



INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO

Campus Ipojuca

Curso de Licenciatura em Química

ALLISSON MATHEUS CHAVES DA SILVA

**INTER-RELAÇÃO ENTRE QUÍMICA E FÍSICA: uma proposta para o ensino do  
modelo atômico de Bohr através da espectroscopia estelar**

IPOJUCA

2020

ALLISSON MATHEUS CHAVES DA SILVA

**INTER-RELAÇÃO ENTRE QUÍMICA E FÍSICA: uma proposta para ensino do  
modelo atômico de Bohr através da espectroscopia estelar**

Monografia apresentada à Coordenação de Graduação em Licenciatura em Química do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Licenciado(a) em Química.

Orientador(a): Prof. Ms. Robson Lima Pereira do Nascimento

IPOJUCA

2020

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca do IFPE – *Campus* Ipojuca

S586i Silva, Allisson Matheus Chaves da

Inter-relação entre química e física: uma proposta para ensino do modelo atômico de Bohr através da espectroscopia estelar/Allisson Matheus Chaves da Silva; orientador: Robson Lima Pereira do Nascimento. - Ipojuca, 2021.

54f.: il.-

Monografia (Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, *Campus* Ipojuca, Ipojuca, 2021.

1. Espectroscopia 2. Análise espectral 3. Átomos - Modelos 4. Físico-química I. Nascimento, Robson Lima Pereira do (orient.) II. Título

CDD 23<sup>th</sup> ed. – 522.67  
Thiago Melo – CRB-4/1571

**INTER-RELAÇÃO ENTRE QUÍMICA E FÍSICA: uma proposta para o ensino do modelo atômico de Bohr através da espectroscopia estelar.**

Trabalho aprovado. Ipojuca, 23/12/2020.

---

Professor Orientador: Me. Robson Lima Pereira do Nascimento

---

Técnica: Ma. Danielle de Farias Tavares Ferreira

---

Professor: Me. José Adonias Alves de França

---

Professora: Ma. Simone de Melo Oliveira

Dedico este trabalho aos meus familiares e minha noiva, por serem os pilares da minha formação e a coluna forte nos momentos de dificuldades.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por me proporcionar sabedoria para a execução deste trabalho e força nos momentos de dúvidas.

Aos meus pais Eliane Chaves da Silva e Nilson José da Silva por todo apoio e pela educação que me proporcionaram, pelo incentivo, conselhos e inspiração de força e coragem.

Ao meu irmão Samuel Victor Chaves da Silva pela atenção, compreensão e palavras de conforto sempre que foi preciso e ao meu irmão de consideração Demétrios Lucas da Silva, pelos conselhos, dicas, ajuda e todo apoio prestado.

À toda minha família, em especial a minha tia Edna Chaves que sempre me apoiou e acreditou nos meus sonhos, sempre se dispôs a conversar sobre as adversidades da vida e me ajudou com seus valiosos ensinamentos.

À minha amada noiva Tainá Maria da Silva Gomes por estar sempre ao meu lado, ouvindo minhas reclamações, me aconselhando e me ajudando nas dificuldades, por compreender, acima de tudo, a dedicação posta neste trabalho.

Ao meu Orientador Robson Lima Pereira do Nascimento pelas importantes prestações, a respeito do trabalho elaborado e os conselhos para o futuro.

Aos meus amigos: Cristian, Erik, Danilo, Darly, Joctã, Alan, Renato, Matheus (Teteu), Thiago e Jardel.

Aos meus pastores Ailton e Rubia, por todo apoio e aconselhamento.

Aos meus companheiros de trabalho, Leonildo, Giane, Julianno, Dayana, Daniel, Flávio, Sr. Ribeiro, Bartolomeu, Eron e Soraya, que sempre compreenderam a necessidade da minha formação e me ajudaram a trilhar este caminho.

A todos os meus amigos do curso de graduação que contribuíram direta ou indiretamente com a minha formação.

Também gostaria de agradecer ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia, Campus Ipojuca, ao seu corpo docente que sempre se comprometeu com o ensino de qualidade e excelência, a professora Simone de Melo e a coordenação do curso de Licenciatura em Química.

Que maravilhoso e surpreendente esquemas temos aqui da magnífica imensidão do universo. Tantos Sóis, tantas Terras...!

**(Christian Huygens)**

## RESUMO

O ensino de Química é tido como desafiador, apesar de apresentar a possibilidade de utilizar a experimentação, tratar dos modelos atômicos pode parecer inconcebível, mas a utilização da contextualização e interdisciplinaridade permite uma facilitação do processo de ensino aprendizagem. Deste modo, o trabalho apresentou a Espectroscopia Estelar como proposta para o ensino dos modelos atômicos, sobretudo, o Modelo Atômico de Bohr. A fim de atingir esta proposta, apresentou-se os conceitos sobre a matéria do ponto de vista filosófico, bem como a ideia de átomo exposta por Demócrito e Leucipo. A utilização da História como alicerce do Modelo Atômico de Bohr, surgiu com a apresentação em ordem cronológica dos modelos anteriores e das problemáticas que os tornaram obsoletos, já a apresentação do Modelo Atômico de Bohr, foi acompanhada da explicação das linhas espectrais e de como, elas, servem de base para se obter informações nos espectros estelares. A metodologia utilizada nesta pesquisa foi a pesquisa-ação, onde primeiramente se aplicou uma ação pedagógica, verificando os seus efeitos e aplicando um questionário, responsável por coletar dados que permitiram elaborar conclusões nesta pesquisa. O questionário foi dividido em dois eixos, o primeiro eixo teve como objetivo perceber a compreensão dos estudantes sobre a temática abordada, o segundo eixo, por sua vez, permitiu o estudante avaliar a prática pedagógica, permitindo perceber quais as concepções dos estudantes a respeito de práticas deste cunho. A utilização de metodologias baseadas em contextualização e interdisciplinaridade, permitiu concluir que a Espectroscopia Estelar pode explicar o Modelo Atômico de Bohr de forma mais eficaz, auxiliando a formação científica e crítica dos estudantes.

**Palavras-chave:** Modelo Atômico de Bohr. Espectroscopia Estelar. Contextualização. Interdisciplinaridade.

## ABSTRACT

The teaching of Chemistry is considered challenging, despite presenting the possibility of using experimentation, dealing with atomic models may seem inconceivable, but the use of contextualization and interdisciplinarity allows a facilitation of the learning teaching process. Thus, the work presented stellar spectroscopy as a proposal for the teaching of atomic models, especially the Bohr Atomic Model. In order to achieve this proposal, the concepts about matter from the philosophical point of view were presented, as well as the idea of an atom exposed by Democritus and Leucippus. The use of history as the foundation of Bohr's Atomic Model, arose with the presentation in chronological order of the previous models and the problems that made them obsolete, since the presentation of Bohr's Atomic Model, was accompanied by the explanation of the spectral lines and how they serve as the basis for obtaining information in the stellar spectra. The methodology used in this research was action research, where a pedagogical action was first applied, verifying its effects and applying a questionnaire, responsible for collecting data that allowed to elaborate conclusions in this research. The questionnaire was divided into two axes, the first axis aimed to perceive the students's understanding of the theme addressed, the second axis, in turn, allowed the student to evaluate the pedagogical practice, allowing to understand the students's conceptions about practices of this nature. The use of methodologies based on contextualization and interdisciplinarity allowed us to conclude that Stellar Spectroscopy can explain Bohr's Atomic Model more effectively, assisting the scientific and critical training of students.

**Keywords:** Bohr's Atomic Model. Stellar spectroscopy. Contextualization. Interdisciplinarity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dalton.....	15
Figura 2 - Ampola de Crookes submetida a um campo elétrico externo e uniforme.....	16
Figura 3 – Variação da intensidade de um corpo negro.....	24
Figura 4 – Espectros.....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados. Eixo I.....	37
Tabela 2 - Resultados. Eixo II.....	38

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	16
2.1	A ESPECTROSCOPIA E O ÁTOMO DE BOHR:.....	16
2.1.1	O Átomo .....	16
2.1.2	A Natureza Elétrica da Matéria.....	17
2.1.3	O Modelo Atômico de Thomson e Rutherford.....	18
2.1.4	O átomo de Bohr e as linhas espectrais .....	20
2.2	Histórico da espectroscopia.....	23
2.2.1	Espectroscopia Estelar.....	24
3	ABORDAGEM DO ÁTOMO DE BOHR NO ENSINO.....	28
3.1	O que os documentos preconizam sobre o ensino de Química.....	28
3.1.2	Importância da espectroscopia no ensino do Átomo de Bohr.....	31
3.1.3	A abordagem da espectroscopia estelar no Ensino Médio, uma alternativa para melhor compreensão do modelo atômico de Bohr .....	34
4.	METODOLOGIA .....	35
5.	RESULTADOS E ANÁLISE .....	37
6.	CONCLUSÃO .....	40
	REFERÊNCIAS .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

A astronomia é uma temática que chama atenção de toda a população, desde os primórdios dos tempos, o cosmo é motivo de grande curiosidade da humanidade, com a evolução do tempo e da ciência, as informações sobre o cosmo começaram a ser colhidas e, sendo assim, as teorias da formação do universo se moldaram. Na educação, estas temáticas deveriam ter uma maior ênfase no ensino de ciências da natureza, em Química e Física, foi percebido a oportunidade de trabalhar com a espectroscopia estelar.

A espectroscopia estelar é uma técnica utilizada pelos astrônomos para obter informações de estrelas, com base em suas linhas espectrais específicas. Sabendo disso, há uma possibilidade para o ensino de Química a partir da espectroscopia, já que o modelo atômico desenvolvido pelo físico Dinarmques Niels Bohr, em 1913, explicou, sublimemente, as linhas espectrais e sendo assim é possível a utilização deste contexto para embasar o ensino dos modelos atômicos.

