

ESPECTROSCOPIA: UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL PARA O ENSINO NA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Spectroscopy: An Experimental Activity for Education in the Area of Natural Sciences

Pedro Paulo Araújo BARBOSA¹
Wilson Vanucci Costa LIMA²
Cesar LOBO³
Everton LUDKE⁴

RESUMO

Esta pesquisa tem o objetivo de investigar e contribuir no processo de Ensino e Aprendizagem na área de Ciências da Natureza, considerando uma atividade experimental sobre espectro atômico, utilizando caixas com tubos Geissler, uma contendo Hidrogênio e outra Hélio. Para esta atividade, foi realizada uma intervenção em uma Escola Estadual de uma cidade do interior do Rio Grande do Sul, com uma turma de segundo e uma de terceiro ano do Ensino Médio. A pesquisa foi de caráter qualitativo do tipo estudo de caso e baseou-se na Análise de Conteúdo para a análise dos dados. Para registros dos dados foram realizadas anotações durante a implementação e aplicação de um pré-questionário e um pós-questionário. A intenção foi investigar os conhecimentos prévios dos alunos e como a intervenção e o experimento contribuíram para compreensão sobre espectroscopia de forma contextualizada e dialogada. Através da intervenção, percebemos que muitos alunos se sentiram motivados em seu próprio potencial de aprendizagem e aplicação dos conhecimentos. Com uma abordagem problematizadora e dialógica, a atividade demonstrativa experimental mostrou ser útil, pois facilitou no processo de reflexão e de aproximação conceitual.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Ciências da Natureza. Espectroscopia. Experimento Demonstrativo. Tubo Geissler.

ABSTRACT

This research has the objective of investigating and contributing to the teaching and learning process in the field of natural sciences, considering an experimental activity on atomic spectrum, using boxes with Geissler tubes, one containing Hydrogen and another Helium. For this activity, an intervention was carried out in a State School of a city in the interior of Rio Grande do Sul, with two classes, one of second and one of third year of High School. The research was qualitative of the type of case study and was based on Content Analysis for data analysis. For records of the data, notes were made during the implementation and application of a pre-questionnaire and a post-questionnaire. The intention was to investigate the students' previous knowledge and how the intervention and the experiment contributed to understanding about spectroscopy in a contextualized and dialogued way. Through the intervention we realized that many students felt motivated in their own potential of learning and applying the knowledge. With a problematizing and dialogic approach, the experimental demonstrative activity proved to be useful, since it facilitated, in the process of reflection and conceptual approximation.

KEY WORDS: Teaching and learning of Natural Sciences. Spectroscopy. Demonstration Experiment. Geissler tube.

1 ESPECTRO ATÔMICO

O espectro atômico é um conjunto de linhas correspondentes a uma onda luminosa de comprimento de onda bem definido, que são emitidas ou absorvidas por um átomo durante um processo físico qualquer (GUIMARÃES, 2006). Em meados do século XIX, o físico alemão Gustav Kirchoff realizou experimentos relacionados com a emissão e a absorção de energia radiante. Em um desses experimentos, ele passou a luz solar por um prisma e conseguiu identificar que se formava um feixe colorido que era idêntico ao feixe do gás Hélio. Descobriu-se então que no sol havia esse elemento (MCEVOY; ZARATE, 2012). Diversos cientistas passaram a estudar o funcionamento dessas linhas coloridas e o porquê de cada átomo possuir feixes diferentes, sendo essa área de estudos denominada espectroscopia. Alguns anos depois, Bohr, em um de seus postulados, afirmou que um elétron ao transitar de uma órbita estacionária a outra, emite ou absorve quantidades discretas de energia. O diagrama de níveis de energia para átomos é característico de cada elemento (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982), ou seja, o espectro dos elementos atômicos funciona como uma impressão digital para os átomos. A partir de estudos de espectros atômicos, foram formuladas três leis da espectroscopia: **1. Espectro de emissão contínuo:** um corpo opaco, quente, sólido, líquido ou gasoso emite um espectro contínuo; **2. Espectro de emissão discreto:** um gás pouco denso produz um espectro de linhas brilhantes, conhecido como espectro de emissão discreto, de modo que o número e a cor dessas linhas dependem dos elementos químicos componentes do gás; **3. Espectro de absorção:** quando um espectro contínuo atravessa um gás à temperatura mais baixa, são produzidas algumas linhas escuras no espectro, conhecidas como linhas de absorção (BARROS; ASSIS; LANGHI, 2016, p. 1032).

