

# UMA PROPOSTA SEQUENCIAL DE ATIVIDADES DIDÁTICAS EXPERIMENTAIS EM ÓPTICA PARA ESTUDANTES EM TECNOLOGIAS DE ALIMENTOS

A PROPOSAL OF A SEQUENCE OF DIDACTIC EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN OPTICS FOR STUDENTS IN FOOD TECHNOLOGIES

Andriele Maria Pauli<sup>I</sup> 

Everton Lüdke<sup>II</sup> 

<sup>I</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. Doutoranda do em Educação em Ciências-Química da Vida e Saúde. E-mail: andrielepauli@gmail.com

<sup>II</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. PhD pela University of Manchester. E-mail: evertonludke@gmail.com

**Resumo:** Ao observar a carência de materiais didáticos sobre o ensino de Óptica para a formação científica de Tecnólogos em Alimentos, teve-se a iniciativa de desenvolver um material didático experimental que fosse acessível a professores e alunos em processo de formação científica e profissional. Dito isto, este trabalho tem por objetivo apresentar a avaliação de uma proposta didática de ensino de Física, descrito como Atividade Didática Experimental de Óptica (ADEO), com abordagem dos conceitos relacionados à refratometria e ondas eletromagnéticas no contexto da produção de alimentos. Esta ADEO foi elaborada e implementada pelos próprios autores da pesquisa, em uma turma do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no estado do Rio Grande do Sul. A ADEO é composta de seis experimentos que têm como finalidade o desenvolvimento de competências e habilidades na compreensão dos conteúdos, resolução de problemas e aplicação das propriedades da Óptica em contextos de sua profissão. Dessa forma, com a realização da ADEO verificou-se que esta apresenta grande potencial, quanto ao processo de ensino e aprendizagem, no desenvolvimento de capacidades científicas dos estudantes, uma vez que ela permite a participação ativa dos estudantes e proporciona momentos de aprendizado para ação profissional e desenvolvimento de práticas de trabalho pelos estudantes.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Ensino conceitual em Óptica. Produção de Alimentos. Laboratório de ensino. Material Didático.

**Abstract:** In observing the shortage of didactic material on the teaching of Optics for the scientific training of Food Technologists, a need for initiative to develop experimental didactic material that could be used by teachers and students in the process of scientific and professional formation.



DOI: <https://doi.org/10.31512/vivencias.v15i29.55>

Recebido em: 20.07.2019

Aceito em: 25.09.2019



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Therefore, this work aims to present the evaluation of a didactic proposal of Physics teaching, described as Experimental Didactic Activity of Optics (ADEO), with an approach to concepts related to refractometry and electromagnetic waves in the context of food production. This ADEO was elaborated and implemented by the authors of the research, in a class of the Superior Course of Technology in Food of the Federal University of Santa Maria (UFSM), in the state of Rio Grande do Sul. ADEO is composed of six experiments that have as purpose the development of sufficient skills and abilities in the understanding of content, problem solving and application of Optical properties in contexts of their profession. Thus, with the realization of the ADEO, it was verified that this one presents great potential, as far as the process of teaching and learning, in the development of scientific abilities of the students, since it allows the active participation of the students and provides moments of learning for professional action and development of work practiced by students.

**Keywords:** Physics Teaching. Conceptual teaching of Optics. Food production. Teaching labs.

## 1 Introdução

A indústria de alimentos tem por objeto principal a excelência na produção de alimentos, garantindo a qualidade e a segurança dos seus produtos. Assim, o desenvolvimento de tecnologias para a conservação alimentícia, como técnicas de desidratação, resfriamento, congelamento, pasteurização, esterilização, higienização e a criação de novos produtos e materiais para embalagens, tem por base os princípios científicos que atestam os padrões de qualidade desses produtos, permanecendo a identidade, o valor nutricional e a sabor do alimento.

A integração entre as principais áreas das Ciências (Física, Química, Matemática e Biologia) fornecem os princípios científicos sobre os quais o processo de industrialização de alimentos é desenvolvido e necessita ser ancorado. Assim, compreender a Ciência que está presente nos alimentos é compreender as propriedades e o comportamento que se espera durante todo o processo de industrialização, desde a transformação da matéria-prima (vegetal, animal ou mineral) até o processamento e a comercialização do alimento. Isso envolve, sobretudo, métodos de análise das propriedades dos alimentos, como a medição, aplicação, conservação e melhoramento das características organolépticas (cor, sabor, textura e aroma).

Contudo, compreender todo o processo da produção de alimentos, sua composição nutricional, fatores que interferem no crescimento, desenvolvimento e envelhecimento e, ainda, estudar as reações químicas e as causas prováveis de patologias nas plantas e animais antes e após o manuseio e processamento, tornam-se determinantes tanto para a qualidade e segurança do produto como, também, para a população. Dessa forma, a qualidade profissional reflete diretamente nesse processo, o que exige uma formação em um nível equivalente ou superior às expectativas e exigências do mercado profissional e dos consumidores.