Normalmente, a espectroscopia é uma temática trabalhada no componente de Física, pensando sobre temas que envolvem outras áreas do conhecimento, (GUIMARÃES, LEVY E POMBO, 1993; BICALHO; OLIVEIRA, 2011) refletem sobre a importância do uso da interdisciplinaridade no ensino, para romper as barreiras que podem surgir neste processo. Portanto, a inter-relação entre Química e Física, aparece como uma alternativa promissora para o ensino dos modelos atômicos, já que na natureza os fatos não ocorrem isoladamente, e estão em constante relação.

A contextualização é uma possibilidade que permite a relação entre os componentes curriculares, realidade e teoria; (LOPES, 2002; KATO; KAWASAKI, 2011) fazem considerações sobre a utilização da contextualização, abordando sua relevância, sobre o ponto de vista dos documentos norteadores, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, PCN+, Base Nacional Comum Curricular. (BRASIL, 1996; 2006; 2017) orientam os professores a desenvolverem práticas pedagógicas que facilitem o entendimento dos estudantes e explorem os contextos para alcançar a real compreensão do mundo e das transformações que ocorrem nele.

Segundo Frigotto (2008), a interdisciplinaridade se impõe como necessidade e como problema fundamentalmente no plano material histórico-cultural e no plano epistemológico. Deste modo, na prática, a utilização de uma prática pedagógica

relacionando a Química e a Física por meio da Espectroscopia Estelar, é capaz de promover um melhor entendimento do modelo atômico de Bohr.

Este trabalho visa apresentar a espectroscopia estelar como proposta para o ensino do Modelo Atômico de Bohr, permitindo que seja feita uma relação entre este modelo e o seu uso concreto. Para isto foi necessário mostrar a concepção da matéria contínua e dos elementos fundamentais de sua constituição sobre a óptica pré-socrática, bem como a quebra destes paradigmas com os conceitos pensados por Demócrito e Leucipo, dois filósofos pluralistas que desenvolveram, principalmente, conceitos sobre a constituição da matéria, cosmologia, etc; expor a concepção dos modelos atômicos, numa perspectiva cronológica, dando ênfase aos seus contextos históricos e aos problemas que os tornaram obsoletos; explicar como o Modelo Atômico de Bohr pôde esclarecer os problemas das linhas espectrais vistas em espectros de gases, fazendo uso dos conceitos de energia mostrados pela Quântica e demonstrando como, a partir dos espectros estelares, é possível obter informações sobre estrelas, promovendo uma análise espectral por parte dos estudantes.

Pensar em uma prática pedagógica que conceba a contextualização, relacione as ciências e, deste modo, possibilite um melhor pensamento e compreensão de mundo; permite que os estudantes consigam entender que as ciências são parte de um todo, e que, como parte deste todo, serve para explicar o mundo, os acontecimentos, as transformações e os resultados das ações humanas nele.

A prática realizada propõe uma quebra nas barreiras existentes, que dificultam a contextualização e as relações entre os componentes, fazendo com que a percepção das Ciências Naturais ocorra de maneira mais natural, interdisciplinar e lógica.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A ESPECTROSCOPIA E O ÁTOMO DE BOHR:

#### 2.1.1 O Átomo

A filosofia natural teve como grande problemática o entendimento sobre a matéria. Este tema, rondou entre os filósofos gregos pré-aristotélicos, que buscavam compreender a natureza, e esta procura foi o grande combustível para o início do entendimento sobre os Átomos. Foi estabelecida, então, a existência dos “elementos” que determinava a matéria; pensadores antes de Aristóteles imaginaram que a Água, Ar, Fogo e Terra, eram os elementos constituintes de toda matéria existente. Aristóteles, por sua vez, imaginou que a formação do Universo e da matéria, era uma combinação destes quatro elementos.

A resposta elaborada pelos atomistas não fez qualquer recurso ao que, na conceituação aristotélica posterior, corresponderia às modalidades causais de forma e finalidade, constituindo, sob um olhar retrospectivo, um primeiro exemplo de um modo de pensamento que se tornaria posteriormente o paradigma da ciência moderna. (PORTO, 2013, p. 2)

Demócrito e Leucipo, por volta de 400 a.C imaginaram algo sobre a matéria. Eles pensaram que uma matéria poderia ser dividida em pedaços tão pequenos que em determinado momento não teria mais como dividi-las. De acordo com Porto (2013), “para Leucipo e Demócrito, o mundo material é composto de infinitos entes minúsculos, incriáveis e indestrutíveis, denominados átomos”. Estes entes foram denominados *Átomo*, palavra proveniente do *Latim*, onde (a) é um prefixo de negação e (tomo) significa divisão, portanto, a palavra *Átomo*, simboliza a existência de uma partícula tão pequena que não poderia ser dividida.

No século XVI, em pleno Renascimento, o atomismo de Leucipo e Demócrito, e a ideia Epicuro, foram retomados e serviram de embasamento aos estudos da Física naquela época e influenciou cientistas como Newton, Galilleu e outros.

Foi apenas em 1808 que o Físico e Químico Britânico, John Dalton (1766-1844) estabeleceu um modelo atômico que satisfazia o entendimento de matéria da época. De acordo com Dalton, o *Átomo* era uma esfera maciça, indivisível, indestrutível, imperecível e sem carga elétrica, atendendo a compreensão de matéria daquela época.

A Teoria Atômica, porém, não teve uma aceitação pronta e universal; muito pelo contrário. Apesar do apoio de químicos eminentes como Berzelius, muitos outros cientistas de renome relutaram em aceitá-la. A determinação experimental dos pesos atômicos permaneceu precária por muito tempo, e a confusão que

frequentemente se fazia entre átomos e moléculas ajudou a manter a incerteza. (FIGUEIRAS, 2004, p. 43)

Com a evolução da ciência foi percebido que a proposta de Dalton envolvia alguns equívocos, equívocos estes relacionados, principalmente, com a natureza elétrica da matéria, permitindo o desenvolvimento de novas teorias atômicas e de um melhor entendimento da matéria e das características peculiares a ela.

**Figura 1 - John Dalton**



Fonte: UNICENTRO, 2016.

### **2.1.2 A Natureza Elétrica da Matéria**

Apesar da grandiosidade de John Dalton na elaboração de um modelo atômico, a existência de problemas que não podiam ser explicados pela “bola de bilhar” era inegável. O que mais perturbava os cientistas posteriores a Dalton era a não explicação dos acontecimentos de característica elétrica da matéria e isso foi potencializado durante quase todo o século XIX com a intensificação de estudos na área de elétrica.

“Os primeiros indícios importantes relativos à natureza da eletricidade e à estrutura elétrica dos átomos foram obtidos em 1833, como resultado dos experimentos de Faraday sobre a eletrólise. (MAHAN; MYERS, 1995, p. 266)”

As implicações dos resultados experimentais de Faraday foram reconhecidas por G.J. Stoney, em 1874, que sugeriu o nome elétron para a partícula elétrica fundamental. Entretanto, nenhuma evidência experimental clara da existência e das propriedades dos elétrons foi encontrada até 1987. (MAHAN; MYERS, 1995, p. 266)

Os cientistas da época perceberam que: Se uma alta diferença de potencial for aplicada em um gás à pressão baixa, o recipiente onde encontra-se este gás começa a florescer.

Até 1890, vários pesquisadores haviam demonstrado que esta fluorescência aparecia devido ao bombardeamento do vidro por algum tipo de “raio”. Tais raios

se originam no catodo (eletrodo negativo) e caminham em linha reta até o eletrodo negativo ou as paredes do tubo. (MAHAN; MYERS, 1995, p. 266).

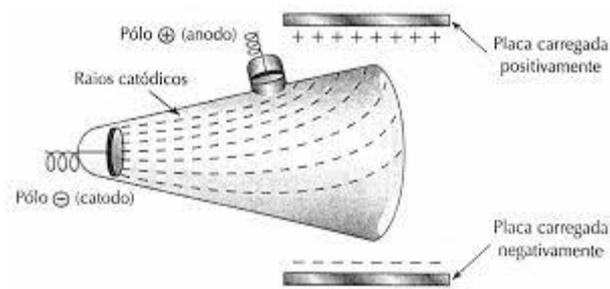
Estes experimentos potencializaram cada vez mais a existência da natureza elétrica da matéria, porém nenhum dos experimentos elaborados por Faraday e por outros cientistas da época traziam embasamentos matemáticos e filosóficos para a explicação de um átomo carregado eletricamente.

### 2.1.3 O Modelo Atômico de Thomson e Rutherford

Thomson em 1897 verificou que quando os raios catódicos eram submetidos a um campo elétrico e colidiam com o eletrodo de um eletrômetro, apresentava uma carga elétrica negativa, ele percebeu que esta carga elétrica estava presente independentemente dos gases usados nos experimentos de descarga, dando a entender que esta carga não era específica a algum gás, ou átomo, e sim que a sua existência poderia ser verificada em todos os átomos de todos os elementos.

A partir desta ideia de Thomson foi estabelecido através deste experimento a relação  $e/m$  destes raios, logo esta carga deveria ser provocada por alguma subpartícula até então desconhecida.

**Figura 2 - Ampola de Crookes submetida a um campo elétrico externo e uniforme**



Fonte: Monitoria online, 2006.