Na educação, interações e relações entre matéria e energias atômicas também se fazem presentes em sala de aula com uma perspectiva para o Ensino e Aprendizagem na área de Ciências Da Natureza E Suas Tecnologias, sendo uma componente curricular indispensável para formação intelectual e cidadã dos estudantes, incluindo aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos de fenômenos físicos. Conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), um documento de caráter normativo, que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica e foi homologado em dezembro de 2018, os estudantes devem desenvolver competências específicas relacionadas às habilidades que devem ser alcançadas em cada uma delas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Uma dessas habilidades afirma:

Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica (BRASIL, 2018 p. 555).

Nesse excerto, o termo “cotidiano” nos remete a pensar em uma educação que possibilite a reflexão das Ciências da Natureza e suas implicações na atualidade, como algo que faz parte e também transforma o contexto do cidadão atual.

O conhecimento de radiação associada à interação matéria e energia atômica, no método de espectroscopia, está presente em diversas áreas, como medicina, engenharia, biologia, química, entre outros. O trabalho de Santos (2013) traz uma revisão de diversas técnicas de espectroscopia e

fluorescência de raios-x que tem sido utilizadas para a avaliação quali-quantitativa de espécies químicas em vários tipos de amostras. Um exemplo interessante é a de Hou (2003) que descreve um método para monitoramento de Cd, Ni, Cu e Pb em amostra de água potável.

Considerando os conceitos de espectro atômico, esta pesquisa teve a intenção de responder o seguinte problema: Quais contribuições de uma atividade experimental demonstrativa sobre espectro atômico no processo de Ensino e Aprendizagem de Ciências da Natureza no Ensino Médio?

Para atender esse problema foi aplicado um experimento demonstrativo sobre radiação de corpo negro e emissão de radiação de gases para que os estudantes pudessem observar o fenômeno, além de envolvê-los em discussões problematizadas e contextualizadas oportunizando e potencializando diálogos reflexivos.

Para realizar o experimento, utilizamos tubos Geissler, que são aparatos que possuem lâmpadas fixas, que ioniza o gás presente no sistema por meio de uma alta tensão elétrica. Esses tubos são ótimas formas de identificação das características espectrais de substâncias presentes no sistema (LOPES, 2017). Portanto, foi utilizado dois tubos Geissler (Figura 1), um contendo gás Hélio (He) e outro, Hidrogênio (H), para que os estudantes pudessem visualizar o espectro de emissão característico de cada um. Para facilitar a visualização do espectro e tornar o experimento mais seguro, construiu-se uma caixa de madeira para o tubo de Hélio, com o isolamento necessário, devido à energia elétrica, pois o tubo foi conectado a uma fonte de tensão que possuía uma entrada de 220 V e uma saída de 3000 V. O tubo que continha o Hidrogênio já estava construído conforme relatado para o tubo de Hélio. Essas caixas (Figura 2) apresentam uma fenda que possui, fixada, uma rede de difração na qual os alunos enxergavam o espectro eletromagnético de emissão e uma fenda retangular vertical para visualização dos tubos.



Figura 1: Tubos de gás de H (esquerda) e He (direita) emitindo radiação



Figura 2: Caixas contendo tubo de gás H (esquerda) e He (direita)

2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

As disciplinas como Física e Química muitas vezes são vistas pelos alunos como difíceis e abstratas, distante da sua realidade. Portanto, através de estratégias pedagógicas, é possível aproximar a realidade do aluno com as Ciências da Natureza dando sentido aos conteúdos estabelecidos nas escolas de Educação Básica. De acordo com Silva, Moura e Pino (2017), uma das estratégias de ensino alternativas aquelas tradicionais, onde o aluno é tratado como mero ouvinte, são as atividades experimentais, uma vez que estimulam o interesse do aluno sobre temas tratados em sala de aula e podem ser útil para ilustrar princípios, testar hipóteses e servir como um meio de investigação orientada.