No Curso Superior de Tecnologia de Alimentos, compreender os princípios científicos é o primeiro passo para uma sólida formação e preparação profissional. Dificuldades em aprender e aplicar as Ciências envolvidas no processo de industrialização de alimentos deflete os propósitos descritos no curso supracitado. Assim, voltando o interesse desta pesquisa para os conceitos relativos à Física, a importância de direcionar o processo de ensino para tais necessidades torna-se vital, uma vez que as principais dificuldades de aprendizagem nesta área concentram-se em conceitos avançados e na sua percepção no campo profissional, aonde conceitos físicos relevantes em análise instrumental (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2008) fazem parte da rotina de trabalho em laboratório de ensaios de qualidade.

Compreendendo tal necessidade, a presente pesquisa objetiva avaliar uma proposta de ensino de Física, definida como Atividade Didática Experimental de Óptica (ADEO), que foi desenvolvida e implementada pelos próprios autores, em uma turma de Tecnologia em Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sendo, portanto, um suporte didático para docentes que buscam estratégias de ensino que aproxime os conceitos científicos no contexto de formação de futuros profissionais da área de Tecnologia em Alimentos e para áreas similares a esta formação. Os conceitos científicos abordados nesta proposta referem-se às propriedades da Óptica e aplicações da refratometria e das radiações eletromagnéticas na indústria de alimentos. Um assunto relativamente complexo de aprender, tendo em vista a necessidade da compreensão do comportamento dual da luz (ondas eletromagnéticas ou fótons).

Figura e Teixeira (2007) descrevem claramente uma das importâncias do estudo das propriedades Ópticas na análise da qualidade do alimento, conforme pode ser verificado nos seguintes trechos:

A radiação ultravioleta é usada em vários processos alimentares para inativar (destruir) microrganismos indesejados de produtos alimentícios líquidos com propriedades ópticas adequadas (transparentes). Entre as aplicações mais comuns hoje está o uso de luz UV para pasteurizar sucos de frutas bombeando o suco sobre uma fonte de luz ultravioleta de alta intensidade (FIGURA; TEIXEIRA, 2007, p. 412, tradução nossa).

Ainda,

[...] medir o índice de refração de um alimento é uma ferramenta muito rápida para verificar a qualidade de matérias-primas e produtos. Por exemplo, carboidratos contendo líquidos, como frutas podem ser verificados sem preparação de amostra. [...] Todos os efeitos da radiação eletromagnética nos alimentos são baseados na capacidade do alimento de absorver partes da radiação. Essa absorção depende dos receptores moleculares em um material alimentício e seu potencial de polarização (FIGURA; TEIXEIRA, 2007, p. 394, tradução nossa).

## 2 Procedimentos metodológicos da pesquisa

Essa pesquisa apresenta a avaliação de uma proposta didática de ensino de Física para Tecnólogos em Alimentos, proposta essa que foi elaborada e implementada pelos próprios autores. Consiste em atividades experimentais relacionando o ensino das propriedades Ópticas no contexto da produção de alimentos, sendo definida pelos autores como Atividade Didática Experimental de Óptica (ADEO). Essa pesquisa torna-se, também, um material de suporte didático de ensino de Óptica para professores de Ensino Médio, Técnico, Tecnólogo e de Curso Superior das Ciências dos Alimentos, que almejam um processo de ensino e aprendizagem mais ativo e promissor ao contexto dos estudantes. Outro fator relevante para elaborar este material foi a necessidade de uma maior consolidação na formação discente em relação aos conceitos necessários em Óptica. Desta forma, a presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa (DENZIN; LINCOLN, 2006) e descritiva (GIL, 2002), apresentando a descrição das atividades e a avaliação da sua eficácia frente ao aluno.

Para a elaboração da ADEO, utilizaram-se como referência os livros: Figura (2004), Baltés (2000) e Matissek, Steiner, Fischer (2010). Essas seis atividades experimentais foram dispostas em seis encontros com três horas-aulas de duração, nas quais os estudantes receberam os materiais necessários para sua realização, instruções expositivas dos procedimentos experimentais, uma sessão preliminar de questionamentos sobre os conhecimentos físicos prévios e a ficha de orientação do formato do relatório de atividades com as perguntas a serem respondidas no caderno de laboratório individual. Para o desenvolvimento da ADEO, havia também um texto suporte, elaborado por nós, com as definições dos conceitos científicos envolvendo a Ciência dos Alimentos. Portanto, foi utilizado como método de análise dos relatórios, a Análise de Conteúdo (BARDIN, 2009).

Além dos objetivos especificados em cada experimento, tem-se o objetivo de aprendizagem da Atividade Didática Experimental de Óptica, que consiste em promover a formação plena do estudante, para que ele possa desenvolver as competências e habilidades na resolução de problemas de Óptica na área

de atuação profissional, de modo que compreenda os fundamentos da Óptica Geométrica e o fenômeno da refração, assim como a relação da Óptica e a Radiação Eletromagnética em sua prática profissional.

Dado o exposto, esta ADEO foi implementada em uma turma do primeiro semestre do Curso de Tecnologia em Alimentos, na disciplina *Física para a Tecnologia de Alimentos*, realizada no primeiro semestre de 2018. Uma amostra de 26 estudantes foi convidada a participar da pesquisa e todos forneceram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, no qual os aspectos éticos de pesquisa foram esclarecidos.