O modelo de Thomson foi influenciado pelo experimento da gota de óleo de Millikan, um cientista norte-americano, nascido em 1868, Illinois, ganhador do prêmio Nobel de Física de 1923, pela determinação da carga fundamental, comprovando que a eletricidade é constituída por partículas. Em seu experimento, ele eletrificou gotas de óleo e aplicou um campo elétrico, verificando a resposta das gotas por um microscópio

e a ação da força gravitacional quando o campo elétrico era desligado, Millikan estabeleceu matematicamente, calculando a velocidade gota carregada sobre a aceleração da gravidade a carga fundamental elementar ( $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ), aplicando esta carga na relação  $e/m$ , verificada por Thomson, determinou a massa de  $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ , ao elétron.

Thomson pode propor um modelo atômico capaz de explicar a natureza elétrica da matéria, este modelo atômico ficou conhecido como pudim de passas, pois, segundo ele, os elétrons estavam incorporados numa massa uniformemente positiva, neutralizando a carga negativa do elétron, lembrando um pudim (massa positiva) de passas (elétron). Thomson trouxe grandes contribuições à atomística em geral. O seu grande marco foi a elaboração de um modelo atômico que explicava propriedades que o modelo de Dalton não podia explicar.

Rutherford (1871-1937), por sua vez, em 1909, elaborou um experimento que permitiu um melhor entendimento sobre a estrutura atômica, ao contrário das conclusões elaboradas por Thomson, Rutherford não contou com a influência de outros cientistas, ou experimentos, para concluir o seu pensamento. “O Espalhamento de Partícula  $\alpha$  por folhas de metal, talvez seja o experimento isolado que mais tenha influenciado o desenvolvimento da teoria atômica. (MAHAN; MYERS, 1995)”.

Este experimento se resumia em um feixe de partícula  $\alpha$  orientado para colidir com uma fina folha de metal, onde foi possível verificar que a maioria das partículas atravessavam a folha sem sofrer nenhum tipo de difração, mas algumas outras apresentavam desvios que chegavam até  $180^\circ$ . O fato da existência de alguns poucos desvios, inferia que a carga responsável por estes desvios deveria estar concentrada em uma região muito pequena do átomo.

O experimento de Rutherford ia de encontro ao que fora proposto por Thomson, em seu Modelo “pudim de passas”; Rutherford percebeu uma diferença na distribuição de massa e carga do átomo, e que existia um repleto “vazio” no, até então, menor componente da matéria. Sendo assim, a sugestão de Rutherford era de um núcleo, muito pequeno, eletricamente positivo circundado de elétrons, o que explicava a neutralidade da matéria. Este modelo ficou conhecido como “sistema solar”, pela similaridade com o nosso sistema planetário.

O modelo atômico de Rutherford, entretanto, apresentara algumas deficiências, segundo a Física Clássica; se o elétron estivesse parado no átomo, o núcleo

eletricamente positivo atrairia os elétrons negativos, e se os elétrons circundassem o núcleo, existiria uma dissipação de energia, por parte dos elétrons, interrompendo a trajetória translacional do elétron, atraindo-o para o núcleo em forma helicoidal.

#### 2.1.4 O átomo de Bohr e as linhas espectrais

Dois anos após o modelo de Rutherford ser proposto, Niels Bohr viria responder as contrariedades do modelo atômico planetário. Ele utilizou uma teoria nova, chamada quântica do Físico Max Planck (1858-1947), para explicar o porquê da não dissipação de energia dos elétrons e a não atração dos elétrons pelo núcleo, cujo comprometeria a estabilidade da matéria.

Segundo Bohr, o átomo era composto de um núcleo positivo, rodeado por elétrons em órbitas bem definidas, chamadas de órbitas estacionárias, a sua teoria visava explicar as carências encontradas no Modelo de Rutherford. Sendo assim, Bohr publicou os postulados que viriam justificar a presença dos elétrons em órbitas, sem a perda de energia.

Postulados de Bohr:

1. No átomo, os elétrons só podem estar em estados estacionários, com energias fixas;
2. Os elétrons em órbitas estacionárias, não emitem nem absorvem energia, mas ao saltarem de uma órbita para outra, os elétrons emitem ou absorvem energia;
3. Os elétrons quando nos estados estacionários, percorrem uma órbita circular em volta do núcleo.
4. Os estados eletrônicos permitidos são aqueles nos quais o momento angular do elétron é quantizado em múltiplos de  $h/2\pi$ .

O átomo de Bohr não estava correto em sua totalidade, mas a apresentação do modelo Bohr teve a capacidade de explicar os fenômenos observados por Rutherford, juntamente com a explicação das linhas espectrais observados em átomos na forma de gás.

“A série de linhas discretas que formam o espectro dos átomos de hidrogênio foi um enigma para os espectroscopista da época. Eles se perguntavam como um átomo podia emitir exclusivamente certas frequências de radiação eletromagnética e não todas simultaneamente”. (ATKINS; JONES, 2006, p. 128)

As linhas discretas ou linhas espectrais, são linhas escuras observadas ao longo de um espectro contínuo, as primeiras contribuições de Niels Bohr foram na justificativa dos espectros atômicos de hidrogênio. O primeiro a verificar um modelo nas linhas espectrais, foi o professor da Universidade da Basileia, o suíço Joseph Balmer (1825,1898) onde ele percebeu que as frequências das linhas, até então conhecidas, obedeciam a expressão:

$$\nu \propto \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}$$

Com a evolução dos estudos na área de espectroscopia e a descoberta de outras linhas espectrais, um cientista sueco chamado Rydberg (1854-1919) desenvolveu uma expressão, muito similar à de Balmer:

$$\nu = R \left( \frac{1}{\eta_1^2} - \frac{1}{\eta_2^2} \right)$$

A constante R, denominada constante de Rydberg, tem o valor de  $3,6 \times 10^{15}$  Hz e a expressão serve para verificar a frequência onde há uma aparição das linhas espectrais, levando em consideração as órbitas finais e iniciais, onde os elétrons se encontram. Esta fórmula sugere que as linhas espectrais obedecem fortemente aos postulados, estabelecidos por Bohr, enfatizando o fato de os elétrons absorverem ou emitirem energia em determinadas frequências (quantização).

Com certeza, o modelo atômico de Bohr explicou, com maior amplitude, a questão dos espectros dos átomos, através da ideia de quantização dos elétrons, contudo, a rotação do elétron em torno de um núcleo positivamente carregado, precisava de embasamento matemático.

Sendo assim, Bohr pode desenvolver alguns cálculos, onde que “Para que o elétron se mantenha estável em sua órbita é necessário que a força eletrostática entre o elétron e o núcleo seja exatamente equilibrada pela força centrífuga. (MAHAN; MYERS, 1995)”

$$\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{mv^2}{r};$$

se deixarmos a equação em função da velocidade ao quadrado, temos:

$$v^2 = \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Um dos postulados de Bohr afirma que o momento angular é igual a  $n \frac{h}{2\pi}$ , logo:

$$mvr = n \frac{h}{2\pi}$$

Rearranjando a equação em função da velocidade e elevarmos ao quadrado, teremos:

$$v^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m^2 r^2};$$

Podemos igualar as duas equações:

$$\frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m^2 r^2} = \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

E deixa-las em função do raio:

$$r = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m Z e^2}$$

Com esta equação é possível estimar as órbitas circulares em que os elétrons se movem, estas órbitas tem energias fixas e os elétrons, que são quantizados, carecem de energias externas para que possam saltar de um orbital para outro, portanto, existe uma energia E, final e inicial.

$$E = -\frac{ze^2}{8\pi\epsilon_0 r}$$

Substituindo o raio, teremos:

$$E = -\frac{z^2 e^4 m^2}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2};$$

$$\Delta E = \left( -\frac{z^2 e^4 m^2}{8\epsilon_0^2 n_i^2 h^2} \right) - \left( -\frac{z^2 e^4 m^2}{8\epsilon_0^2 n_f^2 h^2} \right);$$

$$\Delta E = \frac{z^2 e^4 m^2}{8\epsilon_0^2 h^2} \left( \frac{1}{n_f} - \frac{1}{n_i} \right);$$

Esta equação tem a mesma forma da equação de Rydberg, logo:

$$E = R \left( \frac{1}{n_f} - \frac{1}{n_i} \right);$$

Assim é possível calcular as energias das transições de orbitais, podendo, inclusive, se o conceito de energia de Planck for utilizado, descobrir os comprimentos de onda envolvidas nos saltos quânticos.

Indiscutivelmente, Bohr trouxe contribuições para a Física moderna, pois foi o grande iniciador dos conceitos atuais sobre a atomística, obtendo, inclusive um Prêmio Nobel de Física, em 1922. Um dos conceitos mais importantes tratados por Bohr, foi em relação a quantização dos elétrons, pois esse pressuposto poderia explicar o efeito das linhas espectrais no estudo de gases e da estabilidade do modelo atômico de Rutherford.

## **2.2 Histórico da espectroscopia**

Atualmente, na análise científica a espectroscopia vem ganhando uma grande ênfase, os trabalhos que buscam identificar algum composto, corpo ou qualquer material desconhecido, acaba se valendo da espectroscopia para a identificação destes. A princípio “A espectroscopia é o estudo da luz através de suas cores componentes, que aparecem quando a luz passa por um prisma ou uma rede de difração. A sequência de cores formada é denominada espectro. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2013). Sobretudo, a espectroscopia é uma ferramenta utilizada para analisar as ondas eletromagnéticas e caracterizá-las.

A espectroscopia não é uma ciência nova, o próprio Sir Isaac Newton em 1665 observou o espectro da luz branca através de um prisma (Sobre as cores), mas ele não foi o primeiro, Robert Boyle (1627-1691) e Robert Hooke (1635-1703), já haviam observado e descrito, antes dele. Mas o que fez Newton um cientista diferenciado no estudo da luz, foi o fato de ir além na utilização de prismas e na elaboração de experimentos.

