

## **O ATOMISMO NA FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

**Demutiey Rodrigues de Sousa**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Universidade de Brasília (UnB) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:  
Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho

Brasília  
Dezembro 2018

# O ATOMISMO NA FISICA DO ENSINO MÉDIO

Demutiey Rodrigues de Sousa

Orientador:  
Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Universidade de Brasília (UnB) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

---

Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho

---

Dr. Marcello Ferreira

---

Dr. Néelson Studart Filho

Brasília  
Dezembro de 2018

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ra

Rodrigues Sousa, Demutiey

O Atomismo na Física do Ensino Médio / Demutiey Rodrigues de Sousa; orientador Olavo Leopoldino da Silva Filho. -- Brasília, 2018.

131 p.

Dissertação (Mestrado – Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade de Brasília, 2018.

1. Ensino de Física. 2. Física Moderna. 3. Aprendizagem Significativa. 4. Física Contemporânea. 5. Concepções Gregas. I. Leopoldino da Silva Filho, Olavo, orient. II. Título.

Dedico esta dissertação à minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foram o que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e a certeza de que não estou sozinho nessa caminhada. Gleice de Carvalho Ferreira, sua insubstituível companhia preenche minha vida de significado e realização. Obrigado pelo carinho, a paciência e por sua capacidade de cuidar dos nossos filhos na correria de cada semestre.

## **Agradecimentos**

Ao meu querido orientador Dr. Olavo Leopoldino da Silva, com quem partilhei o que era o broto daquilo que veio a ser esse trabalho, obrigado pela oportunidade de aprendizado.

Aos meus irmãos que sempre me apoiaram e incentivaram para que eu pudesse concluir, em especial a Ingrid Rodrigues Duarte.

Aos meus colegas e amigos do programa de Mestrado Nacional de Pesquisa em Ensino de Física.

Aos Alunos participantes desse projeto, pela receptividade ao que foi proposto e disponibilidade.

À professora Maria de Fátima da Silva Verdeaux, pelo apoio no momento difícil da minha vida.

A todos aqueles que, de alguma forma, estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

À instituição de ensino em que trabalho, obrigado por permitir a aplicação do trabalho com os seus estudantes.

À Universidade de Brasília e à Sociedade Brasileira de Física pela oportunidade de aprimoramento e contato com professores de tão notável saber.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

# **RESUMO**

## **O ATOMISMO NA FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

**Demutiey Rodrigues de Sousa**

**Orientador:**

**Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (UnB) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Nesse trabalho apresentamos uma proposta de sequência didática para o ensino do atomismo na Física do Ensino Médio. A proposta parte das concepções filosóficas sobre a constituição da matéria dos gregos antigos, como Empédocles, Aristóteles e os Atomistas e percorre o trajeto histórico que culminou no modelo de Bohr do século XX. O referencial teórico adotado reúne as ideias de Ausubel, da Aprendizagem Significativa, de Moreira, da Aprendizagem Significativa Crítica, com aquelas da abordagem de Mathew Lipman, da Pedagogia Investigativa, que mostraremos que convergem em inúmeros pontos. A sequência didática utiliza-se de elementos da História da Ciência para realizar um diálogo filosófico amplo a fim de tornar significativos os conceitos físicos que se pretende ensinar.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Física Moderna, Subsunçores, Pedagogia Investigativa, Atomismo, Quantização de Energia.

**Brasília  
Dezembro, 2018**

# **ABSTRACT**

## **THE ATOMISM IN HIGH SCHOOL PHYSICS**

**Demutiey Rodrigues de Sousa**

**Supervisor**

**Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho**

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação Universidade de Brasília (UnB) for its Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

In this work, we present a proposal of a didactic sequence for teaching atomism in High School Physics. The proposal starts from the philosophical conceptions of the ancient Greeks, like Empedocles, Aristotle and the Atomists, about the constitution of matter and it follows the historical path that culminated in the atomic model of Bohr at the XX<sup>th</sup> century. The theoretical framework adopted brings together the ideas of Ausubel's Meaningful Learning, Moreira's Critical Meaningful Learning, and Mathew Lipman's approach of Investigative Pedagogy, which we show that converge in many points. The didactic sequence uses elements of the History of Science to carry out a broad philosophical dialogue in order to make meaningful the physical concepts that one wants to teach.

*Keywords: Physics Teaching, Modern Physics, Subsunçores, Investigative Pedagogy, Atomism, Energy Quantization.*

**Brasília  
December, 2018**

## Sumário

<b>RESUMO</b> .....	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VI</b>
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1 A ABORDAGEM DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL .....	10
2.2 A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MOREIRA .....	13
2.3 O ENSINO PARA CRIANÇAS: MATTHEW LIPMAN.....	20
2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A INTERDISCIPLINARIDADE .....	27
2.5 CONEXÕES ENTRE AUSUBEL, LIPMAN E A INTERDISCIPLINARIDADE.....	30
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>31</b>
3.1 <i>METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO</i> .....	34
3.2 <i>A SEQUÊNCIA DIDÁTICA</i> .....	35
3.3 <i>ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA - UEPS</i> .....	36
3.4 <i>DETALHANDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA</i> .....	39
3.5 <i>MATERIAIS DIDÁTICOS</i> .....	43
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>46</b>
APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	46
4.1 OBJETIVOS E HIPÓTESES DO TRABALHO.....	46
4.2 <i>METODOLOGIA</i> .....	47
4.3 RELATO DE APLICAÇÃO .....	48
4.3.1 AULA 1: DO QUE AS “COISAS” SÃO FEITAS? .....	49
4.3.2 AULA 2: REVELANDO A NATUREZA INTIMA DA MATÉRIA.....	54
4.3.3 AULA 3: MODELANDO A MATÉRIA.....	55
4.3.4 AULA 4: DISCUTINDO MODELO .....	58
4.3.5 AULA 5: SÉRIES ESPECTRAIS .....	60
4.3.6 AULA 6: NIELS BOHR E OS PACOTES DE ENERGIA .....	62
4.3.7 AULA 7: TRANSIÇÕES NO ÁTOMO DE HIDROGÊNIO .....	63
4.3.8 AULA 8: AVALIANDO A SEQUÊNCIA.....	66
<b>CAPITULO 05</b> .....	<b>67</b>
<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>67</b>
5.1 ANÁLISE DAS AULAS EXPOSITIVAS .....	67
5.2 ANÁLISE DO TESTE FINAL .....	72
5.3 ANÁLISES GERAIS SOBRE O PROJETO .....	83
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>94</b>
6.1 CONCLUSÃO .....	94
<b>APÊNDICE ÚNICO</b> .....	<b>96</b>
PRODUTO EDUCACIONAL .....	96
<i>Apresentação</i> .....	96
<i>Introdução</i> .....	96
<i>Detalhando a Sequência</i> .....	99
<i>Materiais de Intervenções Didáticas</i> .....	107
A1. <i>Pré-teste</i> .....	107
Tarefa sugerida – Aula 01 .....	111
A2. <i>Roteiros de atividades</i> .....	113
A3. <i>Teste Final</i> .....	123
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>128</b>

Excluído: 5

Excluído: 5

Excluído: 5

Excluído: 6

Excluído: 7

Excluído: 8

Excluído: 9

Excluído: 1

## **Capítulo 1**

### **Introdução**

O ensino de Física Moderna e Contemporânea do Ensino Médio tem sofrido nos últimos anos inúmeras propostas de implementação que buscam alinhar-se ao processo de construção e expansão do conhecimento inserido no contexto Científico e Tecnológico. As revisões bibliográficas dos anos 2000 (PEREIRA; OSTERMANN, 2009, SILVA; ALMEIDA, 2011; REZENDE JR; CRUZ 2009) já apontavam uma tendência crescente para a inserção desse tema.

Inúmeros pesquisadores (TERRAZAN, 1992; OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007) na área de ensino de Ciências apresentam a necessidade de inserção desse tema no Ensino Médio, argumentando que o ensino de Física não tem conseguido acompanhar os avanços científicos e tecnológicos, nem tampouco aproximado os alunos de conhecimentos científicos mais atuais.

Frente a este cenário, o estudo do atomismo se apresenta como um tema importante para a entrada no universo da Física Moderna e Contemporânea. De fato, os desdobramentos e as descobertas que surgem a partir desse tema têm boa divulgação nos meios de comunicação atual e desperta nos alunos o interesse em conhecer e entender os princípios científicos atrelados a eles.

Para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Médio é necessário considerar a racionalização do currículo numa perspectiva de seleção do que se pretende ensinar e da própria transferência didática dos conteúdos, a fim de torná-los acessíveis à compreensão dos alunos.

Dentre as várias abordagens psicológicas relativas à aprendizagem, adotamos neste trabalho a abordagem cognitivista como caminho para o desenvolvimento do ensino da Física Moderna e Contemporânea, por apresentar elementos que se alinham a uma proposta de aprendizagem significativa.

Diante disso, elaboramos um produto educacional para o estudo do atomismo na Física no Ensino Médio. Para tanto, baseamo-nos nos métodos educacionais calcados na perspectiva de David Ausubel, nas concepções de Aprendizagem Significativa Crítica e recomendações metodológicas de Marco Antônio Moreira, e na abordagem da Pedagogia Investigativa de Lipman. Aliado

a isso, procuramos evidenciar a interdisciplinaridade como fundamento sobre o qual resta a vinculação dessas concepções.

O produto educacional implementa uma sequência didática constituída de oito aulas, com elementos mediadores e atividades que, esperamos, conduzem a uma aprendizagem significativa do tema. Aliado a isso, a sequência didática foi estruturada de tal modo que cada aula desenvolve elementos de ancoragem para a aula subsequente. Dessa maneira as concepções iniciais a respeito do átomo puderam ser apreciadas e comparadas com as concepções que as sucederam até as concepções atuais. É importante ressaltar que o nosso produto é composto de roteiros de atividades experimentais, roteiro de elaboração de mapas conceituais, sugestões de vídeos relacionados, roteiro de atividade com simulador e uma sugestão de trabalho em estações investigativas.

## **Capítulo 2**

### **Referencial Teórico**

As teorias de aprendizagem podem ser organizadas nos seguintes grandes grupos: as behavioristas, as teorias de transição, as cognitivistas, as humanistas e as teorias socioculturais.

Desses grupos, podem-se destacar as três primeiras teorias por utilizarem processos individuais com foco em comportamentos distintos. Assim, as teorias behavioristas têm como objeto de análise o comportamento externo e observável dos indivíduos. Já as teorias que consideram os fatores internos dos indivíduos, mas não os têm como foco principal, são denominadas teorias de transição, uma vez que ainda apresentam princípios behavioristas. Finalmente, as teorias com o foco no estudo de estruturas internas do indivíduo e seu funcionamento são designadas teorias cognitivistas.

Os dois últimos grupos de teorias concebem a aprendizagem como processo social: as humanistas, voltadas para as relações interpessoais, e as socioculturais, focadas nas influências tanto dos fatores sociais, quanto dos fatores culturais, na aprendizagem dos indivíduos. Desse modo, observa-se que as teorias, para fins didáticos, podem ser consideradas complementares em

vários aspectos e não necessariamente concorrentes, ainda que muitas vezes não sejam assim percebidas.

A categorização e a compreensão dessas teorias fornecem subsídios para a construção sistêmica de práticas de ensino e ferramentas de análises para a verificação do eventual sucesso ou fracasso de um processo de aprendizagem particular. Nesse sentido, a abordagem cognitivista, que irá nos interessar particularmente neste trabalho, traz elementos que se alinham a uma proposta de aprendizagem significativa, que apresentaremos mais adiante.

Mesmo internamente a cada um dos grandes grupos de teorias, vê-se que as várias propostas diferem em muitos aspectos. Apesar de terem como ponto de partida a estrutura interna individual em que a aprendizagem acontece, ainda assim não são inteiramente compatíveis entre si. Dentre elas destacam-se as teorias de Piaget, Vigotsky, Bruner e Ausubel. Neste trabalho estaremos interessados especificamente na abordagem proposta por Ausubel.

## **2.1 A ABORDAGEM DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL**

Para Ausubel (1978), a aprendizagem é tida como a acoplagem e organização da nova informação na estrutura cognitiva do aprendiz a partir dos conhecimentos prévios já existentes nela. Nesse sentido, a aprendizagem torna-se mais global quando desenvolvida sobre os conhecimentos já existentes obtidos a partir de experiências próprias ou, até mesmo, a partir de elementos que permeiam a cultura. Tais conhecimentos pré-existentes responsáveis pela ancoragem de novos conceitos são denominados subsunçores.

A partir desse primeiro momento de ancoragem, os conhecimentos pré-existentes poderão ser complementados ou até mesmo sofrerem uma modificação à medida que as novas informações forem sendo anexadas à estrutura cognitiva do aprendiz. Tais subsunçores servem, portanto, como “cabides interconectados” para acomodar os novos conhecimentos.

Para Ausubel a estrutura cognitiva representa uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo

(MOREIRA, 1999). Assim, os conceitos gerais possuem ramificações que remetem a conceitos mais específicos de forma organizada e lógica.

Desta forma, a aprendizagem significativa é definida por Ausubel como o processo por meio do qual uma nova informação estabelece uma relação com aspectos específicos já existentes e relevantes da estrutura de conhecimento do indivíduo. Nesse sentido, para ocorrer uma aprendizagem significativa, é necessário que ocorra a ancoragem das novas informações na estrutura cognitiva do aprendiz de maneira organizada e integradora, de modo a se poderem construir estruturas mais complexas e completas de seu conhecimento.

Em contraposição à aprendizagem significativa, Ausubel, define a aprendizagem mecânica como sendo aquela em que novas informações apresentam pouca ou nenhuma interação com os conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse caso, os novos conhecimentos não possuem subsunçores para realizar a ancoragem, e a aprendizagem ocorre de forma arbitrária, com o armazenamento da informação apenas por meio da memorização.

Apesar das etapas de aprendizagem serem distintas, Ausubel não estabelece a diferença entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como uma dicotomia e sim como um contínuo. Nesse sentido, uma aprendizagem mecânica pode tornar-se uma aprendizagem significativa futuramente, desde que o indivíduo crie elementos para estabelecer a ancoragem dos conceitos recebidos a partir de novas experiências.

De fato, Ausubel defende que, em casos em que os subsunçores estejam ausentes, um início da aprendizagem de forma mecânica pode ser necessário. À medida que a aprendizagem começa a se tornar significativa, os subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações (MOREIRA, 2015).

A partir daí, Ausubel formula as seguintes questões: de onde vêm os subsunçores? Quando a aprendizagem significativa é a preferida em relação às demais? O que fazer quando os subsunçores não existem? Como desenvolver uma atividade significativa com a ausência dos subsunçores? Essas questões, entretanto, transcendem a perspectiva desse trabalho e não serão abordadas.

Consideramos apenas a existência dos subsunçores e não questionamos sua origem, em parte devido à fácil identificação da sua existência a partir de

atividades de levantamento de conhecimentos prévios sobre o tema a ser abordado neste trabalho, qual seja, a estrutura da matéria.

A condição necessária, portanto, para haver aprendizagem significativa é que ideias, simbolicamente expressas, sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe. Nesse sentido, o conhecimento a ser aprendido deve ser relacionável aos subsunçores do indivíduo de modo organizado e hierarquizado. Para que se proceda a essa hierarquização, Ausubel sugere os organizadores prévios como as pontes entre o que se pretende ensinar e o que se pretende aprender (AUSUBEL, 1978), como a maneira pela qual os subsunçores podem ser manipulados de modo a serem direcionados para aquilo que se deseja ensinar.

Segundo Ausubel, verifica-se que houve aprendizagem significativa quando se observa a compreensão pura de um conceito, possibilitando a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis (MOREIRA, 1999).

Essa verificação não é tão simples como pode parecer. Por exemplo, ao se inquirir o estudante sobre quais são os atributos essenciais de um conceito, ou quais são os elementos essenciais de uma proposição, pode-se obter apenas uma resposta de conceitos mecanicamente memorizados. Isso se deve ao fato de os alunos serem constantemente incentivados a memorizar, não só proposições e fórmulas, mas também causas, exemplos, entre outros, com vistas a uma boa performance em avaliações.

Nesse sentido, faz-se necessário elaborar mecanismos capazes de avaliar a aprendizagem à medida que os novos conhecimentos são ancorados aos subsunçores. Para isso, Ausubel sugere a formulação de questões e problemas de uma maneira nova e não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido, ou seja, sua articulação em contextos diversos daqueles em que os conceitos foram aprendidos.

