



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

**ESTUDO DO EXPERIMENTO DAS CHAMAS COLORIDAS E SUA
RELAÇÃO COM O MODELO ATÔMICO DE BOHR**

Wagner Emerson Ferreira Gomes

Tabira/PE

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E
TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

**ESTUDO DO EXPERIMENTO DAS CHAMAS COLORIDAS E SUA
RELAÇÃO COM O MODELO ATÔMICO DE BOHR**

Wagner Emerson Ferreira Gomes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Licenciatura em Física da
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Unidade Acadêmica de Educação a Distância
e Tecnologia, como requisito parcial para
obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Flávia Portela Santos

Tabira/PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G633e Gomes, Wagner Emerson Ferreira
 Estudo do Experimento das Chamas Coloridas e sua Relação com o Modelo Atômico de Bohr / Wagner Emerson
 Ferreira Gomes. - 2023.
 24 f. : il.
- Orientadora: Flavia Portela Santos.
 Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Física,
 Recife, 2024.
1. ensino de física moderna. 2. modelo atômico de Bohr. 3. chamas coloridas. 4. física experimental. I. Santos, Flavia
 Portela, orient. II. Título

Wagner Emerson Ferreira Gomes

ESTUDO DO EXPERIMENTO DAS CHAMAS COLORIDAS E SUA RELAÇÃO COM O MODELO ATÔMICO DE BOHR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Aprovado em 13 de Dezembro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Presidente: Dr^a. Flávia Portela Santos (UFRPE)

1º Examinador(a): Dr^a. Ana Paula Teixeira Bruno Silva (UFRPE)

2º Examinador(a): Dr. Thiago Souza Pereira de Brito (EREM Rodolfo Aureliano)

AGRADECIMENTOS

Dedico esta seção para expressar minha profunda gratidão a todos aqueles que tornaram possível a realização deste projeto.

Em primeiro lugar, desejo expressar minha sincera gratidão à minha família, e em particular à minha mãe, por seu amor incondicional, apoio e encorajamento constante ao longo de toda a minha trajetória acadêmica. Durante esses quatro anos de estudo, enfrentei desafios e momentos de dúvida, mas sua presença e apoio sempre foram um farol que me guiou. Suas palavras de incentivo me deram a confiança necessária para superar obstáculos e continuar avançando. Sou profundamente grato por tudo o que senhora faz por mim.

No âmbito acadêmico, agradeço à minha orientadora, professora Flávia Portela Santos, por sua orientação inestimável, paciência e apoio. Sua dedicação e disponibilidade não só durante o período do TCC, mas ao longo dos quatro anos da graduação foram fundamentais para o sucesso nesta jornada tão desafiadora de concluir uma licenciatura em Física. A senhora foi muito mais do que uma orientadora para mim; foi uma mentora, uma amiga e uma fonte de inspiração. Sua orientação me ajudou a crescer como profissional e como pessoa. Flávia, muito obrigado por tudo!

Gostaria, ainda, de agradecer também à Professora Ana Paula Teixeira Bruno Silva, que participou de grande parte da minha trajetória acadêmica. A senhora me mostrou uma nova perspectiva a respeito da formação em Física. A oportunidade de ser monitor em sua disciplina foi extremamente enriquecedora. Com sua orientação, aprendi valiosas lições sobre o profissionalismo e vislumbrei um futuro promissor. Minha gratidão por tudo o que fez por mim é imensa.

Aos meus amigos e colegas de classe, estendo meu sincero agradecimento por todas as discussões enriquecedoras, trocas de ideias e pelo apoio mútuo ao longo desta jornada acadêmica. Gostaria de fazer um agradecimento especial aos amigos que estiveram ao meu lado nos momentos mais desafiadores: Alan Siqueira, Dennis Lira, Thaise Costa, Luís Sousa, Rafael Miron e Hiago Silva. O apoio inabalável e o incentivo constante de vocês foram pilares essenciais que me ajudaram a perseverar até o fim. Agradeço também à tutora do polo presencial, a prof^a. Edineia Miron, e ao apoio discente do curso, prof^a. Marcela Farias, que sempre estiveram presentes para ajudar no que fosse necessário. Vocês desempenharam um papel fundamental nesta jornada e sou profundamente grato por isso.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a Deus por sua presença constante em minha vida, fornecendo-me a força necessária para superar todos os obstáculos que encontrei ao longo do caminho. Como diz o trecho da música Pianista da Rua 6: "Se a vida te põe obstáculos, cê passa por cima". Eu acredito que, com a ajuda de Deus, sempre serei capaz de superar qualquer desafio que me for apresentado.

ESTUDO DO EXPERIMENTO DAS CHAMAS COLORIDAS E SUA RELAÇÃO COM O MODELO ATÔMICO DE BOHR

Wagner Emerson Ferreira Gomes

Autor do Trabalho de Conclusão de Curso

Licenciatura em Física UAEADTec

Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE

e-mail: wagneremersonferreira81@gmail.com

Flávia Portela Santos

Orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso

Licenciatura em Física UAEADTec

Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE

e-mail: flavia.portela@ufrpe.br

RESUMO

O ensino de Física na Educação Básica tem enfrentado inúmeros desafios e um dos principais reside na falta de interesse dos estudantes pela ciência. Essa problemática tem sido frequentemente atribuída à metodologia predominante nas aulas, que se baseia principalmente em abordagens expositivas tradicionais. A aprendizagem da Física requer uma abordagem focada nos conceitos, permitindo que os estudantes construam uma base sólida de compreensão dos fenômenos. Uma das áreas bastante rica em conceitos e que traz forte base para o desenvolvimento tecnológico da sociedade é a Física Moderna. Esta, por seu contraste com a teoria clássica, exige maior criatividade e pesquisa por parte do educador por possuir, entre outras coisas, pouco material didático voltado para seu ensino. Uma alternativa é utilizar experimentos que proporcionam uma compreensão mais tangível dos conceitos teóricos. Este trabalho propõe estudar o experimento das chamas coloridas, investigando as melhores condições para sua aplicação em sala de aula. Dentre os resultados, apresenta-se a construção de um aparato experimental de baixo custo e sua viabilidade econômica, a verificação das diferentes colorações das chamas e a melhor proporção da mistura sal e combustível para obtenção da melhor visualização do efeito. Espera-se que esse estudo contribua para os professores da educação básica, facilitando e incentivando a realização e aplicação do experimento, e para os estudantes, despertando maior interesse pela ciência.