O histórico da espectroscopia contou, além de Newton, com a contribuição de muitos outros cientistas; Herschel (1738-1822) se responsabilizou pelo descobrimento do infravermelho, Young (1773-1829) elaborou experimentos sobre interferência e calculou os comprimentos de onda das cores reconhecidas por Newton; William Hyde Wollaston (1766-1828) observou linhas escuras no espectro da luz solar, em 1802, que denominou limites das cores; estas linhas depois foram denominadas Linhas de Fraunhofer, em homenagem ao alemão Joseph Von Fraunhofer, que contabilizou cerca

de 574 linhas no espectro do sol. Deste modo, é perceptível a influência de várias mentes para a evolução da espectroscopia, e a sua utilização, até hoje, em diversos ramos, mostra como os espectros trazem informações importantes para o entendimento do mundo atômico e como ele se revela dentro de campos importantes da ciência.

Segundo Thomas (1991), “O significado da espectroscopia de emissões visíveis como um método para estudar as transições de elétrons externos em átomos e moléculas forneceram uma ferramenta conveniente para examinar a estrutura eletrônica de matéria.” Bohr conseguiu explicar o aparecimento das linhas espectrais que surgiam quando a rede de difração utilizada era um gás ( $H_2$  ou He), utilizando as teorias de Max Planck, deste modo, ele trouxe a solução dos problemas dos espectros não contínuos, com a justificação deste fenômeno e a elaboração de um modelo atômico mais “elaborado”, sendo possível dar um novo significado a espectroscopia, embora a sua utilidade em ciências geral, apenas tenha sido reforçada.

### **2.2.1 Espectroscopia Estelar**

Com o avanço dos tempos, as descobertas da Astronomia vão se intensificando, vez por outra somos surpreendidos pelos telejornais, que afirmam o achado de uma nova estrela, com determinadas características, de sistemas solares inteiros parecidos com o nosso, ou até mesmo de galáxias. O fato é que essas descobertas são acompanhadas da evolução científica e de equipamentos, que permitem acesso a informações importantes sobre o corpo estelar observado.

No estudo dos cosmos, a evolução tecnológica é de extrema importância para as pesquisas serem o quanto mais complexas, a evolução dos telescópios foi, e é, de alta relevância para o estudo das estrelas e do cosmo. Os primeiros telescópios datam do século XVII, sendo motivo de desavenças, por parte de fabricantes holandeses de lentes. Primordialmente não foram utilizados para observar o céu, mas a observação serviu para aprimorar os efeitos ópticos da lente, auxiliando também no monitoramento do movimento inimigo em batalhas.

Todavia, os telescópios só foram empregados para o fim científico no ano de 1609, por Thomas Harriot (1560-1621), que examinou a lua através desta nova tecnologia. O famoso cientista Italiano Galileu Galilei, com trabalhos na física, matemática e

astronomia, aperfeiçoou este equipamento, tornando-o mais alongado e com lentes mais polidas e largas, proporcionando uma melhor projeção do objeto observado.

Em 1610, Galileu publicou uma obra chamada “The Starry Messenger”, onde ele destaca a superfície lunar, caracterizando-a como áspera e desregular, assim como a da Terra, indo de encontro ao preceito Aristotélico, sobre os objetos serem sem imperfeições e polidos da Lua para cima. As contribuições de Galileu para a Astronomia, não se relacionou, apenas com a observação da Lua, o seu trabalho se estendeu por todo sistema solar; na descoberta das luas de Júpiter, manchas no Sol e anéis em Saturno.

Sabe-se que Galileu, e outros, utilizaram telescópios simples para observar os astros, mas, atualmente, os equipamentos mais modernos trabalham com a análise de dados que contêm informações a respeito da constituição atômica, da temperatura das estrelas, distância, rotação, brilho e tamanho. Uma das técnicas mais importantes para o estudo dos corpos estelares é a espectroscopia, esta, baseia-se em analisar a composição das cores, através das ondas eletromagnéticas emitidas pelos astros. Esta técnica fornece informações fundamentais sobre estrelas e planetas estudados.

A espectroscopia é alicerçada por diversos estudos científicos, é possível perceber uma participação da atomística, termodinâmica, quântica etc. onde a investigação da radiação do corpo negro se mostrou de fundamental importância para o entendimento dos espectros das estrelas, no que tange o descobrimento da temperatura, luminosidade etc. através de algumas leis empíricas.

Em 1879, Josef Stefan investigava o aumento do brilho de um corpo negro quando um objeto era aquecido e descobriu que a intensidade total emitida em todos os comprimentos de onda aumentava com a quarta potência da temperatura, esse resultado quantitativo ficou conhecido como a lei de **Stefan-Boltzmann**. (ATKINS; JONES, 2006, p. 116)

De acordo com Kepler e Saraiva (2014), o austro-esloveno Josef Stefan (1835-1893) e o austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906), descobriram que o fluxo de um corpo negro de temperatura T é dada por:

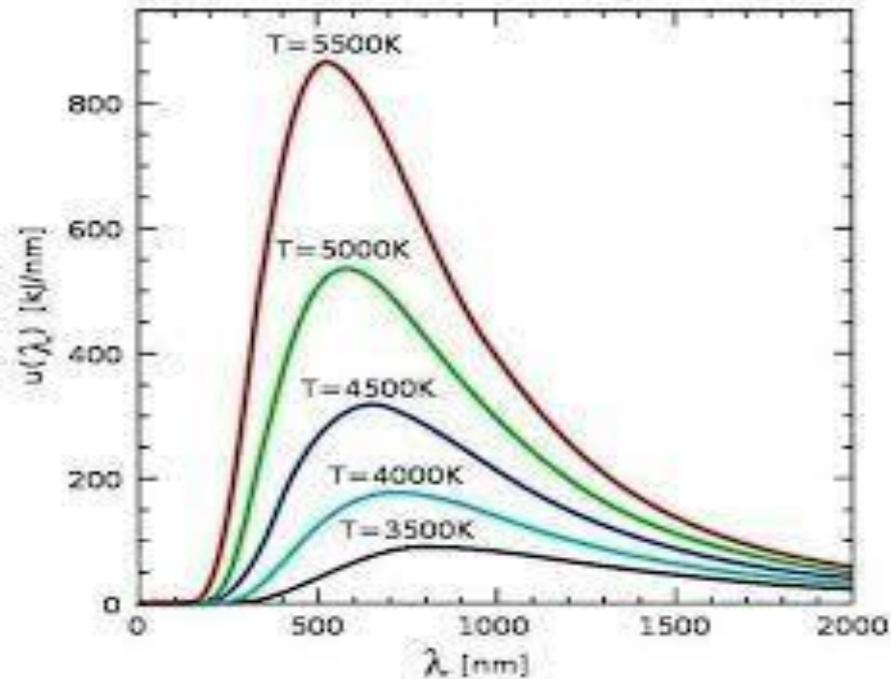
$$F = 2\pi \int_0^{\pi/2} \cos\theta \sin\theta \, d\theta \int_0^{\infty} B_\nu(T) \, d\nu = \sigma T^4$$

Neste caso,  $\sigma$  é uma constante, conhecida como constante de Stefan-Boltzmann, que tem o valor de  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ , onde a equação pode ser resumida por:

$$\frac{P}{A} = \sigma \times T^4$$

A figura abaixo mostra a variação da intensidade da radiação do corpo negro, sendo verificado a emissão em diferentes comprimentos de onda.

**Figura 3 - variação de intensidade de um corpo negro**



Fonte: ATKINS, 2005.

O corpo negro é um objeto que absorve toda a luz, sem refletir nada de radiação, logo é um absorvedor perfeito, se este corpo estiver em equilíbrio termodinâmico, ele deve irradiar na mesma taxa que absorve energia. O problema é que estes corpos não existem na natureza, mas eles podem ser demonstrados por meio de um objeto oco, que irradia por um pequeno buraco, tendo as mesmas características de um corpo negro.

Em 1895, os alemães Wien e Otto Richard Lummer (1860-1925) propuseram que um corpo negro não existe na natureza, mas poderia ser constituído, demonstrando que a radiação emergente de um pequeno buraco em um corpo oco, com paredes internas à mesma temperatura, tem a mesma forma da radiação de um corpo negro. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014, p. 209)

Os corpos negros emitem energia em todos os comprimentos de onda, formando um espectro contínuo, podendo ter a temperatura calculada através da Lei de Wien, que foi desenvolvida por Wilhelm Wien, um físico alemão que usou diversas teorias

sobre calor e eletromagnetismo para desenvolver a Lei de deslocamento de Wien; na natureza as estrelas são os corpos que mais se assemelham a um corpo negro, e apesar de obedecerem a Lei de Wien, elas não são exatamente como os corpos negros, pois não se encontram em equilíbrio térmico. A camada externa da estrela (fotosfera) pode ter o fluxo calculado pela equação abaixo:

$$F \equiv \sigma \times T_{ef}^4$$

Nesta equação, temos uma variável chamada *temperatura efetiva*  $T_{ef}$ , esta é, portanto, a mesma temperatura de um corpo negro que emite a mesma quantidade de energia por área e tempo.

A Lei de Wien ou Lei do deslocamento de Wien, possibilitou relacionar o comprimento de onda máximo emitido por um corpo, e uma constante:

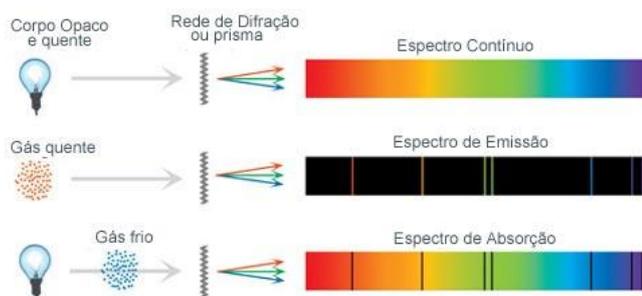
$$T\lambda_{MAX} = 0,0028978 \text{ K m}$$

Os comprimentos de ondas máximos, são justamente, aqueles onde os picos dos resultados experimentais ocorrem para os corpos negros, sendo possível determinar a temperatura dele. Todavia, apesar das estrelas não serem consideradas corpos negros, é possível determinar a temperatura superficial delas através desta lei.

