



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Departamento de Ensino Superior
Unidade Acadêmica de Licenciaturas e Formação Geral
Curso de Licenciatura em Química – Campus João Pessoa

ADRIANA PINTO FERREIRA

**ENSINO DE QUÍMICA EXPERIMENTAL DE NÍVEL MÉDIO COM AUXÍLIO DE UM
ESPECTROFOTÔMETRO ALTERNATIVO NA REGIÃO DO VISÍVEL**

João Pessoa – PB

2019

ADRIANA PINTO FERREIRA

**ENSINO DE QUÍMICA EXPERIMENTAL DE NÍVEL MÉDIO COM AUXÍLIO DE UM
ESPECTROFOTÔMETRO ALTERNATIVO NA REGIÃO DO VISÍVEL**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Licenciatura em Química, como requisito parcial para a obtenção do título de licenciada em Química.

Orientador: Prof. Sérgio R. B. dos Santos

João Pessoa – PB

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

F383e Ferreira, Adriana Pinto.

Ensino de química experimental de nível médio com auxílio de um espectrofotômetro alternativo na região do visível / Adriana Pinto Ferreira. – 2019.

61 f. : il.

TCC (Graduação - Licenciatura em Química) – Instituto Federal da Paraíba / Departamento de Ensino Superior / Unidade Acadêmica de Licenciaturas e Formação Geral, 2019.

Orientação : Prof. Sérgio R. B. dos Santos.

1. Química experimental. 2. Espectrofotômetro. 3. Material alternativo. I. Título.

CDU 542(043)

Lucrecia Camilo de Lima
Bibliotecária
CRB 15/132

ENSINO DE QUÍMICA EXPERIMENTAL DE NÍVEL MÉDIO COM AUXÍLIO DE UM
ESPECTROFOTÔMETRO ALTERNATIVO NA REGIÃO DO VISÍVEL

ADRIANA PINTO FERREIRA

Monografia submetida à aprovação em: 19 / 02 / 2019

Parecer:

Após leitura a mesma foi considerada
Aprovada pela banca examinadora.

Banca:


Prof. Dr. Sergio Ricardo Bezerra dos Santos (orientador)


Prof. Dr. Antonio Cicero de Sousa (avaliador)


Prof. Dra. Marcia de Lourdes Bezerra dos Santos Lima (avaliadora)

João Pessoa
Fevereiro de 2019

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me sustentou até este momento, me dando saúde e forças para superar todas as dificuldades.

Aos meus pais, Geralda (*in memoriam*) e Francisco de Assis, que sempre me apoiaram, e nunca me deixaram desanimar, sempre me dando força e coragem para ultrapassar as barreiras.

A querida e amada Valdecir Pacífico, minha eterna Ceci (*in memoriam*), que acompanhou o início desta etapa e orou por mim todas as vezes que fui fazer provas de vestibular. A sua bondade, seu amor e paciência me transformaram e me fizeram resistir a todas as dificuldades.

A Silvana Pacífico e Socorro Pacífico, as famosas tias que acompanham o processo e ficam de olho no desempenho, sou muito grata por toda torcida e apoio a cada etapa de estudo em minha vida.

Ao Prof. Dr. Sergio Ricardo Bezerra dos Santos, por sua disponibilidade, paciência e atenção. Fico grata pela oportunidade de termos trabalhado juntos e espero que as boas energias sempre estejam presentes em sua vida.

A coordenadora Profa Suely Carneiro por aguentar meus “aperreios” quase que diários, e me incentivar nos momentos mais difíceis do curso.

À minha amiga de curso Priscila, por ter me amparado quando mais precisei de um ombro amigo.

Aos meus amigos Abynoã, Marília, Adailton, Bruno, Clarissa, Marília Gabriela, Tamires, Helivaldo, e todos os outros colegas, agradeço a todos vocês que me acompanharam ao longo de todo o curso, sempre com palavras de incentivo e de apoio constante.

Aos meus amigos de curso, em especial aqueles que me apoiaram no início da transição UF/IF Alex Santos, Ravena, Nilton e não poderia esquecer a “galera massa” em que paguei a maioria das disciplinas, Mayzza (que me ajudou muito nas disciplinas e nesta etapa final), Andrey, Edna, Joab, Henrique, Eliel e tantos outros que tenho um carinho especial. Sem vocês esse curso não seria o mesmo.

A Família Pet Química por toda experiência compartilhada, foram momentos únicos de aprendizagem, cresci muito como pessoa e profissional.

Aos mestres que durante todo o curso, cada um de sua forma, me proporcionaram o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do

caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão meus eternos agradecimentos.

E por fim, ao Instituto Federal da Paraíba, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

A todos, meu muito OBRIGADA!

*“Quando tudo nos parece dar errado,
acontecem coisas boas que não teriam
acontecido se tudo tivesse dado certo”*

(Renato Russo)

RESUMO

Atualmente a utilização de métodos diversificados com aulas práticas tem sido um dos fatores mais importantes para a compreensão e desenvolvimento do conhecimento Químico. Dessa forma, dentre algumas alternativas importantes para se ensinar a Química, verificam-se as aulas experimentais que funcionam como suporte facilitador da aprendizagem, a exemplo, aulas em laboratórios que se tornam fundamentais neste processo, saindo do método tradicional com ensino obsoleto. Entretanto, para a realização da prática, alguns fatores precisaram ser considerados assim como, a princípio, o alto custo de instrumentos para análises. Com base nisso, o trabalho traz resultados obtidos através de aulas experimentais, ocorridas no Laboratório de Química da Escola Estadual João da Cunha Vinagre, localizada no município do Conde-PB. Portanto, o trabalho apresenta uma abordagem a conceitos químicos destacados no 2° ano do ensino médio, e tendo como objetivo o desenvolvimento de um espectrofotômetro, utilizando materiais de baixo custo, e aplicação a fim de analisar soluções de diferentes concentrações, de modo a instigar e estimular a participação dos discentes, numa construção efetiva do conhecimento científico.

Palavras-chave: Ensino de Química, experimentação, espectrofotômetro, materiais alternativos.

ABSTRACT

Currently using diverse methods with practical lessons has been one of the most important factors for the understanding and development of Chemical knowledge. Thus, among some important alternatives to teach Chemistry, experimental classes that act as facilitator of learning support, for example, classes in laboratories become fundamental in this process, leaving the traditional teaching method obsolete. However, to carry out the practice, some factors needed to be considered as, at first, the high cost of instruments for analysis. On this basis, the work brings results obtained through experimental classes that occurred in the Chemical Laboratory of State School João da Cunha Vinagre, in the municipality of Conde-PB. Therefore, the work presents an approach to chemical concepts highlighted in 2° year of high school, and having as goal the development of a spectrophotometer, using low-cost materials and application in order to analyze different solutions concentrations, in order to instigate and encourage participation of the students in an effective scientific knowledge construction.

Keywords: Chemistry teaching, experimentation, spectrophotometer, alternative materials.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes do espectrofotômetro: (a) fonte de luz, (b) colimador, (c) prisma, (d) fenda seletora, (e) cubeta, (f) detector, (g) leitor.....	21
Figura 2. Emissão espectral do LED Branco.....	22
Figura 3. Mídias digitais como recurso para obtenção de espectros na região visível.....	22
Figura 4. Projeto eletrônico da fonte de alimentação.....	27
Figura 5. Projeto eletrônico do espectrofotômetro alternativo.....	28
Figura 5.1. Projeto eletrônico do Espectrofotômetro Alternativo.....	29
Figura 6. Esquema óptico-mecânico do Espectrofotômetro Alternativo.....	30
Figura 7. Passos para montagem mecânica.....	31
Figura 8. Detalhes do sistema mecânico utilizado para a seleção do comprimento de onda utilizado nas análises.....	32
Figura 9. Espectros do LED branco e de corantes utilizados para a calibração da escala do espectrofotômetro alternativo. Sinais puros de tensão (V) <i>versus</i> deslocamento do cursor (mm). Médias de 3 medidas.....	37
Figura 10. Espectros de Absorção obtidos pelo EA. Média de 2 medidas.....	38
Figura 11. Tabela e gráfico obtidos para a correlação entre deslocamentos do cursor (d, mm) obtidos no EA <i>versus</i> comprimentos de onda (λ , nm) obtidos no EC para os picos de absorção observados para os corantes.....	39
Figura 12. Curvas analíticas obtidas no EC e no EA para avaliação da Lei de Beer.....	40
Figura 13. Alunos realizando atividades experimentais com o instrumento desenvolvido.....	45
Figura 14. Curva analítica da solução do corante amarelo damasco.....	48

Figura 15. Curva analítica da solução do corante amarelo damasco..... 48

Figura 16. Curvas analíticas construídas a partir das análises realizadas pelos alunos. De cima para baixo, soluções de corantes pink, azul e verde.....48

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	20
Equação 2.....	20
Equação 3.....	21
Equação 4.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IFPB	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais +
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
LED	Diodo transmissor de luz
CD	Disco compacto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivos gerais	14
2.2. Objetivos específicos	14
3.1. Ensino de química e os Parâmetros Curriculares Nacionais	15
3.2. Interdisciplinaridade e contextualização no ensino de química	17
3.3. Importância da química experimental: A experimentação no ensino de Química	18
3.4. Uso da experimentação utilizando materiais alternativos como ferramenta no processo ensino aprendizagem	19
3.5. Espectrofotômetro na Região do Visível	20
4. METODOLOGIA	23
4.1. Local da Pesquisa	23
4.2. Universo da Pesquisa	23
4.3. Tipo de Pesquisa	23
4.4. Desenvolvimento da Pesquisa	24
Construção do Espectrofotômetro Alternativo	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1. Calibração do instrumento para utilização nas análises	36
5.3. Aula experimental: análise de soluções através do espectrofotômetro	42
6. Considerações Finais	51
7. Perspectivas	51
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICE A	55
APÊNDICE B	56
APÊNDICE C	57

1. INTRODUÇÃO

A forma com a qual os conteúdos químicos são apresentados para os discentes cria uma imagem que dificulta o entendimento desta disciplina. Gerando assim, um enorme desinteresse principalmente quando se utiliza de uma metodologia tradicionalista, fundamentada apenas em resoluções de cálculos utilizando fórmulas, memorização de conceitos e regras de nomenclatura, muitas vezes dando enfoque em processos seletivos descartando a contextualização do cotidiano (MERÇON, 2003).

O método para alcançar essa contextualização é empregar o ensino de maneira interdisciplinar, interligando assuntos que muitas vezes, por si só, o aluno não conseguiria compreender. Partindo desse pressuposto, é de conhecimento dos professores (de ciências exatas), o fato de ser um mediador das discussões, visto que o ensino de química possui a necessidade de ser atribuído de forma motivadora, lúdica, vinculando o que está sendo abordado com a realidade do próprio aluno, desenvolvendo assim, sua capacidade de tomada de decisões (SANTOS e SCHNETZLER, 1996).

Dessa forma, a Química do cotidiano possui a importância de fazer a conexão entre o conhecimento prévio do aluno e o conhecimento científico, através de discussões, observações, o que possibilita uma maior interação entre os discentes, fazendo com que eles encontrem explicações e/ou razões para os fenômenos do seu dia-a-dia (SILVA, 2016).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) (2002, p .93),

[...] a simples transmissão de informações não é o suficiente para que os alunos elaborem suas ideias de forma significativa. É imprescindível que o processo de ensino-aprendizagem decorra de atividades que contribuam para que o aluno possa construir e utilizar o conhecimento.

Nessa conjuntura, a utilização adequada da experimentação, agregada a contextualização, pode propiciar uma mudança significativa no processo de ensino-

aprendizagem, de modo que o professor passa a mediar às ideias e o aluno construir seu próprio pensamento e conhecimento. Consequentemente, a experimentação como ferramenta no ensino de Química no contexto social em que o indivíduo está inserido, auxilia no desenvolvimento deste vínculo necessário entre o conteúdo abordado com o entendimento e a vivência do aluno (GAMA, 2016).

Como aperfeiçoamento para a realização de experimentos, o uso de material simples e de baixo custo, os materiais alternativos, dispensa o uso de reagentes e aparelhos sofisticados. Esta ação amplia a área de aplicação da experimentação nas escolas que não possuam laboratórios ou possuem restrições orçamentárias (MERÇON, 2003).

Destacando a importância da experimentação e interdisciplinaridade durante as abordagens e discussões, o presente trabalho visa realizar aulas experimentais de nível médio explorando conceitos de espectroscopia, abordando conteúdos relativos ao tema soluções, sendo realizado através do preparo e de análises espectrofotométricas das mesmas. Pretende-se com estas aulas aproximar os alunos da química no sentido de torná-la mais atrativa, e de desenvolver linguagem científica, destacando a interdisciplinaridade existente dentro da Ciência.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos gerais

- Desenvolver um espectrofotômetro alternativo, utilizando materiais de baixo custo e aplicar em aulas experimentais de Química de nível médio.

2.2. Objetivos específicos

- Construir um espectrofotômetro alternativo;
- Calibrar o espectrofotômetro alternativo desenvolvido;
- Comparar o instrumento desenvolvido com um instrumento comercial;
- Aplicar o espectrofotômetro alternativo na análise de soluções coloridas;
- Elaborar uma aula prática de nível médio explorando espectrofotometria e análise de soluções;
- Desenvolver linguagem científica de forma interdisciplinar;
- Avaliar os resultados da metodologia de ensino utilizada;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Ensino de química e os Parâmetros Curriculares Nacionais

No ensino, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) do Ensino Médio, a área de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias objetiva fazer parte de uma etapa final da educação básica, enquanto complementação da aprendizagem (BRASIL, 1999). E, sendo assim, sentiu-se a necessidade de recriar a área voltada às competências e habilidades básicas desenvolvidas pelo indivíduo, seja na aprendizagem, discussão de ideias, cidadania, entre outros, tornando-os mais preparados e completos.

É na sala de aula e ambientes diversificados de ensino que o indivíduo aprende a ter condições de questionar, pesquisar, observar as formas realistas e, com os problemas apresentados, tentar formular uma ideia em prol de resolver a questão aplicada. Esse é um dos objetivos dos PCNs, tornar os estudantes capazes e transformadores do ambiente, identificando e interagindo (BRASIL, 1999). Sendo assim, ter criatividade, intuição, desenvolvimento e pensamento lógico.