A aprendizagem significativa pode ser auxiliada pelo professor na etapa de condução de atividades e introdução de materiais através dos organizadores prévios que, a partir da identificação dos subsunçores, favorecem a mediação entre o que se pretende ensinar e o que se pretende aprender, de modo a permitir a ancoragem dos novos conhecimentos à estrutura cognitiva do estudante. Nesse sentido, é possível identificar os processos relacionados à

aprendizagem propostos por Ausubel, sem abandonar os apontamentos sobre o papel do educador durante o processo.

Os trabalhos de Ausubel constituem uma teoria psicológica voltada para a descrição dos processos cognitivos vinculados à aprendizagem, e não um método educacional propriamente dito. Já nos trabalhos de Moreira, é possível antever a intenção de propor um método educacional, como veremos a seguir.

## **2.2 A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MOREIRA**

A abordagem de Ausubel, capaz de promover uma aprendizagem significativa, não é, entretanto, suficiente para garantir um tipo superior de aprendizagem, como é concebida a aprendizagem significativa crítica, proposta por Moreira.

Na década de 70 a escola tinha como preceito preparar o aluno para viver em uma sociedade caracterizada pela mudança, cada vez mais rápida, de conceitos, valores, tecnologia, e ainda se ocupava de ensinar fora do foco, dos quais os mais óbvios eram: o conceito de verdade absoluta, o conceito de certeza, o conceito de entidade isolada, o conceito de estados e coisas fixas, o conceito de causalidade simples, o conceito de que diferenças existem somente em formas paralelas e opostas e o conceito de que o conhecimento é transmitido, que emana de uma autoridade superior, devendo ser aceito sem questionamento.

O discurso educacional atual pode até ser outro, porém a prática educativa não tem gerado aprendizagem significativa. A educação passa a agregar outros conceitos também fora de foco. Assim, por exemplo, têm-se os conceitos de “informação” como algo necessário e bom, da idolatria tecnológica, de consumidor cômico de seus direitos, de globalização da economia como algo necessário e inevitável e o conceito de que o mercado dá conta da oferta, da procura e da qualidade. Aliado a isso, a escola ainda transmite a ilusão de certeza e, apesar de atualizar-se tecnologicamente, compete com outros mecanismos de difusão da informação na tentativa de preparar o aluno para a sociedade do consumo, do mercado e da globalização. Para uma mudança de

foco, segundo Moreira, faz-se necessário desenvolver uma aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 1999).

Nessa perspectiva, o aprendiz deixa de ser um receptor passivo e passa a articular significados que domina para obter os significados a serem aprendidos. Com isso, o indivíduo torna-se participativo na construção do conhecimento na medida em que faz a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, descritas por Ausubel, e identifica semelhanças e diferenças no sentido de reorganizar o novo conhecimento.

O processo da aprendizagem significativa perpassa a captação e a internalização progressiva dos significados, pautada em estratégias facilitadoras, como os mapas conceituais e os diagramas V (NOVAK; GOWIN, 1984; 1988, 1996; MOREIRA; BUCHEWEITZ, 1987; 1993).

Para Moreira (MOREIRA, 1999), a “aprendizagem significativa crítica é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela” (grifo nosso). Na perspectiva antropológica, a aprendizagem significativa crítica dá ao indivíduo a possibilidade de participação ativa nas atividades desenvolvidas pelo grupo social e constrói uma visão que reconhece o momento em que a realidade se afasta ao ponto em que não se é mais captada pelo grupo.

Através da aprendizagem significativa crítica, o aluno poderá fazer parte da sua cultura sem ser subjugado por ela. Poderá, igualmente, conviver construtivamente com as mudanças de seu grupo social sem se deixar dominar, manipular informações sem o sentimento de impotência, usufruir e desenvolver tecnologias sem tornar-se compulsivo, trabalhar com a incerteza e não a causalidade, com a probabilidade e a não dicotomização das diferenças, a partir da ideia de que o conhecimento é uma construção humana.

Nesse sentido, Moreira sugere a elaboração de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Esse método tem como premissa a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e se baseia na ideia da elaboração de sequências didáticas que garantam a eficácia de uma aprendizagem significativa. Suas etapas são:

- Levantamento dos conhecimentos prévios;
- Elaboração dos organizadores prévios;
- Construção das situações-problema;
- Realização da diferenciação progressiva<sup>1</sup> dos conceitos;
- Realização da reconciliação integradora<sup>2</sup>;
- Efetivação do processo de consolidação<sup>3</sup>;
- Avaliação da aprendizagem significativa.

Sendo que, em todos esses elementos, há que se ressaltar o papel do professor, da interação social e da linguagem.

Aliado a isso Moreira propõe os seguintes passos mais concretos para a elaboração de uma sequência didática de aprendizagem:

1. definir o tópico específico a ser abordado;
2. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar;
3. criar/propor situação(ões) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externar seu conhecimento prévio, aceito ou não aceito no contexto do conteúdo a ser ensinado, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva.

---

<sup>1</sup>Princípio programático da matéria de ensino, segundo o qual as ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados do início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade, ou seja os conceitos são organizados do mais geral para os específicos (EBENEZER, 1992, p. 465).

<sup>2</sup>Princípio segundo o qual a instrução deve também explorar as relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes. Nessa perspectiva, o aluno deve criar e recriar relações conceituais como forma de integrar os significados emergentes de modo harmonioso com os demais. (MOREIRA, 1987, p. 9).

<sup>3</sup>Na consolidação ou mestria do que está estudando, antes que novos materiais sejam introduzidos, assegura-se contínua prontidão na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem sequencial organizada. (MOREIRA, 1987, p. 10).

5. retomar os aspectos mais gerais, estruturantes do conteúdo da unidade de ensino, porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação;
6. dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa;
7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado.

Segundo Moreira,

A UEPS será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema) (MOREIRA, 2008, p. 5).

A fim de facilitar a implementação da aprendizagem significativa crítica em sala de aula, Moreira propõe, de forma análoga a Ausubel, nove princípios. A saber:

1. Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas: uma pergunta relevante bem formulada, apropriada e substantiva, traz consigo elementos atrelados ao conhecimento prévio de maneira não arbitrária e não literal, caracterizando assim uma aprendizagem significativa. Aprender a formular questões sistematicamente é uma evidência de aprendizagem significativa crítica, libertadora, capaz de evitar a enunciação de trivialidades ou mesmo erros, enganações e irrelevâncias. A utilização desse princípio não implica na negação do uso de momentos explicativos, em que o professor apresenta o assunto. A postura exigida dos envolvidos é dialógica e não apassivadora, ou seja, o professor e o aluno devem se assumir *epistemologicamente curiosos* de modo a aproximarem-se cada vez mais do novo conhecimento.
2. Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais

instrucionais: o simbolismo do livro didático está ligado àquele do oráculo, de onde emana o conhecimento íntegro, puro e verdadeiro e promove o aprendizado do aluno sem questionamento. Existem muitos outros materiais compactos que representam melhor o conhecimento humano como, por exemplo, artigos científicos, contos, poesias, entre outros, que podem ser utilizados para fins instrucionais, desde que sejam descompactados por meio de questionamentos e a partir de uma adequada transferência didática (ver mais adiante). Assim, o uso de materiais diversificados funciona como um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica ao considerar o livro didático como um dentre os inúmeros materiais instrucionais.

3. Princípio do aprendiz como perceptor/representador: a aprendizagem receptiva é aquela em que o novo conhecimento é recebido pelo aprendiz, sem necessidade de descobri-lo, ou seja, o mecanismo humano por excelência assimila o novo conhecimento sem implicar na passividade. Esse processo dinamiza a interação entre os novos conhecimentos e os pré-existentes. Segundo Moreira,

a percepção/representação traz a noção de que o que “se vê” é produto do que se acredita “estar lá” no mundo. As pessoas veem as coisas não como elas são, mas como elas são. Sempre que se diz que uma coisa “é”, ela não é. Sempre que se diz que uma coisa “é”, ela não é. Em termos de ensino, isso significa que o professor estará sempre lidando com as percepções dos alunos em um dado momento. Mais ainda, como as percepções dos alunos vêm de suas percepções prévias, as quais são únicas, cada um deles perceberá de maneira única o que lhe for ensinado (MOREIRA, 2011, p. 231).

4. Princípio do conhecimento como linguagem: a compreensão de um “conhecimento”, ou de um “conteúdo”, exige conhecer sua linguagem. O aprendizado de uma nova linguagem implica novas possibilidades de perceber, falar e pensar diferentemente sobre o mundo. Nesse processo, a aprendizagem significativa crítica aparece como uma alternativa importante para a aprendizagem. A aprendizagem de uma nova linguagem é mediada pelo intercâmbio de significados, pela clarificação de significados e pela negociação de significados que é feita através dessa linguagem.

5. Princípio da consciência semântica: este princípio insinua várias conscientizações, começando pela consciência de que o significado está nas pessoas, não nas palavras. As pessoas não podem dar às palavras significados que estejam além de sua experiência. Para a aquisição de novos significados, fazem-se necessários significados prévios. Se o aprendiz não tem condições de atribuir significado às palavras, a aprendizagem é mecânica e não significativa. Outra conscientização é a de que as palavras não são aquilo a que elas ostensivamente se referem, ou seja, a palavra não é coisa, ela significa a coisa. Ao usar palavras para nomear as coisas, é preciso não deixar de perceber que os significados das palavras mudam, enquanto a linguagem tem certo efeito fotográfico. Embora abstrato, o princípio da consciência semântica é muito importante para o ensino e a aprendizagem. No ensino, o que se busca, ou o que se consegue, é compartilhar significados a respeito de um objeto de estudo, porém a aprendizagem significativa só ocorre quando há a incorporação do novo conhecimento à estrutura cognitiva de quem aprende.
6. Princípio da aprendizagem pelo erro: a ideia desse princípio é utilizar o erro como ponto de partida para promover a aprendizagem significativa crítica. Assim, o conhecimento prévio torna-se fator determinante nesse processo, pois na medida em que os novos conhecimentos são adquiridos através da autocorreção decorrente do erro, o indivíduo estabelece uma recursividade mental que permite reelaborar o que se sabe e alcançar um novo patamar de conhecimento.
7. Princípio da desaprendizagem: nesse princípio, a desaprendizagem tem o sentido de esquecimento seletivo. A importância para a aprendizagem significativa crítica é dupla. A desaprendizagem é importante por estar associada à aprendizagem significativa subordinada. A segunda razão pela qual a desaprendizagem é importante deve-se a ela estar relacionada com a sobrevivência em um ambiente que está em permanente e rápida transformação. A sobrevivência nesses ambientes vai depender da capacidade de identificar quais dos velhos conceitos e estratégias serão relevantes às novas demandas impostas por novos desafios à sobrevivência e quais não. A aprendizagem significativa crítica vai se desenvolvendo na medida em que se aprende a desaprender, se aprende

a distinguir entre o relevante e o irrelevante no conhecimento prévio e na medida em que se aprende a libertar-se do irrelevante.

8. Princípio da incerteza do conhecimento: esse princípio é uma síntese dos princípios anteriores, voltados para os elementos da linguagem humana (as definições, perguntas e metáforas), que fornece dados para a formação de uma visão de mundo. A aprendizagem significativa dos elementos de linguagem só será crítica quando o aprendiz perceber que as definições são invenções humanas, que tudo que se sabe tem origem em perguntas e que todo conhecimento é metafórico. Nesse sentido, o princípio da incerteza do conhecimento constrói a visão de mundo a partir das definições criadas, das perguntas formuladas com as metáforas utilizadas.
9. Princípio da não utilização do quadro de giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino: esse princípio sugere a diversidade de materiais educativos, assim como diversidade de estratégias instrucionais, que possam promover o ensino centrado no aluno e que facilite a aprendizagem significativa crítica. A não utilização do quadro de giz exige o uso de outros recursos educativos como, por exemplo, as atividades colaborativas, seminários, projetos, pesquisas, entre outros, o que facilita a implementação dos demais princípios mediados pelo professor.

As noções de aprendizagem significativa crítica de Moreira estabelecem uma intermediação entre as ideias de Ausubel e aquelas de Lipman, que passamos a considerar.

### **2.3 O ENSINO PARA CRIANÇAS: MATTHEW LIPMAN.**

Na década de 1960, Mathew Lipman elaborou um Programa de Ensino que buscava dar novos sentidos aos conceitos de Filosofia, educação e criança. O programa que desenvolveu, intitulado “Filosofia para Crianças”, parte da hipótese de que a Filosofia é um elemento acessível às crianças e adolescentes que pode não só gerar questionamentos sobre assuntos de interesses das crianças, mas também ser acolhida pelo professor como ponto de partida para desenvolver um pensamento mais crítico e correto. Nessa perspectiva, deve-se considerar a questão sobre as contribuições que a Filosofia pode agregar na formação da criança, em particular com vistas especificamente à possibilidade de uma aprendizagem significativa crítica.

Lipman acredita que a Filosofia começa no momento em que se discute a linguagem que será utilizada na compreensão do mundo. A ideia do programa de Filosofia para Crianças levou à criação da Pedagogia da Comunidade de Investigação. Nessa perspectiva, o ambiente tradicional de ensino deve ser transformado em um ambiente de investigação no qual a participação ativa das crianças e professores nos diálogos filosóficos sobre os problemas comuns e controversos desenvolve no indivíduo o pensar crítico, criativo, ético e político. A pedagogia do pensar crítico ou pensar bem promove na criança atitudes democráticas que tem o condão de torná-los cidadãos participativos na sociedade em que estão inseridos e fornece subsídios para apropriação da cultura pelo aprendiz, quando o mesmo é submetido ao modelo reflexivo de educação.

Para desenvolver na criança o pensar crítico é necessário, nessa perspectiva, estimular o saber lógico para que a criança aprenda a dar, aos seus argumentos, as justificativas racionais para respostas a problemas comuns e controversos que fazem parte do seu cotidiano. Assim, os aprendizados relevantes serão levados por toda a vida e também para a formação humana.

Desse modo, tais aprendizados podem ser considerados ponto de partida para a melhoria do debate em escolas e academias, pois se assume, nesta abordagem, que o contato com a Filosofia na infância contribui para um mundo com pessoas com melhores capacidades reflexivas, além de promover a luta pela autonomia e mudança de visão de mundo e de paradigmas. Aliado a isso,

o desenvolvimento do pensar bem está vinculado ao cultivo e fortalecimento das habilidades lógicas antes e durante os vários momentos de aprendizagem. Tais habilidades são classificadas como:

- Habilidade de raciocínio: em que as conclusões ou inferências surgem a partir de conhecimentos prévios com vistas a garantir a coerência do discurso;
- Habilidade de formação de conceitos: a análise de conceitos com a identificação dos componentes e das suas estruturas gera instrumentos de identificação e compreensão das coisas, dos fatos e das situações;
- Habilidade de investigação: está voltada para o caminho a ser percorrido para alcançar as soluções dos problemas postos pela realidade. O método científico está inserido nessa habilidade;
- Habilidade de tradução: se baseia no modo de compreensão e reprodução em sua própria linguagem de discursos escritos ou falados.

O ensino da Filosofia demanda uma abertura ao novo e às experiências vivenciadas por outros dentro de uma estrutura formal de tradição de pensamentos filosóficos. Desse modo, o caminho a ser trilhado passa pela emancipação da criança através do esclarecimento, da consolidação das relações entre o saber, o poder, a cultura e suas transformações.

Numa estrutura escolar com crianças e adolescentes, a adoção dessa pedagogia exige estratégias capazes de promover o debate a fim de capacitar os envolvidos para situações de confrontação de ideias, questionamentos e inconformidade diante dos fatos, além de ampliar a visão de mundo e do universo experiencial. Dessa maneira o aprendiz é levado a pensar de forma organizada e crítica sobre a problemática proposta, de modo a estabelecer correlações entre as informações apresentadas e tomar decisões em níveis adequados. Essa é a maneira como Lipman considera que a aprendizagem deve se tornar significativa, a maneira como deve se dar a organização e a integração do material na estrutura cognitiva do aprendiz, o que mostra uma conexão íntima

entre a perspectiva de Lipman e aquela de Ausubel, já consideradas as noções introduzidas por Moreira.

Para Lipman, a aprendizagem do pensamento, autônomo e crítico, deveria ocorrer em séries iniciais dentro de um universo escolar por meio do pensamento natural da criança e do adolescente, valorizando as experiências individuais e estimulando a investigação dos significados. Na fase jovem adulta, o pensamento já é um pensamento “fechado”. O saber pensar como papel fundamental na vida escolar, torna-se um foco na educação para o “pensar” na fase inicial do desenvolvimento cognitivo do indivíduo e isso se faz através da Filosofia, pois, desse modo, o pensamento crítico, reflexivo e investigativo é construído desde a infância.