Gil Perez e Castro (1996, p. 155) apontam alguns aspectos da ciência que podem ser exploradas por atividade experimentais, conforme descrito abaixo:

- (1) Apresentar situações problemáticas abertas;
- (2) Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
- (3) Potencializar análises qualitativas, significativas, que ajudem a compreender as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
- (4) Considerar a elaboração de hipóteses como atividade central de investigação científica, sendo este processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré concepções dos estudantes;
- (5) Considerar as análises, com atenção para os resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.), a partir dos conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes de estudantes;
- (6) Conceder uma importância especial a memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;
- (7) Ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por intermédio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

Portanto, como ponto de partida do processo de aprendizagem, sugere-se uma questão concreta de investigação, um problema a ser resolvido a partir de uma rota experimental, capaz de promover investigação e senso crítico ao aluno.

De acordo com Gaspar e Monteiro (2005), atividades experimentais de demonstração em sala de aula, sob orientação do professor, possibilitam apresentar fenômenos e conceitos de Física, cuja as explicações se fundamentam na utilização de modelos físicos e priorizam a abordagem qualitativa. Portanto, podemos definir atividade experimental demonstrativa como um processo que visa a demarcação de um problema teórico, que poderá ser resolvido de maneira experimental. Para isso, o aluno toma papel fundamental, uma vez que ao observar a atividade, ele reflete e aproxima os conceitos teóricos ao fenômeno físico. O professor, neste contexto, tem o papel de questionador, incitando o diálogo entre os alunos e instigando a participação ativa dos estudantes, tornando o ensino e aprendizagem de ciências mais próxima do cotidiano dos alunos.

As atividades experimentais de demonstração exigem a ação consciente e planejada do professor. O professor, como facilitador no processo de aprendizagem do aluno, deve evitar que os alunos fiquem apenas como espectadores, além de promover um ambiente questionador e de participação ativa dos educandos com a atividade, implicando no estágio de reflexão, interação e aproximação do conteúdo.

3 METODOLOGIA

A pesquisa é de caráter qualitativo do tipo estudo de caso. Qualitativo, pois envolve a obtenção de dados descritivos, obtido no contato direto entre o pesquisador com a situação a ser estudada, que retrata, prioritariamente, a perspectiva dos participantes envolvidos (LÜDKE;

ANDRÉ, 1986). Estudo de caso é definido como um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de modo que permita um amplo e detalhado conhecimento, que possui as seguintes etapas: formulação do problema; definição da unidade-caso; determinação do número de casos; elaboração do protocolo; coleta de dados; avaliação e análise dos dados; preparação do relatório (GIL, 2002).

O objetivo da intervenção foi investigar e contribuir no processo de Ensino e Aprendizagem de Física considerando uma atividade experimental demonstrativa sobre emissão de radiação atômica, no Ensino Médio. Para isso, utilizou-se de redes de difração e caixas contendo tubos Geissler para observação e discussão dos conceitos físicos presentes no modelo de espectro atômico.

3.1 Caracterizações dos sujeitos da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida através de um projeto de extensão da Universidade Federal de Santa Maria, que é integrado por dois professores de magistério superior em Física, um mestrando no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física e um bacharelado em Física. Para a realização do trabalho, houve uma intervenção em um colégio de ensino público localizado no município de Faxinal de Soturno, no interior do Rio Grande do Sul. A intervenção foi realizada em duas turmas do Ensino Médio, Turma 1 (T1) e Turma 2 (T2), sendo a T1 uma turma de segundo ano com vinte e dois (22) alunos e a T2 uma turma de terceiro ano com doze (12) alunos, totalizando trinta e quatro (34) alunos. O tempo de intervenção em cada turma foi de oitenta (80) minutos.