Por outro lado, com análise dos profissionais da área de conhecimento, as mudanças não partem apenas do aluno. O professor tem o desafio de buscar novas metodologias para melhorar a visão do estudante, aprimorando o interesse e a busca pelo aprendizado. Sendo assim, uma das formas de mudar a didática e fazer com que se tenha a atenção no conteúdo de Química é “abandonar” a metodologia de ensino obsoleta aplicada por grande parte dos docentes. Nesse sentido, fazer uso da experimentação, visa uma mudança significativa no processo de ensino-aprendizagem, de modo que o professor guia as ideias e o aluno formula seu próprio pensamento e conhecimento. Na mesma direção, a teoria sociointeracionista baseada em Vygotsky (2007) desenvolve o aprendizado do indivíduo de acordo com a interação aluno-aluno, aluno-professor. Para ele, “nós nos tornamos nós mesmos através dos outros” (VYGOTSKY, 1989 apud PINO, 2000).

Para Vygotsky, o sujeito é interativo, possui seus conhecimentos a partir de trocas com o meio e a partir do processo de mediação. Deste modo, o desenvolvimento e aprendizagem parte do processo de interiorização de conceitos

que é promovido pela aprendizagem social. Efetivamente, é possível observar que o estudante é um ser pensante e a escola na qual está inserido é o espaço onde acontece o processo (VYGOTSKY, 1989 apud PINO, 2000).

Então, é possível compreender por meio da teoria vygotskiana que o conhecimento desenvolvido pelo indivíduo é construído através da história de vida, incluindo valores e experiências. Assim, ressalta-se o processo histórico-social, além da linguagem, como pontos facilitadores desse desenvolvimento. O professor deve então, enquanto mediador, estabelecer esse desenvolvimento proximal. Pois, é a partir desse momento que se tem a oportunidade de ensinar, estimulando a inteligência de uma forma que se leve a aprendizagem.

Leontiev e sua teoria sociocultural dá continuidade ao pensamento de Vygotsky, mas agora, com ênfase no conceito de atividade. Em outras palavras, é preciso saber o histórico, a cultura e o local onde o indivíduo vive, para que assim, seja possível entender o ponto de desenvolvimento, cujo conceito para compreender esse ponto é chamado de atividade. Com base nisso, o professor precisa organizar seu trabalho educativo com foco na intencionalidade do indivíduo, em resumo, guiando seu desenvolvimento (VYGOTSKY, 1989 apud PINO, 2000). Em virtude dessa formação, os fundamentos teóricos e procedimentos metodológicos vêm sendo analisados de forma que possa afirmar qual o melhor caminho para o aprendizado do aluno em relação aos conceitos de Química.

Portanto, pode constatar que experimentações, jogos e a percepção da Química no contexto social em que o indivíduo está inserido, desenvolve o vínculo necessário do conteúdo que está sendo abordado com o entendimento e a vivência do aluno. O indivíduo passa a ser o investigador e aplicador dos processos, saindo da deriva de apenas ser mais um receptor de informações.

3.2. Interdisciplinaridade e contextualização no ensino de química

No processo de ensino-aprendizagem de Química, questões sobre contextualização e interdisciplinaridade são muito debatidas, entretanto, percebe-se que um dos desafios encontrados no contexto escolar é como trabalhar com esses conceitos, se os professores não têm, visivelmente, conhecimento dos significados dos termos e das metodologias inerentes (SÁ & SILVA, 2008).

Dessa forma, a prática docente de muitos professores atualmente está comprometida com um currículo rígido, que prestigia conteúdos desconectados entre si (ausência de interdisciplinaridade) e, sobretudo, da realidade dos alunos (STRACK, 2008).

No que diz respeito aos termos contextualização e cotidiano, muito relevantes na área de ensino de química, que são utilizados por professores, pesquisadores da área e elaboradores de currículos. Todavia, o termo contextualização passa a ser utilizado após os PCNEM (Brasil, 1999) e os PCN+ (Brasil, 2002), já o termo cotidiano aparecia nos discursos curriculares da comunidade de educadores químicos (WARTHA, 2013).

O isolamento da química de outros conhecimentos disciplinares pode ser um dos responsáveis pelas dificuldades de aprendizagem dos conteúdos e, com isso gera a enorme rejeição pelos alunos, tornando assim mais difícil o processo de ensino-aprendizagem (SÁ & SILVA, 2008). Segundo o mesmo autor, um ensino de química interdisciplinar é promotor de uma aprendizagem ativa e significativa.

Podendo observar que diversos trabalhos nacionais e internacionais sobre ensino de Química demonstram que a aprendizagem dos alunos vem sendo normalmente marcada pela memorização de inúmeras informações, cobradas a fim de aprova-los em seus cursos, constituindo assim um ensino distanciado do mundo cultural e tecnológico no qual vivem (SCHNETZLER, 2004).

Aprender ciências requer mais do que desafiar as ideias dos alunos, através de eventos divergentes. Aprender ciências pede que crianças e adolescentes sejam

inseridos numa nova/ distinta forma de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo (DRIVER et al., 1999).

3.3. Importância da química experimental: A experimentação no ensino de Química

A Química é considerada uma disciplina de difícil entendimento por conter um vasto número de fórmulas, regras, cálculos que não são introduzidos na realidade em que o indivíduo se encontra. Diante disto, é necessário que sejam criadas estratégias de ensino que motivem e despertem a curiosidade sobre determinado conceito aplicado em sala de aula. No processo de ensino e aprendizagem de Química, um método que pode ser usado é a aplicação de aulas experimentais.

Em oposição aos cursos tradicionais de Química, Física e Biologia, pautados no modelo transmissão-recepção (onde os conteúdos científicos a serem ensinados são vistos como segmentos de informações que devem ser depositados pelo professor na "cabeça vazia" do aluno), o movimento de reforma curricular ocorrido nos anos 60, marca o início da área da Didática das Ciências. Até hoje, diversas contribuições para melhoramento do processo de ensino-aprendizagem em Ciências/Química são decorrentes deste movimento, tais como: aulas experimentais para introduzir e explorar problemas; organização da sala de aula em grupos de alunos para realizar e discutir experimentos (SCHNETZLER, 2004).

No entanto, as atividades experimentais surgiram nas escolas, devido à forte influência de trabalhos desenvolvidos nas universidades que tinha o objetivo de melhorar a aprendizagem do conhecimento científico através da aplicação do que foi aprendido (GALIAZZI et al., 2001).

Dessa forma, o uso da experimentação como ferramenta pedagógica tem sua importância na vida escolar, pois é através dela que o aluno conhece novas técnicas, equipamentos, trabalha a socialização, entre outras trocas de experiências, somando ao enriquecimento do conhecimento adquirido. Durante a aplicação deste trabalho pode-se abordar o conteúdo de concentrações, através da análise de soluções, assim como a aplicação do espectrofotômetro, de materiais alternativos, desenvolvido durante este TCC, no IFPB-Campus João Pessoa.

Para Ausubel, o conhecimento prévio sobre determinado conteúdo determina uma aprendizagem significativa. Nesse contexto, fica visível que a experimentação ajuda também na melhora disciplinar quando usado como um recurso essencial para a aprendizagem, contribuindo para a ampliação dos conteúdos químicos e de outras disciplinas, uma vez que se pode desenvolver e aplicar aulas práticas utilizando a interdisciplinaridade com as demais disciplinas de ciências exatas e da natureza, como a biologia, física, até mesmo a geografia, através da análise de solo, por exemplo. Sendo assim: Para Vygotsky, os processos psicológicos são construídos a partir de injunções do contexto sociocultural.

Sabe-se que a experimentação tem a capacidade de despertar o interesse dos alunos, além disso, é comum os professores relatarem que ela promove o aumento da capacidade de aprendizagem, pois a construção do conhecimento científico/formação do pensamento depende de uma abordagem experimental e se dá predominantemente no desenvolvimento de atividades investigativas (GIORDAN, 1999).

Além disso, o indivíduo tem a interação com os demais alunos para discutir, questionar e construir seu pensamento com base no que está sendo aplicado. Sendo possível, assim, obter uma aprendizagem significativa em relação ao conteúdo apresentado.

3.4. Uso da experimentação utilizando materiais alternativos como ferramenta no processo ensino aprendizagem

A utilização de materiais alternativos possibilita a minimização de custos e torna desnecessário o uso de equipamentos sofisticados, assim passa a ser possível a experimentação em escolas que não possuem infraestrutura adequada para aulas com metodologias diferenciadas.

Um exemplo prático do uso desse tipo de material resultou em uma publicação na revista química nova na escola, onde Silva (2016) e colaboradores expuseram sobre o desenvolvido de um *kit* que foi confeccionado com materiais recicláveis, que tem como objetivo realizar amostragem e quantificação gravimétrica de CO₂ no ar ambiente visando também à inclusão de deficientes visuais. As adaptações, para a inclusão desses alunos, incluíram a elaboração de

procedimentos, glossário, legendas e identificações no *kit* em sistema braile (SILVA, 2015).

Nessa mesma perspectiva o presente trabalho visa desenvolver um espectrofotômetro alternativo almejando levar a experimentação de uma maneira econômica e viável de ser aplicada nas escolas.

3.5. Espectrofotômetro na Região do Visível

A luz pode ser considerada como uma forma de energia radiante propagada como ondas transversas, ou seja, uma forma de radiação eletromagnética que possui características de onda e partículas (fótons), e essas radiações eletromagnéticas com comprimento de onda entre 380 e 780 nm é visível ao olho humano. (Kasvi, 2018)

A espectrofotometria é um método que emprega a interação da radiação eletromagnética com a matéria para obter informações químicas sobre os materiais. Normalmente, na espectrofotometria na região do visível, determina-se a absorção da luz de um feixe que passa através de uma solução específica. A intensidade da absorção (A) da luz é proporcional ao caminho óptico (b), ou seja, ao tamanho do trajeto dentro da amostra e da concentração da amostra (c) A absorvidade molar expressa (ϵ) a intensidade da absorção por mol da amostra em uma cela de 1 cm de caminho óptico. Estes parâmetros são correlacionados pela Lei de Beer:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \quad \text{Equação 1}$$

Existe uma correlação entre a absorbância e a transmitância (T). Enquanto a absorbância de uma determinada amostra aumenta com o aumento da concentração, a transmitância diminuiu e vice-versa, de modo não proporcional:

$$A = -\log T \quad \text{Equação 2}$$

A transmitância normalmente não é utilizada nas análises químicas pois não apresenta um comportamento linear com a concentração. Para o seu cálculo pode-se utilizar a relação:

$$T = S_{\text{padrão}}/S_{\text{branco}}$$

Equação 3

Onde $S_{\text{padrão}}$ é o sinal registrado (normalmente tensão, em volts) para a solução padrão e para a amostra e S_{branco} é o sinal registrado para o branco, solução que não absorve radiação visível na região em que o padrão ou amostra absorve.

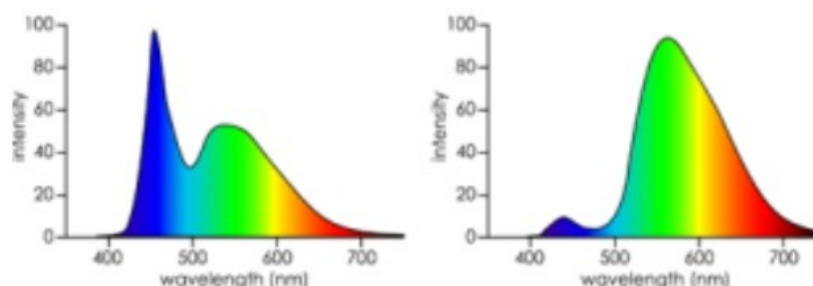
Os espectrofotômetros são instrumentos utilizados para análises espectrofotométricas. Existem diversas configurações, mas eles apresentam alguns componentes comuns entre si. De uma forma simplificada, como mostra a Figura 1, um espectrofotômetro na região do visível pode ser composto por: a. Fonte de radiação na região do visível (luz branca); b. uma lente focalizadora para direcionar o feixe de luz para um dispositivo dispersor; c. Dispositivo dispersor (prisma ou rede de difração); d. Compartimento da amostra onde se adapta a cubeta com a amostra a analisar; e. Detector de radiação para converter sinal luminoso em sinal elétrico; f. Dispositivo que transforma o sinal elétrico em dígitos para leitura.

Figura 1. Componentes do espectrofotômetro: (a) Fonte de luz, (b) colimador, (c) prisma, (d) fenda seletora, (e) cubeta com a solução específica, (f) detector, (g) leitor.



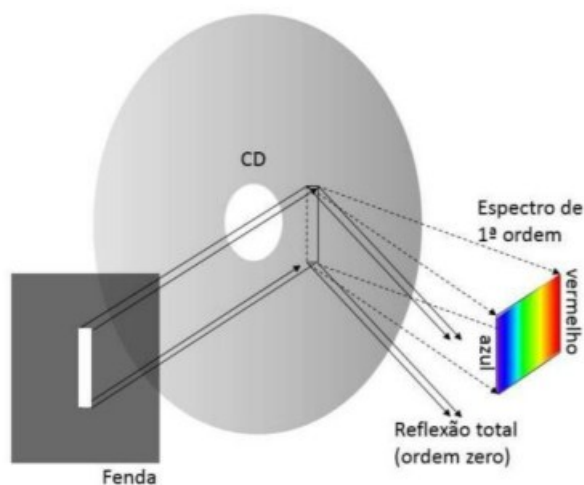
Como fonte de radiação na região espectral visível podem ser utilizados LEDs brancos. Como pode ser observado na Figura 2, estes LEDs apresentam emissão de comprimentos de onda na Faixa de 400 a 750nm com picos nas regiões azul (em torno de 470 nm) e na região verde-amarelada (em torno de 560 nm) faixa de emissão esta que corresponde à região espectral visível.

Figura 2. Emissão espectral do LED Branco.



Como dispositivo monocromador podem-se utilizar mídias digitais (Figura 3). Um fragmento de CD pode ser utilizado para gerar um espectro magnético devido ao fenômeno de interferências construtivas e destrutivas quando a luz branca atinge a mídia e sofre difração. Alguns projetos podem ser encontrados na internet informando como utilizar um CD para a construção de espectroscópios. Dentre eles, destaca-se, o projeto da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e outro em DOI, este último sendo um artigo publicado por Ademir L. Xavier Jr, da Agência Espacial Brasileira.

Figura 3. Mídias digitais como recurso para obtenção de espectros na região visível.



Fonte: Ademir L. Xavier Jr. Agência Espacial Brasileira Brasília – DF. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 2, p. 621-635, ago. 2017.

4. METODOLOGIA

Serão apresentadas as etapas metodológicas utilizadas na execução deste estudo. Inicialmente, será caracterizado o Local e Universo da Pesquisa, posteriormente, os Tipos de Pesquisas e, por fim, o Desenvolvimento da Pesquisa.

4.1. Local da Pesquisa

Para o desenvolvimento e aplicação desse estudo, utilizou-se o espaço físico (laboratório) da Escola Estadual João da Cunha Vinagre, localizada no município do Conde, no estado da Paraíba.