Os dados sobre o Universo, chegam para nós através da análise da luz, por meio do espectro. Os espectros foram definidos através das Leis de Kirchhoff, sendo elas, leis empíricas, baseadas nos experimentos realizados por Kirchhoff, que teve como intuito determinar a composição de uma mistura de elementos.

1. Espectro contínuo: Um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo.
2. Espectro de emissão: Um gás de baixa densidade produz um espectro de linhas brilhantes.
3. Espectro de absorção: Quando um espectro contínuo passa por um gás mais frio, há a produção de linhas de absorção.

As Leis de Kirchhoff nos mostra que é possível saber que tipo de gás está presente ao redor da estrela, sendo possível identificar a densidade, se o gás é frio, ou o corpo, independente do estado físico, é quente.

**Figura 4 - Espectros**

Fonte: Apolo11.com

As lacunas do espectro solar, foram denominadas linhas de Fraunhofer, e logo após, denominadas linhas espectrais, relacionadas ao estudo da atomística. Os átomos de cada elemento, apresentam linhas espectrais em comprimentos de ondas específicos, de Broglie propôs que os elétrons ocupam níveis quantizados de energia, o que nos permite compreender, o aparecimento das linhas espectrais quando há a transição dos elétrons nos orbitais energéticos.

Em espectroscopia atômica, a origem das linhas dos espectros é devido à emissão ou absorção de um fóton quando a energia de um átomo varia devido a uma transição eletrônica. Na espectroscopia molecular, a origem das linhas dos espectros é explicada pela variação da energia da molécula através de uma transição eletrônica ou devido a mudanças no estado rotacional e vibracional. (RIBEIRO, 2005, p. 6)

O espectro de um gás, nos mostra as raias de absorção, ou emissão, em determinados comprimentos de onda, ao se analisar o espectro de uma estrela é perceptível um maior número de linhas, que se refere à quantidade de elementos que uma certa estrela detém, logo, as linhas espectrais se somam, para formar o espectro estelar.

A espectroscopia é uma incrível ferramenta que permite verificar a composição da atmosfera estelar, mesmo estando em distâncias astronômicas, as linhas espectrais são tão específicas, que permitem uma análise muito precisa. Segundo Caniato (2011), o espectro caracteriza cada tipo de átomo de forma tão precisa que podem ser comparadas as impressões digitais de uma pessoa.

### **3 ABORDAGEM DO ÁTOMO DE BOHR NO ENSINO**

#### **3.1 O que os documentos preconizam sobre o ensino de Química.**

O ensino de Química, de modo geral, demanda métodos que possibilitem relações entre a teoria e a prática, tornando esta área da ciência uma ferramenta capaz

de auxiliar a formação do ser humano na compreensão do mundo onde vivemos, e permitindo possibilidades que venham contribuir para a construção de uma sociedade melhor.

Atualmente os métodos trabalhados no ensino de ciências são vistos como antiquados, pois não visam um ensino fundamentado nas necessidades dos estudantes e nem nos contextos subjetivos a cada um; antes priorizam uma metodologia baseada na memorização e repetição de dados apresentados pelo professor.

No Brasil alguns documentos tem como objetivo estabelecer orientações para a prática pedagógica na Educação Básica, um destes documentos são os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, doravante (PCN+), que serve como norteador aos professores, gestores, coordenadores e todos que fazem parte do corpo escolar, na condução de uma aprendizagem mais significativa; contribuindo com o processo de criticidade dos estudantes, e permitindo que haja relações entre a ciência e a realidade de cada um. Deste modo, os PCN+ (2006) determina alguns preceitos para o ensino de Química, onde este:

“deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas”. (BRASIL, 2006, p. 31)

Quando a prática pedagógica é pensada desta forma permite que haja uma facilitação no processo analítico dos estudantes, por meio de apresentação de circunstâncias reais que deem sentido a uma temática, destacando os problemas que podem surgir no cotidiano.

É perceptível que em uma ação pedagógica, predominantemente, tradicional, baseada em um sujeito transmissor, preocupado em disseminar uma grande quantidade de conteúdo, sem se preocupar com o teor de qualidade deles; as relações já mencionadas não são efetuadas e, portanto, as compreensões que se esperam, por parte dos estudantes, não são demonstradas; é por isso, que as Orientações Curriculares para o Ensino Médio recomendam que:

As propostas pedagógicas das escolas e os respectivos currículos incluem a definição das formas de tratamento aos conteúdos e aos conceitos, o que, por sua vez, inclui definições sobre os contextos e os temas sociais articuladores dos processos de conhecimento aliados às competências básicas da formação. (BRASIL, 2006, p. 111)

As orientações acima permitem uma reflexão que tange o esforço esperado para a execução de certas atividades por parte do professor, pois este sujeito tem de apresentar conceitos, como nomenclaturas, paradigmas, elementos, etc., que estão atrelados aos dados teóricos da ciência, fazendo-nos pensar o quão exigente é executar uma aula estabelecendo relações entre os temas sociais e naturais. Este tipo de pensamento nos permeia, porque, na prática, o ensino é construído historicamente numa perspectiva mais tradicional, na qual o professor deposita “todo” conhecimento e o aluno apenas o recebe.

No entanto, apesar de ainda haver uma predominância na procedência das práticas educacionais embasadas em uma educação bancária (Freire, 1997); os documentos, em geral, expressam um posicionamento sobre atividades que possibilitem relações entre o a teoria e a prática, principalmente, aquelas atreladas aos processos existentes na vida corriqueira dos estudantes.

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), doravante, BNCC, o estudo dos conteúdos da competência de Ciências da Natureza, precisam ser desenvolvidos sob uma perspectiva contextualizada, com a concepção de sentidos, possibilitando o desenvolvimento das habilidades críticas, reforçando a importância da argumentação e dos contra-argumentos.

Percebemos a contextualização como um caminho metodológico que precisa fazer parte da prática docente, pois, deste modo, a compreensão os saberes escolares tornam-se mais claros. Este princípio parte do professor que deve promover relações existentes entre a teoria e a prática, pois de acordo com os PCN+: “[...], para que haja contextualização, o primeiro movimento deve ser do professor, que, ao olhar ao seu redor, consegue reconhecer situações que possibilitem ou facilitem o aprendizado [...]” (BRASIL, 2006).

Sendo assim, a apresentação dos modelos atômicos, devem seguir as diretrizes sugerida pelos documentos orientadores, considerando as circunstâncias e os equívocos que acompanham cada modelo atômico, preocupando-se com sua evolução histórica, acompanhada de exemplos que possam fazer relações dinâmicas com a vida real.

De acordo com a BNCC, uma das competências da educação básica é estimular uma prática argumentativa alicerçada em dados científicos, a vista de defender pontos de vistas e desenvolver pensamento crítico a respeito dos eventos naturais ou antropológicos, até quando eles não são questionados.

A utilização da abordagem citada acima pode facilitar a formação cidadã e crítica do estudante, e por isso, é tão importante que o professor incorpore em seus métodos de ensino, práticas que proporcionem a formação abordada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei Nº 9394/96; doravante LDB.

Segundo a LDB (1996), mais especificamente, na Seção IV, deve haver ao fim do Ensino Médio:

III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Muitas vezes algumas temáticas são consideradas abstratas, em Ciências Naturais, os modelos atômicos, fazem parte desta consideração, entretanto este tema serve de base para a compreensão da Química e Ciências exatas, em geral. Nesta perspectiva, é importante que haja a utilização de metodologias que facilitem a aprendizagem desta temática, já que a sua compreensão permite um melhor desenvolvimento científico, pessoal e crítico.

Os documentos, em sua grande maioria, tendem a propor uma prática pedagógica que utiliza metodologias que facilitem o desenvolvimento da aprendizagem. Normalmente a contextualização e experimentação, são as práticas mais difundidas no ensino de Ciências, onde objetivam atingir o pensamento crítico, comprovando-as por meio da argumentação. Os componentes da área Ciência da Natureza devem interligar-se, fazendo associações lógicas entre os conhecimentos científicos e empíricos dos estudantes, promovendo uma linguagem que oportunize o desenvolvimento perscrutador e promova a criticidade de cada um deles, possibilitando o questionamento da ciência através da percepção da natureza e da vida.

### **3.1.2 Importância da espectroscopia no ensino do Átomo de Bohr.**

As ciências naturais se relacionam mutuamente, mesmo assim, ainda, é percebido práticas que trabalham isoladamente cada componente curricular. Segundo, Santos et. al. (2016): Para uma educação que possibilita a inter-relação entre os conceitos e o cotidiano dos alunos pressupõe-se a necessidade de um ensino pautado na contextualização. Assim, é possível alcançar um conhecimento reflexivo que permita uma leitura científica do mundo.

Segundo Basso e Peduzzi, 2003. “Em 1913, Bohr apresentou sua teoria para o átomo de hidrogênio [...]. Além de desvendar o paradoxo da instabilidade do átomo de Rutherford, também explicou a formação das linhas de absorção e emissão do espectro do hidrogênio”. O átomo de Bohr está, de certo modo, em uma linha tênue entre a Física Clássica e a moderna, e apresentar uma exemplificação para este tema, aparentemente, abstrato, auxilia a compreensão científica dele.