Palavras-Chave: Ensino de física moderna; modelo atômico de Bohr; chamas coloridas; física experimental.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física, assim como o de outras ciências, impõe desafios significativos aos professores da educação básica. Essa realidade é resultado de várias razões, tais como aspectos históricos relacionados à abordagem tradicional da disciplina, o uso de exercícios que frequentemente apresentam situações distantes da realidade dos estudantes e a dificuldade em encontrar metodologias envolventes para ensinar os conceitos. Dentro dessa temática, Moreira (2021, p. 01) ressalta que, “O ensino da Física é muito focado na aprendizagem mecânica, na preparação para as provas, mas deveria se ocupar da aprendizagem significativa da Física”. Além disso, a disciplina enfrenta a concorrência de outras matérias consideradas mais atraentes para os estudantes, o que torna seu ensino ainda mais desafiador. Assim, a busca por alternativas que tornem o processo de ensino e aprendizagem desta ciência mais cativante é um objeto de estudo constante (Studart, 2021).

Um dos maiores obstáculos na aprendizagem, desde os princípios básicos da Mecânica até os avanços da Física Moderna, está no formalismo matemático e a falta destes fundamentos nos discentes da educação básica. Conforme mencionado por Moreira (2021), se o ensino da Física der mais atenção aos conceitos do que à matemática envolvida, estará contribuindo para uma maior compreensão da ciência e para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Essa abordagem, focada nos conceitos, permite que os alunos construam uma base sólida de compreensão dos fenômenos físicos, incentivando sua capacidade de raciocínio e interpretação.

Nesse contexto, a observação de Zanetic (2005, p. 21) é particularmente relevante, pois alerta que o ensino de Física “se restringe à memorização de fórmulas aplicadas na resolução de exercícios típicos de exames vestibulares”. Esta afirmação ressalta a necessidade de estratégias de ensino mais envolventes, como a inclusão de experimentos práticos. Os experimentos permitem que os estudantes vejam a Física em ação, tornando a disciplina menos abstrata e mais relevante. Portanto, a inclusão de práticas experimentais no currículo de Física é uma forma de superar os desafios identificados por Zanetic, corroborando com o entendimento de Araújo (2003), onde destaca que o uso de diferentes metodologias experimentais “pode possibilitar a formação de um ambiente propício ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desvalorizados ou desprezados os conceitos prévios dos estudantes.” (Araújo, 2003, p. 176).

A relevância da experimentação aliada à teoria se deve também por desenvolver nos estudantes habilidades de investigação pelo método científico, como levantar e testar hipóteses, coletar, analisar dados e tirar conclusões. De acordo com Giordan (1999, p. 45) “A

experimentação não só exerce a função de instrumento para o desenvolvimento dessas competências, mas também de veículo legitimador do conhecimento científico”. Dessa forma, a inclusão de atividades experimentais nas aulas de Física irão auxiliar no desenvolvimento de habilidades de investigação e compreensão, além de possibilitar o entendimento de como a ciência é construída e desenvolvida, constituindo-se assim uma base sólida para o aprendizado de conceitos científicos.

A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) apresenta a habilidade EF09CI03 que consiste em: “Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica”. Neste contexto se encontram alguns conteúdos da Física Moderna, que enfrentam não apenas o desafio da complexidade dos conceitos, como também a escassez de materiais que possam auxiliar no processo de ensino de aprendizagem.

Os fenômenos e teorias como a relatividade, assuntos introdutórios da Mecânica Quântica e a Física de partículas elementares são explorados na Física Moderna. Esses tópicos desafiam as intuições comuns e requerem uma compreensão mais profunda da natureza do universo. Para abordar esses conteúdos de forma mais conectada com a realidade, uma alternativa é utilizar experimentos como recurso auxiliar. Entretanto, a literatura de Física Moderna se depara com uma carência de experimentos simples e de fácil acesso, dificuldade que surge da complexidade e abstração dos conceitos e que torna a execução em ambientes escolares um verdadeiro desafio. A partir dessa realidade, surge a importância de buscar alternativas para aprofundar o estudo da Física Moderna.

1.1 Estudos diversos com o uso do Teste das Chamas

O experimento proposto das chamas coloridas, que envolve a queima de diferentes sais, resultando em cores distintas para cada elemento durante a combustão, é um experimento bem documentado na literatura. Este experimento foi adaptado por Nascimento *et al.* (2021) para o ensino de Química em escolas públicas do Brasil, sendo aplicado como uma forma para abordar o conceito do modelo atômico de Bohr e identificar as cores a partir dos elementos químicos. O teste das chamas foi também desenvolvido com alunos do 9º ano do ensino fundamental em uma ação de estudantes do PIBID do Paraná (Bertola, 2014). Neste estudo são descritas várias atividades para o ensino dos modelos atômicos, aplicadas seguindo a sequência didática: contextualização histórica, construção de modelos atômicos e atividades experimentais.