Neste laboratório foram desenvolvidas práticas relacionadas aos temas e conceitos trabalhados em sala de aula. O espaço físico é adequado para a realização dessas atividades, sendo possível realizar experiências a respeito do preparo de soluções. Além das vidrarias de uso específico, o laboratório conta com vidrarias e alguns equipamentos de uso geral, tais como, balão volumétrico, becker, pipetas graduadas, microscópio, entre outros. Para abordar os assuntos de soluções, concentração e absorvância, o espaço conta com vidrarias e equipamento específico, assim como, o espectrofotômetro. Mas vale salientar que, na ausência de laboratório, as práticas de análises espectrofotométricas podem ser realizadas em salas de aulas, pois o equipamento é de fácil locomoção, o que proporciona a possibilidade de fácil aplicação em ambientes diferentes.

4.2. Universo da Pesquisa

O trabalho foi desenvolvido e aplicado em duas turmas do 2º ano do Ensino Médio Regular, do período noturno. Participaram da pesquisa 45 (quarenta e cinco) alunos, sendo 24 (vinte e quatro) da turma A e 21 (vinte e um) da turma B.

4.3. Tipo de Pesquisa

A metodologia utilizada apresentou aspectos quantitativos e qualitativos. Segundo Oliveira (2008), o primeiro aspecto se refere aos dados alcançados por meio da utilização de recursos e procedimentos estatísticos. Por outro lado, o segundo trabalha com observações, discussões relacionadas ao tema proposto.

De acordo com Oliveira, o método quantitativo:

Significa quantificar opiniões, dados, nas formas de coleta de informações, assim como também com o emprego de recursos e técnicas estatísticas desde a

mais simples, como percentagem, média, moda, mediana e desvio padrão, até as de uso mais complexo, como coeficiente de correlação, análise de regressão etc. [...](2001, p.320).

Dentro deste contexto, com esta integração metodológica é possível obter dados reais e construir resultados que possam ser analisados posteriormente, o que conseqüentemente, se apresenta uma medida mais válida e autêntica do fenômeno estudado (GRECA, 2002).

4.4. Desenvolvimento da Pesquisa

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram necessárias duas etapas: a primeira consistiu em construir, calibrar e realizar as análises do equipamento; a segunda consistiu na aplicação do espectrofotômetro com os alunos do ensino médio.

1ª Etapa: Construção do espectrofotômetro

Para a realização deste trabalho na Área de Ensino de Ciências e Química, relacionado ao uso da Experimentação como metodologia de ensino, tem-se como principal material o espectrofotômetro, desenvolvido através da utilização de materiais de baixo custo: isopor, papel, CD, régua, entre outros. Para construir o espectrofotômetro alternativo e aplicá-lo em aulas de química experimentais e interdisciplinares de nível médio a seguinte metodologia foi abordada:

- Construção do espectrofotômetro alternativo. Esta etapa compreendeu:
 - Elaborar um projeto do espectrofotômetro alternativo considerando: a. Esquema eletrônico; b. Esquema óptico; c. Esquema mecânico;
- Calibrar o espectrofotômetro alternativo desenvolvido. Para tanto foi realizado o seguinte procedimento:
 - Registro do espectro do LED Branco e de espectros de corantes diversos por deslocamento milimétrico do cursor de seleção de comprimentos de onda do espectrofotômetro alternativo. Assim, foram obtidos registros de Absorbâncias x Deslocamento milimétricos do cursor.
 - Determinação de valores de pico dos espectros registrados por deslocamentos milimétricos do cursor;

- Comparar o instrumento desenvolvido com um instrumento comercial. Nesta etapa, os valores de pico de absorbância máxima em função do deslocamento, em milímetro, do cursor são comparados com os valores de pico de absorção máxima em função do comprimento de onda da radiação. Para tanto, um espectrofotômetro comercial foi utilizado. Um modelo matemático representando a correlação entre deslocamento, em milímetros, e comprimento de onda, em nanômetros, foi realizado utilizando-se o método dos mínimos quadrados através de uma planilha eletrônica. Uma equação linear foi obtida correlacionando Deslocamento (mm) e Comprimento de onda (nm):

$$D(\text{mm}) = a + b.\lambda(\text{nm})$$

- Aplicar o espectrofotômetro alternativo na análise de soluções coloridas. Nesta etapa foram realizados estudos de linearidade de absorbância versus concentração (teste da lei de Beer);

- *Materiais e Reagentes*

- Um LED branco de 5mm foi utilizado como fonte de radiação;
- Um fototransistor comum foi utilizado como detector de radiação;
- Um fragmento de CD retirado de uma mídia digital foi utilizado como rede de difração;
- Um fragmento de 6 cm de uma régua milimetrada foi utilizado como escala milimétrica do instrumento desenvolvido;
- Arame de ferro galvanizado foi utilizado como suporte para o sistema de seleção do comprimento de ondas; suporte do fragmento de CD e cursor mecânico;
- Folhas de isopor nº 20 (20mm de espessura) foram utilizadas para confecção das paredes das caixas internas e externas do instrumento;
- Micropipetas com capacidade de 100 µL foram utilizadas nos preparos de soluções;

- Corantes alimentícios azul anis, verde folha, amarelo damasco e pink foram utilizados para preparo de soluções nas concentrações de 20; 40; 60; 80 e 100 μ L/100mL;
- Água recém-destilada foi utilizada no preparo das soluções;
- Um Espectrofotômetro UV-Visível marca Hach modelo DR3900 foi utilizado para realização de medidas de referência;
- Todas as colagens foram realizadas com cola Araldite® hobby de secagem rápida (10 minutos).
- Um multímetro digital Politerme modelo 9808 foi utilizado para as leituras digitais dos sinais analógicos fornecidos pelo espectrofotômetro alternativo desenvolvido;
- Papel camurça preto foi utilizado para recobrir externamente o equipamento e evitar entrada de radiação espúria no compartimento da amostra.

Construção do Espectrofotômetro Alternativo

A construção do espectrofotômetro alternativo compreendeu montagens eletrônicas, ópticas e mecânicas. Como a montagem óptica está totalmente vinculada à montagem mecânica, estas duas montagens serão discutidas em conjunto.

- Projeto Eletrônico

O projeto eletrônico consistiu na elaboração de um esquema para uma fonte de alimentação simétrica que fornecia -5V e +5V baseada no regulador de tensão 7805 (+5V) e 7905 (-5V) como mostra a Figura 4 e no circuito eletrônico do espectrofotômetro propriamente dito, como mostra a Figura 5.

A fonte de alimentação tem a função de converter à corrente alternada (CA) da rede pública em corrente contínua (CC). A tensão de 220V alternada, fornecida pela rede elétrica, é transformada em 6V pelo transformador de corrente alternada (CA, na Figura 4b). Estes 6V alternados são direcionados à ponte de diodos. Ao passar pela ponte de diodos os seis volts alternados são retificados (Retificação na

Figura 4b) e transformados em picos de 9V contínuos (CC) que são filtrados (Filtragem 1, na Figura 4b) pelos capacitores de $1000\mu\text{F}$ e transferidos para os reguladores. Ao passar pelos reguladores os 9V contínuos (CC) são transformados em 5V (+ ou -) também contínuos (Conversão CC/CC, na Figura 4b). Os capacitores de 100nF são filtros (Filtragem 2) de sinais de alta frequência que possam aparecer na saída dos reguladores de tensão. A tensão produzida pode ser então utilizada para alimentar um instrumento qualquer (Carga, na Figura 4b).

O projeto eletrônico do espectrofotômetro alternativo consistiu na elaboração de uma fonte de radiação eletromagnética na região do visível, baseada no LED branco, de um sistema de detecção de radiação eletromagnética na região visível do espectro, de um sistema de filtração e amplificação do sinal detectado e de um sistema de zero para ajustes de branco e de ganho do sinal analítico a base de potenciômetros. A Figura 3 apresenta este projeto.

Figura 4. Projeto eletrônico da fonte de alimentação.

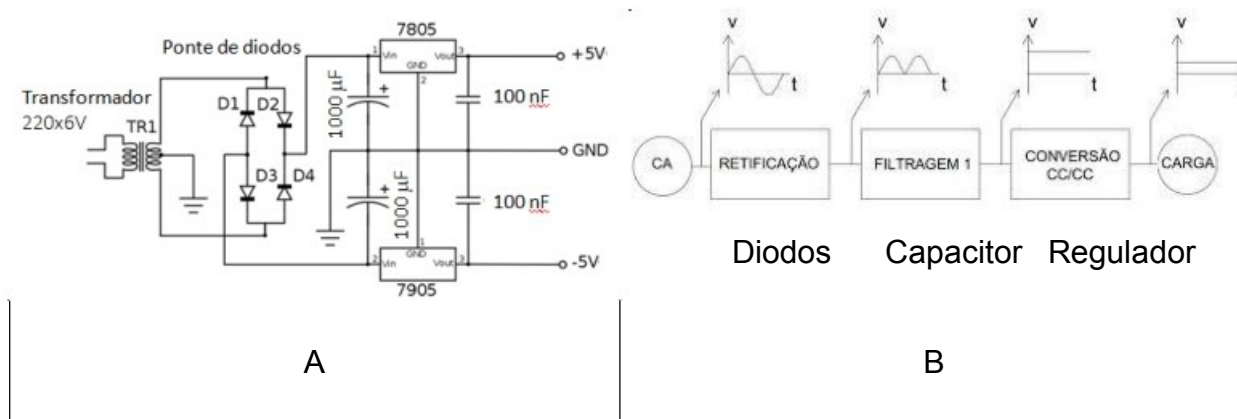
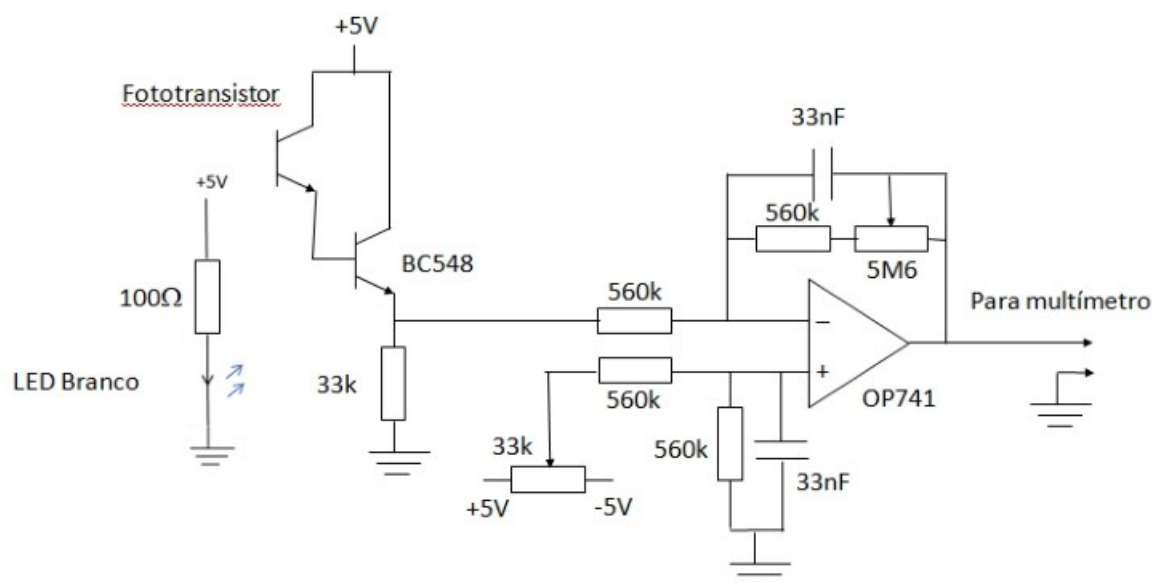


Figura 5. Projeto eletrônico do espectrofotômetro alternativo.



A Fonte de luz foi baseada em LED branco (Figura 5.1a) alimentado com tensão de 5v e resistor de 100Ω que produzia uma corrente no LED de cerca de 25 mA. A corrente é calculada da seguinte forma:

$$i_{LED} = (V - V_{LED})/R$$

A tensão sobre o LED (V_{LED}) é de cerca de 2,5V e a tensão V é 5V. Um resistor de 220Ω foi utilizado gerando correntes de cerca de 20mA.

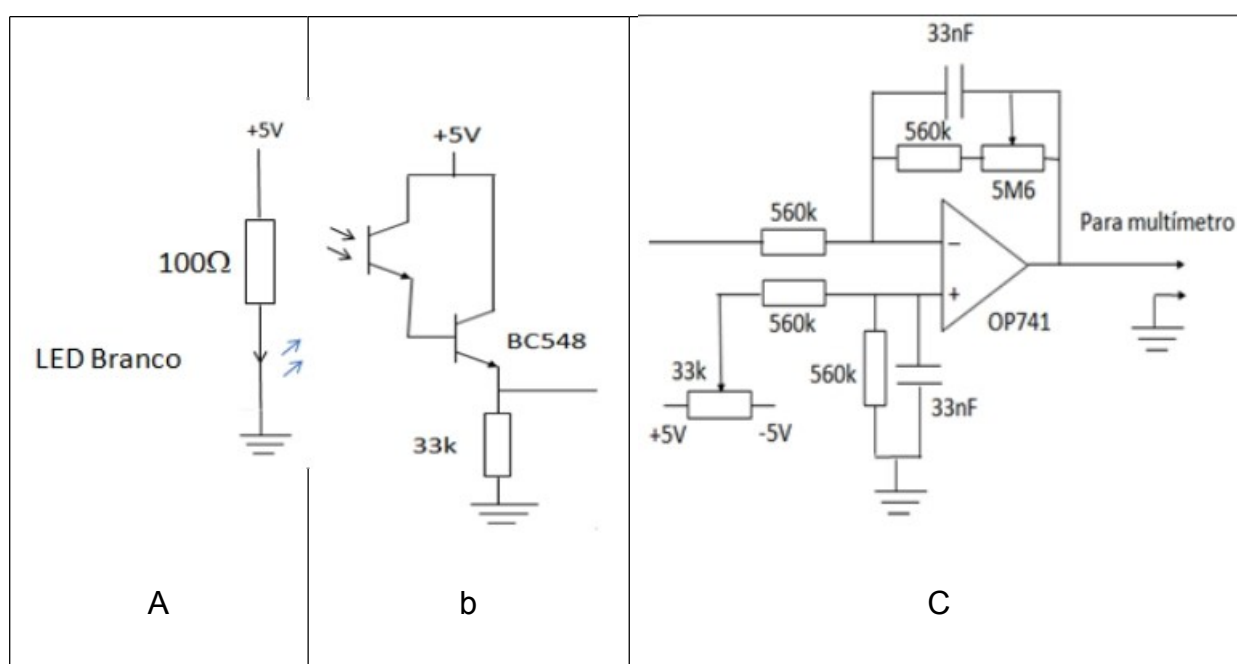
Um detector de luz baseado em um fototransistor comum com amplificação de sinal à base de transistor BC548 foi elaborado (Figura 5.1b). A fotocorrente gerada pelo fototransistor entra pela base do BC548 e é amplificada pelo ganho em corrente do transistor que está em torno de 400. A corrente de base amplificada no BC548 sai então pelo terminal emissor e passa pelo resistor de 33k gerando uma tensão proporcional à corrente e que é transmitida para o circuito de filtração a base de amplificador operacional.

