiação não são visíveis a olho nu e pertencem às vastas regiões do espectro. A medida em que o comprimento de onda diminui, maior é a energia da radiação (FIGUEIRAS, 1996; FERREIRA, 2019). As regiões mais próximas do espectro visível são o ultravioleta (UV), que compreende algumas faixas inferiores a 400 nm e o infravermelho (IV), com alguns comprimentos de onda a partir de 800 nm (ATKINS, 2018).

A espectroscopia ou espectrofotometria é, segundo Infante et. al (2021), um termo empregado na química para designar o estudo da interação entre a matéria e radiação eletromagnética. As análises se iniciaram com a luz visível e os estudos sobre os espectros fundamentais da luz solar, expandindo-se hoje para cobrir todo o espectro eletromagnético que se relacionam a uma grande faixa de transições de energia necessárias para permitir a absorção e emissão da radiação.

O conjunto das radiações eletromagnéticas na região visível são percebidos como a luz branca. Quando a absorção da radiação acontece no espectro visível, a solução apresenta cor. A luz branca atinge a amostra, que se apresenta na cor que transmite, ou seja, a cor que não foi absorvida pelo material. A cor que é absorvida pela solução é complementar à cor transmitida em que a união das duas formarão novamente a cor branca (MOREIRA, SANTOS e COSTA JUNIOR, 2016). Os comprimentos de onda para as cores absorvidas e a cor complementar observada são mostrados na tabela 1.

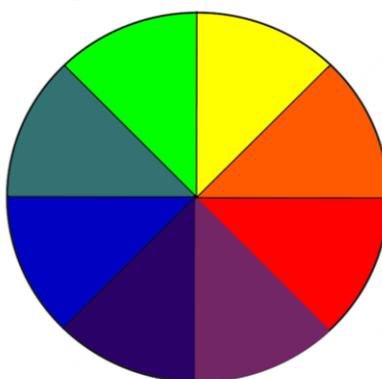
Tabela 1: Comprimento de onda correspondente às cores absorvida e observada na amostra.

Intervalo de comprimento de onda (nm)	Cor absorvida	Cor complementar (observada)
380 – 435	Violeta	Verde-Amarelo
435 – 480	Azul	Amarelo
480 – 490	Azul-verde	Laranja
490 – 500	Verde-azul	Vermelho
500 – 560	Verde	Púrpura
560 – 580	Verde-amarelo	Violeta
580 – 595	Amarelo	Azul
595 – 650	Laranja	Azul-verde
650 – 780	Vermelho	Verde-azul

Fonte: MOREIRA, SANTOS e COSTA JUNIOR, 2016.

Uma outra demonstração do mecanismo da percepção espectral da luz visível é o disco de Newton (Figura 2) que é constituído por 7 pedaços com as cores presentes no espectro visível e que ao ser girado apresenta a cor branca, soma de todas as cores estampadas. É possível também observar a relação de cores complementares de forma oposta no disco (SILVEIRA, M.V.; BARTHEM, R. B., 2016).

Figura 2: Disco de Newton.



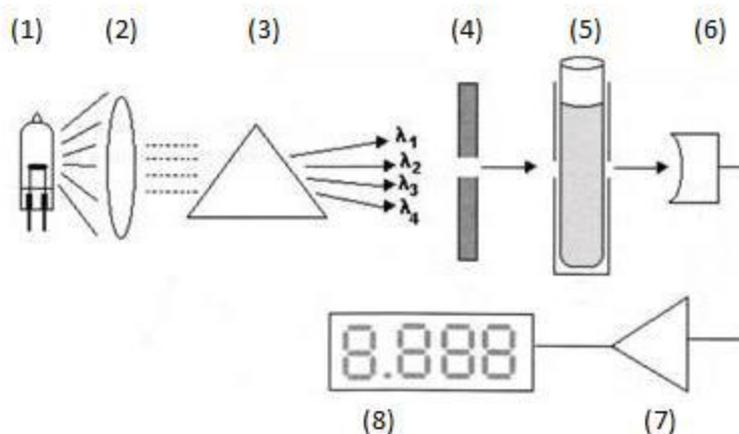
Fonte: Autores, 2022.

Espectrofotômetro

Nos métodos espectroquímicos alguns aparelhos são utilizados, dentre eles, o espectrofotômetro. Através dele, componentes desconhecidos de determinada solução são identificados a partir dos seus espectros característicos. Seu funcionamento ocorre a partir da comparação entre a radiação que incide e é absorvida ou transmitida em uma solução em função do comprimento de onda (ROSA, et al., 2019).

Os componentes gerais do instrumento são dispostos conforme a Figura 3, sendo eles: uma fonte estável de radiação (1), colimador (2), rede de difração ou prisma (3), fenda seletora (4), cubeta para amostra (5), fotodetector (6), transdutores e amplificadores (7) e dispositivo para leitura (8) (SKOOG, et al., 2015).

Figura 3: Componentes gerais de um espectrofotômetro.

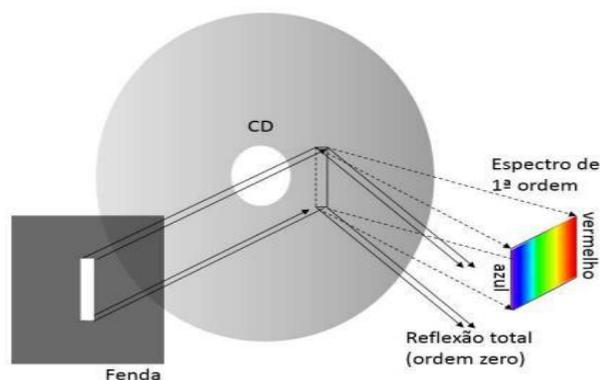


Fonte: Adaptado de MENDES, 2020.