Da mesma forma, o modelo atômico de Bohr e a identificação de elementos químicos foram trabalhados no experimento das chamas em diferentes investigações. O trabalho Targino *et al.* (2018) utilizou o experimento das chamas como ferramenta para compreensão da estrutura atômica e da Física Quântica em uma aula experimental de cunho investigativo e contextualizado para alunos do 3º ano do ensino médio, de uma escola pública da cidade de Bananeiras-PB, utilizando o laboratório de química da Universidade Federal da Paraíba como espaço de investigação, como uma ação promovida pelo projeto de extensão/Prolicen (programa de Licenciaturas da UFPB).

Outra abordagem dessa prática foi aplicada em duas turmas do 1º ano do ensino médio por meio de resolução de questionário e elaboração de roteiro (Muller, 2014). Neste estudo, o experimento foi realizado de forma demonstrativa e investigativa, na qual houve uma análise dos resultados individuais das turmas, tendo em vista que foram adotadas estratégias diferentes para cada uma delas. Uma turma recebeu instrução antes da elaboração do relatório, enquanto a outra não. Semelhante a esse trabalho, o de Scheeren (2013) também apresenta o experimento das chamas como ferramenta pedagógica para o ensino de química numa ação voltada para os estudantes de 1º do ensino médio e desenvolvida pelos discentes do PIBID UNIVATES. Nesta investigação, foi realizado um recreio dirigido com objetivo contextualizar os conteúdos de Química procurando mostrar a presença da Matemática, da Física e da Química em situações que fazem parte do cotidiano dos estudantes.

Todos os trabalhos mencionados utilizaram o experimento das chamas coloridas, empregando sais e um combustível para a queima das substâncias, enfatizando os aspectos pedagógicos da aplicação com a abordagem do modelo atômico de Bohr e da identificação de elementos químicos. Todos os autores concordam que o experimento atuou como uma ferramenta pedagógica capaz de envolver os estudantes, promovendo a compreensão dos conceitos e estimulando o desenvolvimento de habilidades críticas de investigação.

Este trabalho traz como proposta estudar o experimento das chamas coloridas, investigando as melhores condições para sua aplicação em sala de aula. A pesquisa envolveu a construção de um aparato experimental com materiais de baixo custo, mostrando a viabilidade financeira desta elaboração, as melhores proporções de substâncias e as características das chamas obtidas. Esta abordagem busca não apenas permitir a realização do experimento de maneira mais acessível, mas também mostrar-se como uma ferramenta relevante para o ensino dos conceitos iniciais da Física Quântica.

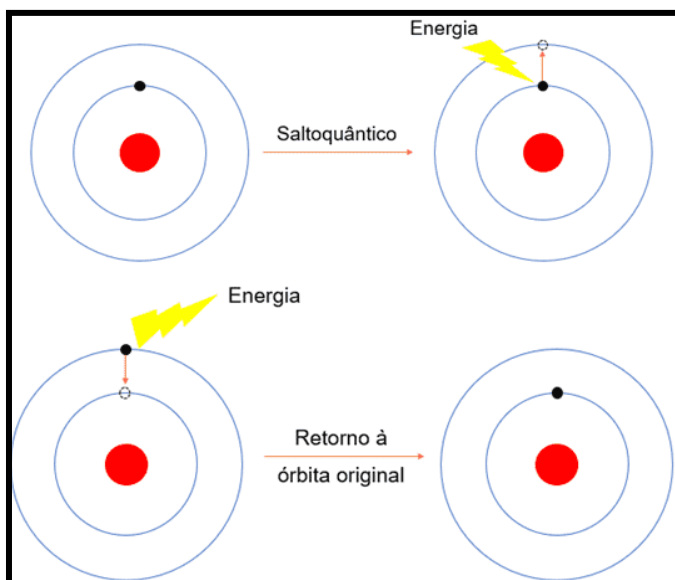
1.2 Interpretação Física do Experimento

O entendimento da obtenção de diferentes cores no experimento proposto neste estudo vem a partir da proposição de Bohr de um modelo atômico. Diferentes substâncias são introduzidas em uma chama e observa-se as cores emitidas por elas. Cada substância emite uma cor característica, que está relacionada às transições eletrônicas que ocorrem nos átomos presentes na amostra. Em outras palavras, os elétrons só podem ocupar determinados níveis de energia e a transição entre esses níveis é responsável pela emissão ou absorção de energia na forma de radiação eletromagnética. Essas transições eletrônicas são acompanhadas pela emissão de fótons, que possuem uma energia correspondente à diferença de energia entre os níveis inicial e final. Essas transições estão diretamente ligadas aos níveis de energia permitidos pelo modelo atômico de Bohr (Targino *et al.*, 2018).

Durante o experimento, os elétrons dos átomos desses compostos são excitados pela energia térmica da queima, impulsionando-os para níveis de energia superiores. No entanto, esses estados excitados são instáveis e temporários. Conforme os elétrons retornam aos níveis de energia fundamentais, eles liberam a energia absorvida na forma de luz visível, como representado na Figura 1. Cada elemento possui níveis de energia característicos e, conseqüentemente, as transições eletrônicas que ocorrem são únicas para cada elemento químico (Carvalho, 1997). Através da observação das cores emitidas pela chama, é possível identificar os elementos presentes na amostra. Por exemplo, o íon de sódio pode ser identificado pela cor amarela característica, enquanto o íon de potássio emite uma cor lilás. Essas cores são resultado das transições eletrônicas específicas nos átomos desses elementos, de acordo com o modelo de Bohr.