Filtros Ativos (Figura 5.1c) que são filtros a base de amplificadores operacionais para minimização de ruídos no sinal foram desenvolvidos. Os filtros permitiram um ajuste de ganho no sinal analítico de até 11 vezes. São elaborados a base de capacitores polipropileno ($33nF$) com frequência de corte de 8,6Hz. Para o

cálculo da frequência de corte, se utiliza a expressão: $F_c = 1/2\pi.R.C$. Ajustes de zero (Branco) e ganho são permitidos, respectivamente, através dos potenciômetros de 33K e 5,6M (Ganho máximo de 11 vezes o sinal de entrada), respectivamente.

Conectores do tipo jacaré foram adaptados na saída do filtro ativo para adaptação ao sistema de leitura à base de multímetro digital.

Figura 5.1. Projeto eletrônico do Espectrofotômetro Alternativo.



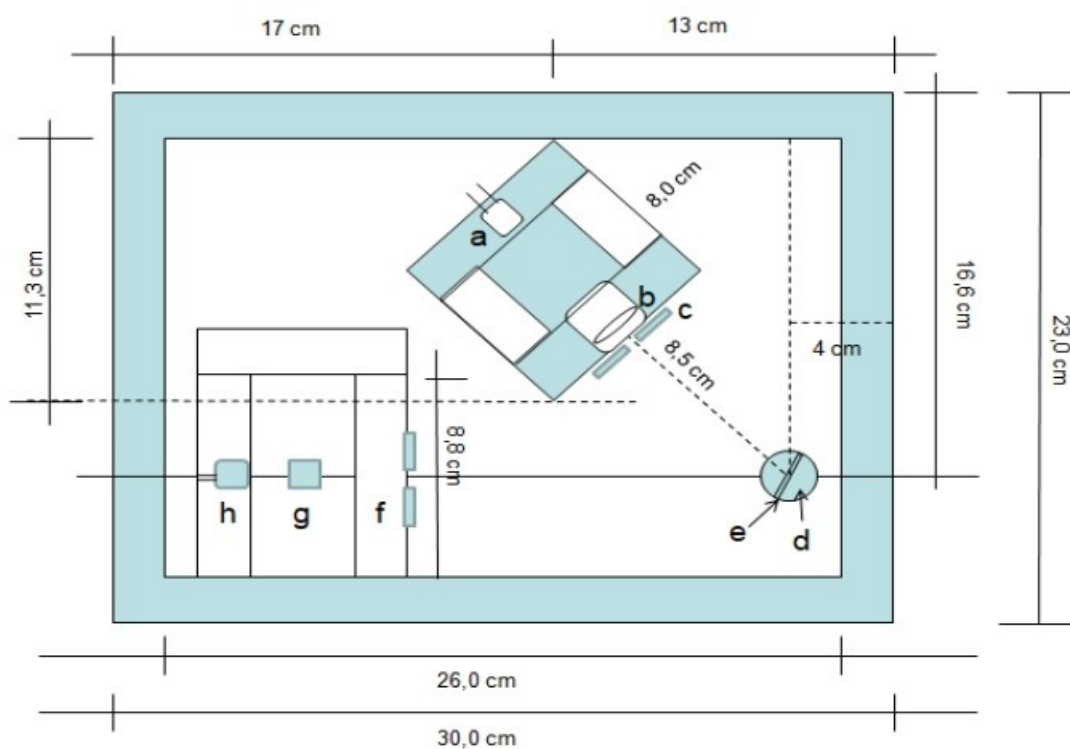
- Projeto Óptico-Mecânico

A Figura 6 apresenta o esquema óptico-mecânico da montagem do espectrofotômetro alternativo e suas dimensões. Lâminas de isopor nº 20 foram utilizadas na confecção das paredes internas e externas do instrumento desenvolvido e como suporte para os componentes ópticos. Os componentes básicos do instrumento são:

- Fonte de radiação visível policromática (LED Branco);
- Lupa de relojoeiro nº 1 como lente focalizadora;
- Fenda de entrada para o sistema monocromador construída com lâminas de estilete e com abertura em torno de $500\mu\text{m}$;

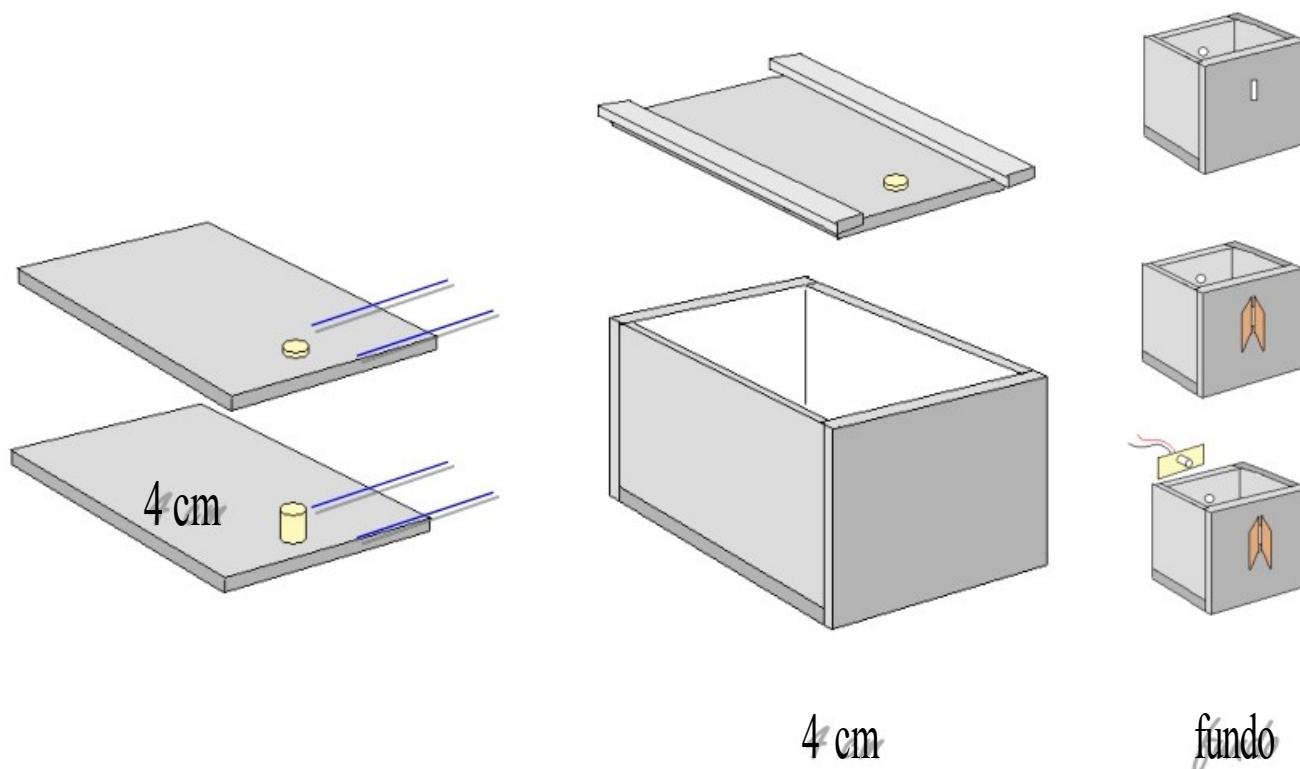
- d. Base de acrílico que serve de suporte para um fragmento de CD utilizado como rede de difração;
- e. Fragmento de CD usado como rede de difração;
- f. Fenda de saída;
- g. Cubeta da amostra;
- h. Detector de luz (Fototransistor).

Figura 6. Esquema óptico-mecânico do Espectrofotômetro Alternativo.



A figura 7 apresenta os passos utilizados para a montagem da parte mecânica.

Figura 7. Passos para montagem mecânica.



1º Passo: montagem da tampa e da base da caixa externa do espectrofotômetro. Na tampa do espectrofotômetro alternativo foi colada uma tampa de polietileno de um pote pequeno de acrílico de diâmetro de 20 mm que foi colado na base. Nestes últimos foram abertos orifícios de 1,5mm para adaptar um arame de ferro galvanizado que serviu de suporte para adaptar o fragmento de CD e o cursor do sistema de seleção de comprimentos de onda;

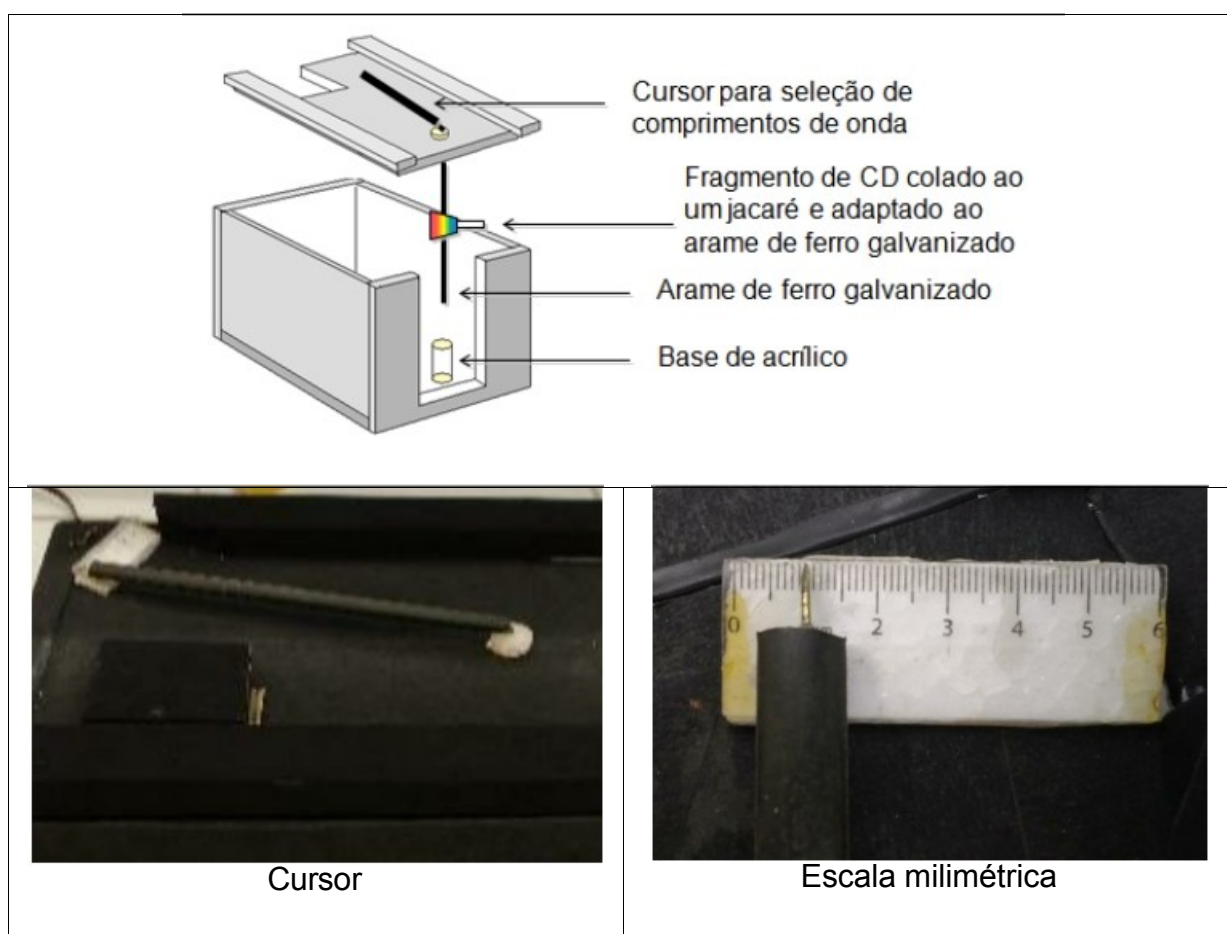
2º Passo: montagem da caixa externa do equipamento;

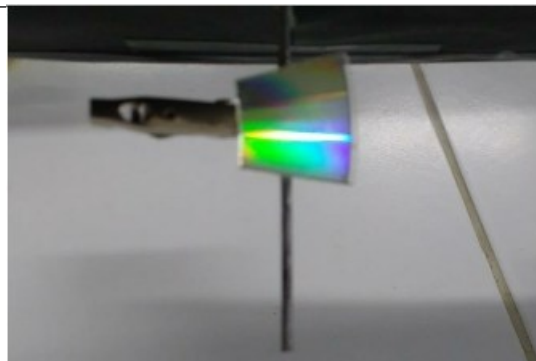
3º Passo: montagem da caixa interna que suporta o fototransistor e as lâminas de estilete da fenda de saída;

4º Passo: montagem da caixa interna de suporte da fonte de radiação, da lupa de relojoeiro e das lâminas de estilete que formam a fenda de entrada;

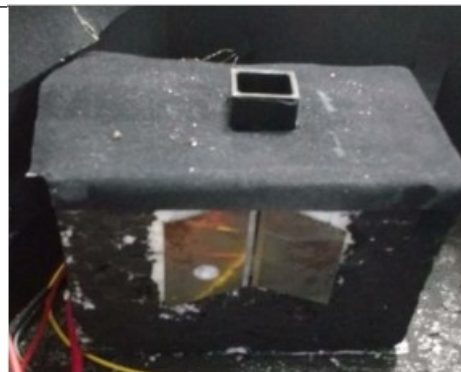
5º Passo: montagem do suporte do fragmento de CD sobre um arame de ferro galvanizado adaptado ao cursor para seleção de comprimentos de onda. O fragmento de CD foi colado em uma garra do tipo jacaré que por sua vez foi colada ao arame de ferro galvanizado utilizando-se cola Araldite® hobby.

Figura 8. Detalhes do sistema mecânico utilizado para a seleção do comprimento de onda utilizado nas análises.





Fragmento de CD colado ao arame de ferro galvanizado por meio de um jacaré.