A fonte é o componente responsável por emitir a radiação. Para a região do visível ela deve ser do tipo contínua. Geralmente lâmpadas com filamento de tungstênio são utilizadas. Elas podem gerar espectros que variam de 350 a 2500 nm (SKOOG et al., 2015).

Os colimadores têm a função de focalizar e direcionar o feixe da radiação para a rede de difração, que dispersa a radiação nos comprimentos de onda existentes. Os CD's são materiais com capacidade de difratar a luz branca gerando um espectro visível e por isso funcionam como rede de difração, como exemplificado na Figura 4. Para isso, é necessário retirar a película de proteção (FERREIRA, 2019; CATELLI e LIBARDI, 2010).

Figura 4: Processo de reflexão e refração do feixe de luz de uma fenda na superfície do CD e obtenção de espectro.



Fonte: Xavier Jr., 2017.

A fenda seletora isola a banda espectral desejada enquanto as cubetas são os recipientes para conter a solução da amostra. As cubetas devem ser utilizadas com material específico para a região espectral de interesse. Quartzo, sílica fundida e vidro de silicato são materiais mais comuns para as utilizadas na região do espectro visível. Ela precisa ser transparentes para que a luz chegue ao fotodetector (SKOOG, et al., 2015).

A energia radiante será convertida em sinais elétricos que ao final devem chegar a um dispositivo que torne a leitura possível para quem está realizando a análise. A intenção do funcionamento de um espectrofotômetro é a de medir a transmissão da luz que passa pela amostra, sendo possível para isso, a utilização de um sensor de luz junto a uma placa de hardware Arduino.

Uso de Arduino no ensino de química

Segundo McRoberts (2011), o Arduino é uma plataforma com sistema que interage com o ambiente por meio de hardware e software, podendo ser utilizado para criação de materiais interativos que sejam independentes ou conectados a um computador para o envio de dados.

De acordo com o objetivo, a placa de hardware Arduino pode ser acoplada a diferentes motores, sensores, receptores e outros dispositivos. São vários os tipos de placas existentes, originais ou criadas a partir dos dados abertos da própria plataforma que contém o software em diferentes versões (ARDUINO.CC, 2021).

Interpretar resultados, realizar previsões sobre atividades experimentais e analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações são habilidades que constam na BNCC (BRASIL, 2018) e que podem ser desenvolvidas com o recurso Arduino. O documento ressalta ainda a importância do pensamento computacional, por meio de desenvolvimento de algoritmos, aprendizagem relativa à informação em diferentes artefatos digitais e maior participação de tecnologia no ensino.

Apesar de um potencial artifício para a experimentação, o uso do Arduino é ainda pouco citado em trabalhos propostos para o ensino de química, existindo um maior acervo de publicações na área, com possíveis aplicações no ensino de física (ARAUJO e BRAGA, 2017). Sendo assim, utilizá-lo em proposta de ensino dentro da área da química permite um maior avanço nesse sentido, possibilitando novas referências aos professores e trazendo estímulo para novas propostas de experimentos envolvendo esse recurso em sala de aula.

A aplicação do tema soluções e sua relação com a espectroscopia

O estudo de soluções faz parte dos conhecimentos químicos de base comum para o ensino médio, em que para o aluno, é necessário compreender as relações quantitativas de massa e de quantidade de matéria nas transformações químicas que ocorrem em soluções de acordo com suas concentrações (MEC, 2018; BNCC, 2018).

No estudo da espectrofotometria é possível medir a intensidade da luz em comprimentos de onda específicos de forma que os componentes de uma solução podem ser identificados por seus espectros característicos. A propriedade das soluções de absorver ou transmitir a luz pode ser utilizada para quantificar reações, isso porque a quantidade de luz absorvida ou transmitida é proporcional à concentração

da substância em solução. Como uma impressão digital, saber exatamente a cor absorvida, permite a identificação de materiais diferentes (KASVI, 2018). Quando uma solução fica mais escura por exemplo, significa que ela está absorvendo mais luz visível. Uma das técnicas analíticas mais usadas na química é a que coloca uma solução de concentração desconhecida em um espectrofotômetro. Seguindo a lei de Lambert-Beer é possível associar a absorvância com a concentração da solução.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma proposta de sequência didática sobre o ensino de soluções em que uma das atividades é um experimento usando um espectrofotômetro de baixo custo em que neste trabalho se descreve os detalhes sobre sua confecção e validação utilizando dois corantes.

Proposta de aula

O tema “Soluções” é comumente abordado no 2º ano do ensino médio, que deverá ser o público-alvo da aula. Propõem-se que o trabalho seja desenvolvido em 6 tempos de aula, sendo 2 tempos a cada semana. Os primeiros 4 tempos de aula seriam de aulas expositivas conjugadas ao uso das metodologias ativas de gamificação e aprendizagem baseada em equipes. Os últimos 2 tempos seriam dedicados a aprendizagem por investigação, abordando o experimento utilizando o espectrofotômetro. Os planos de aula que estruturam a dinâmica constam nos Apêndices D, E e F.

Avaliação das aulas expositivas

Deverá ocorrer por meio de lista de exercícios feita em sala de aula para trabalhar o conteúdo de soluções e com quiz e discussões em grupo que acontecerão envolvendo a espectroscopia com o estudo de soluções. Todas as atividades contarão com a mediação do professor. A elaboração da lista de exercícios e do quiz fundamentaram-se nas seguintes referências: Santos, Marcelo (2020); Andrade, Frank (2018); Miguel, Willian; e Skoog, D. A (2006).