A maneira pela qual Lipman sugere sua pedagogia da investigação passa pela procura por desenvolver habilidades cognitivas por meio de histórias que levem as crianças a embarcarem no mundo da Filosofia. Com essa estratégia, segundo Lipman, o desenvolvimento do pensamento e da reflexão das crianças e o uso da razão e da capacidade de serem criteriosos podem ser alcançados. Nessa estrutura, o indivíduo aprende a pensar de forma hierárquica e crítica sobre os valores da sociedade que a escola apregoa ou busca modificar.

As histórias para as crianças são mercadorias preciosas – bens espirituais. Constituem a espécie de bens de que não despojamos ninguém ao torná-los nossos. As crianças adoram os personagens de ficção das histórias que leem: apropriam-se deles como amigos – como companheiros semi-imaginários. Dando às crianças histórias de que se apropriar e significados a compartilhar, proporcionamo-lhes outros mundos em que viver – outros reinos em que habitar (LIPMAN, 2002, p. 62).

O diálogo que é proposto pela Pedagogia Investigativa se baseia no reconhecimento dos participantes através do respeito mútuo e da consideração das razões que estruturam as ideias propostas. A primazia dos diálogos deve garantir, assegurar e incentivar a fala dos envolvidos para que a discussão possa partir de qualquer desenvolvimento de raciocínio e busca de compreensão.

Nessa Pedagogia é possível observar um espaço voltado para a valorização dos processos metacognitivos. Assim, o desenvolvimento cognitivo do aprendiz é valorizado não apenas por assimilar o conhecimento, mas por desenvolver competências, comunicação, informação sistêmica e estruturada

com vistas a compreender o estilo e perfil cognitivo e motivar áreas que apresentam necessidade de atenção, sendo essa a contribuição maior de Lipman em consideração a Ausubel. Esses são os processos autorregulatórios da estrutura cognitiva que visam à melhoria na aprendizagem.

Assim, o aluno aprende a se posicionar, ouvir, refletir, justificar, reconhecer e corrigir os próprios erros, construindo hipóteses e articulando tentativas dentro dos diversos contextos. Outro aspecto relevante que o diálogo investigativo permite é o exercício de elaboração de perguntas. Isso leva o indivíduo a correlacionar as informações apresentadas e, a partir daí, decidir sobre quais se devem usar e em quais níveis se torna necessário aplicá-las. Nesse sentido, o diálogo deve promover o pensamento através de uma comunidade de investigação onde as crianças sejam encorajadas a elaborar perguntas epistemológicas, pois

a epistemologia preocupa-se com os fundamentos que podemos ter ou não para chamarmos algo de verdadeiro e, sempre que as crianças querem saber o motivo para chamar algo de verdadeiro, elas estão fazendo uma pergunta epistemológica (LIPMAN, 1990, p. 113).

Desse modo, as perguntas epistemológicas podem ser capazes de promover um diálogo que resulte num pensamento de ordem superior (ver adiante) ou surgir da investigação do significado. É importante reconhecer e estimular a elaboração de perguntas articuladas às regras da lógica formal ou epistemológica.

A Filosofia como objeto de ensino passa pela identificação e o acompanhamento do pensamento das crianças e adolescentes para promover verbalização com elementos que permitam refletir sobre seus próprios pensamentos. Para isso, a Filosofia conduz as crianças e adolescentes num caminho do imaginário através da admiração e da própria curiosidade, despertando-lhes a atenção e o interesse em buscar a informação que lhe permite um conhecimento aprofundado. Aliado a isso, a Filosofia para crianças busca desenvolver o pensar sobre o pensar com o intuito de preparar o indivíduo

para o exercício da cidadania, que inclui o respeito às regras previamente estabelecidas e necessárias para a vida em comunidade.

Segundo Lipman, transformações educacionais com esse intento serão possíveis diante da mudança do foco da educação: “a mudança do aprender para o pensar. Queremos alunos que pensem por si mesmo, e não alunos que só aprendam o que outras pessoas pensaram” (LIPMAN, 1995, p. 44).

Na educação contemporânea, observa-se a organização curricular de forma fragmentada, onde cada disciplina é ensinada separadamente, com carga horária diferente, distribuída de acordo com a “importância” de cada uma. Esse modelo acaba criando nos alunos uma visão fragmentada do conhecimento, em que as disciplinas não apresentam nenhuma relação entre elas.

As transformações educacionais devem partir de um novo olhar para a Educação, que transcende o modelo tradicional de ensino em que o aluno é visto como um depósito de informações.

A educação bancária é aquela que anula o poder criador dos educandos ou minimiza, estimulando sua ingenuidade e não sua criatividade, satisfazendo os interesses dos opressores. É aquela da qual se servem os opressores para, dentro de uma falsa generosidade, assistindo os oprimidos, mantê-los na situação que os oprime (FREIRE, 1988, p. 60).

Nesse sentido, o currículo tradicional pode ser colocado numa perspectiva de reestruturação em que o paradigma padrão da prática educativa seja transformado em um paradigma reflexivo, no qual haja estimulação na formação dos alunos, desde a mais tenra idade, para que eles adentrem sua fase adulta como pessoas mais reflexivas, críticas, investigativas e autônomas.

A racionalização do currículo é um dos aspectos importantes a ser considerado na reestruturação do currículo, pois envolve a seleção do que se pretende ensinar e a transferência didática dos conteúdos a fim de torná-los acessíveis à compreensão dos alunos. Essa transferência deve ser pensada e organizada numa sequência de tal modo que cada etapa desenvolvida prepara o caminho para as etapas subsequentes. Desse modo, as prováveis lacunas tendem a ser minimizadas.

Outro aspecto a ser considerado é a seleção/elaboração do material didático do que se pretende ensinar. Devido às condições da educação contemporânea, faz-se necessária a utilização de um procedimento pedagógico conhecido como a transição para o texto, que consiste na elaboração de um texto secundário que tem como objetivo preparar o aprendiz para o contato com o texto original futuramente.

Para Lipman, a comunidade de investigação é composta por um grupo de pessoas que discute ou investiga o mesmo objeto naquele momento de discussão. Com a Filosofia como pano de fundo, as discussões fomentadas devem ter o compromisso com os procedimentos e técnicas da investigação para a evidência e a razão. Aliado a isso, as discussões devem promover a aquisição de ferramentas conceituais<sup>4</sup> que desenvolvam no aprendiz a habilidade de ponderar, de pensar sobre a ética e de engajar-se em investigações éticas superando a dicotomia conceitos *versus* habilidade.

A perspectiva de Lipman busca romper com a ideia de educação como transmissão de conhecimentos. Nesse sentido, o papel do professor deixa de ser a “autoridade de conhecimento” ou “fonte de informação” e passa a ter o caráter de educador. Assim, o professor deve buscar condições necessárias para fomentar a investigação e assumir a função de “facilitador” ou “orientador” dos debates, abstendo-se de externar seu próprio ponto de vista na tentativa de forçar as crianças a buscarem por si mesmas as respostas, mas direcionando tal busca a partir do conhecimento estabelecido.

Para o bom andamento da metodologia do programa de Lipman não é exigida formação específica do professor em Filosofia, mas a competência no emprego da metodologia. O curso de capacitação de educadores para aplicação do programa de Lipman constitui meros treinamentos voltados para a organização e orientação das discussões na comunidade de investigação.

Assim, nesta perspectiva, “o professor deve ser autorretraído filosoficamente (sempre atento ao risco de fazer doutrinação inconsciente) e, contudo, pedagogicamente forte (sempre promovendo o debate entre as

---

<sup>4</sup> Prática na análise das relações entre os meios e os fins e entre as partes e o todo.

crianças e as encorajando a seguir a investigação na direção que ele aponta) ” (LIPMAN, 1990, p. 207).

As concepções de John Dewey sobre o papel da Filosofia como instrumento para o conhecimento do homem e de sua realidade sustentam, em parte, as ideias de Lipman. A Filosofia surge como tentativa de compreender o todo das relações envolvidas nos conflitos e dificuldades da vida social, gerados pelos problemas que cercam o homem a partir das particularidades de cada uma delas. Desse modo, a atitude do filósofo é a de conseguir uma visão da experiência humana a mais unificada, coerente e completa possível.

Os princípios e objetivos presentes tanto na Filosofia educativa de Lipman quanto nas concepções de Dewey são vários. O processo de pensamento utilizado por eles representa um meio para atingir a compreensão da pessoa para resolver os problemas fundamentais que a cercam.

A visão de educação para Dewey transcende as propostas pedagógicas das obras dos teóricos da escola nova e busca desenvolver os fundamentos de uma educação democrática e experimental, na qual a aprendizagem se faz recorrendo ao trabalho de projeto, ao inquérito social, ao trabalho de campo e à aprendizagem cooperativa. Aliado a isso, a educação se baseia na habilidade individual, na iniciativa e no espírito de empreendimento em detrimento da simples aquisição de conhecimento científico. Essa pedagogia insere-se no conceito de educação progressiva com o intuito de desenvolver uma educação completa, tanto física e emocional, como mental.

O ato de educar centrado na condução do aluno para o pensar bem e o objetivo voltado para experiência cognitiva/afetiva que fomente a reflexão do aluno influenciou fortemente o pensamento de Lipman.

Apesar de muitas semelhanças e fortes ligações filosóficas entre Lipman e Dewey existem certas divergências.

De facto, Dewey não acredita que as crianças mais jovens possam interessar-se pelas coisas do pensamento e, portanto, que sejam capaz de qualquer resultado nessa área. Isso constitui uma divergência fundamental entre Lipman e Dewey. Porque Lipman, contrariamente a esse último, crê que as crianças são capaz de, desde a sua mais tenra idade, abstrações e racionalizar. Dessa forma o programa que ele apresentou é inteiramente orientado para o desenvolvimento do pensamento. De facto, ele propõe uma graduação através das dificuldades, mas não uma hierarquia nas matérias de estudo [...] a educação que Lipman defende é portanto mais holística que a de Dewey (MARIE, 1997, p. 302).

Essencialmente, as influências de Dewey sobre a filosofia educativa de Lipman aparecem quanto às orientações de base e as características educativas, afastando-se significativamente quanto à capacidade intelectual das crianças.

Evidentemente, essa perspectiva de Lipman aponta necessariamente para a questão da interdisciplinaridade e, *ipso facto*, para a maneira como ela vem, ou não vem, sendo implementada no contexto escolar.

## **2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A INTERDISCIPLINARIDADE**

Dentre os múltiplos sentidos que a interdisciplinaridade possui, destaca-se aquele que indica uma relação de reciprocidade e colaboração entre áreas do conhecimento sem estabelecer fronteiras e sem que nenhuma se sobressaia à outra. Por outro lado, a extrema compartimentalização do conhecimento em disciplinas isoladas gera a falsa impressão de fragmentação da visão de mundo e do próprio conhecimento.

Apesar de a Ciência harmonizar a possibilidade de um trabalho interdisciplinar em todas as suas dimensões, o Ensino de Ciências tem o desafio de superar tal compartimentalização do conhecimento, promovendo uma aprendizagem que seja significativa. Um dos caminhos para isso é um ensino interdisciplinar, pois o aprendiz é conduzido para a compreensão do processo de produção do conhecimento e a ampliação da própria visão de mundo que

permite compreender a realidade e o contexto, geralmente histórico, em que está inserido.

Assim, por exemplo, no Trabalho de Coelho *et al.* (2016) os autores propõem uma sequência didática para o ensino de conceitos básicos de física ondulatória. Para isso, eles partem dos elementos perceptuais de música, relacionados aos conceitos de altura, de consonância e dissonância como seres estruturantes e geradores de subsunçores a serem utilizados no aprendizado dos conceitos físicos que os autores desejam ensinar. Aliado a isso, há o uso e a análise do funcionamento de um violão e de um monocórdio com vistas a tornar significativa a aprendizagem. Nesse trabalho, é possível constatar todo um processo interdisciplinar desde as etapas de planejamento até a execução da prática educativa.

Os autores verificam que a introdução dos aparatos experimentais (violão e monocórdio) é capaz de tornar as aulas mais interativas e voltadas para o cotidiano do aluno, além de gerarem um ganho significativo na compreensão dos conceitos físicos e matemáticos de ondulatória.

A interdisciplinaridade proposta no presente trabalho tem como fundamento as concepções de aprendizagem de Ausubel, Moreira e Lipman.

Na perspectiva de Ausubel, a aprendizagem torna-se plena quando se consideram os conhecimentos pré-existentes, as experiências próprias e culturais do aprendiz. Desse modo, a nova informação irá estabelecer uma relação com aspectos específicos relevantes da estrutura de conhecimento do indivíduo já existentes de maneira organizada, integradora, mais complexa e completa.

As informações que o indivíduo possui com pouca ou nenhuma interação com os novos conhecimentos poderão ser transformadas em subsunçores de novos saberes desde que o indivíduo crie elementos para a ancoragem a partir de novas experiências numa perspectiva que aponta elementos interdisciplinaridade. Esses elementos, quando vistos sob a perspectiva de Lipman, poderão ser adquiridos através da associação entre disciplinas que suscitem trocas reais e enriquecimentos mútuos, em particular considerando-se a Filosofia, que apresenta um viés transdisciplinar.

Para desenvolver as condutas que auxiliem o aprendiz no uso e domínio da informação, é profícuo o desenvolvimento de estratégias que reúnam as

condições que auxiliem o pensamento e as conexões entre conceitos e sua estrutura através das inter-relações entre áreas de conhecimento. Nesse processo, os princípios e evidências e o próprio conhecimento são elementos estruturantes que levam à tomada de decisão por meio do uso do pensamento em forma de raciocínio para a resolução de problemas.

Na perspectiva de Ausubel, a aprendizagem ocorre mediante a apropriação de novos conceitos que adquirem um significado e se ancoram à estrutura cognitiva prévia do aprendiz de forma organizada e hierárquica. Os mapas mentais são importantes ferramentas gráficas que representam as conexões de natureza diversa entre os vários elementos constituintes de qualquer área do conhecimento, norteadas as tomadas de decisões. Aliado a isso, eles se tornam instrumentos importantes para construir a interdisciplinaridade, na medida em que colocam os conceitos de diferentes áreas em uma estrutura fundamentalmente horizontal, como conceitos relevantes para a compreensão do fenômeno tratado em suas várias perspectivas possíveis.

Mapas bem desenhados são uma efetiva fonte de comunicação porque eles exploram as habilidades da mente para ver relações em suas estruturas físicas, permitem a compreensão das complexidades do ambiente, reduzem o tempo de procura e revelam relações espaciais que de outra forma não seriam notadas (DODGE:KITCHEN, 2001, apud OKADA; ZEILIGER, 2003, p. 65).

Dentre as inúmeras aplicações que os mapas possuem, a exploração do que os indivíduos conhecem permite partir do conhecimento existente para a construção do novo.

A aprendizagem significativa crítica de Moreira busca desenvolver no aprendiz elementos que o torne integrante ativo de sua cultura e, ao mesmo tempo, que o coloque fora dela. Nesse sentido, a implementação da aprendizagem a partir do desenvolvimento da interdisciplinaridade é baseada nos nove princípios citados anteriormente.

## **2.5 CONEXÕES ENTRE AUSUBEL, LIPMAN E A INTERDISCIPLINARIDADE**

A construção da autonomia do pensamento nem sempre foi privilegiada pela educação. Por outro lado, as concepções de aprendizagem significativa de Ausubel sugerem que o aprendiz deva ter como estrutura cognitiva a organização e a integração dos novos conhecimentos na sua estrutura cognitiva. Dessa maneira faz-se necessário criar ou desenvolver subsunçores capazes de interligarem o que se sabe e o que se deve saber, promovendo assim o pensamento reflexivo.

Para Lipman, o desenvolvimento das habilidades cognitivas se inicia a partir de uma reflexão filosófica adequada na qual o aprendiz é levado a pensar de forma organizada e crítica sobre as questões propostas. Nessa perspectiva, o diálogo investigativo é uma ferramenta que proporciona aos envolvidos estabelecer correlações entre as informações apresentadas e as decisões em níveis adequados para tal, implicando em uma estratégia para a implementação concreta da aprendizagem significativa.

Aliado a isso, Lipman propõe conceitos filosóficos numa dimensão transdisciplinar e permite dar ao aluno algum tipo de pensamento de ordem superior que possibilita a aprendizagem do que se propõe com mais qualidade. Assim, em um esquema de ensino de Física, tendo a Filosofia como elemento interdisciplinar, esta última cumpre a importante função de se constituir como a principal ferramenta de construção dos organizadores prévios e ainda fornecer inúmeros outros subsunçores relacionados ao tema a ser estudado, ainda que sob a perspectiva filosófica.