Os instrumentos de avaliação metodológica consistiram em três momentos: a) pré-testagem argumentativa dos conteúdos teóricos relevantes; b) entrevistas durante a realização da análise de dados coletados pelos acadêmicos e c) análise dos cadernos de laboratório entregues pelos acadêmicos. Em todos os momentos, a análise da expressão escrita, exteriorização de conceitos e seleções de hipóteses explicativas das bases físicas envolvidas foram avaliados para efeito de discussão.

A seguir estão descritos as séries de atividades realizadas com os acadêmicos, separando-as em subitens, com as perguntas norteadoras de discussão durante a realização das atividades em laboratório de ensino e que foram respondidas pelos estudantes nos seus cadernos de laboratório que constituía o principal instrumento avaliativo da presente proposta estrutural do ADEO.

### *2.1 Experimento 1: dependência do índice de refração com o comprimento de onda*

*Objetivo do experimento:* Verificar a dependência do índice de refração da água da torneira com o comprimento de onda, a partir da análise quantitativa da Lei de Snell, após os estudantes observarem a decomposição da luz branca por um pequeno prisma transparente, a fim de comprovar que o efeito que se produz pelo índice de refração é uma função inversamente proporcional ao quadrado do comprimento de onda da luz que passa sobre ele.

#### *Materiais:*

- Uma caneta laser vermelha, com o comprimento de onda de 660 nm;
- Uma caneta laser violeta, com comprimento de onda de 405 nm;
- Um recipiente semicircular de acrílico acoplado a um transferidor transparente;
- Um suporte de madeira para o laser com anteparo para realizar as medidas ópticas, com uma distância de 55 cm entre a caneta laser aonde uma escala milimetrada de 25 cm;

- Papel milimetrado para medir os desvios angulares e construir os gráficos.

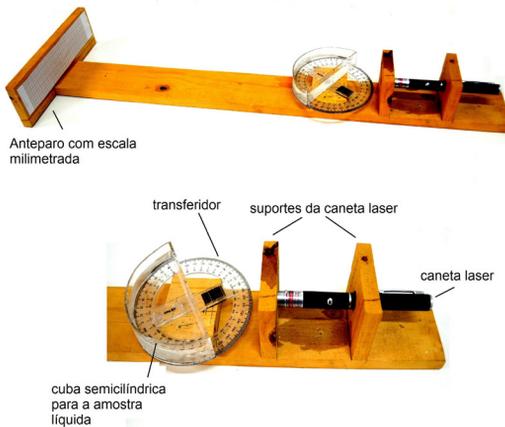
*Procedimentos experimentais:*

Monte a caneta laser no suporte de madeira e fixe-a firmemente no seu lugar. Opere a caneta pressionando o botão liga-desliga no seu corpo. Coloque uma amostra de água da torneira no recipiente em formato de meia-lua sobre o transferidor. Diferentes valores do ângulo de incidência  $\theta_1$  podem ser obtidos simplesmente girando o transferidor para mudar o alinhamento óptico do feixe de luz laser, com respeito ao ponto de incidência com a normal ao plano. Os valores de  $\theta_2$ , ou do ângulo refratado, podem ser medidos quando emergem do meio líquido na porção curva do recipiente semicircular, sabendo-se que o meio líquido possui índice de refração  $n_2$ . Assumindo um índice de refração do ar  $n_1=1,000$ , o índice de refração da água pode ser calculado pela seguinte expressão da Lei de Snell  $n_2 = \text{sen } \theta_1 / \text{sen } \theta_2$ .

A distância entre o ponto de incidência da luz sobre a superfície ar-água e o anteparo que intercepta os raios emergentes é de  $R= 452$  mm. Construindo o gráfico destes dados, em que  $(0,0)$  é o ponto de origem de coordenadas que faz parte do traçado das retas que ajustam os pontos observados, é possível verificar o comportamento do feixe de luz de acordo com o comprimento de onda de cada cor.

A figura 1 mostra o esquema do experimento construído para esse fim, ilustrando as partes principais da sua construção.

Figura 1 – Esquema do equipamento artesanal para medidas do índice de refração de amostras de alimentos líquidos. As canetas laser com diversas cores (comprimentos de onda) podem ser substituídas para verificar a dependência do índice de refração de soluções adoçadas e sucos de frutas com o comprimento de onda da luz.



Fonte: Os autores.

Questão 1.1 – Usando a caneta laser vermelha, preencha a tabela e determine o índice de refração da água nesse comprimento de onda. Faça a análise gráfica. Use quatro casas decimais.

Questão 1.2 - Usando a caneta laser violeta, preencha a tabela e determine o índice de refração da água nesse comprimento de onda. Faça a análise gráfica. Use quatro casas decimais.

Questão 1.3 - Descreva uma situação em que este experimento se aplica na produção de alimentos.