Aula experimental

A aula experimental deverá ocorrer em sala de aula de acordo com o plano de aula produzido (Apêndice F). A turma será separada em grupos para que todos possam experienciar a prática produzida.

Avaliação da aula experimental

Deverá ocorrer por meio de relatório final produzido em grupo.

Utilização da espectroscopia no tema soluções

A espectroscopia pode ser utilizada para o estudo de substâncias puras, misturas homogêneas e diversas outras soluções que os alunos têm contato diário. O seu estudo pode ser utilizado como uma ferramenta de ensino em que a principal função seja a aplicabilidade diante de situações reais (ROSA et al., 2019).

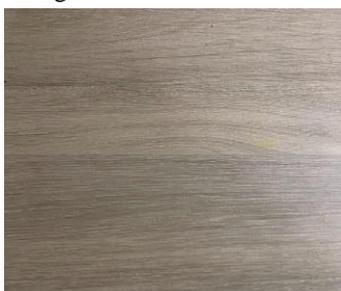
Seu uso se relaciona, por exemplo, com a contaminação de água por corantes ou poluentes, em que seria possível verificar de forma qualitativa e quantitativa a presença das espécies através do espectrofotômetro (OLIVEIRA et al., 2021).

Recentemente houve um grande crescimento de micro-organismos ou microrganismos em corpos hídricos que abastecem a cidade do Rio de Janeiro, como é o caso da cianobactéria *Dolichospermum circinalis* que produz a geosmina (1,10-dimetil-9-decalol), responsável pelo gosto e odor de terra e mofo na água. O ocorrido afeta diretamente a vida dos alunos e pode ser utilizado como base de uma aula de soluções com o recurso da espectroscopia (SILVA et al., 2018).

□ **Construção do espectrofotômetro**

Foram necessários três módulos de construção: a primeira base em madeira, que confere sustentação aos componentes gerais do espectrofotômetro; uma segunda base plástica para suporte do sensor de luminosidade; e um computador acoplado ao sistema, para se obter os resultados. Os materiais de cada módulo estão na lista a seguir: Base de madeira (Figura 5); base em blocos de montar (Figura 6); motor de passo (Figuras 7 e 8); sensor de luminosidade BH1750 de modelo GY-30 (Figura 9); recorte de CD (Figura 10); hardware e kit Arduino (Figuras 11 e 12); cubeta de vidro; barreira para luz em papel cartão; fonte de luz; e notebook.

Figura 5: Base de madeira.



Fonte: Autores, 2022.

Figura 6: Base do espectrofotômetro em blocos de montar.



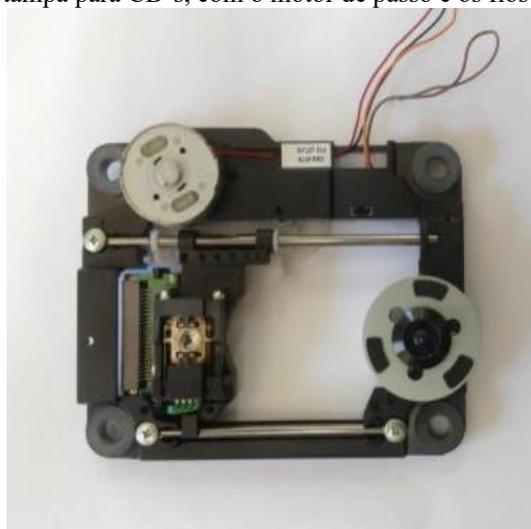
Fonte: Autores, 2022.

Figura 7: Aparelho antigo de DVD com a tampa retirada e setas apontando para a bandeja com motor.



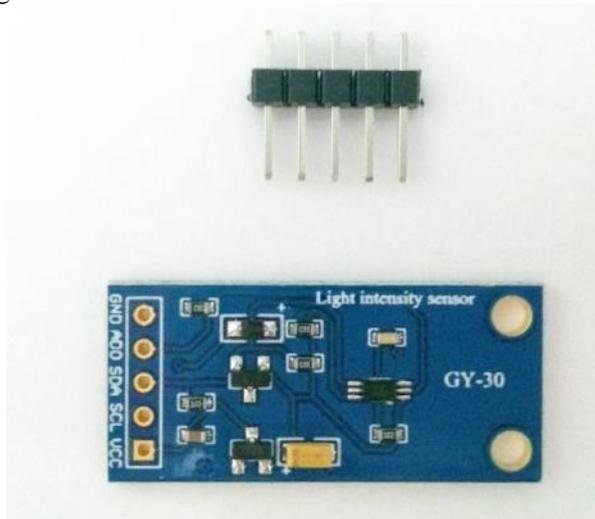
Fonte: Autores, 2022.

Figura 8: Bandeja do DVD sem a tampa para CD's, com o motor de passo e os fios para seu funcionamento acoplados.



Fonte: Autores, 2022.

Figura 9: Sensor de luminosidade BH1750 de modelo GY-30.



Fonte: A autora, 2022.

Figura 10: Recorte de CD.



Fonte: A autora, 2022.