O Átomo de Bohr surgiu com a capacidade de explicar a estabilidade da matéria, tendo como base o experimento de espalhamento de partícula alfa desenvolvido por Rutherford. Niels Bohr se valeu do trabalho elaborado por Max Planck, onde a ideia de quantização foi explorada. Contudo, o átomo de Bohr não tinha a capacidade, apenas, de apresentar um modelo matematicamente alicerçado e que respondia bem aos resultados experimentais da época; mas preliminarmente, teve a competência de fundamentar a espectroscopia.

Os espectros de gases, apresentam linhas escuras (espectro de absorção) ao longo de uma faixa contínua, instaurando uma incógnita que permanecera por um longo período nas Ciências. Apesar disso, os estudos empíricos de Joseph Balmer foram capazes de construir uma equação que permitiu deduzir as frequências possíveis da série do espectro visível.

O espectro de cores foi observado por Isaac Newton, em 1672, a partir da difração da luz do sol em um prisma; por meio de suas observações ele pôde relatar que a luz era uma mistura de raios com diferentes refrangibilidades. A teoria das cores de Newton nos forneceu importantes conhecimentos sobre o universo visível, influenciando na evolução da astronomia e mecânica quântica.

Apesar da dedicação de Newton no estudo das cores, foi apenas em 1823, na Alemanha, que um cientista estudou pela primeira vez a luz de uma estrela. “O físico que realizou esse trabalho se chamava Fraunhofer e a estrela cuja luz examinou foi o sol. Foi nessa ocasião que, pela primeira vez, foram observadas as raias escuras de absorção [...]” (CANIATO, 2011). As raias escuras percebidas por Fraunhofer tem relação com as linhas espectrais emitidas por elementos químicos, e, por este motivo, uma associação pode ser feita entre o Modelo Atômico de Bohr e o Espectro estelares, já que: “O espectro caracteriza cada tipo de átomo de forma mais precisa que as impressões digitais identificam uma pessoa.” (CANIATO, 2011).

No que se refere ao estudo dos Modelos Atômicos, vale embasar-se:

Thomson tinha mostrado, em 1896, que a aplicação de uma elevada diferença de potencial elétrico através de um gás fornece elétrons, sugerindo que estes estavam presentes no átomo. Rutherford sugeriu, a partir de experimentos de dispersão de partículas alfa, que um átomo é constituído por um núcleo pesado, positivamente carregado, rodeado por um número suficiente de elétrons para torná-lo eletricamente neutro. Em 1913, Niels Bohr combinou essas ideias e sugeriu que o núcleo do átomo era rodeado por elétrons movendo-se em orbitas[...]. (LEE, 1999, p. 2).

Niels Bohr percebeu que para a explicação da estabilidade do átomo ele teria que deixar a mecânica clássica e se apropriar da mecânica quântica.

“Os átomos são os componentes fundamentais da matéria. Eles são o ponto central da química, no sentido de que quase todos os fenômenos químicos podem ser explicados em termos das propriedades dos átomos.” (ATKINS; JONES, 2006), entender a construção de um Modelo Atômico que explica com propriedade o comportamento da matéria se faz importante para o entendimento de toda química, quiçá, de toda a ciência.

Para Stein, 2009. O contexto não é apenas trazer eventos da vida para a sala de aula, mas reviver eventos de múltiplas perspectivas. Logo, o ensino contextualizado deve surgir para compor ópticas distintas a fim de criar um conjunto que facilita a aprendizagem de todos.

O modelo atômico de Bohr, entre tantas coisas, explicou as linhas espectrais e a estabilidade do modelo atômico de Rutherford. O professor deve ser o sujeito que enxerga as possibilidades de relacionar temáticas a fim de chegar a um resultado satisfatório.

uma simples associação de disciplinas que concorrem para uma realização comum, mas sem que cada disciplina tenha que modificar significativamente a sua própria visão das coisas e dos próprios métodos [...]. Toda realização teórica que põe em prática saberes diversos corresponde de fato a um empreendimento pluridisciplinar (DELATTRE, 2006, p. 280 apud BICALHO; OLIVEIRA, 2011, p. 51).

Interdisciplinaridade é objecto de significativas flutuações: da simples cooperação de disciplinas ao seu intercâmbio mútuo e integração recíproca ou, ainda a uma integração capaz de romper a estrutura de cada disciplina e alcançar uma axiomática comum. (POMBO, 1993, p.10)

O carácter necessário do trabalho interdisciplinar na produção e na socialização do conhecimento no campo das ciências sociais e no campo educativo que se desenvolve no seu bojo, não decorre de uma arbitrariedade racional e abstrata. Decorre da própria forma do homem produzir-se enquanto ser social e enquanto sujeito e objeto do conhecimento social. (FRIGOTTO, 2008, p. 43)

A espectroscopia tem uma visualização maior na física, mas a relação entre as ciências proporciona uma colaboração para a explicação dos modelos atômicos através dos espectros. Deste modo, percebe-se que a espectroscopia é assunto relevante para

o Ensino Médio, e que pode ser promovido pelo componente Química, na explicação da efetividade dos Modelo Atômico de Bohr, permitindo que haja articulações entre duas áreas da ciência, mostrando que na natureza os fatos ocorrem em conjuntos e a explicação destes fatos deve considerar isto.

[...] a interdisciplinaridade consiste no fato de que ela incorpora os resultados de várias disciplinas, tomando-lhes de empréstimo esquemas conceituais de análise a fim de fazê-los integrar, depois de fazê-los comparado e julgado. (JUPIASSU, 1976, p. 32)

Atualmente o ensino dos modelos atômicos é feito sem dar-lhe um sentido prático, apesar de servir como base para toda a ciência, o átomo é ensinado de maneira abstrata e, muitas vezes, a espectroscopia, que é uma aplicação direta deste modelo, é um tema negligenciado pelos professores de Química e Física, mesmo entendendo que este foi uma das grandes realizações encontrada no Modelo Atômico de Bohr.

### **3.1.3 A abordagem da espectroscopia estelar no Ensino Médio, uma alternativa para melhor compreensão do modelo atômico de Bohr.**

A temática de modelos atômicos é muitas vezes mal compreendida, este tema, de fato, é a base da química, através dela pode-se explicar as propriedades magnéticas, elétricas, térmicas, etc. Entretanto, muitas vezes, há uma certa dificuldade dos estudantes em assimilar este conteúdo conceitual, principalmente porque o ensino, às vezes, é feito de modo descontextualizado.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais, doravante, PCN+, diz que quando há um ensino descontextualizado, junto com uma prática pedagógica que está baseada no depósito de informações, o resultado é o desinteresse e o baixo desempenho dos estudantes. O ensino de ciência deve fazer com que os estudantes consigam compreender o mundo, a natureza, o universo e como isto, perceber os resultados da ação da humanidade sobre a natureza e da natureza sobre a humanidade.

A astronomia é um tema que raramente é visto durante o Ensino Médio, mas a partir dele pode-se retirar diversas temáticas para trabalhar o ensino de Ciências da Natureza, os PCN+ sugere que a Astronomia faça parte da ementa desta área da educação; em Química pode-se trabalhar a questão dos espectros estelares, espectros estes, que podem ser explicados pela abordagem dos Modelos Atômicos.

A Astronomia é uma das áreas do conhecimento científico que possui um grande potencial educativo, principalmente porque permite tratar problemas da natureza do cosmos e do homem. Apesar disso, não encontrou ainda seu espaço no sistema educativo. Talvez, pelas dificuldades próprias que a área

apresenta, considerando a ignorância sobre os conhecimentos de observação básicos, a forte influência das crenças pessoais, os aspectos místicos e religiosos, a deficiência no raciocínio espacial, ou talvez, pela culpa da grande parte dos astrônomos e astrofísicos, que, pouco preocupados com o aspecto educativo desta ciência, não se dedicaram à busca de metodologias que facilitem seu ensino. Este problema se agrava pelo fato de que a Astronomia raramente é trabalhada nos currículos (BARRIO, 2010, p. 161 apud ALBRECHT; VOELZKE, 2016, p. 2).

Infelizmente, o ensino de Química, e isto compreende o ensino dos modelos atômicos, não utiliza novas perspectivas para o melhoramento do seu entendimento. Apesar da previsão em documentos legais, a Astronomia não é abordada no Ensino Médio, e nem no ensino de Química, ainda que se saiba que o seu uso permite várias possibilidades de trabalho dentro da ementa deste e de outros componentes curriculares.

Os espectros têm bastante informações a serem interpretada, em ciências pode ser utilizada para explicar vários aspectos dos corpos celestes. “Não somente a posição das galáxias são de interesse, mas também sua velocidade relativa, massa, luminosidade e composição, informações que podem ser extraídas do espectro luminoso do objeto (FROÉS, 2014, p. 3504-6)”. Por isso a proposta de relacionar os modelos atômicos com a espectroscopia é pertinente, já que este assunto permite promover uma contextualização e inserção dos estudantes nas ciências, promovendo espírito de pesquisa e capacidade analítica e argumentativa.

Como sabemos, os espectros eletromagnéticos têm influência direta da quantização dos elétrons, o gás de um determinado átomo apresenta espectro, já que a presença de mais elétrons, ou menos, bem como os níveis de energia preenchidos por eles, promovem espectros singulares. Em Química, os espectros estelares podem revelar a composição da atmosfera de uma estrela, e sendo assim, sobre a luz do ensino, é possível contextualizar o Modelo Atômico de Bohr e dar um sentido prático para este tema, a partir da Espectroscopia estelar.

#### **4 METODOLOGIA**

Antes do surgimento da filosofia a aquisição de conhecimento surgia através dos mitos e das lendas; toda manifestação natural era atribuída aos deuses e entidades.

Ainda hoje é possível perceber as influências que os mitos têm nas nossas vidas e na sociedade.