$\theta_1$	Desvio Y (mm)	$\text{sen } \theta_1$	$\text{sen } \theta_2$ = Y/R
0°			
5°			
10°			
15°			
20°			
25°			
30°			
35°			
40°			
45°			

$n_{\text{água}} = \text{_____}$  para  $\lambda$  vermelha

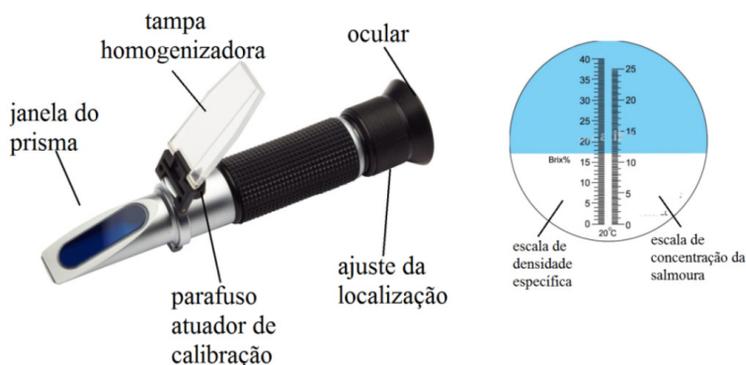
$\theta_1$	Desvio Y (mm)	$\text{sen } \theta_1$	$\text{sen } \theta_2$ = Y/R
0°			
5°			
10°			
15°			
20°			
25°			
30°			
35°			
40°			
45°			

$n_{\text{água}} = \text{_____}$  para  $\lambda$  violeta

Fonte: Os autores.

## 2.2 Experimento 2: uso do refratômetro portátil para controle de qualidade de alimentos

*Objetivo do experimento:* estabelecer a relação entre a concentração de salmoura e concentração de uma solução de sacarose medindo os graus Brix dessas concentrações. Ainda, entender que tipo de relação Brix se espera para as variações de concentração de salmoura e sacarose. Sabendo-se que um grau brix corresponde a 1 g de açúcar ou sal por 100 gramas de solução (ou 1% de concentração em massa do soluto com relação ao solvente adicionado), os alunos podem construir uma tabela de coleta de dados entre a concentração em porcentagem de massa e a quantidade de graus Brix medida com o refratômetro e obter uma relação matemática pelo ajuste linear de equação de reta aos dados coletados.



Fonte: Os autores.

O refratômetro portátil, representado na imagem da Figura 2, é um dispositivo sem pilhas ou baterias, que funciona pelo princípio do grau de refração da luz, quando passa por uma amostra líquida onde há uma concentração de moléculas e íons opticamente ativos deforma que o índice de refração dependerá da concentração dessas moléculas no meio aquoso. Para líquidos como salmouras, caldo de cana, mel, xarope de glicose de milho, graduação de etanol, teor alcoólico de bebidas destiladas ou fermentadas, etc., o índice de refração dependerá da densidade desses produtos alimentícios e a análise do índice de refração será um indicador de qualidade desses alimentos. O aparelho emprega um prisma de precisão montado internamente e uma fonte de luz amarela natural como a luz solar diurna difusa para seu correto funcionamento.

#### *Materiais:*

- Balança digital de precisão com duas casas decimais, em gramas;
- Sal de cozinha, iodado;
- Açúcar de mesa, em envelopes individuais de 5 gramas;
- Dois béqueres contendo 100 ml de água de torneira;
- Duas colheres de plástico.
- Um refratômetro com escala de 0-40 Brix. Normalmente uma escala de 0-25% de graduação alcoólica para análise de bebidas fermentadas pode acompanhar esse produto.

#### *Procedimentos experimentais:*

Prepare soluções de sacarose até 35% em passos de 5% usando 100 mL de água comum da torneira. Leia a graduação em Bx para cada medida e preencha a tabela. Faça o gráfico da graduação Brix versus concentração da solução C(%) em um papel milimetrado. Repita o mesmo para a salmoura (solução água e sal).

Questão 2.1 – Compare os dois gráficos e descreva sua interpretação sobre o índice de refração e a concentração de soluto na solução aquosa.

Questão 2.2 – Explique como você utilizaria esse método para detectar adulteração do mel?

C(%)	Brix (açúcar)	Brix (salmoura)	C(%)	Brix (açúcar)	Brix (salmoura)
0			20		
5			25		
10			30		
15			35		

Fonte: Os autores.

### 2.3 Experimento 3: o teste da chama

*Objetivo experimental:* identificar elementos químicos presentes em uma amostra.

*Materiais:*

- Metanol;
- Cloreto de potássio em pó;
- Cloreto de sódio em pó;
- Cloreto de estrôncio em pó;
- Cloreto de magnésio em pó;
- Uma rede de difração de 1000 linhas por milímetro;
- Vidros de relógio;
- Óculos de proteção para o operador;
- Um pacote de sopa industrializada;
- Palito de fósforo.