□ Hardware Arduino

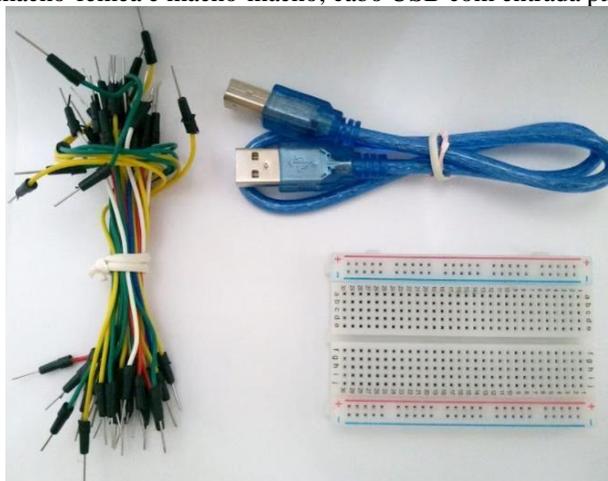
A placa utilizada foi do tipo Arduino UNO (Figura 11), sendo conectada através de cabos jumper (Figura 12) ao sensor de luminosidade e ao motor do DVD, e por cabo USB ao computador, de forma a integrar o sistema e permitir a execução do equipamento como desejado.

Figura 11: Hardware tipo Arduino utilizado no espectrofotômetro.



Fonte: A autora, 2022.

Figura 12: Cabos jumper do tipo macho-fêmea e macho-macho; cabo USB com entrada para hardware Arduino; e Dashboard.



Fonte: A autora, 2022.

A programação utilizada no software Arduino é descrita no Apêndice A, enquanto as instruções para o seu funcionamento e as informações para obtenção do gráfico estão nos Apêndices B e C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

□ Proposta de aula

O tema soluções é desenvolvido no 2º ano do ensino médio (BNCC, 2018) e, portanto, a proposta de aula é designada a esse público. A aula expositiva é essencial para o aprendizado, não sendo possível, para uma boa estratégia de ensino, realizar experimentos sem fornecer os devidos conceitos e definições teóricas (VEIGA et al., 2020). O ideal é que as aulas expositivas e prática sejam realizadas em dias diferentes, para um melhor aproveitamento do tempo e concentração dos alunos.

O objetivo principal é de que os alunos compreendam os conceitos de soluções, concentração e diluição e que o recurso experimental utilizando o equipamento sirva como motivação, desperte a curiosidade, gere reflexão e ajude o aluno a interpretar e assimilar melhor as informações aprendidas na aula expositiva.

Utilizando os seis tempos de aula, a divisão sugerida seria: nos 4 tempos durante as duas primeiras semanas deverão ser ministradas as aulas expositivas abordando os seguintes tópicos:

- 1 – O que é uma solução química;
- 2 – Classificação das soluções;
- 3 – Exercícios sobre soluções e suas classificações;
- 4 – Concentração e diluição de uma solução;
- 5 – Exercícios de concentração e diluição;
- 6 – Absorção no espectro visível;
- 7 – Absorbância e transmitância;
- 8 – Relação entre absorbância e transmitância com a concentração de soluções; 9 – Quiz de espectroscopia aplicada a soluções.

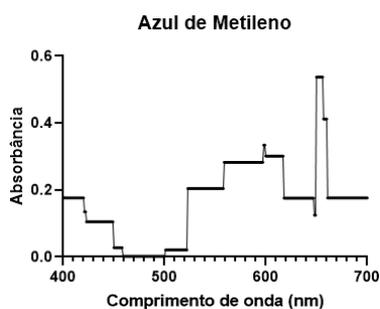
Na semana final, nos 2 últimos tempos de aulas serão experimentais. A aula prática deve ter a total participação dos alunos, sendo possível que, sob orientação do professor, eles toquem no aparelho e identifiquem seus componentes e suas devidas funções no espectrofotômetro. Os seguintes tópicos devem ser abordados na aula experimental:

- 1 – O que é um espectrofotômetro;
- 2 – Partes do equipamento;
- 3 – Relação de um espectrofotômetro e as soluções;
- 4 – Importância do branco em uma análise;
- 5 – Experimento usando soluções no espectrofotômetro.

O experimento consiste em analisar duas diferentes soluções: uma de cor vermelha, utilizando vermelho de metila e outra de cor azul, com o uso de azul de metileno. Para avaliar a viabilidade da proposta o experimento foi testado segundo a descrição que se segue: As primeiras medidas, foram feitas com a cubeta vazia, para se obter os valores do branco. Todos os valores são anotados como I₀ para cada faixa do espectro. Com as amostras, o experimento foi realizado nas seguintes concentrações: 6,25 mg/L de azul de metileno a partir de 0,00125 g pesados em balança analítica; e 62,5 mg/L de vermelho de metila a partir de 0,0125 g pesados em balança analítica. Esta etapa pode ser pesada em uma balança comercial comum no caso de observações qualitativas.

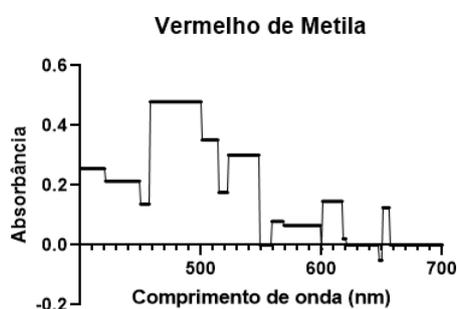
As concentrações foram obtidas adicionando os sólidos individualmente em balões volumétricos que foram avolumados com água destilada até 200 mL cada um. Alíquotas foram retiradas e colocadas na cubeta para se realizar os testes no equipamento. Os valores de I foram anotados no Excel e tratados com os valores de I₀ para se calcular os valores de absorbância que são descritos nos gráficos obtidos através do programa Graph Prism v.8.0 e constam nas Figuras 13 e 14 a seguir.

Figura 13 – Gráfico de absorbância versus comprimento de onda para o azul de metileno no espectrofotômetro construído.



Fonte: Autores, 2022.

Figura 14 – Gráfico de absorbância versus comprimento de onda para o vermelho de metila no espectrofotômetro construído.



Fonte: Autores, 2022.