De acordo com Lakatos e Marconi:

O conhecimento vulgar ou popular, às vezes denominado senso comum, não se distingue do conhecimento científico nem pela veracidade nem pela natureza do objeto conhecido: o que os diferencia é a forma, o modo ou o método e os instrumentos do "conhecer". (LAKATOS; MARCONI, 2003, p.74)

Por mais que se conheça a ciência e as informações que a confirmam, deve-se compreender a relevância do senso comum, que surge a partir das observações empíricas. Mas, "a partir da necessidade de obtenção de conhecimentos mais seguros que os fornecidos por outros meios, desenvolveu-se a ciência, que constitui um dos mais importantes componentes intelectuais do mundo contemporâneo". (GIL, 2008, p. 2). Sendo assim, para este autor, entende-se que a ciência apresenta uma melhor precisão no levantamento de dados verídicos, do que o senso comum. Conhecer meios que possibilitem a obtenção das informações necessárias para embasar um fato é competência da metodologia científica.

Posto isto, o trabalho elaborado foi feito sobre os preceitos da pesquisa-ação, segundo Tripp (2005), a pesquisa-ação desenvolvida em âmbito educacional é um método que parte do professor, servindo para aprimorar a prática pedagógica e o ensino; tem como pilares um ciclo que se resume a: planejar, agir, descrever, avaliar e refazer.

Pesquisa-ação é caracterizada como um tipo de pesquisa social com base empírica, concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo no qual os pesquisadores e os participantes, representativos da situação e/ou do problema, estão envolvidos de forma cooperativa e participativa. (KOERICH et al., 2009, p.718)

A pesquisa-ação tem como intuito provocar uma mudança no meio onde é efetuada, mostrando que após o planejamento e ação, os resultados devem provar que o problema observado deve ter sido extinguido ou diminuído.

Numa pesquisa os dados devem ser coletados por meio de alguma técnica metodológica, o questionário se mostra uma ferramenta eficiente numa pesquisa qualitativa, por meio dela é possível ter uma obtenção mais célere das informações necessárias, em comparação com outras técnicas de coleta de dados.

"Questionário é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do

entrevistador. (LAKATOS; MARCONI, 2003)”. Algumas das vantagens do questionário misto é o aumento do espaço amostral, bem como a permissão de argumentos mais fiéis, por parte dos sujeitos de pesquisa, não contendo a influência do pesquisador nas respostas.

Pode-se definir questionário como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc. (GIL, 2008, p. 121).

Por isso, esta pesquisa contou com uma prática pedagógica que foi avaliada por 9 (nove) estudantes do Ensino Médio integrado do IFPE-Campus Ipojuca, que participaram dela, onde um questionário foi aplicado via *Google forms*.

A apresentação a temática consistiu em situar os participantes com a espectroscopia e os modelos atômicos, partindo do pressuposto de que, eles, não conheciam estes temas; após este momento mostrou-se a espectroscopia estelar e a sua importância para astronomia, bem como a Química e Física que a fundamentam, através do *Google meet*, em uma chamada síncrona, estas ações foram desenvolvidas, buscando a participação dos estudantes, a fim de não ocorrer dúvidas ao fim da apresentação; por fim, a coleta de dados veio por meio de um questionário misto.

O formulário é um documento único, que é composto por dois eixos de perguntas, o primeiro tem o intuito de verificar, as percepções dos estudantes por meio da prática exposta, o segundo eixo buscou perceber o ponto de vista dos estudantes sobre a ação pedagógica desenvolvida.

Posto isto, pensou-se na pesquisa-ação como melhor instrumento de pesquisa à aplicação e coleta de dados, já que por intermédio dela é possível observar os resultados da sua atuação e apurar quais os quesitos que devem ser otimizados. Os estudantes, portanto, foram expostos a um questionário depois da ação da pesquisa, e puderam avaliar a prática pedagógica destacando os pontos positivos observados, suas dúvidas e seus entendimentos após a prática efetuada.

## **5 RESULTADOS E ANÁLISE**

Utilizar recursos no processo de ensino aprendizagem devem cada vez mais cair em uso, isso porque é possível perceber que as suas utilizações são facilitadores deste processo. Relacionar a componentes curriculares através da contextualização, bem

como utilizar a experimentação, jogos e outras práticas que permitem um melhor entendimento dos estudantes, possibilita uma construção mais eficaz da criticidade e do aprendizado.

Sendo assim, aplicou-se uma prática pedagógica embasada na contextualização de uma temática relacionando os componentes de Química e Física, sobretudo da área histórica da construção dos modelos atômicos e das linhas espectrais vistas no estudo de gases e radiação. Os estudantes após a aula puderam responder um questionário, que pode ser fracionado em dois eixos, o primeiro buscou embasar a importância do uso da espectroscopia estelar para a explicação do modelo atômico de Bohr, e como, do ponto de vista dos estudantes esta prática permitiu um melhor entendimento deste assunto.

## I EIXO

PERGUNTA	SIM	NÃO	TALVEZ
Você já conhecia a espectroscopia estelar?	11,1%	77,8%	11,1%
Você conhecia os modelos atômicos?	100%		
Conhecer as concepções históricas que fizeram parte da construção dos modelos atômicos proporcionou um melhor entendimento da relação entre espectroscopia e atomística?	100%		
Você percebeu como as linhas espectrais puderam ser explicadas pelo modelo atômico de Bohr?	77,8%		22,2%
Você diria que a espectroscopia estelar pode ser explicada pelo modelo atômico de Bohr?	77,8%		22,2%
O espectrômetro caseiro permitiu uma boa visualização do espectro visível?	66,7%		33,3%
Foi possível entender como as principais informações de uma estrela são coletadas?	88,9%		11,1%

Fonte: O Autor (2020).

A partir da coleta de dados, percebemos que os resultados foram satisfatórios, de modo geral, a compreensão da temática e da relação existente entre a espectroscopia estelar e o modelo atômico de Bohr, foram positivas, tendo em vista, que 77,8% dos estudantes não conheciam a espectroscopia estelar, e com o término

da aula perceberam o que é esta técnica e como é possível coletar dados de estrelas a partir dela.

O segundo eixo de perguntas, por sua vez, verificou a percepção dos estudantes quanto a didática utilizada e como ela permitiu um melhor entendimento do tema.

## II EIXO

Legenda: TDA = Totalmente de acordo; DA = De acordo; D = Discordo; DT = Discordo totalmente.

AFIRMAÇÕES	TODA	DA	D	DT
As explicações foram claras	77,8%	22,2%		
Os exemplos foram bem utilizados	77,8%	22,2%		
O professor apresentou momentos para tirar dúvidas.	77,8%	22,2%		
Após a aula percebi claramente como o modelo de Bohr justifica a espectroscopia estelar.	66,7%	33,3%		
O tema se mostrou interessante, pois foi trabalhado de modo contextualizado.	66,7%	33,3%		
Ao fim da apresentação não restou dúvida sobre o tema.	33,3%%	44,4%	22,2%	

Fonte: O Autor (2020).

Com estes dados é possível perceber que os próprios estudantes compreendem como a abordagem interdisciplinar, por meio da contextualização, pode influenciar no seu entendimento sobre um tema, bem como a clareza nas explicações, os exemplos, a relevância do tema e as relações entre os conceitos conhecidos e desconhecidos.

Esta pesquisa, proporcionou verificar como experienciar a contextualização e interdisciplinaridade, relacionando a Física e a Química, facilita o entendimento dos estudantes sobre determinado assunto. Os modelos atômicos são considerados por muitos, abstrato e sem possibilidade de contextualização, mas em contrapartida, foi possível fazer menção a história, dos conceitos físicos que embasam o modelo atômico de Bohr e com este modelo explicar as linhas espectrais, tão importantes na caracterização de estrelas.

De modo geral, os resultados obtidos nesta prática foram positivos, foi verificado que os estudantes conseguiram entender a temática e perceber como a associação existente entre os Modelos atômicos e a espectroscopia. Sendo assim, pode-se afirmar que a inter-relação de componentes, a contextualização e a aplicação prática destes assuntos, facilitam o entendimento dos estudantes e devem se tornar uma conduta presente nas metodologias dos professores de ciências da natureza.

## 6 CONCLUSÃO

A espectroscopia é uma técnica utilizada em diversas áreas da ciência, é utilizada na identificação de compostos, em Química, temperatura, em Física, Astronomia e Engenharia, e capaz de revelar tantas outras informações, a espectroscopia analisa a emissão ou absorção de radiação de determinados compostos e através desta análise pode-se obter resultados mais minuciosos.

Dada a sua importância na modernidade, a espectroscopia vem se tornando cada vez mais comum no ensino, pensando nisso foi elaborado uma prática pedagógica baseada na espectroscopia, a fim de explicar os modelos atômicos, sobretudo, o modelo atômico de Bohr.

Foi possível perceber, nesta pesquisa, que a utilização de uma prática contextualizada utilizando a espectroscopia estelar e o modelo atômico de Bohr, se mostrou bastante favorável. Do ponto de vista dos estudantes, a prática envolvendo estes dois temas permitiu uma melhor compreensão dos modelos atômicos, bem como a relação entre o estudo dos espectros, visto em óptica, e as linhas espectrais explicadas por Bohr, no seu modelo atômico.

Deste modo, foi possível apresentar a espectroscopia estelar, alicerçando-a no modelo atômico de Bohr e expondo como é possível conseguir informações de estrelas apenas pela análise espectral. O presente trabalho também mostrou como se deu o surgimento dos modelos atômicos, trazendo como ponto de ignição as ideias filosóficas pré-socráticas e a evolução científica que se deu com o renascimento e continuou com as descobertas das partículas subatômicas e a quantização dos elétrons.