O conhecimento prévio é uma das variáveis determinantes para a aprendizagem significativa também na percepção de Lipman, ainda que de modo não explícito. Nela, o aprendiz, através do diálogo reflexivo filosófico, desenvolve habilidades cognitivas que permitem verificar a validade do que se sabe perante o que é apreendido e ampliar o escopo de subsunçores possíveis constituintes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Ajuda também o fato de tanto Ausubel quanto Lipman serem cognitivistas, ainda que estejam articulados em níveis diferentes relativamente ao par: teoria abstrata e concretude prática. Lipman desenvolve uma teoria da educação de caráter interdisciplinar. Ausubel desenvolve uma teoria psicológica da

aprendizagem, em que destaca algumas técnicas como, por exemplo, os pré-testes, como elemento para tornar a aprendizagem significativa.

As abordagens modernas ditas interdisciplinares apresentam certas lacunas, pois elas raramente são verdadeiramente interdisciplinares, estando mais próximas de uma abordagem multidisciplinar.

Uma abordagem baseada no uso de mapas conceituais pode ser um ponto de partida importante, capaz de conduzir aos elementos da interdisciplinaridade, uma vez que os conceitos considerados pedagogicamente de uma ou outra área passam a se apresentar num mesmo nível de enfoque.

Assim, nesta perspectiva, a articulação entre uma Teoria de Aprendizagem, desenvolvida por David Ausubel, e uma Teoria da Educação, desenvolvida por Mathew Lipman, com ênfase nas interconexões que pode gerar um referencial teórico muito mais robusto e concretível (SILVA, FERREIRA, 2018).

### **Capítulo 3**

## **METODOLOGIA**

As perspectivas de Ausubel aliadas às concepções de Aprendizagem Significativa Crítica do Moreira e a Pedagogia Investigativa de Lipman são o referencial teórico do nosso produto educacional.

Numa perspectiva ampla, entendemos que a interdisciplinaridade tem o papel de promover a interação prolongada entre as disciplinas de modo coordenada, em busca da solução de um problema complexo que poderá ser resolvido através da integração dos diferentes discursos. Aliado a isso, a interdisciplinaridade fomenta a elaboração de uma metodologia comum entre as áreas envolvidas e a geração de um conhecimento novo.

As etapas e os processos inseridos na proposta interdisciplinar considera inicialmente a definição do problema e os respectivos conhecimentos necessários para a compensação daquilo a que se propôs abordar, o tipo de estudo a ser realizado, comparar as contribuições e avaliar suas adequações, importância e adequabilidade.

Nesse sentido, a integração de conhecimentos trata da condição de efetivação da interdisciplinaridade que pressupõe a consistência de conhecimento visando novos questionamentos, novas buscas e a transformação da própria realidade. Na dimensão mais propriamente epistêmica, contribui para a expansão dos eventuais subsunçores a serem ativados em um aprendizado específico, bem como introduz mais flexibilidade na construção dos organizadores prévios relativos a estes subsunçores.

Em nosso produto educacional optamos por usar mapas conceituais por considerá-los fomentadores da interdisciplinaridade em nível mais profundo. Segundo Moreira (2012), os mapas conceituais de maneira geral são “apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos”. Entretanto, os mapas conceituais são importantes ferramentas educacionais para suscitar o protagonismo do aluno no processo educacional (SOUSA, 2010). Dessa forma, os mapas conceituais são importantes ferramentas de suporte no processo de ensino e aprendizagem.

Neste trabalho, os mapas conceituais produzidos pelos alunos serão utilizados para verificarmos se houve aprendizagem significativa durante a aplicação da sequência didática proposta. O mapa conceitual disposto na figura a seguir possui elementos conceituais da sequência proposta que poderão servir de comparação com os mapas conceituais elaborados pelos estudantes.

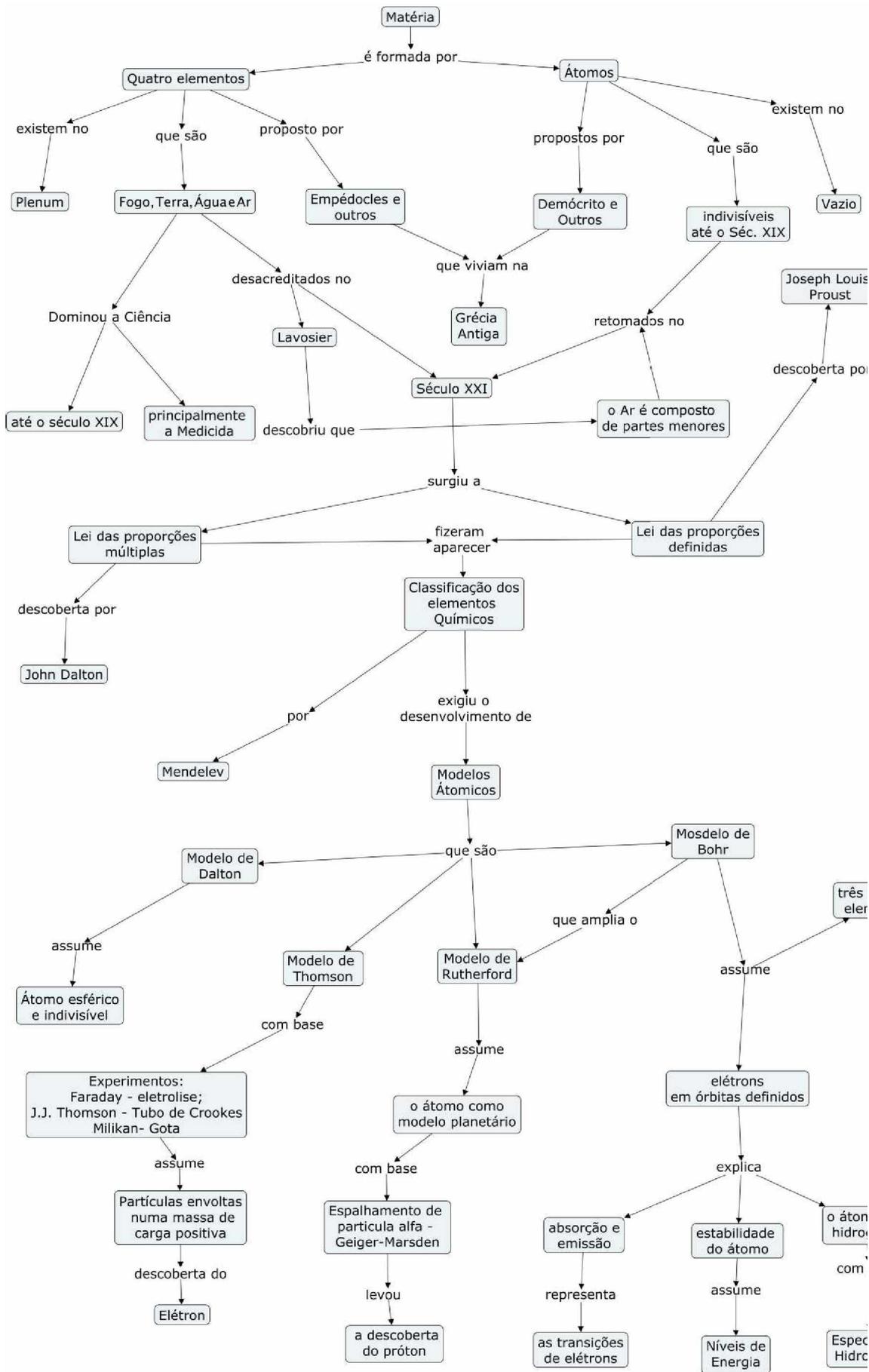


Figura 01: mapa conceitual dos conteúdos propostos na Sequência Didática.

### **3.1 METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO**

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas ou UEPS configuram em um método de elaboração de uma sequência didática que busca desenvolver a aprendizagem significativa de Ausubel. Nessa perspectiva, a abordagem é feita a partir de aspectos mais gerais, inclusivos e conduzida para aspectos mais específicos de uma maneira progressiva que considera a captação de significados, a compreensão, a capacidade de explicação e a aplicação em situações-problema como elementos de uma aprendizagem significativa.

Utilizando as recomendações metodológicas do professor Moreira, estruturamos uma sequência didática para a abordagem do atomismo na física do Ensino Médio. Essa sequência foi pensada para ser aplicada em uma turma de 3ª série do Ensino Médio com estudantes na faixa etária de 16 a 17 anos num total de 8 aulas de 50 minutos. Nela, sugerimos textos, vídeos, atividades, elaboração de mapa conceitual como elementos mediadores que servirão de análise das etapas de aplicação da própria sequência.

Inicialmente, os elementos mediadores serão explorados em estações investigativas através de ações filosóficas que possam contribuir para o desenvolvimento do pensamento crítico, do saber lógico e da formação de um pensamento superior. As estações investigativas, além de configurarem num agrupamento de alunos orientados para a realização de uma tarefa com tempo e objetivo definido, são espaços voltados para o estímulo da inferência, da construção de definições, da suposição, da organização, da coerência do discurso, entre outros, inseridos nas etapas do arranjo do pensamento filosófico.

Desse modo, as atividades propostas para as estações investigativas serão mediadas e conduzidas pelo professor para um debate que permita identificar e organizar os subsunçores. A partir daí os conhecimentos pré-existentes poderão ser enriquecidos ou até mesmo modificados à medida que as novas informações forem sendo anexadas à estrutura cognitiva do aprendiz ainda no processo dialógico implicado pelas comunidades de investigação.

Os elementos mediadores e as atividades propostas nessa sequência foram desenvolvidos e organizados a partir dos materiais de pesquisas já

realizadas em Ensino de Física Moderna dentro da perspectiva da transferência didática. Aliado a isso, a avaliação da sequência didática foi pautada na análise dos mapas conceituais elaborados pelos alunos, nas respostas dadas às questões propostas nas estações investigativas, sempre voltadas para a articulação dos conceitos em diferentes contextos daqueles em que foram aprendidos, e numa avaliação quantitativa constituída de questões que abordassem a aplicação da sequência didática.

A comparação dos conceitos iniciais e finais apresentados no pré-teste e no pós-testes serviram de elementos para a validação da sequência didática aplicada e forneceram subsídio para a análise dos impactos da Pedagogia Investigativa proposta por Limpan, da Aprendizagem Significativa de Ausubel, da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira e a própria influência da abordagem interdisciplinar.

Os conteúdos propostos para a sequência didática são os seguintes:

- As primeiras especulações sobre a constituição da matéria;
- Transformação da matéria de Aristóteles;
- Átomo de Dalton;
- Átomo de Thomson;
- Átomo de Rutherford;
- Séries Espectrais;
- Modelo atômico de Bohr.

Desses tópicos derivam os conceitos necessários para que os alunos compreendam as diferentes visões de modelos de constituição e organização da matéria dentro do contexto da História e Filosofia da Ciência que os fizeram significativos na sua época.

### **3.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Após a definição dos conteúdos, é necessário definir as etapas para a Sequência Didática começando por um levantamento dos conhecimentos prévios que servirão de subsunçores para a definição dos organizadores prévios,

assim como a elaboração de mapas conceituais para a verificação da aprendizagem após o desenvolvimento das atividades propostas na sequência didática.

Inicialmente, faz-se necessário um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre as principais etapas que levaram à compreensão atual do átomo com ênfase nos processos de formulação das hipóteses e teorias e nas evidências experimentais que as sustentavam.

Nas descrições das aulas a seguir será possível identificar elementos filosóficos numa dimensão transdisciplinar e sugestões de abordagens que privilegiam os elementos de pensamento de ordem superior dos alunos com o intuito de desenvolver uma aprendizagem com mais qualidade.

A sequência didática está estruturada de tal modo que cada aula desenvolve elementos de ancoragem para a aula subsequente. Nesse sentido, os conteúdos estão organizados de acordo com as etapas de descoberta, como se estivessem inseridos numa linha do tempo. Essa opção foi pensada para que os alunos pudessem estabelecer relações como as concepções científicas iniciais sobre o átomo e comparar com as concepções que sucederam, chegando até as atuais, vivenciando, assim, elementos de uma aprendizagem significativa a partir de uma perspectiva que sugere uma síntese histórico-filosófica.

Em nosso trabalho, elaboramos a sequência didática de acordo com as recomendações metodológicas de Moreira em um formato que muito se assemelha a uma UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

### **3.3 ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA - UEPS**

A seguir apresentamos as descrições da sequência didática, seguidas de elementos didáticos que buscam alcançar uma aprendizagem baseada no contexto teórico que a sustenta.

**Objetivo:** Ensinar o atomismo na Física do Ensino Médio;

1. **Situação inicial:** realizar o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes por meio de um questionário no qual cada um irá responder, por escrito, com suas próprias palavras, as questões propostas; esse

questionário deverá ser entregue ao professor ao final desta atividade inicial que comporá a primeira aula; em seguida construir com os estudantes um mapa conceitual sobre a percepção deles acerca do que compõe todas as “coisas” materiais; inicialmente as respostas dadas serão registradas na lousa e organizadas em um diagrama.

2. **Situações-problema iniciais:** a) do que as “coisas” são feitas? b) quais eram as concepções dos filósofos gregos sobre a constituição da matéria? c) o que você entende por elemento? d) em nível molecular, como explicaria: o processo de solidificação da água, o aquecimento de uma barra de ferro quando uma das extremidades é levada diretamente ao fogo, a evaporação da água de uma roupa, a incidência de uma onda eletromagnética sobre um metal e a reflexão da luz por um espelho. As situações propostas serão utilizadas para promover um debate, com a mediação do professor, sem que as respostas sejam dadas pelo mesmo.

A seguir, os estudantes, distribuídos nas estações investigativas, recebem um trecho do artigo: *O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade*, de Maria da Conceição Marinho Oki, publicado na revista *Química na Escola*<sup>5</sup>, para ser lido e para que respondam a um questionário.

3. **Aprofundando conhecimento:** serão trabalhadas as primeiras especulações sobre a constituição da matéria, a transformação da matéria de Aristóteles, os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford. Esses conteúdos serão apresentados através de textos, slides, simuladores, quadro, giz e também através de vídeo de forma cooperativa sempre estimulando a participação dos estudantes. Aliado a isso, os novos conteúdos serão retomados a cada etapa de introdução do mesmo. Essa etapa será desenvolvida em 4 aulas.
4. **Nova situação:** os conceitos serão abordados a partir da construção de um espectroscópio de mão. Para isso, cada estação investigativa receberá o roteiro experimental *Montando um Espectroscópio*, produzido pela USP<sup>6</sup>. Após a construção do espectroscópio, cada estação fará a observação da luz de três lâmpadas disponibilizadas em sala, a descrição

---

<sup>5</sup> Disponível, na íntegra, em [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16\\_A06.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A06.pdf), acesso em 02/06/2018.

<sup>6</sup> disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/53140/mod\\_resource/content/1/montandoum%2Bespectroscópio%5B1%5D.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/53140/mod_resource/content/1/montandoum%2Bespectroscópio%5B1%5D.pdf).

por meio de registros e os desenhos representativos dos resultados observados para serem entregues ao professor. Aliado a isso será abordado o panorama histórico do desenvolvimento da espectroscopia com destaque para os trabalhos de Newton (teoria da composição da luz branca), Fraunhofer (observação das linhas escuras no espectro solar), Bunsen e Kirchhoff, as características do modelo atômico de Bohr e as transições no átomo de hidrogênio. Essa etapa será desenvolvida em 2 aulas.

5. **Comparando mapas:** na aula seguinte será realizada a construção de mapas conceituais para o atomismo e comparado de forma qualitativa com os mapas conceituais elaborados na primeira aula, de modo a identificar provável ausência de conceitos iniciais, incentivando a perspectiva da desaprendizagem, que aponta também para os desdobramentos históricos da Física.
6. **Avaliação somativa individual:** esta atividade é composta por questões abertas, de modo que os estudantes possam expressar livremente a sua compreensão do modelo atômico de Bohr e as transições no átomo de hidrogênio.
7. **Aula expositiva dialogada integradora final:** esta atividade permite rever os conteúdos desenvolvidos na sequência e rever os mapas conceituais desenvolvidos nas aulas anteriores. Aliado a isso, pretende-se destacar o potencial descritivo e explicativo do Modelo de Bohr para a estrutura da matéria. Ainda nessa perspectiva, pretende-se destacar as etapas de evolução do modelo de Bohr assim como as previsões confirmadas que levaram o abandono dos modelos anteriores. Essa etapa será desenvolvida em 2 aulas.
8. **Avaliação da aprendizagem da sequência proposta:** esta atividade será baseada nas respostas individuais dos estudantes em questões propostas que exijam o conhecimento das características do Modelo de Bohr assim como as transições possíveis no átomo de hidrogênio.
9. **Avaliação da própria sequência:** a validação da sequência didática será

feita a partir dos resultados de aprendizagem apresentados aliada aos posicionamentos dos estudantes nos debates e na evolução da construção dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes.