3.2 Instrumentos de coleta de dados

Para a coleta de dados, foram realizadas anotações pelo bacharelado presente, registrando a fala dos estudantes no decorrer da implementação. Foi entregue aos alunos um pré-questionário antes da atividade experimental demonstrativa, composta por duas perguntas e um pós-questionário, após a intervenção, contendo duas perguntas e no final foi entregue um material teórico sobre o tema da atividade para os alunos realizarem um estudo mais aprofundado, caso desejassem.

No pré-questionário, haviam as seguintes perguntas: *1.1 Como é possível conhecer moléculas e átomos presentes no sol, nas estrelas, nos objetos celestes, se esses corpos se encontram tão distantes de nós? 1.2 Já ouviram falar dos átomos de Hidrogênio (H) e Hélio (He)? Como é possível diferenciá-los?* No pós-questionário, foram apresentadas as seguintes perguntas: *2.1 Você observou o espectro do Hélio e do Hidrogênio. Quais suas diferenças? Como o espectro, por exemplo, do Hidrogênio se compara com o espectro da luz de uma lâmpada incandescente? 2.2 Para identificar drogas ilegais, como cocaína ($C_{17}H_{21}NO_4HCl$) e crack ($C_{17}H_{21}NO_4$), peritos criminais (geralmente servidor da polícia civil e federal) utilizam diferentes métodos. Como é possível diferenciar e identificar tais substâncias?*

Essas questões foram utilizadas na intenção de identificar o conhecimento dos alunos com os fenômenos físicos e os conceitos físicos envolvidos. O pré-questionário foi baseado no trabalho de Lopes (2017), sobre o tema “ensino de modelos atômicos por meio da experimentação” que, por meio de atividades experimentais, visava o ensino de modelos atômicos para um grupo de estudantes do Ensino Médio, além de serem utilizados para a problematização no início da atividade. A questão 2.2 do pós-questionário é uma questão desafio, baseada no trabalho de Silveira (2013), acerca do tema “Utilização de espectroscopia Raman na identificação de drogas ilícitas em perícia criminal”, que foi proposta como método útil para a identificação de substâncias ilícitas.

4 DESENVOLVIMENTO, DISCUSSÕES E ANÁLISE

Para análise, baseou-se na Análise de Conteúdo. Segundo Bardin (1977), a análise de conteúdo pode ser definida como um conjunto de técnicas que tem a finalidade de descrever sistematicamente e objetivamente as comunicações. A organização da análise se sustenta em três polos cronológicos: A pré-análise; a exploração do material; o tratamento dos resultados. A maioria dos procedimentos de análise de conteúdos organiza-se através de um processo de categorização, que é definido como uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e seguidamente por reagrupamento segundo características semelhantes. Esse processo não é obrigatório para a análise de conteúdo, mas é um procedimento facilitador no processo de entendimento da comunicação.

As análises dos dados obtidos a partir dos questionários foram discutidas em duas categorias definidas *a priori*, sendo a **Categoria A**: Processo de observação e reflexão através da interação aluno e experimento; **Categoria B**: Respostas fracas e incoerentes associados ao conhecimento dos conceitos que envolvem o fenômeno físico.

4.1 Primeiro momento da intervenção

Em um primeiro momento, com a T1, entregamos o pré-questionário em uma folha impressa. Os alunos relataram dificuldades em responder as questões e tinham receio de respondê-las. Entretanto, alertamos que poderiam responder sem receio de estarem corretos ou incorretos. Notou-se que muitos alunos desconheciam os fenômenos físicos de emissão de radiação atômica.