O experimento das chamas coloridas permite aos estudantes observarem diretamente a relação entre a estrutura eletrônica dos átomos e as cores emitidas. Dessa forma, os discentes podem visualizar como as transições eletrônicas nos níveis de energia permitidos pelo modelo de Bohr estão associadas à emissão de luz visível.

Figura 1. Ilustração do salto quântico do elétron segundo o modelo proposto por Bohr.



Fonte: Site do Quero bolsa¹.

Outro aspecto de destaque é que o experimento das chamas coloridas também está relacionado ao espectro atômico, pois as cores observadas estão diretamente ligadas aos comprimentos de onda específicos de luz emitidos pelos átomos durante as transições eletrônicas. Ao observar e analisar esses espectros, os estudantes podem identificar as linhas de emissão correspondentes a cada elemento presente na amostra, permitindo a identificação dos elementos químicos com base nas cores produzidas. Portanto, o experimento das chamas coloridas não apenas proporciona uma compreensão mais tangível dos modelos atômicos, mas também introduz a importância do espectro atômico e da análise espectral na identificação de elementos e no estudo da estrutura atômica.

2 METODOLOGIA

O experimento das chamas coloridas, também conhecido como teste das chamas, é uma atividade normalmente realizada em laboratórios de química para ilustrar a relação entre a cor da chama e os elementos químicos presentes em uma substância. Na prática, utiliza-se os seguintes materiais: vidros de relógio; espátulas metálicas; pipeta graduada; etanol, utilizado para iniciar a combustão ou bico de bunsen; fósforos e Cloretos de Sódio, Potássio, Cálcio, Estrôncio, Sulfato de Cobre entre outros. Estes são elementos essenciais em um laboratório e que normalmente são ferramentas usadas para essa prática. O Quadro 1 mostra a

¹Disponível em: <https://querobolsa.com.br/enem/quimica/modelo-atomico>. Acesso em 11 de Janeiro de 2024.

relação entre as substâncias utilizadas na experimentação e as cores obtidas. Estes dados foram coletados com base no trabalho de (Nascimento *et al.*, 2021).

Quadro 1: Relação entre as substâncias e as cores das chamas observadas.

Substâncias	Cor
Cloreto de Sódio (NaCl)	Amarelo/Laranja
Sulfato de Cobre (CuSO ₄)	Verde
Cloreto de Cálcio (CaCl ₂)	Vermelho
Bicarbonato de Sódio (NaHCO ₃)	Amarelo/Laranja
Cloreto de Cobre (CuCl ₂)	Verde
Cloreto de Potássio (KCl)	Lilás

Fonte: Nascimento *et al.* (2021).

No entanto, adquirir alguns desses materiais nas cidades do interior pode ser um desafio, pois não é comum encontrar estabelecimentos que vendem reagentes químicos. Dessa forma, a pesquisa se dedica não apenas a desenvolver o experimento da forma convencional, mas também a buscar métodos alternativos e torná-los viáveis economicamente, ampliando o acesso ao conhecimento científico e promovendo a inclusão.

Assim, nas próximas seções, serão descritos os procedimentos de pesquisa que foram realizados. Para melhorar a organização das informações, inicia-se descrevendo os materiais e a preparação do aparato experimental. Em seguida, aborda-se detalhadamente os testes do experimento de forma prática.

2.1 Materiais e Preparação do Aparato Experimental

O início da investigação se deu pela identificação das substâncias, focando em identificar quais seriam necessárias para a realização da prática. A abordagem inicial foi utilizar materiais facilmente acessíveis no nosso ambiente cotidiano e que fossem seguros para criar as chamas. Nessa busca, os escolhidos foram Cloreto de Sódio, Bicarbonato de Sódio e Álcool.

O Cloreto de Sódio, conhecido como sal de cozinha, gera uma chama amarela/laranja brilhante. Sua disponibilidade em cozinhas e supermercados o torna uma opção conveniente. Além de sua acessibilidade, o uso do sal para criar uma chama é seguro.

Outra opção para uma chama de mesma coloração, e também selecionado, foi o bicarbonato de sódio, um composto facilmente adquirido em mercados e farmácias. Além de ser acessível, o bicarbonato de sódio é uma substância não perigosa para manipulação em um ambiente educacional.

Por último, o álcool etílico 70% foi selecionado devido à sua disponibilidade e sua capacidade de produzir uma chama azul característica. Apesar do álcool parecer potencialmente perigoso, é importante ressaltar que, nas quantidades utilizadas no experimento, ele é relativamente seguro, especialmente em um ambiente controlado.

Para obtenção de diferentes colorações das chamas, foram utilizados os seguintes sais: Sulfato de Cobre, conhecido como pedra azul, Cloreto de Cálcio e Nitrato de Potássio, ou salitre. Eles foram adquiridos em lojas especializadas em produtos para agricultura através de plataformas de vendas online, pois são utilizados de diferentes formas, como por exemplo, fertilizantes, inseticidas, fungicidas e no controle de umidade. Conforme o Quadro 1, a queima do Sulfato de Cobre confere uma cor verde, o Cloreto de Cálcio produz uma tonalidade vermelha, e o nitrato de potássio, também facilmente disponível online, emite uma chama de coloração lilás. Com a combinação dessas substâncias às já mencionadas (Cloreto de Sódio, Bicarbonato de Sódio e Álcool) é possível obter uma ampla visualização do efeito das diferentes colorações a partir da queima.