*Total de horas-aula: 8*

Os alunos serão informados sobre a metodologia das estações investigativas e os conteúdos que serão estudados na sequência didática. Ao final de cada aula os alunos serão orientados a pesquisarem sobre determinado tema ou a responderem a um questionamento.

### **3.4 DETALHANDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

***Aula 01: Do que as “coisas” são feitas?***

***Objetivos Específicos:*** Apresentar as etapas de aplicação da sequência didática aos alunos; Realizar o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes e identificar, em uma perspectiva histórica, as principais etapas do desenvolvimento e da consolidação do atomismo a partir de uma problematização. Construir com os estudantes um mapa conceitual sobre a percepção deles acerca daquilo que compõe a matéria.

***Recursos instrucionais:*** Quadro, Giz, Texto, Vídeo 1<sup>7</sup>, Atividade sugerida.

- Antes da aplicação da sequência didática, foi realizada uma oficina sobre a construção de mapa conceitual.
- Nessa primeira aula foi aplicado um pré-teste com oito questões para o levantamento dos conhecimentos prévios. Aliado a isso, buscou-se desenvolver uma discussão inicial sobre do que as “coisas” são feitas com ênfase no pensamento dos filósofos gregos e o conceito de elemento a partir da leitura de um trecho do artigo.

---

<sup>7</sup> *Tudo se transforma, Reações Químicas, Os primórdios – disponível em: <<https://www.youtube.com/embed/HLAxYoLDO7E>>, acesso em 02/06/2018).*

- Como tarefa de casa, cada estudante deveria ler os textos disponibilizados<sup>8,9</sup>, responder um questionário proposto e elaborar um mapa conceitual dos temas abordados nos textos.
- A análise das respostas dos estudantes serviu para a identificação dos subsunçores necessários para a ancoragem dos novos conhecimentos.

### ***Aula 02: Revelando a natureza íntima da matéria***

**Objetivos Específicos:** Apresentar o contexto teórico-experimental que influenciou na elaboração do modelo atômico de Dalton e J.J. Thomson. Descrever as hipóteses de Dalton e os experimentos de J.J. Thomson com raios catódicos que o levaram à descoberta do elétron.

**Recursos instrucionais:** Quadro, giz, vídeo 2<sup>10</sup>, tarefa sugerida.

- Inicialmente fez-se a socialização dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes sobre os assuntos abordados no texto disponibilizado na aula anterior. Em seguida a aula foi destinada à caracterização do contexto teórico experimental que levaram a formulação dos modelos atômicos de Dalton e J.J Thomson.
- Como tarefa de casa foi proposta a elaboração de um mapa conceitual dos conteúdos estudados na aula.

### ***Aula 03: Modelando a Matéria***

**Objetivos Específicos:** Descrever a interpretação de E. Rutherford para o experimento de espalhamento de Geiger-Marsden e a formulação de um novo modelo.

---

<sup>8</sup> Artigo da aula 01: O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade, de Maria da Conceição Marinho Oki, publicado na revista Química na Escola, disponível, na íntegra, em [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16\\_A06.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A06.pdf), acesso em 02/06/2018).

<sup>9</sup> Texto: artigo 200 anos da teoria atômica de Dalton, disponível em <[www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a07.pdf](http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a07.pdf)>, acesso em 01/06/2018).

<sup>10</sup> Trecho (de 28'00" a 30'40") do vídeo: Experiências com descargas elétricas em gases – disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=BkkoaXCLYGI>>, acesso em 30/05/2018).

**Recursos instrucionais:** Quadro, giz, simulação Phet Colorado (Espalhamento de Rutherford).

- A aula foi destinada para interpretar os resultados observados no experimento de Geiger-Marsden. A partir de uma simulação Phet Colorado<sup>11</sup>, cada estação investigativa deveria destacar os elementos evidenciados na simulação do modelo de Thomson e compará-los com os elementos evidenciados na simulação do modelo de Rutherford. Essa atividade foi conduzida a partir de questões que pudessem nortear e fomentar um debate entre os componentes de cada estação investigativa. Ao final foi exibido um trecho de um vídeo<sup>12</sup> do experimento de Geiger-Marsden. Os estudantes acessaram a simulação através do próprio aparelho celular.
- O líder de cada estação investigativa ficou encarregado de preparar os materiais para a montagem do espectroscópio para a próxima aula.

#### **Aula 04: Discutindo Modelo**

**Objetivos Específicos:** Compreender a diferença entre modelo e realidade. Discutir os métodos desenvolvidos por Rutherford.

**Recursos instrucionais:** Quadro, giz e Atividade Experimental<sup>13</sup>.

A proposta dessa atividade é promover um estudo investigativo sobre os métodos utilizados por Rutherford e sua relação com os métodos utilizados no século XXI. Para isso, as estações investigativas foram orientadas pelo professor para a realização da prática seguida de um roteiro experimental onde cada estação investigativa fez o registro proposto. Ao final, cada estação fez a socialização dos resultados obtidos de forma comparativa com o que se propôs a modelar.

---

<sup>11</sup> Atividade: Atomic models homework (Inquiry based produzida por Sam McKagan, Kathy Perkins and Carl Wieman, disponível em <<https://phet.colorado.edu/en/contributions/view/2979>>, acesso em 01/07/2018.

<sup>12</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=HRmdkAAoZ5M>>. Acesso em: 02/06/2018

<sup>13</sup> Adaptado - Disponível em <<http://cpepweb.org>>. Acesso em 20/05/2018.

### ***Aula 05: Séries Espectrais***

**Objetivos Específicos:** Interpretar espectros de emissão e absorção, em particular a presença de linhas brilhantes ou escuras. Explicar a absorção e a emissão de luz pela matéria em termos de transições eletrônicas nos átomos e moléculas.

**Recursos instrucionais:** Quadro, giz, Construção de um Espectroscópio Simples<sup>14</sup>.

A aula foi dividida em duas etapas. A primeira foi destinada para a montagem de um espectroscópio, observação da luz de três lâmpadas disponibilizadas em sala e a descrição por meio de registro acompanhado de desenhos representativos acompanhado das respectivas hipóteses. A segunda etapa consistiu numa breve abordagem sobre panorama histórico do desenvolvimento da espectroscopia.

### ***Aula 06: Niels Bohr e os pacotes de energia***

**Objetivos Específicos:** Apresentar as características do modelo atômico de Bohr para o átomo de hidrogênio.

**Recursos instrucionais:** Quadro, giz.

A abordagem parte de conceito da quantização das órbitas dos elétrons acompanhada das indicações de postulados e da instabilidade atômica encontrada na concepção de Rutherford. As expressões para o cálculo dos raios das órbitas do átomo de hidrogênio, assim como o cálculo dos níveis de energia foram demonstradas de forma simplificada.

### ***Aula 07: Transições no átomo de hidrogênio***

---

<sup>14</sup> Disponível em: <http://stoa.usp.br/clovisdsn/files/-1/10258/Montando+um+espectroscópio.pdf>

**Objetivos Específicos:** Apresentar as transições possíveis no átomo de hidrogênio sem se preocupar com o formalismo físico. Relacionar as absorções e emissões com o espectro do átomo de hidrogênio.

**Recursos instrucionais:** Quadro, giz e tarefa sugerida.

- A aula proposta consiste na abordagem do átomo de hidrogênio com ênfase nos espectros de absorção e emissão. Nesse sentido, os estudantes puderam observar através de exemplos de questões tradicionais a relação da energia com a frequência e com comprimento de onda nas transições propostas.
- Como tarefa de casa, foi sugerida a resolução de exercícios tradicionais do próprio livro didático sobre o átomo de hidrogênio.

**Aula 08: Avaliando a Sequência**

**Objetivos Específicos:** Avaliar a sequência didática e elaborar um mapa conceitual sobre os conteúdos abordados na sequência.

**Recursos instrucionais:** Avaliação

- A última aula dessa sequência teve como o objetivo de avaliar a aplicação da sequência didática desenvolvida de duas formas distintas. A primeira consistiu na elaboração um mapa conceitual dos conteúdos estudados e a segunda configurou em uma avaliação formal dos conteúdos estudados sobre o átomo de hidrogênio, uma vez que faz parte da abordagem do modelo atômico de Bohr.

### 3.5 MATERIAIS DIDÁTICOS

A nossa sequência didática disponibilizou os seguintes materiais didáticos (disponíveis no apêndice único) para os estudantes durante a aplicação: Dois textos (artigos) relacionados aos temas das aulas: um sobre o conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade e o outro sobre os 200 anos da teoria atômica de Dalton (A1), um roteiro de elaboração de mapas conceituais (A1). Roteiros adaptados para serem usados nas atividades experimentais (A3):

simulador Phet Colorado para a concepção atômica de Thomson e Rutherford, discutindo a concepção de Rutherford – modelo e realidade e construído um espectroscópio. Um pré-teste (A1) e um teste final (A4).

A aplicação do pré-teste serviu para identificar os subsunçores<sup>15</sup> que deveriam ser abordados ao longo da sequência didática de cada estudante e melhor distribuir os estudantes nas estações investigativas.

As leituras dos trechos dos artigos: *O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade e a Vida e obra de John Dalton e A Teoria Atômica*, e as resoluções das questões propostas como tarefa de casa foram organizadas de modo que os alunos pudessem estabelecer uma conexão entre os aspectos discutidos em sala de aula e os próprios conhecimentos já adquiridos. Isso foi feito de maneira a proporcionar uma possível reestruturação de pensamento ou a colocar os alunos numa zona de desconforto (dissonância cognitiva).

O roteiro experimental da simulação da experiência da folha de ouro de Rutherford foi utilizado impresso no dia da atividade proposta em cada estação investigativa. Nele, estão as etapas que cada estudante deve realizar para executar a proposta, acompanhadas de questões de análises conclusivas do que foi observado no simulador. Essa atividade foi realizada no próprio ambiente de sala de aula com o uso de aparelhos celulares dos próprios estudantes.

Para promover o estudo investigativo sobre os métodos utilizados por Rutherford e sua relação com os métodos utilizados no século XXI (A3), foi construído, especificamente para esse produto, um aparato experimental de simples manipulação denominado Espalhamento de Rutherford. Essa atividade permite explorar e discutir a forma de enxergar objetos que não podem ser vistos a olho nu, como é o caso do átomo e do próprio núcleo atômico. O aparato é constituído de duas placas de madeira e um objeto de forma geométrica plana desconhecida, colocado entre elas. Cada estação investigativa teve o trabalho de identificar o formato da figura geométrica sem que a tenha visto antes. Para isso eles lançaram bolinhas contra o objeto escondido e observaram a deflexão que foi produzida na trajetória das bolinhas após a colisão.

---

<sup>15</sup> Identificamos que a maioria dos estudantes não conhecem as etapas de evolução do pensamento grego sobre a matéria e concebem a estrutura atômica numa mistura de elementos das concepções de Rutherford e Bohr

O estudo investigativo sobre o espalhamento de Rutherford (A3) foi norteado por um roteiro que detalha as etapas de execução dos procedimentos, seguido de três questões que serviram para fomentar o debate entre as estações investigativas.

O roteiro para a construção de um espectroscópio de mão foi entregue na aula que antecedia a aula de laboratório, de modo a facilitar a aquisição dos materiais por cada estação investigativa. Nele estão os objetivos propostos, os materiais, as etapas de montagem do espectroscópio e duas questões: a primeira trata da investigação das fontes de luz observadas através do espectroscópio e a segunda busca uma explicação das características observadas. Essa atividade foi realizada no laboratório de ciências da escola.

Apesar de a sequência didática evitar o formalismo físico matemático, houve a preocupação em apresentar de forma quantitativa as interpretações das deflexões sofridas pelas partículas alfa no experimento de Rutherford e a estimativa de distância mínima que as mesmas atingiam ao irem em direção ao núcleo.

Com vistas a retomar os conceitos de velocidade, período e frequência de uma onda eletromagnética foi utilizado um exercício/aplicação que abordou o que se fazia necessário para o desenvolvimento da sequência. Em seguida, foram apresentados aos estudantes os postulados de Bohr, seguidos de uma demonstração do raio das órbitas dos elétrons e da energia dos níveis no átomo de hidrogênio.

Nessa etapa, optou-se por utilizar exercícios tradicionais do próprio livro didático que abordassem tanto as concepções de Rutherford quanto os postulados de Bohr e as transições no modelo de hidrogênio com o intuito de verificar se houve aprendizagem de ordem superior, já que os exercícios apresentados ali tinham um caráter de fácil resolução.

Como forma de avaliar a abordagem dos conteúdos propostos na sequência, foi elaborado um pós-teste constituído de cinco questões abertas e estruturadas da seguinte forma:

- *Questão 01:* contém um trecho do texto *Aristóteles: Ciência e Explicação* seguida de um questionamento sobre as concepções de Dalton. O texto escolhido tem a função de trazer à memória do estudante os elementos do atomismo estudados na sequência didática.
- *Questão 02:* retoma os elementos estudados no experimento de Rutherford por meio de imagens do próprio simulador utilizado na sequência e quatro itens que abordam o tipo de partícula utilizada no experimento, a explicação das trajetórias descritas pelas partículas alfa e os elementos que levaram à proposição de um novo modelo.
- *Questão 03:* aborda de forma quantitativa a radiação de corpo negro em que o estudante deverá identificar no gráfico qual dos três espectros apresenta maior temperatura e, em seguida, determinar o seu valor.
- *Questão 04:* são feitos três questionamentos sobre as concepções de Bohr, contemplando a questão dos estados estacionários e das transições no átomo de hidrogênio.
- *Questão 05:* exige do estudante uma análise quantitativa do diagrama de energia e as transições do átomo de hidrogênio, bem como o cálculo de frequência de uma dada transição apresentada.

## Capítulo 4

### Aplicação do Produto Educacional

#### 4.1 OBJETIVOS E HIPÓTESES DO TRABALHO

O nosso projeto parte da hipótese de que o uso de elementos da história da Ciência como diálogo filosófico amplo pode ser relevante para introduzir subsunçores e engendrar organizadores prévios que podem tornar significativa

a aprendizagem de conceitos físicos abarcados nas novas concepções atômicas.

Constituem objetivos gerais desse trabalho:

- I. Utilizar as concepções gregas de matéria como subsunçores para a construção de conceitos abarcados em outras concepções atomistas.
- II. Estudar o possível impacto positivo que o uso de mapa conceitual permite alcançar na melhoria da aprendizagem significativa de concepções sobre a matéria.
- III. Analisar o possível impacto positivo que os momentos de investigação e debates contribuem para o pensamento hierárquico e crítico.
- IV. Verificar se o uso de atividades experimentais é capaz de tornar as aulas de física mais interativas.

Nossos objetivos específicos são:

- I. Elaborar uma sequência de aprendizagem na qual as antigas concepções filosóficas sobre a matéria possam servir de subsunçores para compreender as novas concepções atômicas.
- II. Utilizar o conceito de átomo da antiga Grécia, os postulados de Dalton, o experimento de Thomson e a concepção de Rutherford, como subsunçores para o aprendizado dos conceitos físicos de quantização de energia, espectros de radiação e o modelo de Bohr.

## **4.2 METODOLOGIA**

A elaboração do nosso produto foi baseada nos métodos educacionais constituintes na perspectiva de Ausubel, nas concepções de Aprendizagem Significativa Crítica e recomendações metodológicas de *Unidade de Ensino Potencialmente Significativas* de Moreira. Também nos baseamos nas considerações de Lipman, de que o desenvolvimento do pensar de ordem

superior está vinculado ao cultivo e fortalecimento das habilidades lógicas antes e durante os vários momentos de aprendizagem.

Nessa perspectiva, o nosso produto educacional utilizou como suporte no processo de ensino e aprendizagem o debate entre as estações investigativas e a elaboração de mapas conceituais em busca de uma aprendizagem que fosse significativa.

### 4.3 RELATO DE APLICAÇÃO

A seguir apresentamos um quadro síntese da sequência didática aplicada.