*Procedimentos:*

Coloque cada substância em um vidro de relógio, acrescente um pouco de metanol e com o palito de fósforo acenda a chama das substâncias. Verifique as cores das chamas de cada substância. Em um segundo momento, coloque a substância-problema (sopa industrializada) em um vidro de relógio e acenda-a,

verificando a cor da chama. A partir da cor é possível verificar a substância que prevalece na mistura. Preencha o quadro a seguir:

<b>CÁTIONS</b>	<b>COR DA CHAMA</b>
Sódio ( $\text{Na}^+$ )	
Magnésio ( $\text{Mn}^+$ )	
Potássio ( $\text{K}^+$ )	
Estrôncio ( $\text{Sr}^+$ )	

Esse método é conhecido como teste da chama e permite avaliar a existência de elementos químicos pela presença dos cátions (íons de carga positiva) produzidos quando se queima a amostra. E esse processo de análise de compostos é realizado rotineiramente por químicos e demais cientistas, que empregam vários testes espectroscópicos para as mais variadas finalidades.

Questão 3.1 – Você já observou que muitos controles remotos e ponteiros de relógios, quando em ambientes escuros, apresentam como característica a propriedade de emitir luz. Como você explica esse fenômeno?

Questão 3.2 – Por que durante a queima dos fogos de artifício ocorre a emissão de tantas cores e luzes diferentes?

Questão 3.3 – Por que a chama da substância-problema (sopa industrializada) apresenta uma cor diferente daquela dos grãos azuis colocados na chama?

Questão 3.4 – Por que os íons metálicos que alteram a cor da chama azul são sempre cátions ou íons de carga positiva?

Questão 3.5 Que cátions metálicos da lista estão presentes na substância-problema, dentre os listados no quadro acima?

#### 2.4 Experimento 4: a parte visual do espectro eletromagnético

*Objetivo do experimento:* analisar as cores produzidas por uma lâmpada, determinar as suas frequências e comprimentos de onda e como decompor a luz visível em componentes espectrais de cores.

Em um pedaço de metal como o tungstênio, existem praticamente infinitos níveis de energia com infinitas distâncias de separação entre eles, de modo que elétrons e íons que absorvem calor e emitem ondas eletromagnéticas, o fazem em um número incomensurável de comprimentos de onda. Como o olho humano não permite distinguir comprimentos de onda muito próximos entre si, enxergamos tudo como se fosse um borrão colorido. O calor que sentimos quando aproximamos a mão de uma lâmpada incandescente se deve ao fato de uma boa quantidade delas serem emitidas no infravermelho, que são ondas eletromagnéticas que o olho humano não tem capacidade de perceber.

*Materiais:*

- Uma lâmpada incandescente de filamento de tungstênio de qualquer potência;
- Um prisma ou rede de difração de 1000 ranhuras por milímetro;
- Fenda colimadora para paralelizar os raios de luz, se a lâmpada for de grandes dimensões em comparação com a sua distância até o prisma ou rede de difração.

*Procedimentos experimentais:*

Preencha a tabela com o valor do comprimento de onda e calcule as frequências em Hertz (Hz) das seguintes cores: azul, verde, amarelo, alaranjado, vermelho. A frequência de uma onda eletromagnética pode ser calculada pela seguinte equação  $f = c/\lambda$ :

Tabela 1 – Cores do espectro visível com seus respectivos comprimento de onda e frequência

Componente de cor	Comprimento de onda (nm)	Frequência f (HZ)
Violeta	410 nm	$7,3 \times 10^{14}$ Hz
Azul		
Verde		
Amarelo		
Laranja		
Vermelho		

Questão 4.1 - Como você interpreta a luz amarelada produzida por uma lâmpada incandescente, ou o próprio sol, em termos do modelo de onda eletromagnética?

Questão 4.2 - Calcule a temperatura de cor do filamento de tungstênio para a lâmpada usada nesse experimento, usando o modelo matemático da radiação de corpo negro.

*2.5 Experimento 5: o espectro de ionização de gases em tubo de Geissler*

*Objetivo do experimento:* analisar a decomposição espectral da luz produzida em um tubo de Geissler.

Os tubos de Geissler são uma ótima forma de identificar as características espectrais da luz produzida pelos átomos que compõem substâncias químicas, passando uma alta voltagem elétrica sobre vapores metálicos no vácuo ou em gases rarefeitos.

*Materiais:*

- Uma caixa com uma abertura, onde se vê a luz produzida por um tubo de Geissler;

- Um tubo de Geissler contendo hidrogênio a baixa pressão;
- Uma fonte de alimentação eletrônica de 8 kV e 1 mA;
- Uma rede de difração plástica com 1000 linhas (ranhuras) por milímetro;
- Espectroscópio óptico de uso didático marca EISCO (<http://www.arborsci.com/products/quantitative-spectroscope>) com cobertura espectral de 400-700 nm.

*Procedimentos experimentais:*

O nitrogênio é o gás mais abundante da atmosfera da terra, mas os seres vivos como os animais e o homem não o absorvem pela respiração. Compostos nitrogenados chamados aminoácidos são usados para a manutenção das fibras musculares dos seres vivos e são obtidos pela ingestão de alimentos e não diretamente. É preciso que bactérias presentes nas raízes das plantas capturem o nitrogênio do solo e possibilitem sua absorção pelas plantas que alimentam os seres vivos. Observe a cor da lâmpada e com o espectroscópio manual ou, através da rede de difração, observe as linhas no painel de vidro. Os tubos de Geissler esquentam bastante e nunca devem ser tocados para evitar queimaduras. Observe a luz da lâmpada e veja a sequência de cores. Note que agora não existem cores em toda a extensão luminosa, ao contrário do que foi visto na lâmpada incandescente.