No contexto da construção do experimento, houve a necessidade de adaptações dos equipamentos utilizados, a fim de tornar o experimento adequado e acessível ao ambiente educacional que não possua laboratório de química. Ao invés de fazer uso de tradicionais bicos de Bunsen, empregou-se latinhas de alumínio como recipientes para a combustão das substâncias. As latinhas foram selecionadas devido à fácil aquisição e pela existência da cavidade em sua base, o que facilita a concentração da mistura a ser queimada. Elas foram marcadas individualmente para indicar qual substância seria adicionada e garantir que não haja confusão durante a execução do experimento, assegurando a precisão dos resultados. Além disso, para simplificar o procedimento e garantir uma abordagem segura e acessível, optou-se por padronizar o álcool etílico 70% como o combustível base para a queima das demais substâncias empregadas no experimento.

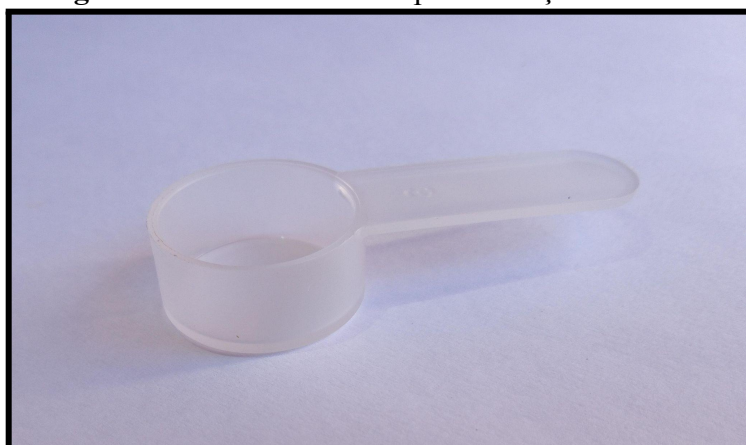
2.2 Testagem das misturas para a combustão

Com o intuito de assegurar a produção precisa de chamas coloridas, uma série de testes específicos foi conduzida para cada substância química envolvida no experimento.

Cada substância passou por quatro diferentes testes nos quais tanto suas concentrações quanto as de álcool foram variadas sistematicamente. Isso permitiu avaliar de forma minuciosa como a variação das proporções entre álcool e sal afetava a cor e a intensidade das chamas resultantes. Durante a realização dos testes, as latinhas eram mantidas limpas para garantir a precisão e a consistência dos resultados em cada experimento subsequente. Essa limpeza era cuidadosamente executada, utilizando uma combinação de palha de aço e água, assegurando a remoção completa de qualquer resíduo dos testes anteriores. Após a limpeza, as latinhas eram secas e uma última análise era feita para verificar se tinham algum vestígio de resíduos.

Para controlar de forma mínima a quantidade de material, utilizou-se como padrão um dosador com capacidade aproximada de 3 ml, ver Figura 2, escolhido devido à praticidade, tamanho e com objetivo de encontrar uma proporção entre as substâncias e o álcool. Além disso, foi utilizada uma seringa de 5 ml (Figura 3) para adicionar as quantidades específicas de álcool em cada teste.

Figura 2. Dosador utilizado para medições dos sais.



Fonte: O autor.

Figura 3. Seringa usada para medir o álcool.



Fonte: O autor.

O Quadro 2 apresenta uma visão geral dos testes realizados, incluindo as substâncias utilizadas e proporções testadas.

Quadro 2: Relação entre as quantidades dos elementos químicos e as quantidades de álcool.

Teste de Proporção		Substâncias
Quantidade do sal	Álcool (mL)	
1 dosador	2	Cloreto de Sódio (NaCl) Bicarbonato de Sódio (NaHCO ₃) Sulfato de Cobre (CuSO ₄) Cloreto de Cálcio (CaCl ₂) Nitrato de Potássio (KNO ₄)
1 dosador	1	
½ dosador	2	
½ dosador	1	

Fonte: O autor.

Cada testagem foi documentada em vídeos, abrangendo todas as substâncias e proporções utilizadas. Após a realização dos testes, todas as gravações foram analisadas cuidadosamente para determinar quais combinações se mostraram mais eficientes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A montagem experimental, apresentada na Figura 4, se mostrou adequada para a proposta do experimento. A cavidade da lata concentra o material fornecendo maior homogeneidade na mistura e dando maior segurança para contenção do combustível. Assim, após a preparação das latinhas, é só acrescentar a quantidade apropriada da substância específica que produzirá a chama colorida desejada e, em seguida, adicionar a quantidade de álcool etílico necessário em cada lata e misturá-los de forma homogênea.

Figura 4. Montagem dos recipientes com a identificação das substâncias.



Fonte: O autor

A ignição das chamas é realizada com o uso de fósforos, e o resultado é uma série de chamas coloridas distintas, cada uma refletindo as propriedades de emissão luminosa das substâncias envolvidas. A Figura 5 apresenta o melhor resultado das chamas e das colorações da combustão de todos os materiais. Vale ressaltar que nem todos os detalhes e nuances de cores são possíveis de serem observados pelo registro fotográfico.

O experimento com chamas foi bem sucedido ao visualizar as cores das substâncias testadas, sendo possível observar todas as chamas propostas. Entretanto, alguns sais promoveram a observação mais clara da coloração em relação a outros. O álcool, sulfato de cobre, Cloreto de Sódio e Bicarbonato de Sódio se destacaram, exibindo chamas de cores vivas e facilmente distinguíveis. Como esperado, o Cloreto de Sódio e o Bicarbonato de Sódio apresentaram colorações muito semelhantes. Em contraste, a chama obtida a partir do nitrato de potássio apresentou uma cor lilás menos intensa, embora ainda perceptível. O Cloreto de Cálcio, no entanto, não apresentou um resultado muito nítido, pois a cor vermelha, que era esperada, apareceu de forma bem discreta, quase não visível. Essa variedade de resultados destaca como as características únicas de cada substância influenciam as emissões de luz, ressaltando a complexidade das reações químicas envolvidas.