Compartimento de saída da radiação para entrada no compartimento da amostra (duas lâminas de estilete)

A Figura 8 apresenta todo o esquema mecânico utilizado para movimentar a rede de difração (fragmento de CD) e selecionar a região espectral (seleção dos comprimentos de onda) com o auxílio do cursor adaptado sobre a tampa do espectrofotômetro. Quando se movimentava o cursor sobre a régua milimetrada, se movimentava também a rede de difração. Ao se deslocar o cursor, o CD gira e desloca o espectro obtido sobre a fenda de saída, direcionando o comprimento de onda selecionado para o compartimento da cubeta onde se localiza a amostra.

2ª Etapa: Aplicação do espectrofotômetro com os alunos

Nesta etapa houve a elaboração de uma aula prática de nível médio explorando a espectrofotometria. Para tanto, de modo a trabalhar a temática foi realizado o preparo e análise de soluções para desenvolver a linguagem científica de forma interdisciplinar. E, por fim, a avaliação dos resultados da metodologia de ensino utilizada de modo a propor melhorias, caso necessário.

Foram necessárias 6 (seis) aulas para aplicação das práxis, contendo 30 (trinta) minutos cada aula. Para tal, foram aplicadas duas aulas com o conteúdo de soluções, concentração e cálculo da absorvância através da transmitância, e quatro aulas para a análise experimental. A descrição das aulas encontra-se elencada:

2 AULAS: Introdução Teórica

Inicialmente, foi realizada uma aula expositiva dialogada abordando o conteúdo de Soluções, necessário para o entendimento do experimento a ser

desenvolvido. O espaço para abordagem do tema foi, inicialmente, a sala de aula com a utilização dos recursos, quadro e data show, de modo que fosse possível repassar os conceitos sem que houvesse dispersão. Vale salientar que este conteúdo já havia sido ministrado anteriormente, mas houve a necessidade de realizar uma revisão, pois alguns alunos afirmaram não recordar dos conceitos trabalhados.

2 AULAS: Preparo de soluções

Após a aula teórica, deu-se início a parte prática. O objetivo dessa prática era fazer com que os alunos preparassem soluções de modo a explorar o que havia sido discutido nas aulas anteriores. Para isso, os alunos preparam as soluções utilizando diferentes concentrações de corantes artificiais.

A princípio, dividiu-se as turmas em 9 grupos, de 4 a 5 pessoas por grupo. Em seguida, foi entregue aos grupos um roteiro (Apêndice C) que continha uma breve introdução, os materiais necessários para a realização da prática e o procedimento de preparo das soluções com os cálculos de absorvância.

Para o desenvolvimento da atividade, após os conceitos abordados, os discentes foram colocados para realizar as soluções a serem analisadas.

- Preparo das soluções

Inicialmente, cada grupo ficou responsável por um tipo de solução a ser preparada com cor e concentração específica.

Com a micropipeta foram selecionadas, para cada grupo, volumes de 20 μL ; 40 μL ; 60 μL ; 80 μL e 100 μL dos corantes (Azul Anis, Pink, Amarelo Damasco e Verde Folh) respectivamente, e adicionados em balões volumétricos de 100mL volume restante completado com água destilada.

Seguinte este procedimento, as soluções podem ser analisadas.

2 AULAS: Trabalhando a espectrofotometria

Por fim, realizou-se a análise comparativa dos resultados obtidos para cada solução com a concentração esperada no intuito de avaliar a aprendizagem dos

alunos. Este momento foi dividido em dois procedimentos: análise espectrofotométrica e construção de gráficos no excel.

- Análise espectrofotométrica

Cada solução obtinha uma absorção em comprimentos de onda e escala de cursor específico, com isso foi preciso seguir os passos descritos;

- Colocar o valor em (mm) na escala do aparelho o qual representa a (absorção) específica em (nm)
- Preencher o tubo com água destilada, inserir no espectrofotômetro e observar o valor no multímetro, anotar.
- Descartar a água no béquer
- Preencher o tubo com a solução específica inserir no espectrofotômetro e observar o valor no multímetro, anotar.
- Descartar a solução no béquer

O procedimento foi repetido para as demais soluções.

- Planilha Excel

Com os resultados das análises, foi feito a construção dos gráficos da absorbância em relação à concentração dos corantes (Azul Anis, Pink, Amarelo Damasco e Verde Folha).

A seguir serão apresentados os resultados obtidos da calibração do espectrofotômetro e sua aplicação em aulas de Química experimental de nível médio.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Calibração do instrumento para utilização nas análises

A seguir serão apresentados os resultados obtidos da calibração do Espectrofotômetro Alternativo (EA). Foi utilizado um espectrofotômetro comercial (EC) para calibração da escala milimétrica de seleção de comprimentos de onda do EA e para comparação de resultados de análises. Para tal, soluções padrão de cores distintas (Azul Anis, Pink, Amarelo Damasco e Verde Folha) com cinco concentrações diferentes (20 μ L, 40 μ L, 60 μ L, 80 μ L e 100 μ L) por 100mL foram preparadas.

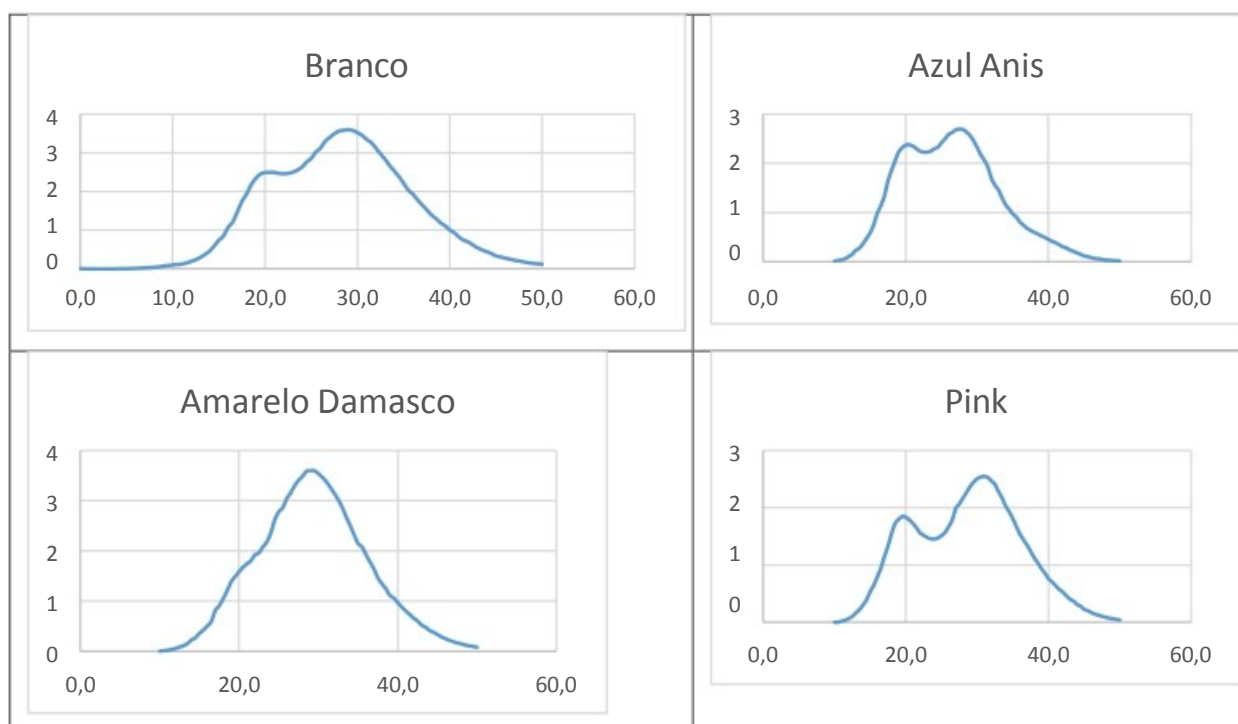
A calibração envolveu a correlação entre o deslocamento milimétrico do espectro eletromagnético do EA com a escala nanométrica do espectro eletromagnético fornecida pelo espectrofotômetro comercial. Também foram realizados testes de linearidade para avaliar a obediência à lei de Beer.

5.2. Calibração da Escala milimétrica do Espectrofotômetro Alternativo:

Inicialmente foi registrado o espectro do LED branco em termos de tensão (V) em função do deslocamento do cursor em milímetros para avaliarmos a extensão do deslocamento do cursor e, portanto, uma avaliação aproximada da possível precisão do EA. Como pode ser verificado na Figura 9, para o registro do sinal do Branco (água na cubeta), o sinal espectral começa a apresentar resposta no detector a partir de 10 mm de deslocamento do cursor com retorno ao zero após 50 mm. Desta forma, o espectro registrado para o EA apresenta uma extensão de 40 mm. Considerando-se que o espectro emitido pelo LED Branco se inicia em 400nm e finaliza em 750nm, numa extensão de 350nm, pode-se esperar uma variação de 350nm/40 mm, aproximadamente, ou seja, 9nm/mm. Como a precisão na medida na escala milimétrica é de 0,5mm, a precisão no registro dos comprimentos de onda deve ficar em torno de 5nm.

Para confirmar estas hipóteses, foi preciso relacionar o deslocamento milimétrico da escala do EA com a escala nanométrica do espectrofotômetro comercial. Para tanto, os espectros dos corantes foram registrados e os picos de absorção foram registrados em ambos os equipamentos.

Figura 9. Espectros do LED branco e dos corantes utilizados para a calibração da escala do espectrofotômetro alternativo. Sinais puros de tensão (V) *versus* deslocamento do cursor (mm). Médias de três medidas.



O EA gerou um espectro de absorvância em função do deslocamento em milímetros de sua escala. O Comercial gerou um espectro de Absorvância em função do comprimento de ondas em nanômetros. A Figura 9 apresenta os espectros registrados no espectrofotômetro alternativo onde se constrói um gráfico de sinal (V) *versus* deslocamento do cursor (mm). Os dados puros foram convertidos em gráficos de absorvância utilizando-se a equação 3. A Figura 10 apresenta os registros dos espectros no EC e no EA. Comparando-se os espectros foi possível correlacionar a escala milimétrica (EA) com a escala nanométrica (EC) e desta forma calibrar a escala do EA em escala nanométrica de comprimentos de onda (Figura 11).

Com estes dados foi realizada uma calibração pelo método dos mínimos quadrados que resultou no seguinte modelo matemático:

$$\lambda \text{ (nm)} = 9,4 \cdot d \text{ (mm)} + 289,5$$

Equação 4

Figura 10. Espectros de Absorção obtidos pelo EA (esquerda) e pelo EC (direita). Média de duas medidas. De cima para baixo, corantes azul anís, amarelo damasco, verde folha e pink.

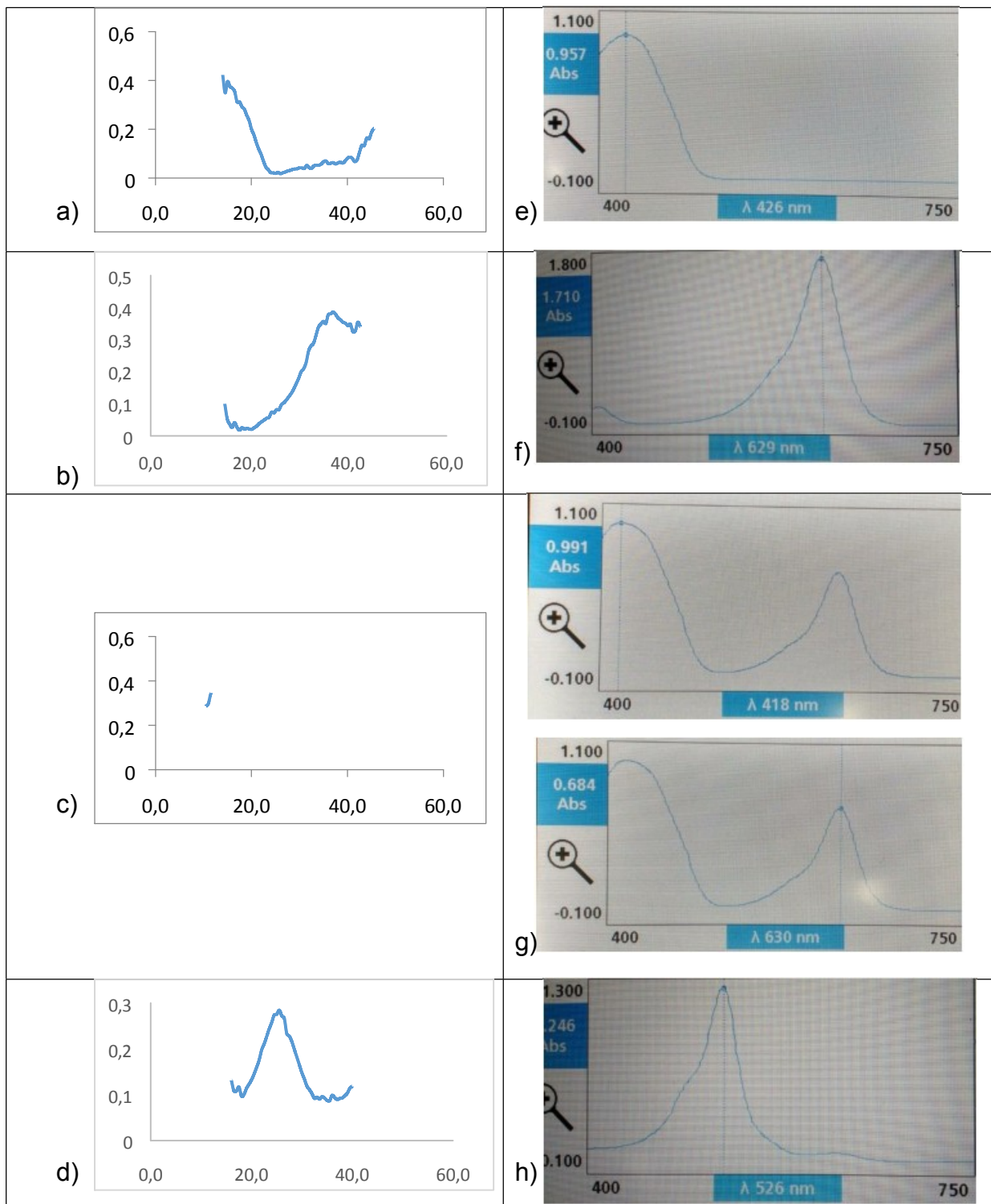
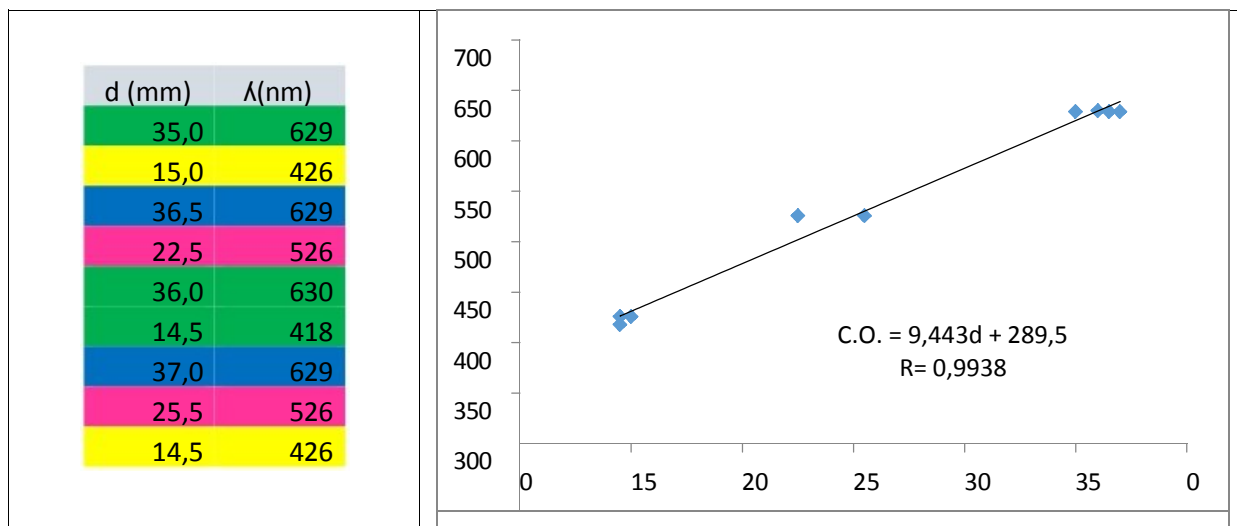


Figura 11. Tabela e gráfico obtidos para a correlação entre deslocamentos do cursor (d , mm) obtidos no EA *versus* comprimentos de onda (λ , nm) obtidos no EC para os picos de absorção observados para os corantes.