Questão 5.1 - O que você pode dizer sobre os espectros observados na descarga do hidrogênio?

Questão 5.2 - A linha  $H_{\alpha}$  é a mais intensa e a linha  $H_{\beta}$  é a seguinte. Qual dessas duas é vermelha e qual é a azul?

Questão 5.3 - Como o espectro do hidrogênio se compara com o espectro da luz branca da lâmpada incandescente?

Questão 5.4 - Como você explica essas diferenças em termos da absorção de energia elétrica pelos cátions produzidos pela passagem da corrente elétrica? Lembre que o cátion do hidrogênio é um simples próton livre.

Questão 5.5 - Você já ouviu falar no modelo atômico de Bohr? Como ele pode ser usado para explicar a natureza da diferença de cores entre as linhas espectrais observadas?

Questão 5.6 - Como são produzidas as linhas  $H_{\alpha}$  e  $H_{\beta}$  pelo hidrogênio quando sofre uma descarga elétrica a baixa pressão? Pense no modelo atômico de Bohr que foi feito exclusivamente para esse átomo.

Questão 5.7 - Explique, com suas palavras, como se dá a formação do espectro que foi observado para o hidrogênio neste experimento a partir da aplicação da energia elétrica no tubo.

Esse tipo de espectro, que existe somente em alguns comprimentos de onda fixos, mas não em todos os comprimentos de onda, denomina-se emissão

discreta e pode ser visto tanto em emissão (amostra de gás aquecido) ou em absorção, quando o gás frio é colocado entre uma fonte de radiação de corpo negro e a rede de difração, em um sistema monocromador.

### 2.6 Experimento 6: estudo de uma lâmpada de vapor de sódio

*Objetivos experimentais:* Verificar o princípio de funcionamento da lâmpada de vapor de sódio, comparando-a com uma lâmpada de tungstênio. Ainda, observar a existência de subníveis atômicos que podem ser provados na prática, analisando espectros da luz emitida por tubos contendo gases ou vapores de substâncias metálicas puras.

Com a compreensão de que diferentes gases produzem diferentes quantidades de intensidade da luz produzida, fica evidente que, para produzir lâmpadas elétricas com maior quantidade de luz por potência elétrica consumida, alguns gases não são bons para serem empregados neste caso. Uma alternativa desenvolvida por cientistas para possibilitar iluminações de grandes áreas com um menor consumo de energia é a lâmpada de sódio.

Existem dois tipos de lâmpada de sódio, as com gás de alta pressão e as com gás de baixa pressão. Neste experimento será utilizada uma lâmpada de alta pressão. Lâmpadas de sódio contêm mercúrio, por isso, devem ser descartadas em lugar apropriado e não podem ser colocados em lixo comum, para evitar poluição da natureza pelo mercúrio, que é um metal tóxico aos seres vivos.

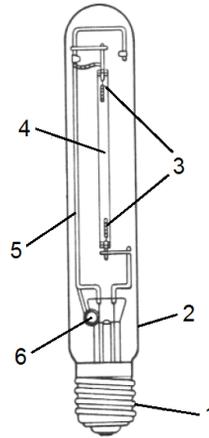
#### *Materiais:*

- Um espectroscópio didático marca EISCO (usado no experimento 5);
- Uma lâmpada de sódio de alta pressão de 70W de potência;
- Um reator para lâmpada de sódio, impermeável, para uso externo, contendo capacidade de filtro, transformador de 2,3 kV e ignitor de 45 kV;
- Um soquete de madeira MDF para construção do circuito;
- Cabo de conexão na rede elétrica de 220V;
- Uma chave de conexão liga-desliga

#### *Procedimentos:*

Examinar os elementos no interior de uma lâmpada de sódio e comparar com uma lâmpada fluorescente ou lâmpada incandescente. Em seguida, identifique os elementos internos da lâmpada de sódio, colocando os números dos seus elementos internos nas respectivas denominações:

- ( ) Ampola exterior de vidro modelo T38;
- ( ) Tubo de descarga de cerâmica (alumina= óxido de alumínio);
- ( ) Suporte metálico;
- ( ) Anel coletor de íons residuais (ou estabilizador de vácuo);
- ( ) Rosca tubular modelo E27 para contato elétrico;
- ( ) Eletrodos de nióbio para descarga elétrica.



Fonte: Os autores.

Ao ligar a lâmpada de sódio, você deve perceber que a intensidade da luz é muito maior que uma lâmpada incandescente de mesma potência e que a lâmpada demora cerca de 3 minutos para funcionar a pleno brilho amarelo. Essa demora se deve ao tempo necessário para evaporar o sódio dentro do cilindro de alumina e ionizá-lo completamente. A produção de uma intensidade luminosa maior para uma dada potência de lâmpada significa que se pode iluminar uma área muito maior com uma lâmpada de sódio de 100 watts, por exemplo, que com uma lâmpada incandescente que tenha a mesma potência. Esse aparato experimental estudado é o mesmo para construção de lâmpadas ultravioletas germicidas de uso comum em salas de processamento de alimentos.