Figura 5. Resultado do Experimento das Chamas Coloridas para as diferentes substâncias: A-Álcool; B-Sulfato de Cobre; C-Cloreto de Cálcio; D-Bicarbonato de Sódio; E-Nitrato de Potássio; F-Cloreto de Sódio.

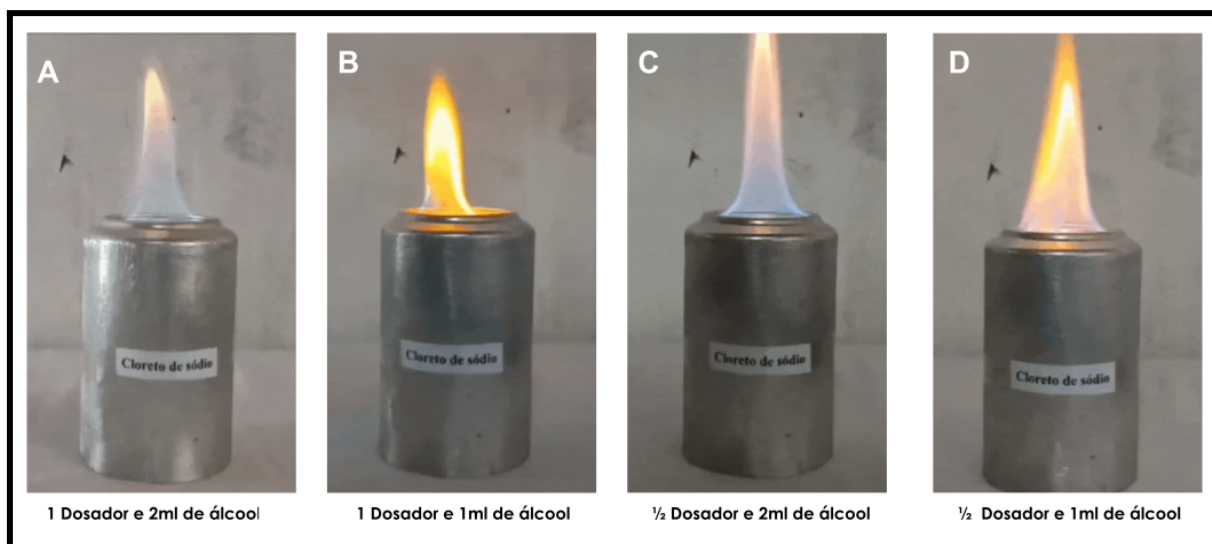


Fonte: O autor

Após uma análise detalhada dos testes realizados, constatou-se que a proporção que forneceu os melhores resultados foi a utilizando um dosador da substância em conjunto com 1

ml de álcool. A Figura 6 apresenta um exemplo da diferença de resultados nas diferentes proporções para o Cloreto de Sódio.

Figura 6. Teste com Cloreto de Sódio em diferentes proporções: A-1 dosador e 2 ml de álcool; B-1 dosador e 1 ml de álcool; C-½ dosador e 2 ml de álcool; D-½ dosador e 1 ml de álcool.



Fonte: O autor.

Nos casos em que as proporções foram diferentes daquela com melhor resultado, interpretou-se que o álcool deixou a substância muito úmida, predominando na mistura e proporcionando uma cor com tons azuis em todos os testes, o que comprometeu a observação da cor esperada. Dessa forma, foi possível observar que a quantidade de álcool deve ser apenas a necessária para deixar o composto úmido e iniciar a combustão sem a necessidade de quantidades excessivas de materiais. Todos os testes realizados foram gravados em vídeos e estão disponíveis nos links do Quadro 3 abaixo.

Quadro 3: Links dos vídeos de registro das queimas de cada substância.

Substâncias	Links
Cloreto de Sódio	https://youtu.be/zXoGtb0NZno?si=WMOEzIE-3b6qH1m0
Bicarbonato de Sódio	https://youtu.be/KbleB-gV3OQ?si=bApi1HJRweBbzN-7
Sulfato de Cobre	https://youtu.be/yuXoQjmPaWk?si=4Cc38lfJQCihwMuf
Nitrato de Potássio	https://youtu.be/bEVkyMsi7PY?si=JVdR66qEuNwZ8CnM

Cloreto de Cálcio	https://youtu.be/KN9sxVrxqaU?si=HzMrrar849Acdw25
-------------------	---

Fonte: O autor

Os vídeos estão disponíveis na íntegra sem quaisquer cortes ou manipulação de imagem e vídeo, foram apenas adicionadas legendas e feito a compilação de todos os testes de uma mesma substância em um único vídeo para facilitar a visualização das diferenças entre eles e para uma melhor organização.

3.1 Análise da viabilidade financeira do experimento

A avaliação dos custos envolvidos na condução do experimento é relevante, sobretudo em um ambiente educacional no qual os recursos financeiros frequentemente se mostram restritos. A relação a seguir, mostrada no Quadro 4, apresenta os elementos químicos necessários e seus respectivos custos, oferecendo, assim, uma avaliação precisa da viabilidade econômica.

Quadro 4: Relação entre os elementos químicos e preços.