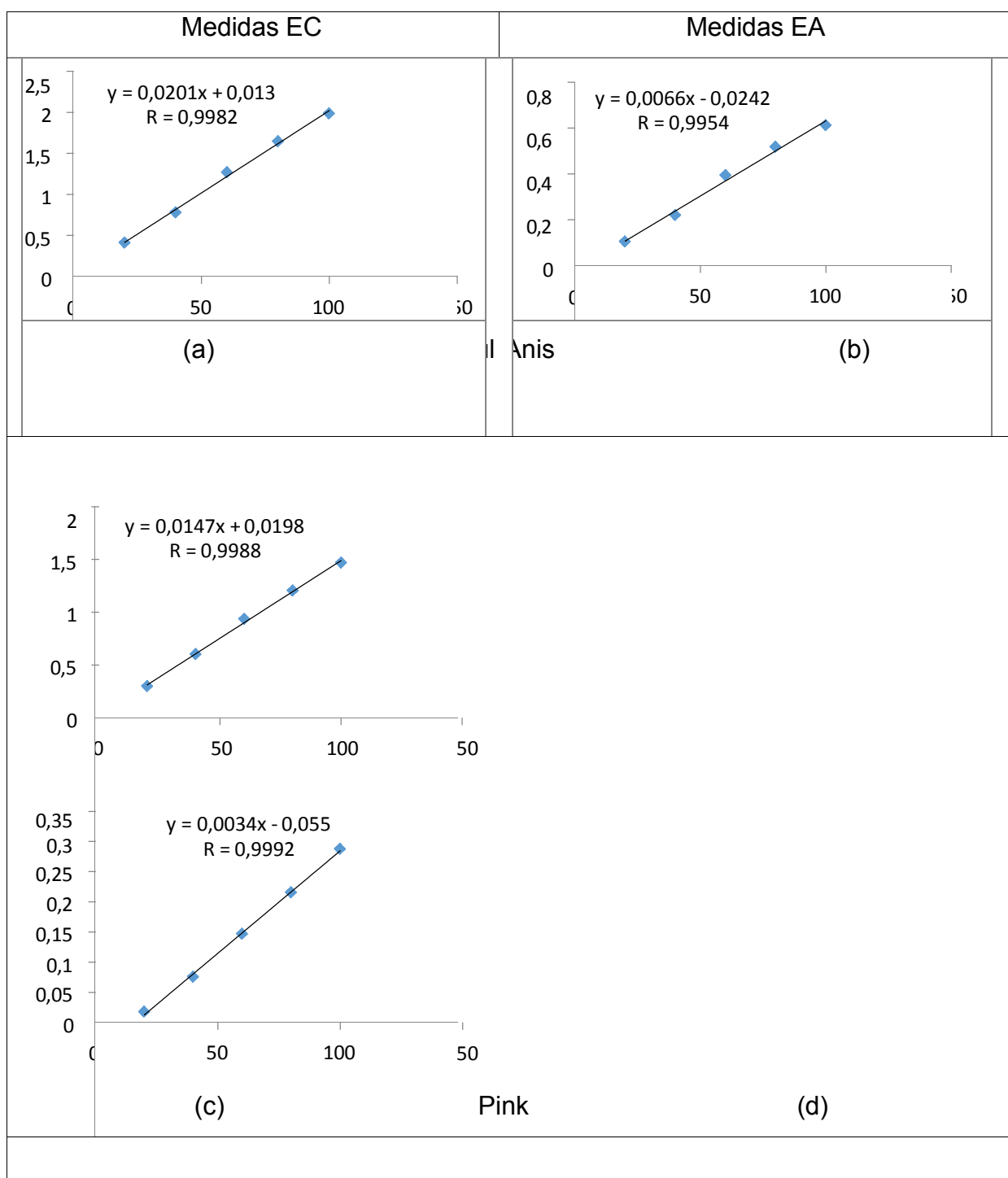


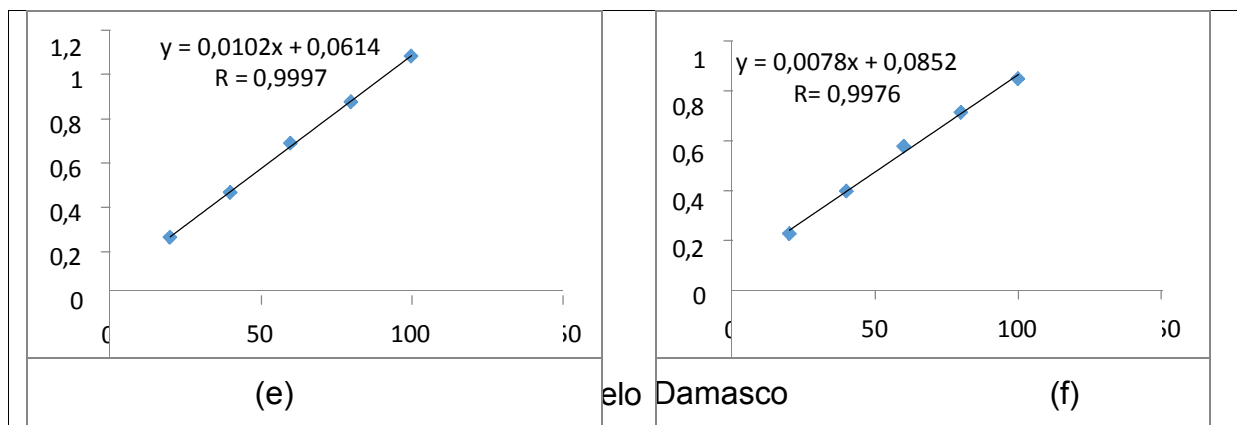
O coeficiente de correlação linear para estes dados foi $R = 0,994$ indicando uma boa correlação linear entre os dois parâmetros o que significa que, deslocando-se linearmente o cursor, houve um deslocamento proporcional no comprimento de onda, o que permite confiabilidade de escala. Observe-se que as previsões iniciais para a precisão da escala se confirmam com estas medidas. Segundo o modelo, uma variação de 1 mm na escala do EA equivale a um deslocamento de 9,4nm do espectro eletromagnético e, como a precisão da escala do EA é de 0,5mm, uma precisão de 5nm no comprimento de onda é possível.

Após a calibração da escala do instrumento alternativo, foram realizados testes de linearidade de resposta com relação à Lei de Beer, ou seja, uma avaliação de linearidade de respostas de absorbâncias *versus* concentração. A Figura 12 apresenta os resultados das curvas analíticas obtidas.

Para o corante Azul Anis, Figura 12(a), pode-se observar a linearidade de resposta de concentrações *versus* absorbância das soluções do corante, analisado no espectrofotômetro comercial no comprimento de onda igual a 629 nm, equivalente ao início da região vermelha do espectro. Pode-se observar uma boa correlação linear indicando obediência à lei de Beer. O modelo matemático obtido como $A = 0,0201.C + 0,013$ apresentou um coeficiente de correlação linear R de 0,998.

Figura 12. Curvas analíticas obtidas no EC e no EA para avaliação da Lei de Beer.





Para o EA, Fig. 12 (b) pode-se observar o mesmo comportamento, na posição de escala de 36mm, que equivale ao comprimento de onda de 628 nm determinado através da equação 3. O coeficiente de correlação linear de 0,995 indica uma correlação linear equivalente à obtida pelo EC.

A linearidade das soluções de corante Pink apresentadas por ambos os equipamentos é apresentada na Figura 12 (c) e (d). O corante que foi analisado no EC no comprimento de onda 526 nm também foi analisado em 25,0mm no EA o que equivale ao comprimento de onda de 524nm segundo a equação 3. Os resultados apontam o mesmo comportamento indicando que a lei de Beer é obedecida também nesta faixa espectral, região verde do espectro. Em ambos os casos os coeficientes de correlação linear ficaram em torno de 0,999, resultado muito bom. O mesmo comportamento pode ser verificado para as soluções da Figura 12 (e; f) que absorvem na região espectral azul.

Não foram construídas curvas analíticas para o corante verde folha, pois o mesmo era uma mistura dos corantes azul anis e amarelo damasco, já analisados anteriormente. O comprimento de onda para sua análise era 630nm e a escala milimétrica apresentada no espectrofotômetro alternativo era 36 mm.

De acordo com os dados anteriores é possível observar que os valores assumidos pelas absorbâncias crescem linearmente com a concentração das soluções, como descreve a lei de Lambert-Beer. De acordo com esse mesmo princípio, foi possível observar graficamente a relação linear entre a absorbância, A , e a concentração C , nas soluções de coloração (azul, pink e amarelo). É interessante afirmar que o caminho óptico devido à cubeta manteve-se constante em 1 cm, em ambos os instrumentos.

De acordo com estes resultados, o EA pode ser aplicado em práticas experimentais em escolas que não possuem condições de obter o equipamento comercial, visto que este é um equipamento de alto valor. O EA se mostrou adequado apresentando resultados similares ao EC.

5.3. Aula experimental: análise de soluções através do espectrofotômetro

5.3.1. Aulas: Introdução teórica

Atualmente, ensinar o conceito de solução no Ensino Médio, com uma percepção microscópica do processo de dissolução, não tem se apresentado uma prática pedagógica simples e o que se compreende é a utilização dos aspectos quantitativos. Entretanto, considera-se o conceito de soluções aquela que possui a ocorrência de interações entre partículas (moléculas ou íons) do soluto com as do solvente (CARMO E MARCONDES, 2008).

Segundo Niezer:

Entende-se que para se obter uma condição favorável ao aprendizado, é preciso estabelecer um diálogo real, caracterizando os conhecimentos prévios dos alunos e suas ansiedades em relação ao tema a ser estudado (2012, pag.71)

Sendo assim, foi levantado um debate sobre as principais dúvidas dos alunos em relação ao conceito apresentado que, logo, teve questionamentos frequentes sobre o conteúdo. Apesar do assunto já ter sido apresentado, houve dificuldades em definir termos relacionados à solução, a exemplo, "concentração". Alguns relataram ter dificuldades em conciliar o cálculo com a descrição da mistura estudada. Com

base nisso, para sondagem dos conhecimentos prévios, quatro questões foram elaboradas de modo que o nível de conhecimento sobre o conteúdo abordado fosse avaliado e os conceitos estudados reforçados. Dentre as quatro questões, destaca-se a que indagava “O que seria soluções e considerando o conceito de soluções, vocês poderiam citar exemplos de soluções que encontramos no dia-a-dia. Entre as respostas destacaram-se algumas:

Discente A: “*solução é quando vejo só uma fase*”

Discente B: “*o suco, café é uma solução, pois é uma mistura de substâncias solúveis* “

Discente C: “*uma mistura que só consigo ver a parte líquida*”

É perceptível que apesar do aluno usar o termo “mistura”, não demonstra conhecimento químico sobre o conteúdo. Diante dessa premissa, o ensino experimental tem sido utilizado como uma estratégia efetiva para estimular a aprendizagem no ensino de química.

5.3.2. Aulas: Preparo de Soluções

Nesta etapa, foi possível constatar por meio de práticas com preparo de soluções, a importância do meio experimental como complemento para uma aprendizagem significativa.

Bizzo (1998) afirma que a atividade prática, na Ciência, é de suma importância e deve proporcionar aos estudantes o despertar da curiosidade sobre um fator desconhecido, fazendo-o buscar explicações, direcionando o discente a uma postura crítica capaz de desenvolver respostas fundamentadas.

Para a realização da atividade, os alunos foram separados em grupos de no máximo cinco (5) pessoas, onde cada discente ficaria responsável por uma parte do preparo, desde a medição de volume a aferição do solvente no balão volumétrico, de uma forma que houvesse participação de todos. Este momento necessitou-se do diálogo, de modo a tirar as dúvidas ainda existentes sobre como manusear a pipeta graduada, volumétrica e a micropipeta que, para alguns discentes, este seria o primeiro contato com o instrumento volumétrico. Um fato curioso desta etapa foi à

ansiedade por parte dos alunos com a observação dos colegas que iriam passar pelo mesmo procedimento de aprender a fazer a medição de forma correta.

Skoog (2016) afirma que as micropipetas portáteis Eppendorf dispensam volumes ajustáveis de líquidos na faixa de microlitros, e que as pipetas permitem a transferência de volumes exatamente conhecidos de um recipiente para outro.

Sendo assim, é importante informar que o preparo de soluções é um procedimento que exige a utilização de diversos instrumentos laboratoriais. No caso específico da prática realizada, os alunos tiveram contato com micropipetas volumétricas que transferem quantidades micrométricas e necessitam de treinamento para manuseio e transferência adequada dos volumes de corantes. Também o uso de balões volumétricos que exigem a aferição adequada dos volumes de solvente adicionados aos mesmos e, qualquer descuido pode levar a erros graves na análise.