Aula	O que foi desenvolvido	Recursos Instrucionais
<b>Aula 1:</b> <i>Do que as “coisas” são feitas?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-teste com sete questões para o levantamento dos conhecimentos prévios.</li> <li>• Aula expositiva sobre as concepções dos gregos antigos a respeito da matéria.</li> <li>• Construção compartilhada de um mapa conceitual sobre as concepções dos gregos antigos a respeito da matéria.</li> </ul>	Quadro, Giz, Texto, Vídeo 1 <sup>16</sup> , Atividade sugerida (leitura e construção de mapa conceitual).
<b>Aula 02:</b> Revelando a natureza íntima da matéria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Socialização dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes como tarefa de casa.</li> <li>• Aula expositiva sobre a caracterização do contexto teórico experimental que levaram a formulação dos modelos atômicos de Dalton e J.J Thomson.</li> <li>• Como tarefa de casa foi proposta a elaboração de um mapa conceitual dos conteúdos estudados na aula.</li> </ul>	Quadro, giz, vídeo 2 <sup>17</sup> , tarefa sugerida.

<sup>16</sup> *Tudo se transforma, Reações Químicas, Os primórdios* – disponível em: <<https://www.youtube.com/embed/HLAxYoLDO7E>>, acesso em 02/06/2018).

<sup>17</sup> Trecho (de 28'00" a 30'40") do vídeo: Experiências com descargas elétricas em gases – disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=BkkoaXCLYGI>>, acesso em 30/05/2018).

<b>Aula 03:</b> <i>Modelando a Matéria</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar os resultados observados no experimento de Geiger-Marsden, a partir de uma simulação Phet Colorado<sup>18</sup>.</li> </ul>	Quadro, giz, Simulador Phet
<b>Aula 04:</b> <i>Discutindo Modelo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo investigativo sobre os métodos utilizados por Rutherford e sua relação com os métodos utilizados no século XXI a partir de um aparato experimental.</li> </ul>	Quadro, giz e Atividade Experimental <sup>19</sup> .
<b>Aula 05:</b> <i>Séries Espectrais</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagem de um espectroscópio de mão.</li> <li>• Aula expositiva sobre panorama histórico do desenvolvimento da espectroscopia.</li> </ul>	Quadro, giz, Construção de um Espectroscópio <sup>20</sup> .
<b>Aula 06:</b> <i>Niels Bohr e os pacotes de energia</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva sobre a quantização das órbitas dos elétrons acompanhada das indicações de postulados e da instabilidade atômica encontrada na concepção de Rutherford.</li> </ul>	Quadro, giz.
<b>Aula 07:</b> <i>Transições no átomo de hidrogênio</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva sobre o átomo de hidrogênio com ênfase nos espectros de absorção e emissão.</li> </ul>	Quadro, giz e tarefa sugerida.
<b>Aula 08:</b> <i>Avaliando a Sequência</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação da sequência</li> </ul>	<i>Avaliação</i>

#### 4.3.1 Aula 1: Do que as “coisas” são feitas?

O início da sequência didática ocorreu no dia 10/09/2018 com a aplicação de um pré-teste que buscou elencar os conhecimentos prévios dos estudantes

<sup>18</sup> Atividade: Atomic models homework (Inquiry based produzida por Sam McKagan, Kathy Perkins and Carl Wieman, disponível em <<https://phet.colorado.edu/en/contributions/view/2979>>, acesso em 01/07/2018.

<sup>19</sup> Adaptado - Disponível em <<http://cpepweb.org>>. Acesso em 20/05/2018.

<sup>20</sup> Disponível em: <http://stoa.usp.br/clovisdsn/files/-1/10258/Montando+um+espectroscópio.pdf>

sobre a constituição da matéria e identificar a perspectiva histórica das principais etapas de desenvolvimento e consolidação do atomismo. Aliado a isso, o pré-teste serviu para identificar os subsunçores nas seguintes categorias: composição da matéria, concepções gregas sobre a matéria, o conceito de elemento, a representação do átomo, a interação da matéria com a radiação, a reflexão da luz na perspectiva atômico molecular e a geração de luz em lâmpadas incandescentes e fluorescentes.

O pré-teste é composto de oito questões abertas e foi respondido individualmente por trinta alunos de um total de trinta e um que compunham a turma em um intervalo de tempo estimado de vinte minutos. Em seguida, o vídeo *Tudo se transforma, Reações Químicas*, com duração de onze minutos, foi exibido com o intuito de fomentar um debate acerca da composição das “coisas” e fornecer elementos para a elaboração compartilhada de um mapa conceitual sobre os aspectos abordados no próprio vídeo.

No final dessa aula, os estudantes receberam os textos para serem lidos como tarefa de casa e um conjunto de três questões para serem respondidas e entregue na próxima aula.

Muito embora o pré-teste tenha sido elaborado com questões abertas, que buscam sondar as percepções prévias dos alunos, foi possível agrupar as respostas em núcleo comum. Nesse sentido, fazemos uma breve análise das respostas dadas às questões do pré-teste. Na imagem a seguir temos o agrupamento das respostas dadas à primeira questão.

**Questão 01: Do que as “coisas” são feitas?**

■ átomos ■ átomos e materia ■ matéria ■ ar, átomos, moléculas e etc

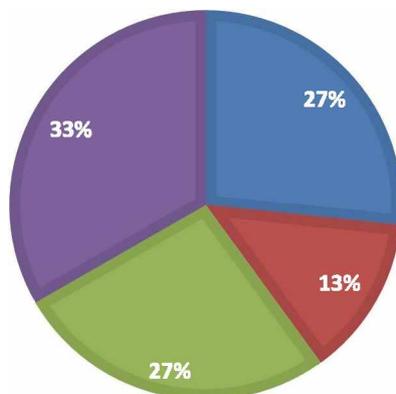


Imagem 1: Resultado das respostas dadas a questão 1 do pré-teste.

As respostas dadas para a segunda questão do pré-teste foram agrupadas em dois grupos. Um que relacionou à composição da matéria aos quatro elementos e o outro que apresentou respostas diversas conforme o gráfico a seguir.

*Questão 02: Quais eram as concepções dos filósofos gregos sobre a matéria?*

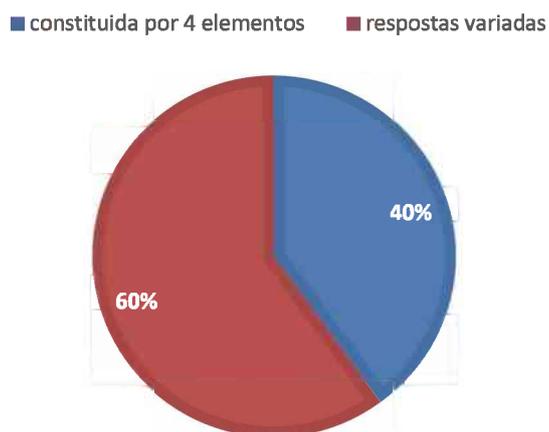


Imagem 2: Resultado das respostas dadas a questão 2 do pré-teste.

A questão três (*O que você entende por elemento?*), em particular, exige nossa atenção já que as respostas dadas para a mesma não possibilitaram o agrupamento em núcleo comum devido à diversidade apresentada. Nesse sentido, a questão pode não ter sido compreendida de forma adequada pelos estudantes ou o conceito abordado não é pertencente à estrutura de conhecimento prévio dos mesmos.

A representação do modelo de átomo obtida por meio da questão quatro do pré-teste pôde ser distribuída em três grupos distintos conforme o gráfico a seguir. Como podemos ver no gráfico, a maior parte dos estudantes representaram o modelo de Rutherford como o mais conhecido por eles. Os vinte por cento dos alunos que não fizeram a representação podem não ter compreendido de forma adequada a questão ou a figura de representação não refletia seus conhecimentos prévios.

**Questão 04: Faça uma representação/desenho do modelo de átomo que você conhece.**

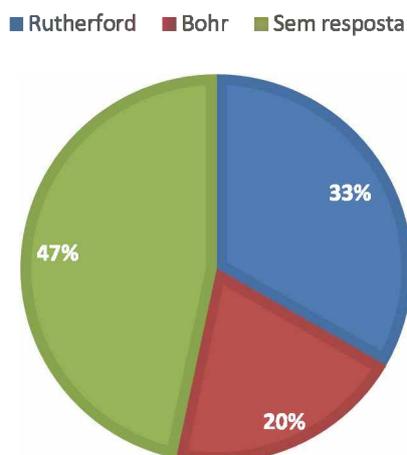


Imagem 3: Resultado das respostas dadas a questão 4 do pré-teste.

A questão cinco exigia uma descrição a nível atômico-molecular relacionada ao processo de solidificação da água, ao aquecimento de uma barra de ferro, ao processo de evaporação da água e à mudança de pressão sobre uma substância. As repostas dadas puderam ser agrupadas em núcleos de níveis comuns. Esse agrupamento considerou as características de modelo planetário na perspectiva do modelo de Rutherford e os níveis de energia na concepção do átomo de Bohr.

**Questão 05: Considere os fenômenos envolvidos a seguir e apresente uma descrição a nível atômico-molecular para cada um deles. (a. A solidificação da água; b. O aquecimento de uma barra de ferro quando colocada uma das extremidades em contato direto com o fogo; c. A evaporação da água nas roupas quando expostas ao Sol; d. A mudança de pressão sobre uma substância).**

■ Organização dos átomos ■ Agitação molecular ■ Não responderam

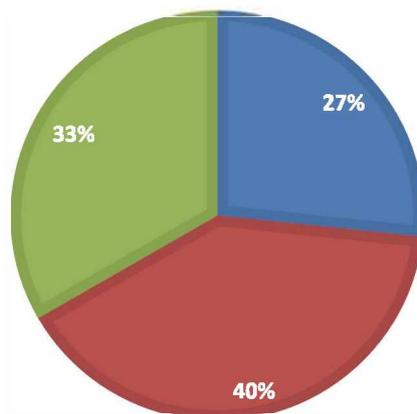


Imagem 4: Resultado das respostas dadas a questão 5 do pré-teste.

Apesar de a maioria dos estudantes apresentar uma resposta que se encaixa na concepção de organização dos átomos e agitação molecular, é possível que os estudantes que não responderam ou apresentaram respostas fora dos núcleos comuns não tenham compreendido o questionamento de maneira adequada ou não possuam conhecimentos prévios sobre o tema.

As questões seis, sete e oito, permitiram identificar que os estudantes não possuem subsunçores necessários para explicar os processos e fenômenos físicos envolvidos na interação da matéria com a radiação e na geração de luz em lâmpadas incandescentes e fluorescentes, uma vez que as respostas dadas não explicam corretamente a questão. As questões citadas se encontram a seguir.

*Questão 06: Tendo em vista que a matéria é constituída de átomos o que ocorre quando um material fica exposto a algum tipo de onda eletromagnética?*

*Questão 07: De que modo poderíamos explicar a reflexão da luz numa perspectiva atômica-molecular?*

*Questão 08: explique o processo pelo qual uma lâmpada incandescente e uma lâmpada fluorescente produz luz.*

O que nos chama a atenção é o fato de mais de sessenta por cento ter apresentado uma resposta às questões, mesmo que de forma equivocada. Nessa perspectiva, é possível perceber que os subsunçores relacionados a essas categorias não fazem parte dos conhecimentos prévios dos estudantes. Desse modo, buscou-se desenvolver dispositivos de ancoragem para a acoplagem dos novos conceitos abordados ao longo da aplicação da sequência didática.

#### **4.3.2 Aula 2: Revelando a natureza íntima da matéria.**

Nessa aula se faziam presentes trinta estudantes.

O primeiro momento é destinado ao agrupamento dos estudantes nas estações investigativas com o objetivo de promover a socialização dos mapas conceituais elaborados como tarefa de casa e discussão breve sobre a composição da matéria, as concepções gregas sobre a matéria e o conceito de elemento, uma vez que foram identificados como subsunçores no pré-teste.



Foto 1: Estações investigativas para o trabalho cooperativo

Os mapas conceituais foram utilizados nessa sequência tanto como apoio ao desenvolvimento das atividades, quanto para verificar o nível de articulação dos temas trabalhados.

Uma vez realizada a discussão, deu-se início a abordagem do contexto teórico-experimental que influenciou na elaboração do modelo de Dalton e

Thomson. Os alunos foram instigados pelo professor com o seguinte questionamento:

(professor) -- *"Falando de concepções atômicas, eu queria que alguém me respondesse qual era a concepção de Dalton sobre o átomo".*

Ao qual responderam:

(alunos) -- *"A concepção era de que o átomo era uma esfera maciça e indivisível".*

A resposta dada exigiu uma abordagem histórica experimental das influências que Dalton teve para elaborar o seu modelo e os testes realizados para que sua concepção pudesse ser validada e reformulada em seguida pela concepção de J.J Thomson. Nessa aula foi exibido o vídeo *Experiências com descargas elétricas em gases* com objetivo de explorar o aparato experimental utilizado por Thomson. À medida que a aula era desenvolvida os estudantes se mostravam curiosos em conhecer os postulados de Dalton, as leis ponderais e o experimento utilizado por Thomson que trouxe uma nova concepção atômica naquela época. Apesar do estudo de atomismo já ter sido feito em anos anteriores na disciplina de Química, a nova abordagem trouxe elementos significativos para a compreensão.

#### **4.3.3 Aula 3: Modelando a Matéria**

A terceira aula da sequência foi destinada à interpretação de Rutherford para o experimento de espalhamento de Geiger-Marsden a partir de uma simulação do Phet Colorado. Essa atividade foi realizada por trinta estudantes do total de trinta e um que compunham a turma.

Dispostos nas estações investigativas definidas em aula anterior, os estudantes receberam o roteiro da atividade experimental e iniciaram a simulação no próprio aparelho celular conectado na rede *wi-fi* da escola.



Foto 2: Estudantes distribuidos nas estações investigativas para a realização da atividade experimental proposta.

O roteiro da atividade está dividido em três etapas: interpretação de Rutherford, comparação das trajetórias das partículas alfa para o caso de uma concepção atômica de Thomson e uma conclusão que é norteadas por duas questões.

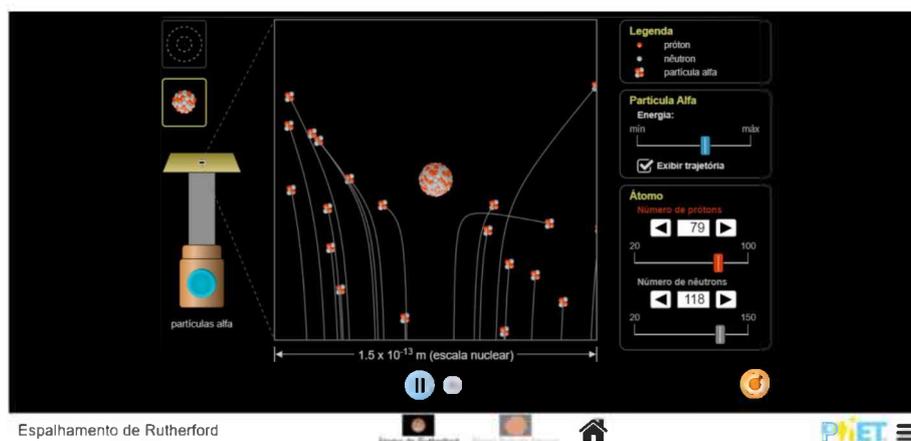


Imagem 6: Simulação utilizada para descrever a interpretação de Rutherford para o experimento de Geiger-Marsden.

Na simulação apresentada na imagem 6, é possível visualizar as trajetórias das partículas alfa indo em direção ao átomo da lâmina de ouro, modificar os parâmetros de energia cinética das mesmas e alterar composição do núcleo de um átomo que se queira bombardear. A partir desses parâmetros, foi possível debater nas próprias estações investigativas sobre as trajetórias

observadas e a influência sobre as partículas alfas quando se modifica o número de prótons e nêutrons do núcleo.

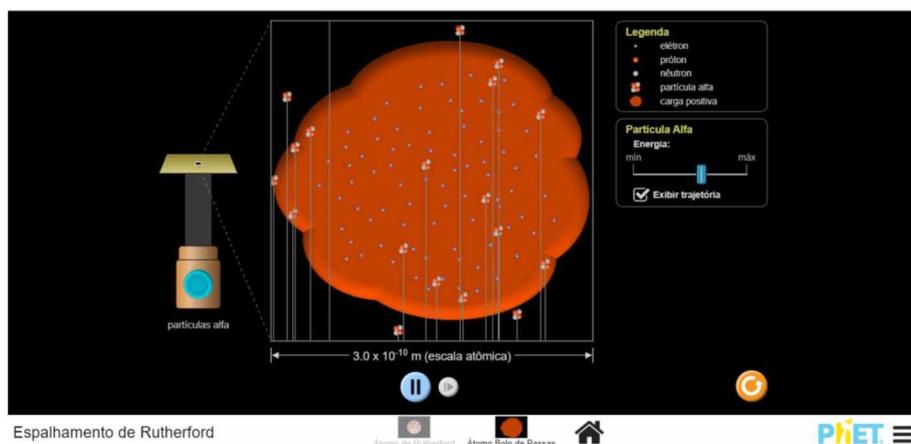


Imagem 7: Simulação utilizada para átomo de "pudim de ameixa".