Material	Custo (R\$)	Fonte da Compra
Cloreto de Sódio (NaCl)	0,75	Mercado
Bicarbonato de Sódio (NaHCO ₃)	2,00	Mercado
Álcool (C ₂ H ₆ H)	9,00	Mercado
Sulfato de Cobre (CuSO ₄)	37,99	BELLA_DONNA123
Cloreto de Cálcio (CaCl ₂)	18,50	SUPER BROTHERS
Nitrato de Potássio (KNO ₃)	33,90	AGROADUBO
Total	102,14	

Fonte: O autor

É importante ressaltar que os preços listados refletem o momento em que o experimento foi realizado e podem variar de acordo com a região geográfica e a época de compra.

As substâncias compradas em lojas *online* foram adquiridas em quantidades consideráveis, na ordem de um quilograma de cada uma, o que explica em parte os preços

mais elevados, uma vez que a compra em grande quantidade pode aumentar os custos unitários. A Figura 6 mostra as embalagens e aspectos gerais dessas substâncias.

Figura 6. Embalagens das substâncias: Sulfato de Cobre, Cloreto de Cálcio e Nitrato de Potássio, respectivamente.



Fonte: O autor

A aquisição em quantidades menores não se mostrou economicamente vantajosa no momento da compra, uma vez que não foram encontradas ofertas mais viáveis. No entanto, a vantagem de ter uma quantidade substancial dessas substâncias é de permitir a realização do experimento mais de 300 vezes, possibilitando uma variedade de testes durante o processo de investigação e busca por resultados relevantes no experimento.

O teste das chamas coloridas está disponível para compra por meio de um kit específico, facilmente encontrado na internet. Esse kit consiste em um recipiente com uma solução alcoólica, juntamente com a substância. O kit contém quatro substâncias, cada uma correspondendo a uma cor de chama: Cloreto de Estrôncio (vermelho), Cloreto de Bário (amarelo), Cloreto de Sódio (amarelo) e Sulfato de Cobre (verde). Ao comparar este kit com o experimento realizado neste artigo, destacam-se algumas diferenças. No experimento é obtida uma coloração a mais de chama, além deste apresentar maiores quantidades em relação ao kit pronto, o que permite muitas execuções da prática. Assim, enquanto o kit oferece comodidade imediata, o teste apresentado nesta pesquisa torna-se mais viável economicamente, tendo em vista o maior número de cores resultantes e a possibilidade de realizar o experimento diversas vezes.

3.2 Mais Aplicações do Fenômeno

O fenômeno da transição eletrônica no átomo apresenta uma grande diversidade de aplicações práticas em diferentes campos. No âmbito da Astronomia, por exemplo, a observação de estrelas e galáxias distantes se beneficia desse fenômeno:

Ao olharmos a luz que vem de uma estrela através de um espectroscópio vemos linhas (ou raias espectrais), escuras e com determinados espaçamentos. Estas linhas são produzidas pela presença de determinados elementos químicos nas camadas externas das estrelas. As distribuições de linhas nos espectros correspondem a impressões digitais de cada elemento químico. (Marranghello *et al.*, 2011, p. 21)

Ao analisar o espectro de luz emitido por esses corpos celestes, os astrônomos podem identificar as transições eletrônicas nos átomos. Essa informação é fundamental para determinar a temperatura e coloração das estrelas, pois a energia liberada está relacionada às temperaturas das diferentes cores. Dessa forma, o experimento das chamas coloridas é uma demonstração prática da relação entre a cor e a temperatura das estrelas. Estrelas mais quentes tendem a ser azuis ou brancas, enquanto estrelas mais frias são vermelhas ou laranjas. Portanto, a temperatura das chamas e a temperatura das estrelas estão interligadas através do conceito de cor e temperatura (Marranghello *et al.*, 2011).

Além disso, a transição eletrônica também é utilizada como aplicação na indústria de pirotecnia, na qual a coloração dos fogos de artifício é obtida por meio da excitação e subsequente emissão de elétrons em diferentes átomos. A manipulação cuidadosa das transições eletrônicas permite a criação de fogos com uma variedade de cores. (Melo *et al.*, 2013).

3.3 Aplicação em Sala de Aula

O experimento das chamas coloridas é uma ferramenta educacional com aplicações em diversas disciplinas, incluindo Física, Química e Ciências. Este experimento pode ser integrado ao estudo de modelos atômicos, no fenômeno da transição eletrônica e emissão de energia luminosa, quantização da energia, entre outros. Ele também pode ser utilizado como atividade interdisciplinar, unindo conceitos de várias disciplinas das ciências da natureza. Além do ambiente da sala de aula, esta prática pode ser apresentada em feiras de conhecimento ou eventos científicos. Isso oferece aos alunos a oportunidade de compartilhar suas descobertas e estimular o interesse pela ciência em outros estudantes.

A realização desse experimento em sala de aula proporciona aos estudantes uma experiência prática e interativa, permitindo que eles observem a teoria do modelo atômico em ação. Além disso, ao envolver os discentes em atividades experimentais, cria-se um ambiente propício para o desenvolvimento de habilidades científicas, como a observação, o raciocínio lógico e a interpretação de resultados. Nessa perspectiva, a BNCC propõe focalizar a criação de condições, como o uso de atividades experimentais, para que os estudantes possam

explorar os diferentes modos de pensar, interpretar fenômenos naturais e se apropriar da linguagem/cultura científica de teorias dos diversos campos da Física (Brasil, 2018).