Carmo e Marcondes afirmam:

A reorganização conceitual não se trata de uma mudança de concepções, mas sim de um processo gradual que envolve um esforço próprio do aluno, refletindo a respeito de suas ideias e as articulando, ampliando-as, quando envolvido em interações com o professor e os colegas. (2008, pag.39)

Isto significa que os alunos estariam atentos, interessados, e com a ajuda do professor e interação com os colegas, passa a desenvolver o procedimento analítico de forma adequada.

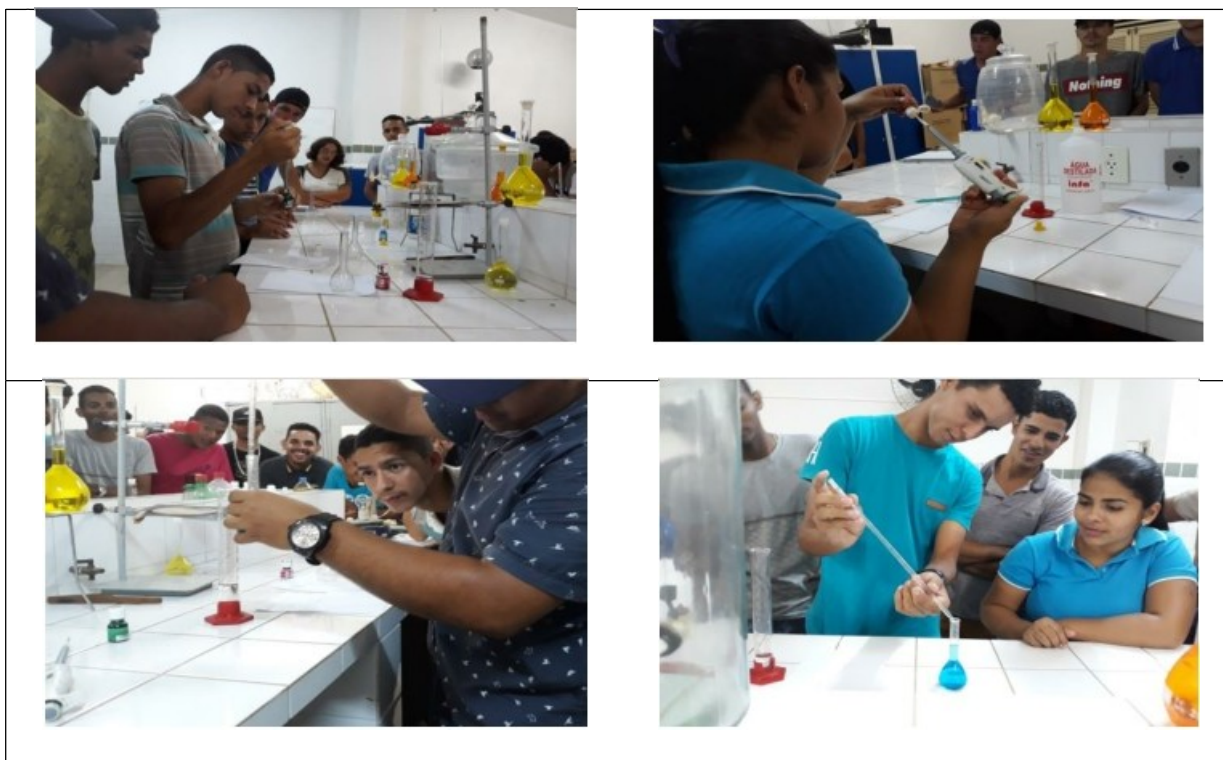
De acordo com Amaral (1996), cabe ao professor encontrar atividades que limitam a demonstrar aos alunos, fenômenos químicos com a finalidade de incentivá-los de modo que envolva a participação direta, e buscar alternativas para desenvolver as habilidades e competências dos mesmos. A Química é uma ciência que apresenta essa essência que proporciona ao aluno uma compreensão mais clara e científica das transformações ocorridas quando demonstradas por meio da experimentação.

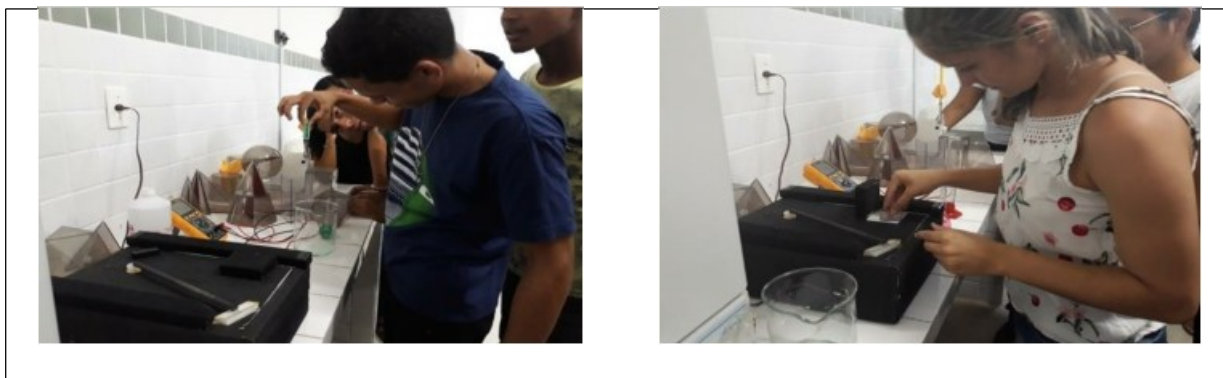
Em concordância com o pensamento do autor, houve um envolvimento por parte dos alunos, a curiosidade, o despertar pela química, o buscar aprender o preparo da solução. Esta etapa, todos, sem exceção, quisera participar e se envolveram diretamente com a prática experimental. Fizeram anotações,

observaram os colegas, questionaram, e tiveram todo o cuidado analítico que deveria ter para que não houvesse erros na análise final do procedimento. Foi um momento rico em novos conhecimentos, manusear a micropipeta e fazer uma análise no espectrofotômetro, foram “novidades” que serviram como suporte para o incentivo e melhor aprendizagem.

A Figura 13 apresenta momentos de alunos realizando as atividades laboratoriais (Demais imagens, ver apêndice A).

Figura 13. Alunos realizando atividades experimentais com o instrumento desenvolvido.





5.3.3. Aulas: Trabalhando a espectrofotometria

Esta etapa consiste nas aplicações de atividades voltadas para a espectrofotometria em turmas de nível médio. Com utilização de uma didática diferenciada, o objetivo é fazer com que o aluno consiga perceber na prática que os fenômenos da interação da radiação eletromagnética com a matéria podem ser utilizados para realizar análises químicas e, dessa forma, correlacionar a concentração de espécies em estudo com a intensidade de absorção de radiação de comprimento de onda específico. Sendo assim, possível trabalhar outras unidades já estudadas, a exemplo, concentração de solução. Segundo Oliveira e Leite:

[...] o ensino da espectrofotometria no ensino médio pode, além de levar a experimentação às salas de aula, estimular o interesse dos estudantes pela química. O estudo desse tema também pode mostrar a utilização prática dos princípios de interação da luz com a matéria. (2016, pag.181)

Com base nisso, após todos os grupos terem em mãos a solução problema de corantes com concentrações determinadas, foi iniciada a realização das medidas de absorbância e diferentes comprimentos de onda, com os dados do voltímetro foi possível fazer uma análise mais precisa.

Na mesma direção, seguindo o pensamento de CAPELLETO (1992), sobre métodos que substituam os equipamentos de alto custo, utilizar o espectrofotômetro alternativo como uma ferramenta no ensino da Química foi uma das formas de abordar o conteúdo trabalhado de maneira simples e de fácil assimilação para os alunos, principalmente, sobre o funcionamento do espectrofotômetro, preparação de soluções e análises, de forma a atender as necessidades básicas sem necessariamente precisar de equipamentos sofisticados para a realização das aulas práticas.

A princípio houveram muitos questionamentos por parte dos alunos, pois esse seria o primeiro contato com o instrumento. Este momento foi gravado em vídeo e, a partir deste, foram transcritas algumas falas dos discentes:

“Para que serve o espectrofotômetro?”

“Professora, não posso errar na medida da pipeta milimétrica porque o espectrofotômetro mostrara o erro?”

“Para que serve essa cubeta preta, já que colocamos a solução na transparente?”

“Como faço para analisar minha solução no espectrofotômetro?”

Guimarães (2009) enfatiza que a experimentação é utilizada como uma estratégia para a construção de situações problemas que permitam a contextualização e, conseqüentemente, o estímulo a investigação com base em questionamentos.

As indagações mostram a falta de conhecimento específico sobre o espectrofotômetro e como poderiam ser realizadas as análises das soluções, mesmo que tenham visto algumas definições antes da aula experimental. Um exemplo observado é que o aluno usa o termo pipeta milimétrica quando na realidade o termo é micropipeta. Isto demonstra a dificuldade de assimilação de conteúdos de Química apresentados apenas de forma teórica. Sendo perceptível que existe uma distância grande entre realizar um experimento e falar sobre ele. Mas ao desenvolvimento das análises foram fazendo descobertas e associações que levaram a uma compreensão e entendimento do conteúdo abordado.

Nesse sentido, de acordo com MELO (2010), a utilização deste equipamento alternativo como meio para aulas laboratoriais se torna indispensável para a compreensão dos conceitos apresentados em sala de aula reproduzida experimentalmente.

Anotações foram feitas e, através dos valores vistos no voltímetro das amostras em estudo, os alunos com o auxílio de uma tabela de transmitância, encontraram a absorvância da solução específica para assim colocar os dados numa planilha eletrônica.

Os gráficos apresentados a seguir foram elaborados a partir das medidas realizadas pelos alunos.

O gráfico abaixo mostra resultados avaliados de acordo com a correlação linear. O coeficiente linear apresentou valor de $R=0,846$. Os alunos foram questionados sobre as possibilidades dos erros experimentais que tornaram as medidas um pouco distante de um comportamento linear. Eles observaram possibilidades de erros na bancada como, por exemplo: dificuldades no preparo das soluções, especificamente no uso da micropipeta, transferência adequada do corante da micropipeta para o balão volumétrico e aferição adequada dos balões volumétricos. Sendo percebidas estas possíveis falhas, sabendo que no sistema de ensino no método investigativo o erro é o elemento diagnostico dentro do processo, os alunos repetiram as medidas com maior cuidado, minimizando os erros experimentais. Isto pode ser mais bem observado no gráfico da Figura 15 onde o coeficiente de correlação se encontra mais próximos da unidade.

Figura 14. Curva analítica da solução do corante amarelo damasco no início das aulas práticas.

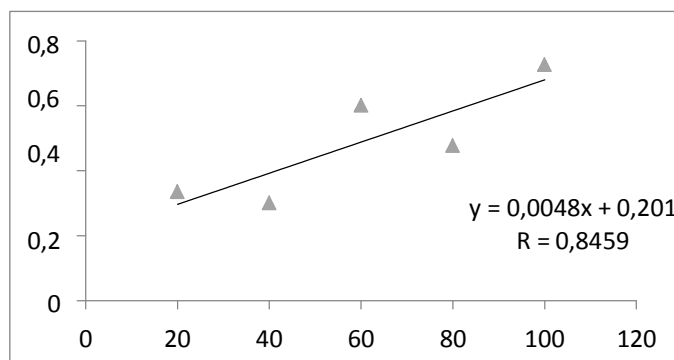
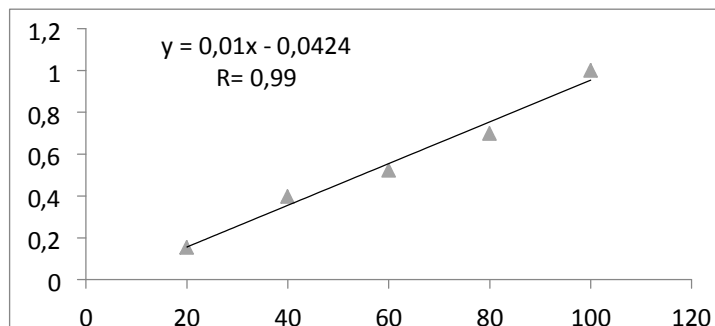
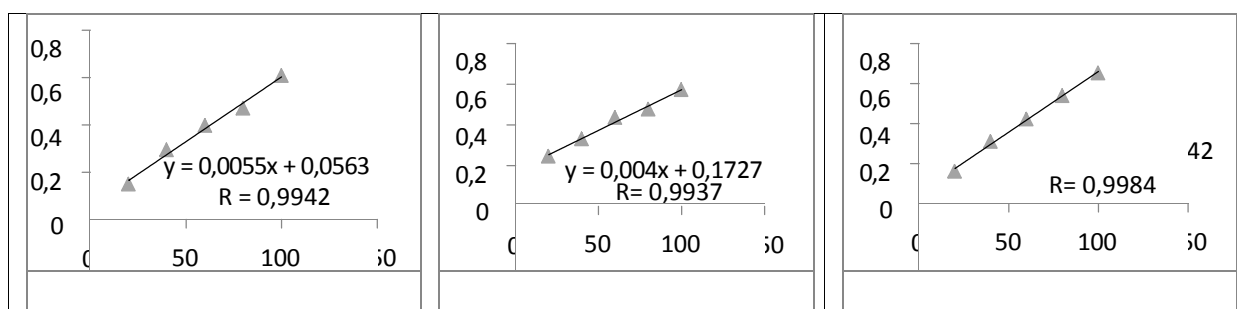


Figura 15. Curva analítica da solução do corante amarelo damasco após as correções de procedimentos experimentais.



A Figura 16 apresenta os resultados obtidos para outras soluções preparados por outros grupos de alunos.

Figura 16. Curvas analíticas construídas a partir das análises realizadas pelos alunos. Da esquerda para a direita, soluções de corantes pink, azul e verde.



Como pode ser observado dos gráficos da Figura 16, todas as soluções preparadas pelos alunos produziram curvas analíticas com características lineares atestadas por um coeficiente de correlação linear próximo da unidade.

Com base nos resultados obtidos, seguindo nessa perspectiva, para qualificar o aprendizado dos discentes a teoria clara do conteúdo trabalhado, utilizando um planejamento de ensino, torna o processo de ensino-aprendizagem relevante (LUCKESI, 2011)

Este procedimento de avaliação do aprendizado é extremamente valioso, pois é possível fazer com que os alunos aprendam sobre soluções e suas importâncias para a química e realização de análises. Conceitos como soluto, solvente, soluções,

processo analítico são assimilados sem a necessidade de decorar. Também, fica claro para os discentes que a química depende de outras áreas do conhecimento como a eletrônica e a física para conseguir se desenvolver.