Depois de responderem, começamos uma discussão sobre a questão 1.1. A maioria alegou que não sabia responder à questão, porém um aluno respondeu: “Através de telescópio” (fala do aluno, registrada em 18/10/2018). Com a resposta do estudante, perguntamos: “o que sai do sol e chega ao telescópio que vocês podem observar?”. Um educando respondeu “o calor” (fala do aluno, registrada em 18/10/2018) e outro, “luz” (fala do aluno, registrada em 18/10/2018). Com isso, questionamos sobre o que são calor e luz, que é citado diálogo anterior, respectivamente; dois alunos responderam que calor é a “transferência de energia entre dois corpos” (fala dos alunos, registrada em 18/10/2018). Então, foi elucidada a transferência de energia do sol até a terra; depois, um aluno falou que “a luz que chega é amarelada” (fala do aluno, registrada em 18/10/2018). A partir deste momento, aplicamos uma atividade na qual os alunos observaram o espectro (Figura 3) de uma lâmpada incandescente, que proporciona a sensação de uma luz amarelada. Cada aluno recebeu uma rede de difração e posicionaram em frente à lâmpada incandescente. Depois de todos realizarem o processo, foi perguntado o que enxergaram. Uma parte dos alunos respondeu que viam todas as cores, na forma de “um arco íris” (fala de três alunos, registrada em 18/10/2018). Espontaneamente um aluno utilizou a lanterna do seu dispositivo móvel e observou o espectro do Led branco; ele relatou que observou “um arco íris da mesma forma da lâmpada incandescente” (fala do aluno, registrada em 18/10/2018), porém não sentia que a lanterna estava quente quando ligada. Esse fato pode ser um indicio que a atividade proporcionou ao aluno mais autonomia, pois, discutir os registros da atividade, levantar hipóteses ou refletir sobre as etapas do experimento, capacita o estudante a se tornar sujeito de sua própria aprendizagem (SILVA; MOURA; PINO, 2017).

Foi explicado o que seria um espectro de radiação contínuo, fazendo uma analogia a uma lâmpada incandescente com o sol, tratando-a como um corpo negro, pois os alunos notaram a sensação que a lâmpada estava quente enquanto ligada.



Figura 3: Espectro contínuo da lâmpada incandescente

Nesse momento, explicamos que existem dois elementos que já foram observados no sol, o Hélio e o Hidrogênio. Então, contextualizamos a questão 1.1 com a questão 1.2, perguntando como poderíamos diferir o Hélio do Hidrogênio, separadamente. A maioria não respondeu, contudo um aluno respondeu que “o Hélio é mais leve” (fala do aluno, registrada em 18/10/2018); outro falou “existe uma diferença na massa atômica” (fala do aluno, registrada em 18/10/2018); outro estudante disse que “a diferença está no elétron na camada de valência” (fala do aluno, registrada em 18/10/2018). Através destas respostas dos alunos, perguntamos como podíamos identificar as características citadas para observar os átomos. Nenhum aluno respondeu.

Em seguida, aplicamos o experimento dos tubos de Geissler, que continham gases de Hidrogênio e Hélio. Explicamos o que continha em cada caixa e então dividimos a turma em seis grupos de três pessoas e um grupo de quatro pessoas. Cada grupo se aproximava das caixas para observar o espectro dos elementos quando ligados à fonte de alta tensão que alimenta o tubo. Perguntamos a eles o que observavam no orifício que continha a rede de difração fixa em ambas as caixas. Os estudantes expressaram que viam linhas de cores específicas e espaçadas que eram diferentes em cada caixa, conforme algumas falas dos alunos abaixo:

Aluno do Grupo 2: Consegui enxergar uma listra vermelha e azul mais destacadas, diferentes da outra caixa (He) que tem listra vermelha, amarela, verde e violetas; Aluno do Grupo 5: Naquela caixa (H) tem duas listras com cores diferentes e na outra consegui ver as cores vermelha, amarela, verde, azul e violeta e algumas listras pareciam mais próximas comparadas com outras.

Nos grupos, espontaneamente, os alunos tiravam fotos do espectro dos gases contidos nos tubos. Isso é indício que a atividade mostrou ser atrativa para maioria dos alunos.

Depois que todos enxergaram os espectros, pedimos para os alunos falarem, junto com todos da turma, sobre o que foi visualizado. Nesse momento, teve uma participação colaborativa, pois alunos que esqueceram cores ou observaram algo a mais acrescentavam no relato dos colegas. Por exemplo, alunos relataram que as listras eram espaçadas assimetricamente e não apresentavam todas as cores contínuas comparada com o espectro da lâmpada incandescente. Então, foi explicado o modelo de emissão (o que é visto nas caixas) e absorção de radiação atômica (como foi descoberto o elemento Hélio, historicamente). Portanto, definimos que átomos podem emitir radiação discretamente quando recebe, nesse caso, uma descarga elétrica (ligar os tubos na rede elétrica), ou seja, foi definido o espectro discreto de emissão e absorção de radiação atômica. Após isso, foram entregues os pós-questionários e os materiais teóricos para estudo da tarefa, em casa.