Para a segunda parte da atividade, o simulador é alterado para o átomo do “bolo de passas” fazendo incidir as mesmas partículas alfa com a opção de exibir as trajetórias e modificar o parâmetro de energia cinética das mesmas como se pode observar na imagem 7.

Baseadas na simulação e guiadas pelas perguntas do próprio roteiro, as estações investigativas foram conduzidas à conclusão de que deveria ser feita uma reformulação do modelo atômico proposto por Thomson.

Restaram cerca de vinte minutos de aula após a realização da atividade proposta. Nesse intervalo de tempo foi exibido um vídeo de aproximadamente três minutos sobre o modelo de Rutherford que permitiu estender o diálogo entre professor e estudantes sobre os métodos para definir a estrutura atômica. Os roteiros da atividade com as respostas dadas pelos estudantes foram recolhidos e analisados.

Nos cinco minutos finais, os estudantes foram orientados sobre a atividade proposta na aula A3 e receberam o roteiro para que pudessem providenciar os materiais necessários para a prática.

#### 4.3.4 Aula 4: Discutindo Modelo

A aula foi iniciada com os estudantes dispostos nas estações investigativas e os vinte primeiros minutos da aula foram destinados a uma abordagem expositiva sistemática sobre os modelos atômicos de Thomson e sua transição para a concepção de Rutherford. Essa abordagem foi feita pelo professor através de esquema de conceitos colocados na lousa à medida que a abordagem era desenvolvida. Em seguida, as estações investigativas receberam as orientações e o roteiro para o desenvolvimento da prática.

As estações investigativas tiveram cinco minutos para identificar a forma de uma figura geométrica plana feita de madeira colocada debaixo de um tampo de madeira e responder as questões dispostas no roteiro.

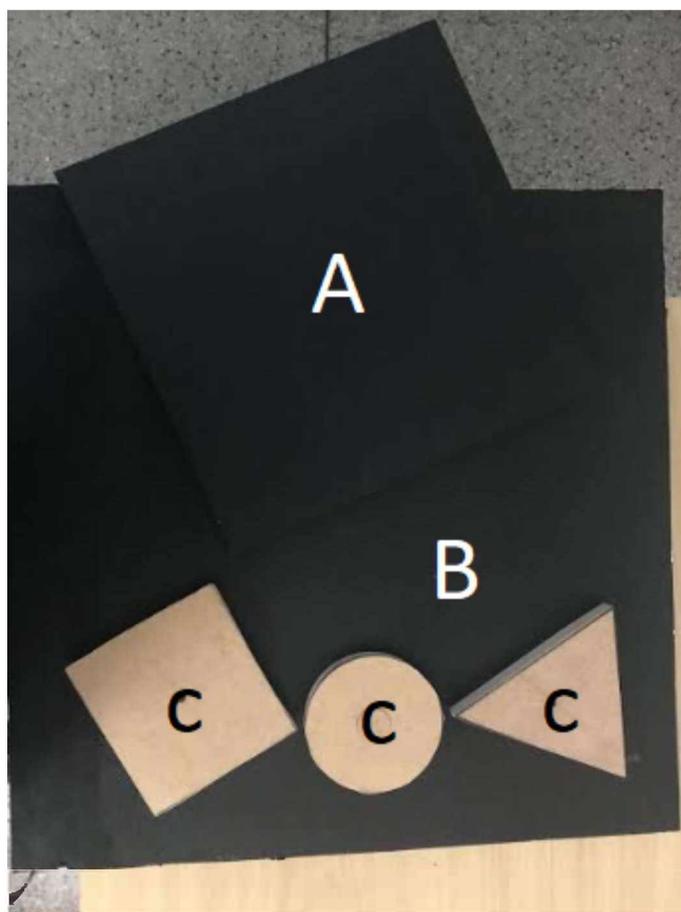


Foto 3: Aparato experimental: A – base menor; B – base maior; C – formas geométricas planas.

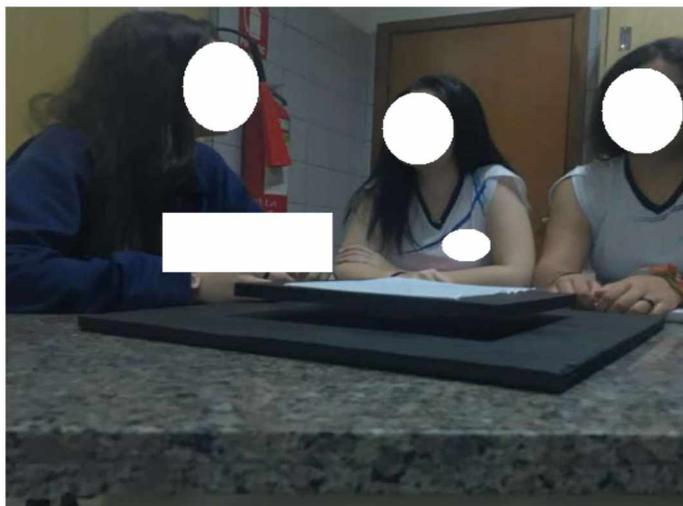


Foto 4: Aparato experimental montado para o início da prática.

Essa atividade foi organizada de forma que as estações investigativas que não estivessem realizando a prática ficavam impossibilitadas de acompanhar os procedimentos e estratégias utilizadas por uma estação que a estivesse realizando. Para isso, optou-se em dispor o aparato experimental no fundo da sala enquanto que, à medida que um grupo desenvolvia a atividade, os demais estudantes realizavam a construção de um esquema dos conteúdos estudados até o momento. Essa atividade foi desenvolvida no laboratório de Ciências.

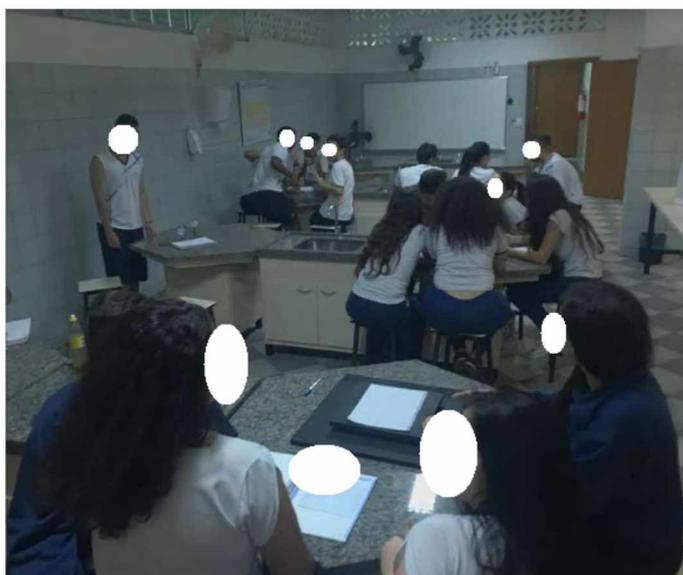


Foto 5: Executando a atividade com o aparato experimental.

O professor acompanhou a realização da atividade e, quando exigido, deu instruções de como executar as etapas propostas.

Essa atividade foi desenvolvida pelas estações investigativas de forma competitiva entre os envolvidos. Isso pode ter ocorrido por acharem que o tempo estipulado não era suficiente ou pela própria característica competitiva dos estudantes.

Ainda restaram quatro minutos de aula após a realização do experimento. Este tempo foi aproveitado pelo professor para orientar os estudantes sobre a aquisição do material e os recortes dos papéis descritos como etapas no roteiro de construção do espectroscópio de mão. O corte no CD e a montagem foram feitos na próxima aula em laboratório.

#### **4.3.5 Aula 5: Séries Espectrais**

A prática experimental aconteceu no laboratório da escola no período vespertino em aula regular. O laboratório dispõe de oito bancadas no total, das quais seis foram utilizadas pelas estações investigativas. Essa prática foi realizada por trinta estudantes da turma.



Foto 6: Laboratório de Ciências do Colégio.

Um dos procedimentos descritos no roteiro experimental é o corte de um pedaço do CD para ser inserido na estrutura que compõe o espectroscópio. O professor ficou alternando de grupo em grupo auxiliando no corte do CD e esclarecendo as possíveis dúvidas sobre a montagem. Os seis grupos conseguiram montar o espectroscópio para fazer a observação das fontes luminosas propostas pelo professor. A realização dessa atividade durou vinte e

cinco minutos pelo fato de os grupos já terem adiantado os recortes propostos conforme as orientações da aula anterior.



Foto 7: Estações investigativas construindo o espectrôscópio de mão.

A observação das fontes luminosas através dos espectrôscópios construídos causou bastante curiosidade, uma vez que alguns estudantes conseguiram identificar as linhas escuras imediatamente e outros não. À medida que o estudante observava o espectro de luz, o professor solicitava uma descrição verbal detalhada daquilo que era visto.

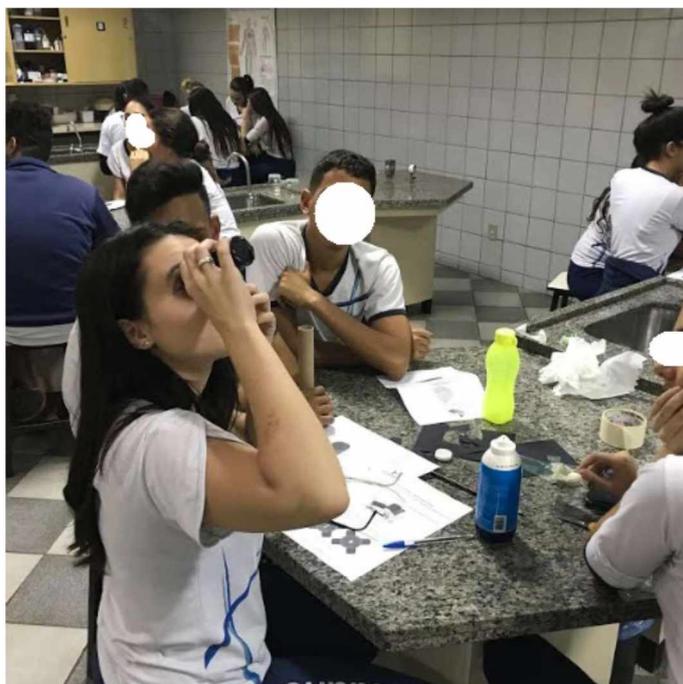


Foto 8: Estudante realizando observação dos espectro de luz.

A realização da prática foi muito interessante e permitiu criar um ambiente favorável para a abordagem do panorama histórico do desenvolvimento da espectroscopia, os espectros de linhas e retomar o conceito de refração da luz estudado em anos anteriores. Esse segundo momento foi desenvolvido nos vinte e cinco minutos finais da aula.

#### **4.3.6 Aula 6: Niels Bohr e os pacotes de energia**

A aula teve duração de cinquenta minutos e objetivava apresentar as características do modelo atômico de Bohr para o átomo de hidrogênio, de forma expositiva e com elementos quantitativos que pudessem ser compreendidos.

Inicialmente foi abordada a questão da instabilidade do modelo de Rutherford para introduzir a forma pela qual Bohr apresentou a solução para este problema. Partindo da indicação de alguns postulados em seu caráter semiclássico e da ideia de Planck, segundo a qual a energia não seria emitida continuamente, mas em pequenos “pacotes” de energia denominados *quanta*, foram discutidas as hipóteses de quantização das órbitas. Aliado a isso, fizemos uma abordagem breve sobre os estudos de um corpo negro que trouxeram a ideia de quantização.

A partir deste ponto e considerando o momento angular orbital do elétron empregaram-se os conceitos de energia cinética e das órbitas circulares para evidenciar os aspectos da Física Clássica inseridos nos conceitos inovadores do modelo atômico de Bohr. Aliado a isso, foi possível demonstrar a função para determinação dos raios e a fórmula de Bohr que prevê com grande precisão os níveis energéticos para o átomo de hidrogênio.

Durante a demonstração da função para a determinação dos raios os estudantes foram arguidos pelo professor. Segue transcrição de um trecho da aula:

*(professor) – Que tipo de interação aparece entre o elétron e o núcleo do átomo?*

*(estudantes) -- Força elétrica.*

*(professor) -- Para uma trajetória curvilínea, como denominamos a força que aponta para o centro?*

*(estudantes) -- Força centrípeta.*

De maneira geral, os estudantes se mostraram envolvidos e interessados em compreender as etapas que levaram à determinação do raio e energia dos

estados estacionários. Desse modo, foi possível construir uma estrutura lógica e matemática que conduziu a uma compreensão física das etapas que estavam sendo apresentadas. Ao final da abordagem e da manipulação das equações demonstradas em exemplos, o professor solicitou aos alunos uma síntese das concepções dos modelos atômicos estudados até a sexta aula.

#### 4.3.7 Aula 7: Transições no átomo de hidrogênio

Esta aula foi dedicada à caracterização das transições possíveis no átomo de hidrogênio a partir da emissão e absorção de fótons segundo as concepções de Bohr. Essa abordagem foi realizada pelo professor de maneira expositiva.

Os primeiros dez minutos da aula foram destinados à socialização das sínteses elaboradas pelos estudantes sobre os modelos atômicos estudados até o momento. Neste momento, eles puderam destacar as características de cada modelo e os principais pontos que levaram à elaboração de um novo modelo.

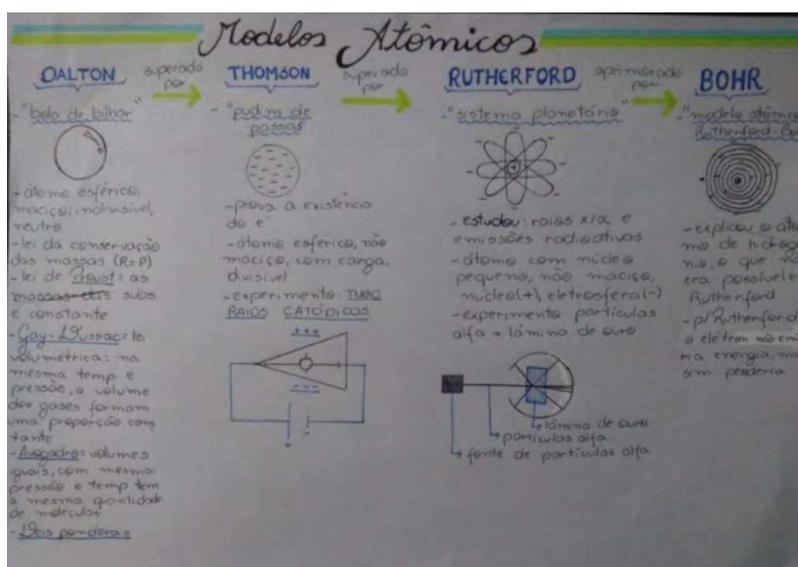


Foto 09: Síntese com as principais características dos modelos atômicos elaborada por um dos estudantes.

Esse momento foi muito interessante, pois, à medida que um estudante evidenciava as características de cada modelo, os demais se mostravam interessados em contribuir com as suas percepções a respeito daquelas características. Aliado a isso, os elementos expostos serviram de subsídios para a construção de um mapa conceitual pelas estações investigativas. A seguir apresentamos mapas conceituais elaborados pelas estações A e B para uma breve análise.



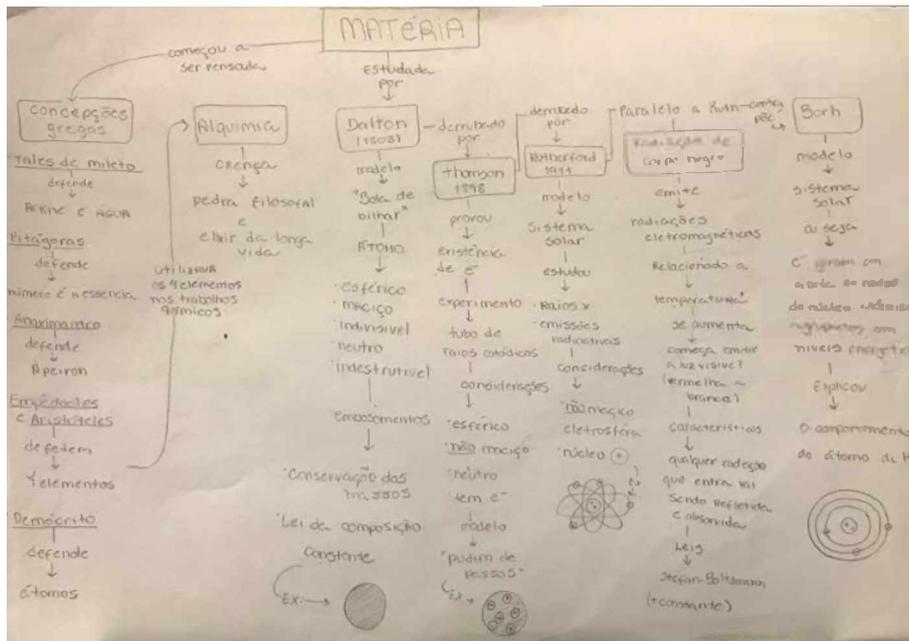


Foto 11: Mapa conceitual sobre a matéria elaborado pela estação investigativa (B).