6. Considerações Finais

Um espectrofotômetro alternativo foi construído usando como fonte de luz um LED branco, como detector um fototransistor e como rede de difração um fragmento de mídia digital (CD). O instrumento foi utilizado para desenvolver conceitos de química experimental relativos ao preparo de soluções e análises químicas espectrofotométricas. A proposta didática utilizada permitiu a aproximação dos alunos com a química experimental e permitiu que os mesmos desenvolvessem um procedimento experimental que permitiu elaborar questionamentos sobre o método científico e refletir sobre a importância da Química. Durante as aulas os alunos se mostraram dedicados, motivados e curiosos sobre suas atividades. Gráficos realizados em uma planilha eletrônica indicavam aos mesmos os resultados obtidos e através destes gráficos os alunos podiam avaliar falhas em seus procedimentos o que lhes permitiam questionar e tentar melhorá-los.

Neste sentido, pode-se afirmar que a proposta de uso de um espectrofotômetro alternativo em aulas experimentais de Química alcançou o objetivo maior de aproximar os alunos da Química, ciência normalmente considerada difícil e pouco prazerosa por grande parte dos discentes.

7. Perspectivas

Utilizar o método espectrofotômetro para análise de proteínas totais em alimentos, com abordagem interdisciplinar e contextualizada do conteúdo de Química para os alunos do 3º ano do ensino médio.

Abordar de forma interdisciplinar conceitos de matemática usados no contexto da Química. Exemplo, de trigonometria, distância entre dois pontos, relações métricas num triângulo retângulo, entre outras.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. **Trabalhos práticos de química**. São Paulo, 1996

BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil**. Ed. Ática, São Paulo, SP, 1998.144p.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Meio ambiente e saúde**. Brasília: SEF/MEC, 2002.

CAPELETTO, A. **Biologia e Educação ambiental: Roteiros de trabalho**. São Paulo: Editora Ática, 1992.

CARMO, M. P; MARCONDES, M. E. R. **Abordando Soluções em Sala de Aula – uma Experiência de Ensino a partir das Ideias dos Alunos**. QUÍMICA NOVA NA ESCOLA. N° 28. 2008.

DE SOUSA, A. B. **A Resolução de Problemas como estratégia didática para o ensino da matemática**, Universidade Católica de Brasília, 2005.

FERREIRA, A. P.; DI PACE, R. C. S.; FIGUEIRÊDO, A. M. T. A. **Xadrez químico: o uso da ludicidade como ferramenta facilitadora do processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Química**, CNEA, 2017.

Fundamentos da Espectrofotometria. Texto obtido no endereço: <http://www.ufjf.br/quimica/files/2016/08/Espectrometria-UV-vis.pdf> acessado dia 15/01/2019.

GAMA, F. D. A. **Experimentação contextualizada como Estratégia didática para o ensino de química**. Trabalho de conclusão de curso (TCC em Química) – UFF. Rio de Janeiro, p. 16, 2016.

GALIAZZI, M. C. et al. **Objetivos das Atividades Experimentais no Ensino Médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências**. Ciência & Educação, v.7, n.2, 2001.

GRECA, Ileana Maria. **Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de ciências: algumas questões para refletir**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Vol.2, n°1, p.73-82, 2002.

GIORDAN, M. **O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. Química Nova na Escola**, 1999.

Guimarães, C. C. (2009). **Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa**. Química Nova na Escola.

GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. S. **Fourth generation evaluation**. London: Sage, 1989.

KASVI. Espectrofotometria: Análise da concentração de soluções. Disponível em: [<https://kasvi.com.br/espectrofotometria-analise-concentracao-solucoes/>](https://kasvi.com.br/espectrofotometria-analise-concentracao-solucoes/). Acessado 08/12/2018.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da Aprendizagem** – Componente do ato pedagógico. CORTEZ Editora, 2011

MERÇON, F. **A experimentação no ensino de Química**. IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2003.

MELLO, J. F. R. **Desenvolvimento de atividades práticas experimentais no ensino de biologia: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

NIEZER, T. M. **Ensino de soluções químicas por meio da abordagem Ciência-TecnologiaSociedade (CTS)**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. 2012.

OLIVEIRA, Maria Marley de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 2ª edição. Petrópolis, RJ: Vozes 2008.

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Disponível em: [<https://www.pucsp.br/webduino/experimentos/espectrofotometro-remoto-automatizado/faca-voce-mesmo.html>](https://www.pucsp.br/webduino/experimentos/espectrofotometro-remoto-automatizado/faca-voce-mesmo.html) Acessado: 20/12/2018

PINO, A. **O social e o cultural na obra de Vigotski**. Educação e Sociedade, São Paulo, v. 21, n. 71, p. 45-78, 2000.

SÁ, Helena Cristina Aragão de & SILVA, Roberto Ribeiro da. **Contextualização e interdisciplinaridade: concepções de professores no ensino de gases**.

Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0621-1.pdf>>. Acesso em: 21 de outubro de 2018.

SCHNETZLER, R. P. **A pesquisa no ensino de química e a importância da química nova na escola**, n. 20, 2004.

STRACK, R.; MARQUES, M, PINO, J. C. D. **Por um outro percurso da construção do saber em educação em química**, v. 31, n. 1, 2009.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Função Social: o que significa ensino de química para formar cidadão?** Química Nova na Escola, n.4, nov. 1996.

SILVA, V. G. **A importância da experimentação no ensino de química e ciências**. Trabalho de conclusão de curso (TCC em Química) – UNESP. Bauru, p. 12, 2016.

SILVA, R.; PIRES, M. J. R.; AZEVEDO, C. M. N.; FERRARO, C. S.; THOMAS, E. **Kit Experimental para Análise de CO₂ Visando à Inclusão de Deficientes Visuais**. Química Nova na Escola, Vol. 37, N° 1, p. 4-10, Fev. 2015.

VYGOTSKY, L. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

XAVIER Jr. A. L, **da Agência Espacial Brasileira**. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n2p621>>. Acesso em: 21/12/2018.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L. S.; BEJARANO, N. R. R. **Cotidiano e contextualização no ensino de química**, v. 35, n. 2, 2013.

APÊNDICE A- Imagens das aulas experimentais

Adição do corante no balão volumetrico

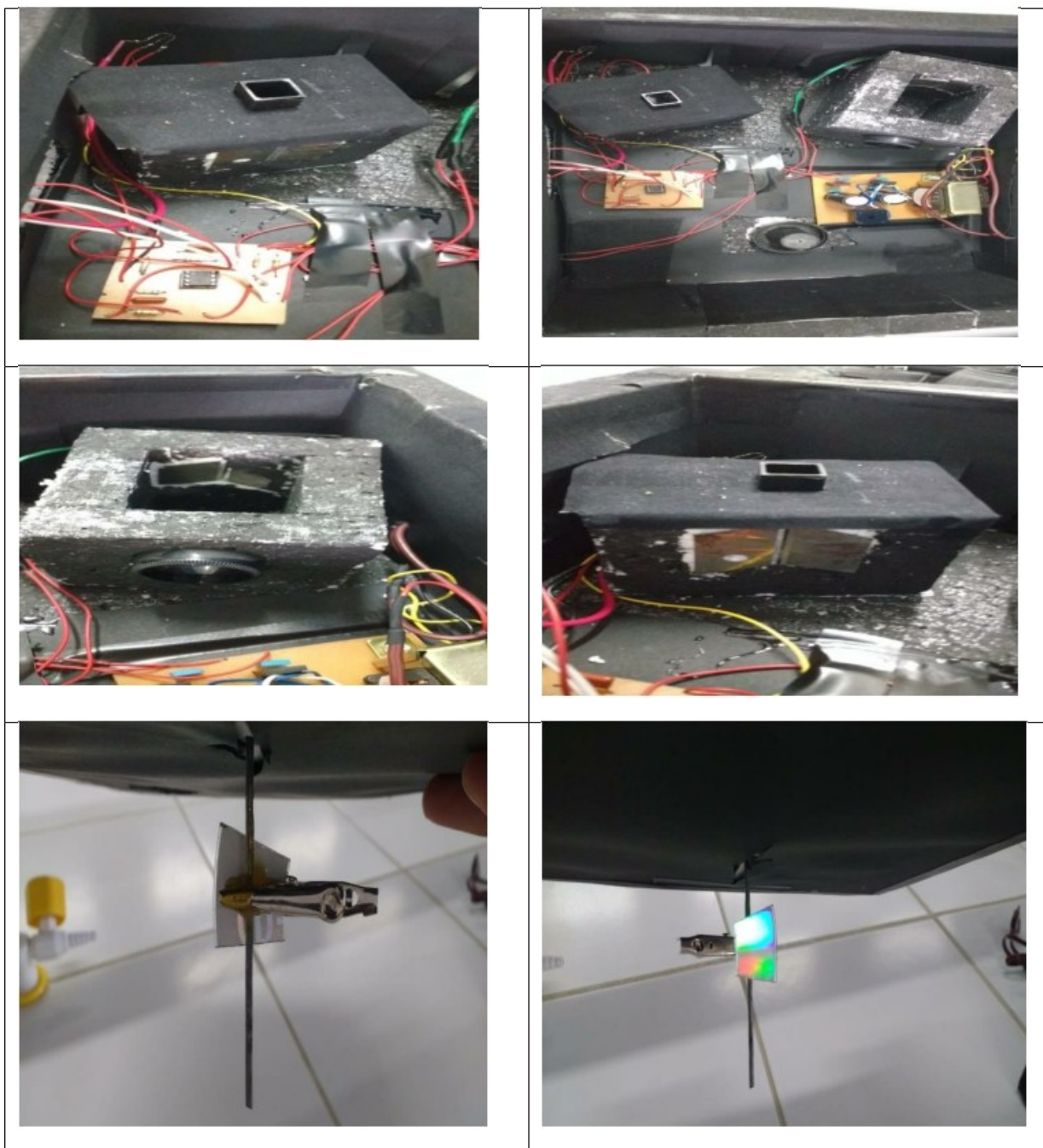
**Fonte do Autor, 2018**

Preparo da solução azul

**Fonte do Autor, 2018**

Explicação teorica de como analisar as soluções

**Fonte do Autor, 2018**

APÊNDICE B- imagens do Espectrofotômetro Alternativo

APÊNDICE C- Roteiro experimental**ROTEIRO EXPERIMENTAL****Prof^oa: Adriana Ferreira****Grupo:****PRÁTICA 1: Determinar a concentração de corante presentes na solução por análise espectrofotométrica.**

Uma solução é uma mistura homogênea (tipo de mistura onde não é possível distinguir de forma individual cada um dos seus componentes) de um soluto (substância sendo dissolvida) em um solvente (substância que efetua a dissolução).

A concentração de uma solução deve ser expressa em unidades quantitativas. São usadas as chamadas **unidades de concentração** que são medidas quantitativas da afinidade de soluto que se dissolve.

A quantidade relativa de uma substância é conhecida como concentração e é expressa em diferentes unidades. Existem outras formas de descobrir uma concentração específica de uma solução, a análise espectrofotométrica é uma delas.

A **espectrofotometria** é um método utilizado para medir o quanto uma substância química absorve a luz, medindo a intensidade quando um feixe de luz passa através da solução da amostra. O princípio básico é que cada composto absorve ou transmite luz em certa amplitude de comprimento de onda. Assim, a medida também pode ser usada para quantificar uma substância química conhecida. Portanto, quanto mais concentrada for a solução, maior será a absorção de luz. Por outro lado, a cor da solução é determinada pela cor da luz transmitida.

Análise

Primeira etapa: Preparo de soluções

Segunda etapa: análise no espectrofotômetro

Terceira etapa: resultados na planilha Excel

Materiais necessários para a realização da solução

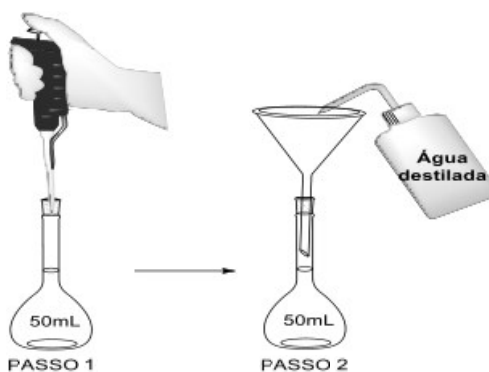
- Béquer
- Balão volumétrico (100mL)
- Pipeta
- Corantes

Procedimentos

1° Procedimento: Preparo de soluções

Preparar as soluções que serão utilizadas no espectrofotômetro: 5 (cinco) soluções estoques serão utilizadas. Adicione respectivamente 20 μL ; 40 μL ; 60 μL ; 80 μL e 100 μL do corante em balões de 100 mL e complete o volume com água destilada.

Solução – Volume (μL)
20
40
60
80
100



ATENÇÃO (Passo 2): Observe a marcação do menisco do balão!
Utilize uma pipeta se for necessário.

2º Procedimento: Análise no espectrofotômetro

A solução será levada para o espectrofotômetro para assim ser analisada.

Um **corante** é toda substância que, se adicionada à outra substância, altera a cor desta. Pode ser uma tintura, pigmento, tinta ou um composto químico. O corante é então utilizado no preparo da solução, pelo fato de que a espectrofotometria é baseada na absortividade de moléculas no espectro visível, ou seja, a solução deve ser colorida para que seja possível a análise espectrofotométrica. Com base nisso, o tubo 1 da curva de calibração denomina-se **BRANCO**, pois o valor do mesmo é descontado dos outros tubos, resultando na absorbância apenas da substância. Portanto, quanto maior a concentração dos corantes, mais forte será a coloração do tubo.

A solução em análise apresenta absorção em (629nm) ou (36mm).

- Colocar (36mm) na escala do aparelho o qual representa a (absorção) específica de (629nm)
- Preencher o tubo com água destilada, inserir no espectrofotômetro e observar o valor no multímetro, anotar.



- Descartar a água no béquer



- Preencher o tubo com a solução específica inserir no espectrofotômetro e observar o valor no multímetro, anotar.



Faça o mesmo procedimento para as 5 concentrações

- Descartar a solução no béquer



3º Procedimento: Construir um gráfico da absorbância em relação à concentração da substância.

Observe a tabela abaixo para achar a absorbância através da transmitância e fazer a comparação com o resultado encontrado:

Trans	A= -log T
0,05	1,30103
0,10	1
0,15	0,823909
0,20	0,69897

0,25	0,60206
0,30	0,522879
0,35	0,455932
0,40	0,39794
0,45	0,346787
0,50	0,30103
0,55	0,259637
0,60	0,221849
0,65	0,187087
0,70	0,154902
0,75	0,124939
0,80	0,09691
0,85	0,070581
0,90	0,045757
0,95	0,022276
1,00	0