Os valores obtidos foram comparados com os de um Espectrofotômetro Agilent HP 8453 equipado com lâmpada de tungstênio e deutério com faixa espectral: 190-1000 nm e localizado no Laboratório 314 do Instituto de Química da UERJ.

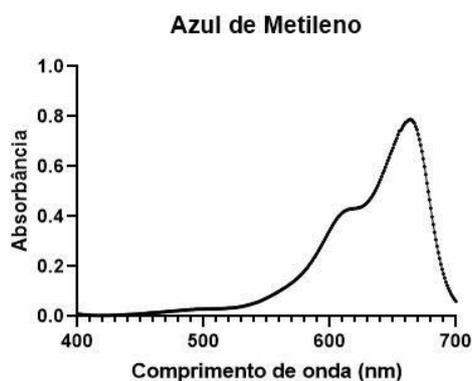
Figura: 15 Espectrofotômetro no laboratório do Instituto de Química da UERJ.



Fonte: A autora, 2022.

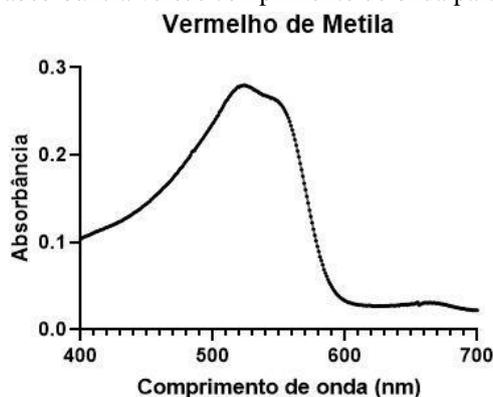
No equipamento, as mesmas medidas foram realizadas, nas mesmas concentrações do equipamento caseiro. Os resultados obtidos foram os descritos nas Figuras 15 e 16.

Figura 15: Gráfico de absorbância versus comprimento de onda para o azul de metileno.



Fonte: Autores, 2022.

Figura 16: Gráfico de absorbância versus comprimento de onda para o vermelho de metila.



Fonte: Autores, 2022.

A principal percepção em relação aos gráficos é que para o espectrofotômetro utilizado no laboratório da UERJ as curvas são suaves enquanto nos gráficos do espectrofotômetro caseiro existem picos muito bruscos. Isso ocorre porque os valores de absorbância no equipamento caseiro são bem diferentes de uma faixa para a outra no espectro e isso acontece devido à sensibilidade do sensor.

Analisando os resultados para o vermelho de metila, no aparelho caseiro os valores de absorbância chegam a 0,5 na faixa entre 470 e 510 nm e ocorrem picos com valores de absorbância de 0,1 nos comprimentos de onda que correspondem às faixas mais próximas do vermelho. No equipamento do laboratório o pico tem valor de absorbância de 0,3 entre as faixas de 500 a 520 nm e nas faixas próximas ao vermelho não existem valores significativos. Isso demonstra que um pouco de vermelho foi absorvido no equipamento caseiro, mas ainda sim seu maior valor de absorbância foi observado, nos comprimentos de onda mais próximos ao azul.

Para o azul de metileno os resultados foram mais parecidos. No espectrofotômetro caseiro o maior valor de absorbância foi de 0,6 na faixa de 650 a 660 nm, havendo valores bem baixos de absorbância no azul. No espectrofotômetro do laboratório o valor de absorbância foi em torno de 0,8 na mesma faixa de comprimento de onda, não existindo valores significativos de absorbância no azul.

Avaliação da aula expositiva

Não foi possível a aplicação das aulas propostas em tempo hábil para apresentação do trabalho, portanto, recomenda-se a avaliação por meio de lista de exercícios e quiz.

Avaliação da aula prática

A avaliação da aula prática é um dos pontos mais importantes a serem observados porque é nesse momento em que o professor pode saber as reais necessidades e falhas de aprendizagem em sua turma. No Apêndice G, consta a proposta de relatório elaborada para avaliação da aula experimental.

Utilização da espectroscopia no tema soluções

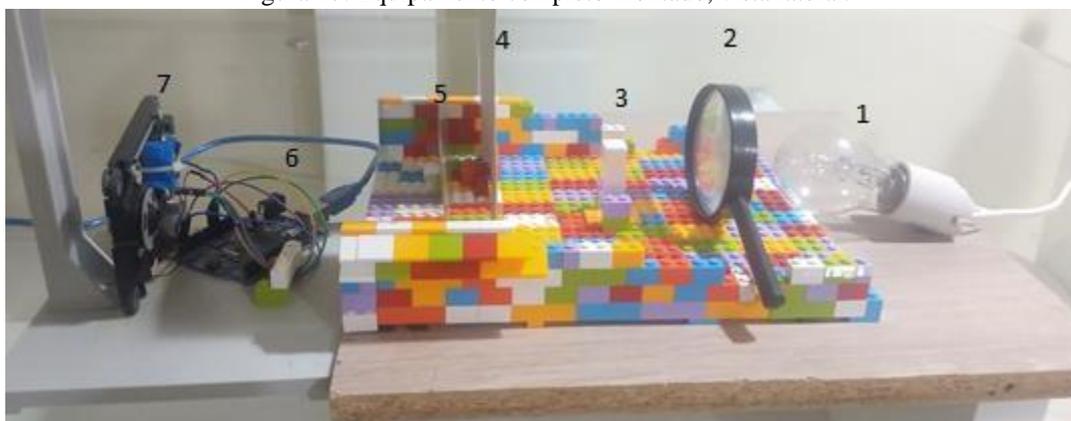
Os alunos na aula de conceituação de soluções químicas, devem utilizar como tema gerador: “Contaminação da água do Rio de Janeiro com Geosmina”. E a partir daí será feita a análise de como a espectroscopia pode auxiliar no processo de avaliação das águas. Cada um poderia trazer de sua casa uma amostra de água da torneira para realizar as medidas no equipamento. O recurso é válido para o ensino de concentração a partir dos dados de geosmina nas residências e ainda pode-se conceituar diluições utilizando esse mesmo tema.