4.2 Segundo momento da intervenção

No segundo momento, com a T2, entregamos o pré-questionário em uma folha impressa. Os estudantes não se sentiram desconfortáveis como na primeira turma. Após isso, foi discutido a questão 1.1 com os estudantes e dois (2) alunos relataram que poderíamos identificar átomos e

moléculas do sol através de algum aparelho específico e outros três (3) relataram que conheceríamos os átomos e moléculas através dos raios de luz, vindos do sol. Indagamos, através de suas respostas: “o que sai do sol e chega à terra que poderia ser observado?”. Novamente, um aluno respondeu “raios solares” (fala de um aluno, registrada em 18/10/2018) e outra, “calor” (fala de um aluno, registrada em 18/10/2018). Então, aplicamos o experimento da análise do espectro da lâmpada incandescente. Boa parte da turma associou o espectro observado com o arco íris e, então, neste momento, foi explicado o que seria um espectro de radiação contínuo, como foi feito com a turma anterior.

Nesse momento, explicamos que existem dois elementos que já foram observados no sol, o Hélio e o Hidrogênio. Então, contextualizamos a questão 1.1 com a questão 1.2 novamente, conforme foi realizado na primeira turma. Seis (6) alunos já haviam ouvido falar sobre tais elementos, porém, justificavam-se através de exemplos como: O balão de Hélio e os átomos de Hidrogênio constituintes da água. Portanto, foi questionando como poderíamos “ver” tais átomos, para diferenciá-los. Os alunos não souberam responder. Então, em seguida, aplicamos o experimento dos tubos de Geissler e dividimos a turma em quatro grupos de três pessoas. Os alunos, espontaneamente, tiravam fotos do espectro dos gases contidos nos tubos. Diferente da turma T1, neste momento foi discutido, com toda a turma, o que eles observaram. Os estudantes também expressaram que viam linhas de cores específicas e espaçadas que eram diferentes em cada caixa e que as cores eram diferentes se comparadas com a lâmpada incandescente.

Então, foi explicado o modelo de emissão e absorção de radiação atômica conforme foi realizado na turma T1. Após isso, foram entregues os pós-questionários e os materiais teóricos para estudo da tarefa, em casa. No final da atividade, uma aluna questionou-nos acerca do espectro contínuo da lâmpada incandescente, perguntando se aquele fenômeno seria o mesmo presente na capa de um famoso álbum da banda de música *Pink Floyd*, intitulado “*The Dark Side of the Moon*”. Explicamos que sim, ambos apresentavam a dispersão da luz branca (ou amarelada). Esse fato mostra que a aluna relacionou o conteúdo com o que já havia vivenciado, tendo indícios que os conceitos que envolviam a atividade interagiram com conhecimentos prévios dela. Nesse sentido, Silva, Moura e Pinto (2017) enfatizam que o processo de ensino e aprendizagem não deve ter enfoque na doutrinação do aluno para agir de uma maneira singular, mas sim permitir a reflexão acerca do fenômeno físico e da realidade contextual do estudante.

4.3 Sobre o pós-questionário

Categoria A: Com os dados do pós-questionário, em relação a questão 2.1, quinze alunos da turma T1 sabiam diferenciar os espectros discretos dos diferentes elementos e o espectro contínuo, o que pode ser observado através de algumas extrações de respostas, como relatado abaixo:

Aluno 3: as cores que o Hélio **emite** são diferentes da que o Hidrogênio **emite** e a lâmpada incandescente emite todas as cores; Aluno 5: Os elementos **emitem** cores diferentes um do outro, diferente da lâmpada incandescente que **emite** todas as cores; Aluno 10: O Hélio tem o **espectro distinto** e a lâmpada emite um **espectro contínuo**; Aluno 12: O Hélio **emite** quatro cores e o Hidrogênio emite duas cores e a lâmpada emitiu todas; Aluno 18: O Hélio tem uma sequência e emissão de radiação diferente ao do Hidrogênio e a lâmpada **emite** um **espectro contínuo** de cores; Aluno 21: As cores de **emissão** são diferentes e o número de linhas não é o mesmo de cada um.