Medidas em laboratório mostram que a razão entre a intensidade da luz produzida a um metro de uma lâmpada incandescente dividido pela sua energia elétrica consumida por unidade de tempo é na ordem de 20. Para uma lâmpada de sódio de baixa pressão, esse número é dez vezes maior. Assim, usam-se lâmpadas de vapor de sódio ou de mercúrio para iluminação pública e nunca se usam lâmpadas de filamento de tungstênio para esse fim.

Questão 6.1 – Como a energia elétrica é conduzida à região da lâmpada ao vapor de sódio onde a luz amarela é produzida?

Questão 6.2 – Por que se usa o tungstênio que é um metal caro para lâmpadas incandescentes? Não poderíamos usar alumínio, cobre, chumbo ou outro tipo de metal mais barato? Qual é a explicação química para isso?

Questão 6.3 – Mas por que as lâmpadas de vapor de sódio e de tungstênio possuem eficiências tão diferentes?

Questões 6.4 – Por que lâmpadas de sódio e vapor de mercúrio de alto desempenho precisam de reator enquanto as incandescentes não?

Questão 6.5 – Qual delas é mais adequada para: a) iluminação doméstica e um apartamento? E b) para iluminação pública? Quais são os critérios de aceitação dessas duas formas de iluminação para cada uma dessas aplicações (a e b)?

Um espectrômetro óptico com rede de difração foi usado para verificar as principais linhas de emissão dos átomos de sódio pela excitação iônica pela alta voltagem produzida pelo reator. Com um espectrômetro profissional, é possível determinar as linhas de emissão espectral em um tubo Geissler de alta qualidade contendo sódio de alta pureza. Se o vapor de sódio estiver a uma temperatura menor que a temperatura do gás que emite a luz, as linhas serão vistas de absorção. Caso contrário, serão vistas de emissão. Como na lâmpada de alta pressão tem-se mercúrio e sódio, o fato de o mercúrio apresentar temperatura maior significará que o sódio apresenta absorção na linha de duplete em 588,995 nm e 589,592 nm.

Questão 6.6 – O comprimento de ondas das linhas depende dos níveis energéticos ou subníveis, ou ambos? Por quê?

Questão 6.7 – Após a realização do experimento com a lâmpada de sódio, classifique o espectro gerado em espectro de absorção ou de emissão e justifique sua resposta.

Questão 6.8 – Qual modelo atômico explica melhor a formação das linhas espectrais observadas nesse experimento para lâmpada de sódio? Por quê?

### 3 Resultados e discussões

Em uma leitura dos discursos verbais e produção escrita em cadernos de experimentos, verificou-se que as propriedades ópticas nos alimentos se tornam perceptíveis aos olhos dos graduandos, quando o sentido atribuído aos conceitos estiver entrelaçado ao contexto dos alimentos. Nos relatos dos estudantes, esteve presente o entendimento quanto à aplicabilidade de determinados experimentos em situações de produção e análise alimentar, uma vez que a produção dos relatórios dos experimentos permitiu o desenvolvimento da escrita, do pensamento crítico e da análise pelos estudantes, havendo em suas redações, a verificação quanto ao cumprimento do objetivo experimental, de sua aplicação na produção e análise de alimentos e a obtenção de uma linguagem mais científica quanto às propriedades ópticas. Assim, no estudo da óptica geométrica, como também da refratometria, da colorimetria e das radiações eletromagnéticas, têm-se uma estreita relação e aplicabilidade de técnicas e materiais experimentais que proporcionam uma melhor percepção do comportamento e reações nos alimentos.

Sugimoto (2009) relata a possibilidade de verificação das estruturas cristalinas de pães, chocolates, doces em geral, utilizando difração de Raio X, e acrescenta que a variação da temperatura é um dos fatores que interferem nos

resultados de verificação da qualidade dos alimentos, tanto em sua estrutura física, quanto química, modificando o sabor e a textura. Assim, observando a análise dos resultados nos cadernos de laboratório entregues pelos alunos, verificou-se que tal estratégia proporcionou um olhar mais crítico para os cuidados a serem considerados com relação a fatores externos, quando forem realizadas as práticas experimentais. Tais constatações foram verificadas na escrita dos relatórios, tendo uma percepção maior no segundo experimento: “Uso do refratômetro portátil para o controle da qualidade do alimento”.

Segundo o relato dos acadêmicos envolvidos, a utilização de espectrofotometria no espectro visual torna-se um instrumento imprescindível para a análise da porcentagem de umidade e composição de frutose e glicose do mel (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008), sendo possível a testagem da qualidade do produto por métodos de refratometria. Assim como na análise do teor de matéria seca de caldas, concentrados de frutas e vegetais que pode ser determinado quantitativamente, a fim de detectar possíveis alterações na composição e na cor de xaropes e polpas de frutas, utilizando processos de colorimetria (FIGURA, 2004). Análises semelhantes foram possíveis de desenvolver durante a realização, principalmente do primeiro e segundo experimento sobre refratometria e o uso do refratômetro portátil, verificando a refração da luz na mudança entre dois meios, percebendo que o índice de refração apresenta uma relação direta com o comprimento de onda de um feixe de luz e sua frequência.