□ **Construção do espectrofotômetro**

O espectrofotômetro foi construído de maneira a utilizar equipamentos de baixo custo e materiais que pudessem ser encontrados facilmente em casa ou na internet a fim de se estimular a criatividade dos alunos, caso participem de futuros processos de construção do aparato, possibilitando formas adaptadas de uso de objetos do cotidiano para montagem das bases do equipamento.

A base foi criada a partir de peças de blocos de construir da marca Mattel que foram agrupadas, formando uma placa retangular com 22,0 cm de largura e 28,0 cm de comprimento. Alguns ajustes foram necessários para se fixar a base e os componentes sempre nos mesmos lugares e desta forma, ela foi colocada em cima de uma placa de madeira retirada de um armário antigo, o que confere maior resistência e permite marcações de referência para a base em blocos de montar.

Figura 17: Equipamento completo montado, vista lateral.



Fonte: Autores, 2022.

Como componentes, legendados na Figura 17, foram utilizados uma lâmpada halógena

(1) como fonte de luz para o equipamento; uma lupa (2) para focalizar a luz emitida; uma cubeta em vidro (3) para adição das amostras; barreiras em papel cartão (4) para evitar maior espalhamento da luz branca; um recorte de CD (5) utilizado para decompor as faixas do espectro visível da luz; placa de hardware tipo Arduino uno (6); e uma bandeja de aparelho antigo de DVD com o motor de passo acoplado para o funcionamento do movimento “vai e vem” com um sensor de luminosidade do tipo BH1750 (7) para o desenvolvimento do projeto.

Os componentes gerais foram distribuídos na base de blocos de montar, com ajuda dos encaixes dos blocos, permitindo que ficassem fixos, mas que fossem desencaixados se necessário. A lâmpada, em razão da distância necessária, ficou fixada na base de madeira, com a ajuda de fita adesiva. O hardware tipo Arduino e o sensor de luminosidade acoplado ao mecanismo do DVD foram fixados na base plástica anexa.

O aparelho antigo de DVD da marca LG foi utilizado para se obter a bandeja com o motor que permite o percurso do sensor de luminosidade. O aparelho de DVD não foi comprado para a construção do espectrofotômetro, mas sim reutilizado já que não estava mais em uso há alguns anos. O sensor de

luminosidade utilizado é do tipo BH1750, modelo GY-30 que de acordo com sua ficha técnica, é adequado para se obter os dados de potência da luz ambiente, detectando ampla faixa em alta resolução.

O recorte de CD foi feito para ser encaixado na base do aparelho, e desta forma funcionar como rede de difração, abrindo o espectro nas faixas do visível quando a luz da fonte incide. O computador utilizado, de modelo número N18Q13, da marca Acer Aspire 5 de processador IntelCore i5 de décima geração e com sistema operacional Windows 11, apresentava capacidade para o funcionamento de programas do software Arduino que pode ser baixado diretamente da plataforma Arduino, disponível no sítio eletrônico <https://www.arduino.cc/>. O aplicativo é chamado Arduino Integrated Development Environment - IDE e é escrito em linguagem de C e C++, devendo ser feito o download da versão de acordo com o sistema operacional do computador. As etapas e procedimentos para a instalação estão também disponíveis na plataforma aberta Arduino.

O espectrofotômetro caseiro funciona da seguinte maneira: a luz da fonte é colimada pela lupa e passa pela cubeta atravessando uma pequena fenda na barreira fixada na base em blocos de montar. Esse feixe de luz bate no CD que abre o espectro visível e chega ao sensor de luminosidade. O sensor está acoplado ao carrinho do DVD e percorre distâncias fazendo uma série de medidas da intensidade da luz nas diferentes faixas do espectro formado pelo CD. Os valores da intensidade são anotados no programa Excel e podem ser tratados a partir de fórmulas para se obter os valores de absorvância.

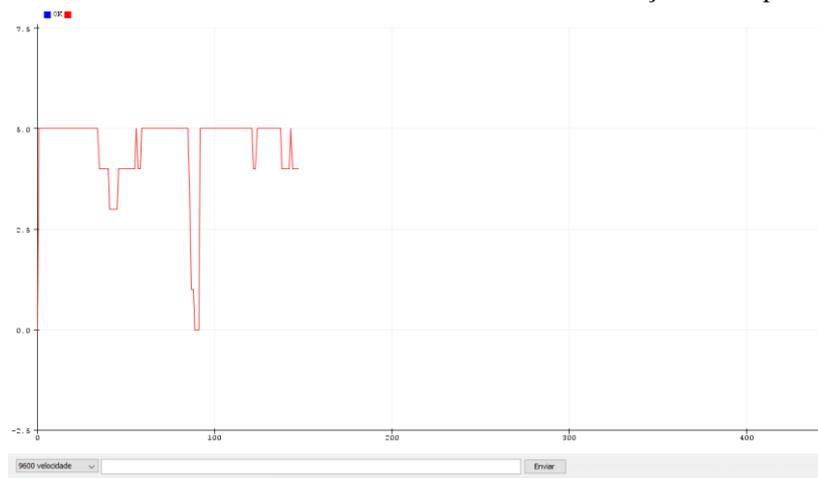
□ **Hardware Arduino**

O sensor de luminosidade capta a intensidade da luz em unidades de lux e funciona para a faixa do visível, em comprimento de onda de mais ou menos 400 nm a 800nm. É possível se obter o gráfico da intensidade da luz em medidas de lux em função do tempo em milissegundos (Figura 18) por meio da programação com Arduino (Apêndice A, B e C).