No entanto, tanto no ambiente de sala de aula quanto em feiras de conhecimento, deve-se atentar para a segurança devido aos perigos do uso do fogo. Dessa forma, é necessário que o experimento seja realizado sob a supervisão de um professor, que pode garantir um ambiente controlado e seguro, além de fornecer orientações adequadas antes, durante e depois do experimento. Além disso, para evitar possíveis acidentes, os alunos podem participar ativamente na preparação das amostras e no registro das observações, sem a necessidade de manipular diretamente as substâncias inflamáveis. Isso minimiza os riscos potenciais associados ao manuseio desses materiais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No experimento do teste das chamas, foram utilizados os seguintes sais: cloreto de sódio, sulfato de cobre, cloreto de cálcio, bicarbonato de sódio e nitrato de potássio, tendo como combustível para a queima o álcool 70%. Durante as queimas foram observadas, respectivamente aos sais listados, as cores: amarelo/laranja, verde, vermelho, amarelo/laranja, lilás. Além disso, quando o álcool é queimado isoladamente, sem a adição de qualquer sal, produz uma chama de cor azul que foi usada juntamente com as demais no experimento.

Após os testes, observou-se que a melhor proporção entre o sal e o combustível, em termos de nitidez da cor da chama, foi obtida utilizando um dosador da substância em conjunto com 1 mL de álcool. Esta proporção permitiu uma queima eficiente do sal, produzindo uma chama mais nítida em relação aos outros testes realizados, ao mesmo tempo que minimiza o uso desnecessário de materiais. Em termos de viabilidade financeira, o custo total do experimento foi de cento e dois reais e quatorze centavos (R\$ 102,14). Este custo incluiu os sais e o combustível, permitindo que o experimento possa ser realizado mais de 300 vezes.

A comparação das cores emitidas pelas chamas, a compreensão dos saltos quânticos no modelo de Bohr, o desenvolvimento de alternativas simples para produzir chamas coloridas são aspectos abordados ao longo do estudo. A descrição do experimento e dos resultados apresentados possibilita ao professor ou estudantes interessados um embasamento da melhor forma de realizar o experimento e dos conteúdos relacionados à prática.

O experimento das chamas coloridas apresenta-se como uma estratégia pedagógica que pode ser adaptada e utilizada não apenas para explorar o modelo de Bohr, mas também outros conceitos importantes da Física, Química e Ciências. Por meio desse experimento, é

possível abordar temas como os níveis de energia, as transições eletrônicas, os espectros atômicos, as cores das estrelas e as aplicações em fogos de artifício. Dessa forma, os discentes têm a oportunidade de expandir seus conhecimentos e compreender a Física de maneira mais abrangente.

É relevante ressaltar que, embora o experimento das chamas coloridas seja uma ferramenta valiosa, ele deve ser integrado a uma abordagem pedagógica mais completa. Complementar as atividades experimentais com discussões teóricas, resolução de problemas e aplicações práticas é essencial para garantir uma aprendizagem significativa e abrangente. Os experimentos práticos, como o das chamas coloridas, fornecem um contexto tangível para os conceitos teóricos, tornando o processo de aprendizagem mais envolvente para os estudantes.

Dessa forma, a montagem do experimento, abrangendo desde a aquisição das substâncias químicas necessárias até a adaptação dos equipamentos tradicionais do laboratório por materiais alternativos, acessíveis e de baixo custo tornam o experimento não apenas econômico, mas também ecologicamente consciente. Isso o torna uma excelente opção para escolas que enfrentam restrições orçamentárias e não têm acesso aos kits de laboratório convencionais, permitindo que um número maior de alunos experimentem e compreendam os conceitos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 25, p. 176-194, 2003.

BERTOLA, Paula Bonomo *et al.* **Atividades sobre modelo atômico e a alfabetização científica**, Paraná, II seminário estadual PIBID Foz do Iguaçu, 2014. Acesso em: 15/11/2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**: ensino médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

CARVALHO, Geraldo Camargo de. **Química Moderna**: Volume Único. São Paulo: Scipione, 1997.

GIORDAN, Marcelo. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. Química Nova na Escola, v. no 1999, n. 10, p. 43-49, 1999. Acesso em: 01/11/2023.

MARRANGHELLO, Guilherme Frederico; PAVANI, Daniela Borges. Utilizando a câmera fotográfica digital como ferramenta para distinguir as cores das estrelas. **A Física na escola. São Paulo. Vol. 12, no. 1 (maio 2011), p. 20-26**, 2011.

MELO, Marlene Rios; NETO, Edmilson Gomes de Lima. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013. Acesso em: 01/11/2023.

MOREIRA, Marco. Antonio. **Desafios no ensino da física. Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021. Acesso em: 22/10/2023.

MÜLLER, Cleverton Miguel *et al.* **Teste da chama: análise de um experimento investigativo**, 2014. Acesso em: 01/11/2023.

NASCIMENTO, Janylly Ketylly Sercundes *et al.* **O ensino de química através de experimentos**. Anais II CONEQFBM. Goiânia: 2021. Disponível em: <https://eventos.congresse.me/coneqfbm/edicoes/congresso-online-nacional-de-ensino-de-quimica-fisica-biologia-e-matematica-2-edicao/anais>. Acesso em: 22/10/2023.

SCHEEREN, Ana Paula *et al.* Intervalo dirigido com experimentos e o ensino de modelos atômicos. **Encontro de Debates sobre o Ensino de Química**, 2013. Acesso em: 01/11/2023.

STUDART, Nelson. Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas. **Revista do Professor de Física**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 1–24, 2021. DOI: 10.26512/rpf.v3i3.28857. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/28857>. Acesso em: 04/01/2024.

TARGINO, Vitor Araujo *et al.* **O ensino da química como ferramenta inclusiva, uma contextualização no município de bananeiras-pb**. Anais V CONEDU... Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/48034> . Acesso em: 22/10/2023

ZANETIC, João. **Física e cultura. Cienc. Cult.** [online]. 2005, vol.57, n.3, p.21-24. ISSN 0009-6725. Acesso em: 01/11/2023.