A visualização (COSTA et al, 2015) do espectro permite nos estudantes uma melhor percepção de como a natureza pode apresentar por meio da luz visível, e quais as informações que podem ser obtidas deles. Por isso, o espectro é um recurso que auxilia o professor na explicação de vários conceitos físicos, possibilitando, provavelmente, uma melhor compreensão do tema. Segundo, Castro (2017), o espectrômetro tem um uso didático e devem favorecer a compreensão dos estudantes em sala de aula.

A construção de um espectrômetro é de baixo custo, os materiais utilizados para isto, são encontrados facilmente, podendo ser reciclados ou comprados, pois não demandam um valor exorbitante. Sendo assim, é sugerido a trabalhos futuros a

confeção de um espectrômetro e sua utilização didática para a facilitação do espectro visível, vislumbrado no ensino de Física, em óptica.

## REFERÊNCIAS

ALBRECHT, Evonir; VOELZKE, Marcos Rincon. Ensino de Astronomia no Ensino Médio, uma proposta. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 4., 2016, Goiânia. **Anais** [...]. Goiânia: UFG; IFG, 2016. Disponível em: [https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2018/04/SNEA2016\\_TCO14.pdf](https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2018/04/SNEA2016_TCO14.pdf). Acesso em: 25 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO DAS ESCOLAS AMERICANAS DA AMÉRICA DO SUL. **Manual “OSAC/AASSA” Sistema de avaliação do desempenho do professor**: esboço 2010-2011 versão piloto. Disponível em: [https://www.aassa.com/uploaded/Educational\\_Research/OSAC/Evaluation\\_Systems/handbook\\_in\\_portuguese.pdf](https://www.aassa.com/uploaded/Educational_Research/OSAC/Evaluation_Systems/handbook_in_portuguese.pdf). Acesso em: 02 out. 2020.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta (ed.). **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3.ed. Quebec: Bookman, 2006. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro.

BARRIO, J. B. M. A investigação educativa em astronomia: os planetários como espaço de ensino e aprendizagem. *In*: LONGHINI, M. D. **Educação em astronomia**: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. p.159-178.

BASSO, A.; PEDUZZI, L. O. Q. O átomo de Bohr em livros didáticos de física: interagindo com autores. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4, 2003, Bauru. **Anais** [...]. Bauru: EMPEC, 2003. 12p.

BICALHO, Lucinéia; OLIVEIRA, Marlene de. A teoria e a prática da interdisciplinaridade em Ciência da Informação. **Perspectivas em ciência da informação**, [s. l.], ano 2011, v. 16, n. 13, p. 47-74, jul./set. 2011. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/1245/892> Acesso em: 23 nov. 2020.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNC\\_C\\_20dez\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNC_C_20dez_site.pdf). Acesso em: 20 mar. 2020.

BRASIL, Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2006. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf). Acesso em: 29 jul. 2020.

BRASIL, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm) Acesso em: 18 abr. 2020.

BRASIL, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006. Acesso em: 13 maio 2020.

CANIATO, R. **O céu**. Campinas: Editora Átomo, 2011.

CASTRO, Tiago de J. *et al.* **Confecção de espectrômetros de baixo custo para aplicações didáticas**. Brasília: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, 2017. 12 p. Disponível em: [https://www.ifb.edu.br/attachments/article/15400/confecc%c3%8c%c2%a7a%c3%8c%c6%92o\\_de\\_%20espectrometros.pdf](https://www.ifb.edu.br/attachments/article/15400/confecc%c3%8c%c2%a7a%c3%8c%c6%92o_de_%20espectrometros.pdf). Acesso em: 03 set. 2020.

Conhecimento: construa um espectroscópio caseiro com caixa de papelão! **Apolo 11**, 2015. Disponível em: <https://www.apolo11.com/espectro.php>. Acesso em: 25 nov. 2020.

COSTA, Raphael Raniere de Oliveira; MEDEIROS, Soraya Maria de; MARTINS, José Carlos Amado; MENEZES, Rejane Maria Paiva de; ARAËJO, Marília Souto de. O uso da simulação no contexto da educação e formação em saúde e enfermagem: uma reflexão acadêmica. **Espaço Para A Saúde - Revista de Saúde Pública do Paraná**, [S.l.], v. 16, n. 1, p. 59-65, 30 mar. 2015. Instituto de Estudos em Saúde Coletiva - INESCO. <http://dx.doi.org/10.22421/1517-7130.2015v16n1p59>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/316178607\\_O\\_uso\\_da\\_simulacao\\_no\\_conte\\_xto\\_da\\_educacao\\_e\\_formacao\\_em\\_saude\\_e\\_enfermagem\\_uma\\_reflexao\\_academica](https://www.researchgate.net/publication/316178607_O_uso_da_simulacao_no_conte_xto_da_educacao_e_formacao_em_saude_e_enfermagem_uma_reflexao_academica). Acesso em: 17 jan. 2021.

Entenda como funciona o telescópio e sua evolução ao longo dos séculos. **Globo Ciência**, Rio de Janeiro, 15 de out. de 2013. Disponível em: <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2011/11/entenda-como-funciona-o-telescopio-e-sua-evolucao-ao-longo-dos-seculos.html>. Acesso em: 13 jul. 2020.

FELTRE, Ricardo. **QUÍMICA**. 6.ed. São Paulo: Moderna, 2004. v. 1.

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.20, p. 38-44, 2004. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc20/v20a07.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2020.

FRIGOTTO, Gaudêncio. A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais. **Revista Ideação**, Foz do Iguaçu, v. 10, n. 1, p. 41-62, jun. 2008. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/ideacao/article/view/4143>. Acesso em: 17 jan. 2021.

FROÉS, André Luis Delvas. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. **Rev. Bras. Ensino Fís**, São Paulo, v.36 n.3 jul. 2014. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172014000300016&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172014000300016&script=sci_arttext). Acesso em: 25 set. 2020.

GALILEI, Galileu. **Starry messenger**. Bard Immediate Decision Plan, 1610. Disponível em: <http://www.afhalifax.ca/magazine/wp-content/sciences/histoire/1609/TheStarryMessenger.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2020.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUIMARÃES, H. M.; LEVY, T.; POMBO, O. A interdisciplinaridade: reflexão e experiência. 1. ed. Lisboa: Texto editora, 1993.

GOMES, Aláine. John Dalton (1766 - 1844), 2016. **GPET Física Unicentro**, Guarapuava, PR. Disponível em: <https://www3.unicentro.br/petfisica/2016/07/28/john-dalton-1766-1844/>. Acesso em: 25 nov. 2020.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

KATO, Danilo Seithi; KAWASAKI, Clarice Sumi. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132011000100003>.

KOERICH, Magda Santos et al. Pesquisa-ação: ferramenta metodológica para a pesquisa qualitativa. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 717-723, set. 2009. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/fen/article/view/47234#:~:text=Compreende%20a%20identifica%C3%A7%C3%A3o%20do%20problema,a%20interven%C3%A7%C3%A3o%20e%20Fou%20a%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 22 set. 2020.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade (ed.). **Fundamentos de metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEE, J. D. **Química inorgânica**: não tão concisa. 5.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. Tradução da 5.ed. inglesa: Henrique E. Toma, Koiti Araki, Reginaldo C. Rocha.

LOPES, A. C. Os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 80, p. 386-400, 2002. Disponível em: <http://www.observatoriodoensinomedio.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/02/OS-PCN-PARA-O-ENSINO-MEDIO.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2020.

MAHAN, Bruce M.; MYERS, Rollie J. **Química**: um curso universitário. 4.ed. São Paulo: Blucher, 1995. Coordenador Henrique Eisi Toma; tradutores Koiti Arak, Denise de Oliveira Silva, Flávio Massao Matsumato.

MOREIRA, Marco A. Avaliação do professor pelo aluno como instrumento de melhoria do ensino universitário. **Educação & Seleção**, São Paulo, n. 4, 1981. Disponível em: <http://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/es/artigos/38.pdf>. Acesso em: 02 out.2020.

NEWTON, Isaac. **Opticks ou A treatise of the reflections, refractions, inflections, and colours of light**. Londres: William Innys at the West-End of St. Paul's, 1730. Disponível em: <https://www.gutenberg.org/files/33504/33504-h/33504-h.htm>. Acesso em: 22 jul. 2020.

OLIVEIRA, Kepler de; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira (ed.). **Astronomia & Astrofísica**. 3. ed. Porto Alegre: Livraria da Física, 2014.

PORTO, C.M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico Moderno. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 4, p. 1-11, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172013000400016>.

RIBEIRO, Livia de Souza; MILONE, André de Castro. **Síntese espectral estelar em alta resolução**: abundância do carbono e nitrogênio em estrelas de tipo solar da vizinhança solar. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. 31 p. Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/INPE). Disponível em: <http://mtc-m16.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1916/2005/10.04.13.37/doc/sintese%20espectral.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2020.

RIBEIRO, Jair Lúcio Prados. “Sobre as cores” de Isaac Newton: uma tradução comentada. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 39, n. 4, e4604, 2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172017000400704&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000400704&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 23 jul. 2020.

STEIN, D. Situated learning in adult education. **ERIC Digests**, Columbus, OH, n. 195, p. 1-7, 1998. Disponível em: <http://www.ericdigests.org/1998-3/adult-education.html>. Acesso em: 25 nov. 2020.

THOMAS, Nicholas C. The early history of spectroscopy. **Journal Of Chemical Education**, v. 68, n. 8, p. 631, ago. 1991. American Chemical Society (ACS). DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/ed068p631>. Acesso em: 19 jul. 2020.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 443-466, dez. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-97022005000300009>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-97022005000300009&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-97022005000300009&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 16 set. 2020.