Esses valores de intensidade são colhidos a partir da intensidade de luz no ambiente, por isso, ao se utilizar o espectrofotômetro caseiro é preferível que esteja escuro, com janelas fechadas e com barreiras no equipamento para se evitar o espalhamento de luz. A medida em que entra luz, os valores de intensidade aumentam e quando a fonte de luz tem seu potencial diminuído, a intensidade diminui. Em completa escuridão o valor em lux é zero.

Essa intensidade I que se obtém a partir do gráfico é utilizada para se ter o valor de absorvância em cada faixa do espectro. As primeiras medidas com a cubeta vazia correspondem ao branco, I_0 , e as medidas posteriores, feitas com as amostras têm seus valores de I anotados. Logo após, utilizou-se a equação 11 para os valores de absorvância.

Figura 18: Gráfico do sensor de luminosidade da intensidade da luz em função do tempo em milissegundos.



Fonte: A autora, 2022.

No motor de DVD, realizou-se o movimento similar ao de “vai e vem” fazendo com que o sensor de luminosidade percorra uma certa distância e capte as faixas do espectro. Já para o computador, a placa tipo Arduino funcionou, em conjunto com o software, para direcionar energia ao sistema e permitir a execução de comandos dos componentes conectados. Os grandes desafios da montagem do equipamento nessa etapa foram os seguintes:

- Encontrar a programação que de fato fizesse o sensor de luminosidade funcionar enquanto o motor girava para que o carrinho andasse. Várias foram as tentativas e ainda sim, não foi possível que o carrinho percorresse distâncias fixas em cada faixa do espectro, o que atrapalhou a obtenção de resultados precisos;
- Posicionar o sensor de luminosidade de forma adequada a captar cada faixa do espectro que partia do CD. Incontáveis foram as tentativas de angulação e posicionamento do sensor e do CD para que as medidas realmente pudessem ser feitas;
- Visualizar o espectro visível a partir do CD. Diversos CD's foram utilizados, com recortes e aspectos diferentes para se ter uma boa visualização do “arco-íris” que deveria ser formado. Um prisma e alguns espelhos foram comprados entre as diversas tentativas, além das trocas de lâmpadas e até o uso de lanternas. Um compartimento extra também foi criado para fechar o sistema na intenção de que a luz externa estivesse impedindo a visibilidade do espectro. Infelizmente nenhuma das alternativas pensadas ajudou a ampliar e melhorar sua visualização.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho possibilita o uso da espectrofotometria no ensino médio de forma a contextualizar o conteúdo de soluções através de aulas práticas fornecendo novas estratégias de ensino de soluções para professores. Foi possível a construção do espectrofotômetro com a utilização de materiais de baixo custo e o Arduino na programação do equipamento. Os dados obtidos no aparelho construído, quando comparados

aos resultados do equipamento Espectrofotômetro Agilent HP 8453, foram satisfatórios, já que o principal ponto é demonstrar de forma qualitativa que o equipamento funciona para uma aula prática de soluções que relaciona o uso de espectrofotômetro.

Os picos de absorbância obtidos para o vermelho de metila e azul de metileno ficaram na mesma faixa de comprimento de onda de seus respectivos controles, medidos no espectrofotômetro do Instituto de Química, o que permite distinguir as duas substâncias uma da outra e fazer a curva padrão delas. Entretanto, a curva de absorbância nessa varredura de espectro teve um padrão diferente da curva realizada com o aparelho real o que dificulta uma análise de aspectos quantitativos, já que os valores de absorbância medidos se diferem e não há um padrão para este comportamento.

Isso pode ser explicado pela baixa precisão do aparelho por conta do uso do CD para decomposição da luz branca, pelo tamanho do espectro formado, que não foi suficientemente grande para que o sensor analisasse cada faixa isolada, podendo haver resquícios de outros comprimentos de ondas que interferiram na leitura do sensor. Outro problema encontrado foi em precisar os valores de comprimento de onda já que o espectro formado é somente visual.

Várias foram as dificuldades em cada etapa para montagem do equipamento. Os artigos que baseavam a construção do equipamento de baixo custo não descreviam particularidades de forma detalhada e não foi possível o contato com os autores para tais esclarecimentos. Dessa forma, todos os ângulos e posicionamentos, foram testados ao limite para que se pudesse obter os melhores resultados possíveis.

Outro desafio foi lidar com a área de programação no que diz respeito ao uso de Arduíno, já que são raros os materiais que embasam o assunto dentro da área de química. Apesar de ser considerado um software de fácil entendimento para profissionais da área, são necessários conhecimentos prévios, mesmo para iniciantes, não sendo trivial a sua utilização.

Os sobressaltos encontrados não inviabilizam a utilização do equipamento para fins didáticos e qualitativos no caso de substâncias menos complexas e de cores bem diferentes permitindo seu uso como ferramenta no ensino de soluções químicas. Por fim, aqui são apresentadas propostas de plano de aula e as formas de avaliação que quer podem ser aplicadas em sala de aula.