Na turma T2, dez souberam diferenciar os espectros discreto e contínuo, o que pode ser observado da extração de algumas respostas abaixo:

Aluno 3: As cores são **diferentes**, já que cada um possui sua singularidade (identidade) e a lâmpada incandescente **emite** todas as cores; Aluno 5: O Hidrogênio e o Hélio **emitem**

linhas de cores distintas e lâmpada incandescente **emite** todas as cores. Aluno 8: Os seus **espectros são diferentes** e a da lâmpada é um espectro contínuo. Aluno 9: O Hélio e o Hidrogênio **emitem energia de diferentes** cores um do outro, enquanto a lâmpada não **emite** luz com linhas em destaque.

Muitos alunos associaram o conceito de cor com emissão de energia, pois, no experimento, são as cores que estão associadas ao espectro visível. Perceberam, também, que cada elemento, o Hidrogênio e o Hélio, emitem energias diferentes. Além disso, de acordo com resultados de Gaspar e Monteiro (2005), uma atividade demonstrativa experimental pode promover o melhoramento do vocabulário científico, como observado em algumas falas dos alunos mencionado acima.

Em relação à questão 2.2, que é uma questão aberta, dez alunos da T1 associaram o método da espectroscopia para diferenciar tais drogas ilegais, conforme os trechos abaixo:

Aluno 1: Posso diferenciá-los pelos **espectro que emitem**; Aluno 2: diferencia-se por não possuírem o mesmo **espectro**; Aluno 4: A molécula de Crack não possui o HCl, então o **espectro de emissão** vai ser **diferente** uma da outra; Aluno 16: Pelo **espectro de cada elemento**; Aluno 10: Identificando o **espectro de cada substância**, pois cada substância tem o seu próprio espectro; Aluno 18: Pois eles emitem **espectro diferente**.

Na turma T2, oito alunos, conforme trechos abaixo, souberam associar o método de espectroscopia para diferenciar as drogas ilícitas:

Aluno 5: Aplicando **espectroscopia** para diferenciar as moléculas contidas em cada droga; Aluno 7: Podemos diferenciar com a luz que eles **emitem**; Aluno 6: O **espectro** é diferente, devido a composição das moléculas serem diferentes; Aluno 8: Observando o **espectro** de cada um, pois cada substância possui moléculas diferentes; Aluno 9: As moléculas são diferentes, então podemos analisar o **espectro de emissão** de cada elemento.

A maioria dos alunos conseguiu associar o fenômeno de emissão de energia atômica com o método de espectroscopia para identificar diferentes elementos. O experimento e a abordagem dialogada e problematizadora com os estudantes facilitou no processo de reflexão e de aproximação, fazendo os alunos interagirem com a física e perceberem, pela observação e pelas provocações colocadas por nós, que a espectroscopia está presente e colabora nas atividades do cotidiano. Isso implica em um indicativo do desenvolvimento de competência do aluno segundo a BNCC (BRASIL, 2018, p. 554), ou seja, tornar o aluno capaz de avaliar potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias relacionado a fenômenos de matéria e energia.

Vale ressaltar que o pós-questionário não foi realizado individualmente, eles discutiram entre si enquanto respondiam, portanto, as respostas vieram de modo colaborativo.

Categoria B: Na turma T1, três alunos não responderam à questão 2.1, na folha impressa, afirmando que não sabiam. Outros alunos explicaram a diferença pelo tamanho e intensidade das cores, como citado nos trechos abaixo:

Aluno 1: O Hélio tem listras, o Hidrogênio possui cores, como a incandescente; Aluno 17: A diferença está **no tamanho da luz**; Aluno 20: No Hélio, as cores são **mais fortes**, no Hidrogênio, são **mais fracas**.