Outro assunto também importante e discutido foi em relação ao uso da colorimetria para controle de qualidade de alimentos e bebidas, e como exemplo, a verificação da qualidade de carnes e vinhos. Entender que “as cores surgem, portanto, como resultado da absorção seletiva na faixa de frequência visível” (FIGURA, 2004, p. 338, tradução nossa) é um conceito difícil de ser compreendido somente com o uso de aulas expositivas e sem intervenções de caráter experimental. Um exemplo de verificação é quando “um feixe de luz visível é lançado em uma amostra de vinho tinto, as antocianinas do vinho absorverão parte da energia irradiada e as converte em calor. Como os corantes de antocianina preferencialmente absorvem energia em torno de 500 nm, o feixe de luz que é refletido não tem esse componente e, portanto, mostra-se vermelho” (FIGURA, 2004, p. 338, tradução nossa). Estas análises e compreensões estavam presentes, principalmente na realização dos experimentos 1, 2, 3 e 4. Desse modo, compreender o comportamento do espectro colorimétrico, através da reflexão e refração da luz na substância, torna o estudante capaz de discutir e inferir sobre a veracidade dos alimentos. Assim, embora um colorímetro digital empregado para controle de qualidade de produtos derivados da carne seja um aparelho de

elevado custo, os experimentos com lâmpadas e filtros fotográficos manuseados por alunos também produziram a aquisição dos conceitos científicos necessários para a compreensão de suas aplicações (RAMOS; GOMIDE, 2009) na análise de alimentos derivados de carnes e leite.

#### 4 Conclusões

A metodologia integrativa conceitual empregada permitiu a construção de saberes experimentais relevantes que adicionaram ao conhecimento teórico dos estudantes quanto a utilização de instrumentos ópticos para a verificação da qualidade alimentar. Além disso, os momentos de realização das atividades em sala de aula permitiram a familiarização destes instrumentos por parte desses estudantes, em que medir e verificar a qualidade do produto tornou-se uma realidade próxima ao que esses alunos vieram buscar em um Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, e a aproximação com conceitos e práticas necessárias para análise de produtos em mercados com critérios de qualidade mais ampliados e exigentes.

Mediante a realização dos experimentos e a análise das respostas a questões centrais aos problemas de medida, percebeu-se que os estudantes obtiveram habilidades e raciocínios técnicos suficientes para compreender as técnicas empregadas para análise de alimentos como a refratometria, espectrofotometria e a espectroscopia, para confirmar a qualidade de alguns alimentos adquiridos em supermercados. Pela verificação da absorção de comprimentos de ondas da luz visível em uma solução de açúcar, puderam compreender os procedimentos para análise de qualidade de determinados alimentos líquidos e bebidas.

A utilização de um refratômetro pelos estudantes consistiu em um treinamento prático com aplicação profissional direta em Óptica, permitindo a esses alunos a verificação do grau de pureza de soluções glicosadas e salinizadas, doces em geral e polpas de frutas. Assim, constatou-se a importância e a validade da realização da ADEO, no processo de ensino e aprendizagem da Óptica Física, na medida em que a prática dos experimentos proporcionou a percepção e a utilidade dos conceitos científicos no contexto da produção alimentar e possibilitou aos acadêmicos inferir sobre aspectos no cotidiano de análise de qualidade de alimentos, os quais, sem a prática experimental, não seriam possíveis de serem percebidos.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à CAPES pela concessão de bolsa de estudos que permitiram a realização da pesquisa, assim como o programa de Extensão PRE/FIEX edições 2017 e 2018 gentilmente disponibilizou recursos de fomento a ações de extensão universitária.

## Referências

- ARANTA, I. **Physical Properties of Foods: Novel Measurement Techniques and Applications**. New York: CRC Press, 2012.
- BALTES, W. **Lebensmittelchemie**. Berlin: Springer, 5 ed. 2000.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. e colaboradores. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- FIGURA, L. O. **Lebensmittelphysik: Physikalische Kenngrößen - Messung und Anwendung**. Berlin: Springer, 2004.
- FIGURA, L. O.; TEIXEIRA, A. A. **Food Physics: Physycal Properties - Measurement and Applcation**. New York: Springer, 2007.
- GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- MATISSEK, R.; STEINER, G.; FISCHER, M. **Lebensmittelanalytik**. 4. ed. Berlin: Springer, 2010.
- RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**, Minas Gerais: Editora UFV, 2009.
- SKOOG, D.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- SUGIMOTO, L. **A física que está por trás dos alimentos**. In: *Jornal da Unicamp, Campinas*, 2009. Disponível em: [https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/agosto2009/ju438pdf/Pag11.pdf](https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/agosto2009/ju438pdf/Pag11.pdf). Acesso em: 8 jul. 2019.