REFERENCIAS

- ATKINS, P; JONES, L; LAVERMAN, L. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Bookman 7 ed. Porto Alegre, 2018.
- BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB. 9394/1996.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, p. 31, Brasília, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. Tecnologias na Escola: Internet na escola e inclusão. Brasília. 63 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- CARMINATI, Suélen Pereira; DANTAS, Luiz Felipe Santoro; DE SÁ ALVES, Thiago Rodrigues. Desenvolvimento do Objeto Virtual de Aprendizagem “O que é uma solução?” como Proposta para Aulas de Química. Educação Profissional e Tecnológica em Revista, v. 10, n. 2, p. 14-14, 2021.
- CATELLI, Francisco; LIBARDI, Helena. CDs como lentes difrativas. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, 2010.
- DANTAS, Francisca Myrtes De Sousa et al. Os desafios do ensino da química do ensino médio. Anais VI CONEDU, Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/61861>>. Acesso em: 28/09/2021
- FERREIRA, Adriana Pinto. Ensino de química experimental de nível médio com auxílio de um espectrofotômetro alternativo na região do visível. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, 2019.
- FERREIRA, Adriana Pinto. Ensino de química experimental de nível médio com auxílio de um espectrofotômetro alternativo na região do visível. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, 2019.
- FIGUEIRAS, Carlos A. L. A espectroscopia e a química da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica. Química Nova na Escola, n. 3. 1996.
- FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FREIRE, Paulo. Pedagogia do Oprimido. Paz e Terra, Ed. 17^a. São Paulo, 1987.
- FREITAS, Felipe. Uma proposta para o ensino do conceito de luz no ensino médio. Rio Grande do Norte, 2017.
- HALLIDAY, David et al. Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. 10^a Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2016.
- KASVI. Espectrofotometria: análise da concentração de soluções, 2018. Disponível em: <<https://kasvi.com.br/espectrofotometria-analise-concentracao-solucoes/#:~:text=Transmit%C3%A2ncia,capacidade%20de%20transmitir%20a%20luz.>> Acesso em: 31/10/2021.
- LIBÂNEO, José C. Democratização da escola pública: A pedagogia crítico-social dos conteúdos. Edições Loyola, Ed. 28, 1985.

MCROBERTS, Michael. Arduino Básico. Edição original em Inglês publicada pela Apress Inc., Copyright © 2010 pela Apress, Inc.. Edição em Português para o Brasil copyright © 2011 pela Novatec Editora.

MENDES. Componentes do espectrofotômetro, 2020. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/leo/site_espec/componentes.html> Acesso em abril de 2021.

MOREIRA, Alex Ferreira; SANTOS, SRB dos; JUNIOR, AG Costa. Construção e caracterização de um fotômetro destinado ao uso de aulas experimentais de química sobre a lei de Beer-Lambert. *Holos*, v. 2, p. 142-151, 2016.

MUNCHEN, Sinara, et al. Uma experiência na formação inicial de professores de química: desodorantes e antitranspirantes e os conceitos de solução, coloide e suspensão. *Experiências em Ensino de Ciências* V.11, nº 1, 2016.

NIEZER, Tânia Mara, et al. Ensino de soluções químicas por meio do enfoque ciência-tecnologia-sociedade. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, V. 15, nº 3, 2016.

OLIVEIRA, Paulo C. C.; LEITE, Marcos A. P. Espectrofotometria no ensino médio: construção de um fotômetro de baixo custo e fácil aquisição. *Química Nova na Escola*, V. 38, nº 2, p. 181–184. São Paulo, 2016.

ROSA, Camilla Lana; et al. Construção de espectrofotômetro visível para fins didáticos. *Journal of Exact Science*. V.21, n.1, 20-25 p. Ipatinga, Minas Gerais, 2019.

ROSA, Camilla Lana; et al. Construção de espectrofotômetro visível para fins didáticos. *Journal of Exact Science*. V.21, n.1, 20-25 p. Ipatinga, Minas Gerais, 2019.

RUSSEL, J. B. Soluções. *Química Geral*, p. 501 a 561. Pearson Makron Books, São Paulo, 1994.

SANTOS, Lucelia R. dos e MENEZES, Jorge A. de. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. *Revista Pesquisaeduca*, 2020.

SANTOS, Wildson; MÓL, Gerson. *Química Cidadã*, V. 2, 3ªed.AJS, São Paulo, 2016.

SILVA, C. P. F. et al. A importância da experimentação para a aprendizagem de conteúdos de química. 56º Congresso Brasileiro de Química. Belém, 2016. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2016/trabalhos/6/9060-22809.html>> Acesso em: 03/10/2021.

SILVA, J. N. da et al. Experimentos de baixo custo aplicados ao ensino de química: contribuição ao processo ensino-aprendizagem. *Scientia Plena*, V. 13, nº 1, 2017.

SILVA, S. G. As Principais Dificuldades na Aprendizagem de Química na Visão dos Alunos do Ensino Médio. Congresso de Iniciação Científica do IFRN. p. 1612, 2015.

SILVEIRA, M.V.; BARTHEM, R. B. Disco de Newton com LEDs. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 38, nº4. 2016.

SKOOG, Douglas A.; et al. *Princípios de análise instrumental*. Bookman. 5 ed. Porto Alegre, 2002.

SOUZA et al. *A Prática Interdisciplinar da Química na Percepção Docente*. Escola de Química e Alimentos. 2017.

TEIXEIRA, L. H. O. A abordagem tradicional de ensino e suas repercussões sob a percepção de um aluno. *Revista Educação em Foco*, V. 10, p. 93, 2018.

VEIGA, Susana A. et al. Utilizando recursos tecnológicos para o ensino de experimentos com materiais de baixo custo em um curso de física a distância. São Paulo, 2020.

Os apêndices podem ser acessados por meio do link:
<https://1drv.ms/b/s!AuMy2t5IyDjlgsRnlNUgqj0xzuhJ4A?e=zqifvg>