Na turma T2, dois alunos assinalaram, na folha impressa, que não sabiam a resposta. O mesmo aconteceu na questão 2.2, na qual é uma questão aberta e, por isso, vários alunos da turma T1 e alguns da turma T2 expressaram que não sabiam responder. Isso pode ser uma evidência que não ocorreu aprendizagem desses alunos através dessa abordagem experimental, uma vez que a interação do aluno com o experimento, colegas e professores é um passo fundamental para a

aprendizagem do estudante (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Grande parte dos alunos presentes na sala não sabiam do que se tratava a espectroscopia. No início da atividade, os alunos se sentiam inseguros em responder as perguntas, pois eles pressupõem que estarão errados ao responder ou que não deveriam emitir suas opiniões, por medo de cometerem alguns erros. Porém, através do diálogo e dos questionamentos, os alunos começaram a interagir entre eles e com os professores sobre o conteúdo estudado. Durante a atividade, alguns alunos relacionaram o que eles já haviam visto com o que estava sendo realizado, ou seja, conceitos construídos estavam interagindo com conhecimentos prévios dos mesmos.

Percebemos que uma atividade demonstrativa experimental se mostra útil, pois investe na confiança e autonomia dos alunos, uma vez que se sentem motivados em seu próprio potencial de aprendizagem e aplicação dos conhecimentos. A atividade experimental de demonstração, compartilhada por toda classe sob a orientação do professor, em um processo interativo que de certa forma simula a experiência vivencial do aluno fora da sala de aula, enriquece e fortalece conceitos espontâneos associados a essa atividade e pode oferecer os mesmos elementos de força e riqueza, característicos desses conceitos, para a aquisição dos conceitos científicos que motivaram a apresentação da atividade (GASPAR e MONTEIRO, 2005).

O papel do professor como questionador, nesse aspecto, se torna fundamental, pois pode proporcionar o diálogo reflexivo e uma problematização aliada à experimentação, favorecendo uma participação ativa dos alunos, ajudando-os a consolidar a construção do conhecimento e superar os obstáculos da aprendizagem.

Desta forma, podemos considerar que a atividade experimental proporcionou a maioria dos estudantes uma melhor compreensão do fenômeno físico envolvido, tornando-os mais articulados em relação ao conceito e aplicabilidade da espectroscopia, uma vez que os alunos conseguiram relacionar os conceitos estudados com o contexto no qual estão inseridos.

REFÊRENCIAS

- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 1977.
- BARROS, L. G.; ASSIS, A.; LANGH, R. Proposta de construção de espectroscópio como alternativa para o ensino de Astronomia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 33, n. 3, p. 1026-1046, dez. 2016.
- BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular**. A ETAPA DO ENSINO MÉDIO - A área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 2018.
- GASPAR, A; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. In: **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos e pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIL PEREZ, D.; CASTRO, P. V. **La orientacion de las practicas de laboratorio como investigacion: un ejemplo ilustrativo**. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v.14, n.2, 155- 163, 1996.
- GUIMARÃES. P. S. **Minivocabulário de Física**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2006.
- HOU, X. D. et al. Determination of trace in drinking water using solid-phase extraction disks and X-rays fluorescence spectrometry. **Applied Spectroscopy**. v. 57, n. 3, p. 338-342, 2003.

LOPES, R. O. **O ensino de modelos atômicos por meio da experimentação.** 2017. Dissertação (Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação:** abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MCEVOY, J. P.; ZARATE, O. **Introducing Quantum Theory: A Graphic Guide.** São Paulo: Leya, 2012.

OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **FÍSICA PARA CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E BIOMÉDICAS.** São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

SANTOS, E. S. et al. Espectroscopia de fluorescência de raios-x na determinação de espécies químicas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia. v. 9, n. 17, p. 3413-3432. 2013.

SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; PINO, J. C. D. Atividade experimental problematizadora (AEP) como uma estratégia pedagógica para o ensino de ciência: aportes teóricos, metodológicos e exemplificação. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.12, n. 17, p. 177-195, 2017.