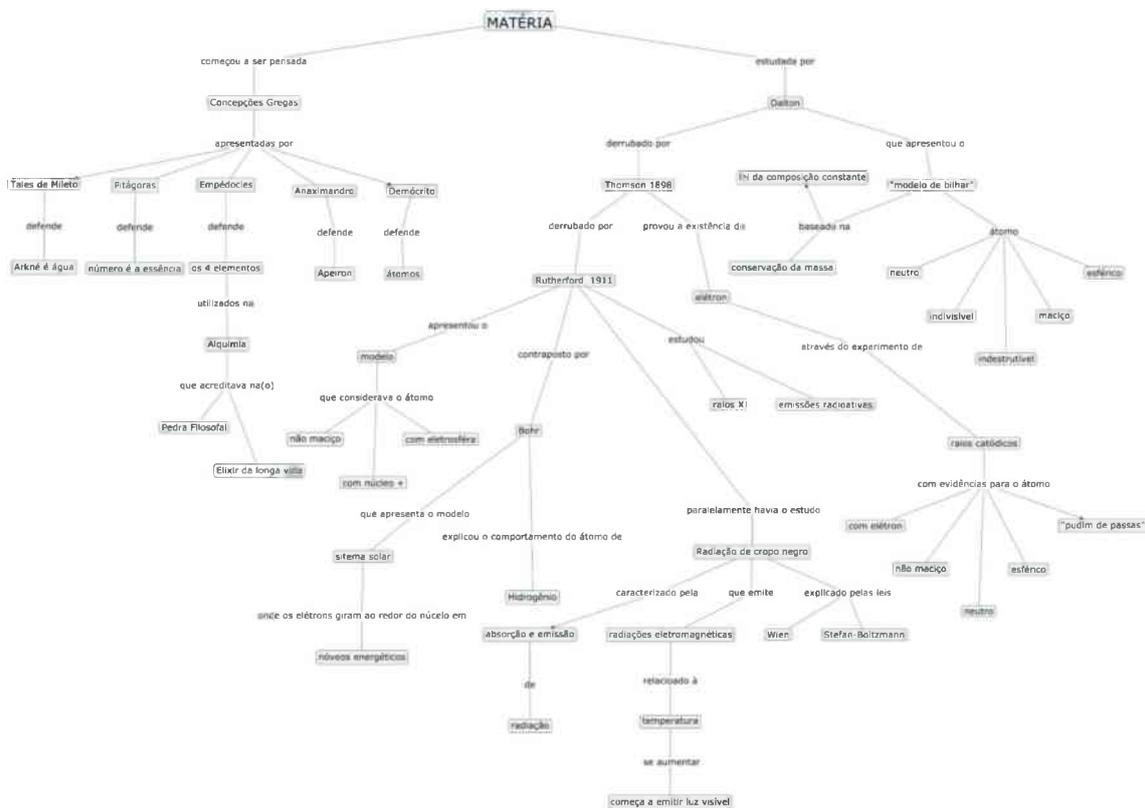


Imagem 9: Mapa conceitual referente à foto 11 elaborado pela estação investiva (B) na plataforma cmpatools.

Nos mapas conceituais elaborados é possível perceber uma boa relação entre os conceitos estruturais e de eventos de forma hierarquizada, partindo das concepções gregas até os elementos mais estruturais do modelo atômico de Bohr. É importante destacar que os integrantes de cada estação investigativa cooperaram internamente.

Partindo da representação do diagrama de energia para o átomo de hidrogênio e da equação de energia para os estados estacionários demonstrada na aula anterior. O professor, juntamente com os estudantes, calculou a energia dos sete primeiros estados permitidos para o elétron.

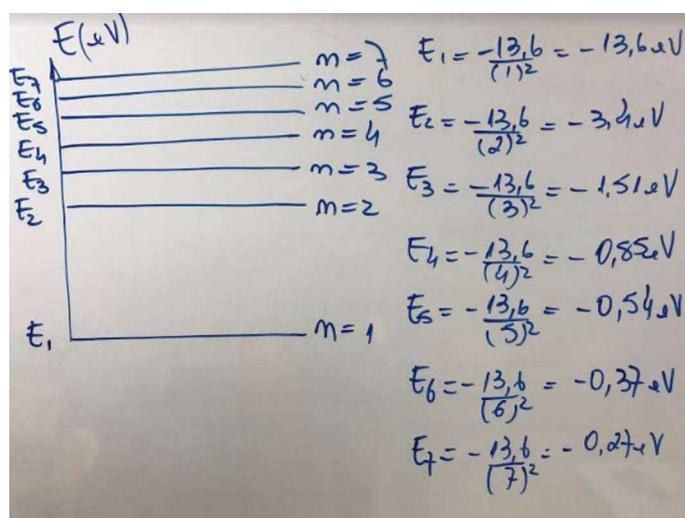


Foto 11: Representação utilizada para o cálculo da energia dos estados estacionários.

#### 4.3.8 Aula 8: Avaliando a Sequência

Na última aula dessa sequência foi aplicado um teste final para ser resolvido individualmente, sem consulta e, em aproximadamente quarenta minutos. O teste proposto, aliado à construção dos mapas conceituais e aos momentos de debates nas estações investigativas, tinha o objetivo de verificar a aquisição dos conceitos desenvolvidos na sequência e identificar indícios de aprendizagem significativa já que, o estudante estava em outro contexto que exigia a aplicação daquilo que foi aprendido.

O teste aplicado era composto de cinco questões com as seguintes características: a primeira e a quinta questão remetiam ao cenário do pré-teste aplicado na primeira aula, porém de forma modificada, a segunda exigia uma

análise do espectro de radiação de corpo negro, a terceira e a quarta questão exploravam as concepções e os elementos do modelo atômico de Bohr e a quinta questão remetia ao experimento de Rutherford.

À medida que os estudantes terminavam a avaliação, eram convidados a darem sua impressão sobre a sequência didática aplicada sem se identificar.

## **Capítulo 05**

### **Discussão dos Resultados**

Ao longo da aplicação do nosso projeto, foi possível coletar dados em diferentes formatos que serviram de indicativos de qualidades e defeitos inseridos no nosso produto educacional, sem determinar em caráter estatístico quantitativo a sua validade sobre os aspectos de aprendizagem, uma vez não possuímos uma amostra expressiva em termos numéricos.

#### **5.1 Análise das aulas expositivas**

Muito embora três das oito aulas dessa sequência apresentassem características de aulas expositivas, procuramos desenvolvê-las numa perspectiva que pudesse gerar um ambiente de investigação em que os estudantes fossem conduzidos à verbalização e à reflexão. Aliado a isso, buscamos inserir elementos que pudessem gerar momentos de descoberta possíveis para o aluno. É nesse contexto que a prática das relações entre os meios e os fins e entre as partes e o todo se desenvolvem e superam a dicotomia conceitos versus habilidade.

Um aspecto interessante notado na segunda aula foi a atenção total dos estudantes para a abordagem do contexto histórico-experimental em que John Dalton e J. J. Thomson estavam inseridos, e como as leis ponderais foram importantes para a evolução do pensamento atômico. Isso chamou a atenção, pois o único recurso utilizado naquele momento era o diálogo, contrariando aqueles que acreditam apenas no uso de aparatos experimentais, objetos, entre outros, como ferramentas para as quais os estudantes dão a atenção devida.

Por outro lado, vimos na terceira aula como o uso de simulador cumpre o papel de facilitador na aprendizagem. Essa reflexão é resultado das análises das

respostas dadas nas questões de conclusão do roteiro que norteava a atividade. Muito embora apareça o emprego equivocado de palavras nas respostas dadas, é possível identificar uma resposta global que remete à solução do que é perguntado. A seguir apresentamos as respostas dos estudantes X, Y e Z.

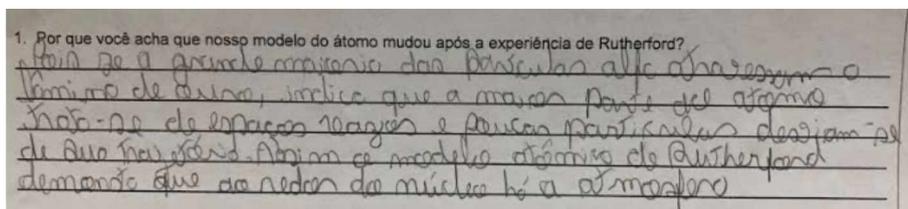


Foto 10: Resposta dada a questão 1 da do roteiro proposto para a simulação do estudante X.

#### *Transcrição da resposta dada pelo estudante X*

*“Pois, se a grande maioria das partículas alfa atravessam a lâmina de ouro, indica que a maior parte do átomo trata-se de espaços vazios e poucas partículas desviam-se de sua trajetória. Assim o modelo atômico de Rutherford demonstra que ao redor do núcleo há a atmosfera.”*

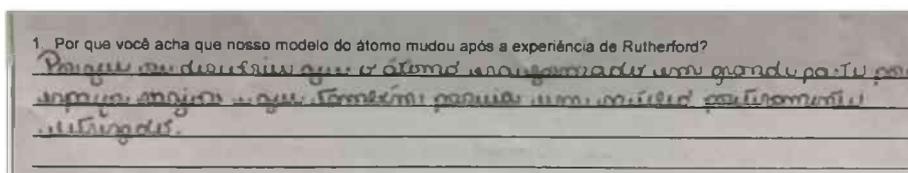


Foto 11: Resposta dada a questão 1 da do roteiro proposto para a simulação do estudante Y.

#### *Transcrição da resposta dada pelo estudante Y*

*“Porque se descobriu que o átomo era formado em grande parte por espaços vazios e que também possuía um núcleo positivamente eletrizado.”*

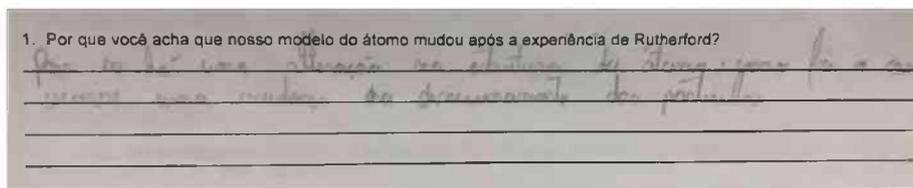


Foto 12: Resposta dada a questão 1 do roteiro proposto para a simulação do estudante Y.

#### *Transcrição da resposta dada pelo estudante X*

*“Pois se há uma alteração na estrutura do átomo, como foi o caso ocorre uma mudança no direcionamento das partículas.”*

É importante destacar que abordagem sistêmica do experimento só foi realizada pelo professor após o recolhimento dos roteiros respondidos. Durante essa abordagem, alguns estudantes se posicionaram na tentativa de ter o roteiro em mãos para que pudessem reformular os conceitos que foram escritos de forma equivocada na sua resposta, indicando uma tendência natural ao processo de autocorreção.

Ao final da aula os mesmos estudantes foram perguntados sobre suas percepções a respeito da atividade desenvolvida. De modo geral eles se posicionaram positivamente e destacaram o dinamismo da aula e a possibilidade de observar, mesmo em simulador, alguns fenômenos envolvidos no experimento de Rutherford.

Com o objetivo de compreender a diferença entre modelo e realidade e os métodos utilizados por Rutherford para dimensionar o átomo, optamos pelo uso de um aparato experimental<sup>21</sup> como uma forma de intervenção didática. Nessa atividade, as estações investigativas tiveram de determinar o tipo de figura geométrica plana que estava escondida debaixo de uma base de madeira fazendo uso de bolinhas de gude.

A atividade em questão cumpriu o seu papel no processo de aprendizagem, pois além de estabelecer uma analogia ao espalhamento de Rutherford, gerou um ambiente para a investigação e o diálogo de tal maneira que o saber lógico e a construção hierárquica do pensamento crítico fossem estimulados. Apesar das contribuições que essa atividade proporcionou, entendemos que os usos de modelos no Ensino de Ciências têm um caráter facilitador na compressão do que se pretende ensinar, embora possa levar a erros conceituais significativos – e até mesmo o surgimento de visões simplistas ou superficiais daquilo que se pretende explorar. Nesse sentido, é importante que o professor conheça os elementos que podem levar a interpretação equivocada e os possíveis erros conceituais e trabalhe isso.

Os aspectos explorados na atividade proposta estavam voltados para a identificação do objeto que não se conseguia enxergar a partir das trajetórias

---

<sup>21</sup> O espalhamento de Rutherford em sala de aula, Siqueira, M; Pietrocola, M, disponível na Revista Física na Escola, v. 11, n. 2, 2010.

observadas. Para a análise da dimensão do átomo, por exemplo, não indicamos o uso desse aparato experimental.

A atividade de construção do espectroscópio de mão teve um caráter de intervenção didática dentro do nosso trabalho e proporcionou situações inusitadas desde a construção até o momento de observação da luz através do espectroscópio construído. Ela foi idealizada com o intuito de promover o ambiente propício para a abordagem dos espectros de absorção e emissão numa perspectiva dialógica e investigativa voltada para a verbalização de elementos que conduzissem à reflexão dos próprios pensamentos. Afinal, queremos indivíduos que pensem por si mesmo, e não indivíduos que só aprendam o que outras pessoas pensaram (LIPMAN, 1995). Nessa prática, os estudantes foram guiados por um roteiro de fácil entendimento e ajudados pelo professor apenas na etapa de construção.

De posse do aparato construído, tivemos o cuidado de orientar os estudantes sobre a forma de utilização e o que observar, sem antecipar algum elemento que seria identificado. À medida que os estudantes faziam as observações, nós procuramos incentivá-los a verbalizarem os detalhes do observado. Apesar de o roteiro experimental possuir questões norteadoras para uma suposta conclusão, entendemos que a condução da observação foi importante para a etapa conclusiva da atividade. Para melhor identificação do espectro de luz da lâmpada fluorescente, é necessário que o espectroscópio seja posicionado de tal maneira que o feixe de luz incida obliquamente na fenda.

Entendemos que o desenvolvimento da prática de construção do espectroscópio e interpretação dos espectros de luz das fontes sugeridas favoreceu a breve abordagem sobre o panorama histórico do desenvolvimento da espectroscopia, pois os estudantes se mostravam estimulados para compreender a física dos espectros.

Nas aulas seis e sete dessa sequência, buscamos apresentar um pouco do formalismo físico e matemático sobre as concepções de Bohr sobre o átomo de hidrogênio. Buscamos desenvolver essa abordagem de forma horizontal, onde o estudante é colocado em um nível constante de investigação e diálogo. Tendo em vista os aspectos dos modelos atômicos estudados até aqui, apresentamos a questão da instabilidade do modelo de Rutherford como ponto de partida para conexão dos postulados de Bohr. Essa foi uma estratégia

interessante, pois os estudantes já apresentavam certo domínio sobre as concepções de Rutherford.

Muito embora, a condução da aula estivesse voltada para as características do modelo atômico de Bohr, tivemos o cuidado de retomar os conceitos clássicos estudados em anos anteriores pelos estudantes que pudessem fornecer subsídios para o entendimento do que era proposto. À medida que os estudantes apresentavam dificuldade para o entendimento de algumas etapas da demonstração, nós utilizávamos uma linguagem que pudesse aproximar da realidade dos estudantes sem perder o caráter físico. Aproveitamos isso para verificar indícios de aprendizagem no teste final.

## 5.2 Análise do teste final

O teste final foi elaborado com cinco questões discursivas para serem respondidas individualmente em uma aula de cinquenta minutos. Segundo a instituição de ensino onde o nosso trabalho foi aplicado, o teste deveria compor um por cento da nota total dos estudantes no referido período escolar; nesse caso atribuímos dois pontos. Mesmo valendo nota, a intenção precípua desse teste é verificar se houve aprendizado. É importante destacar que o critério de correção adotado para as questões dissertativas considera o alinhamento das respostas dadas com os conceitos corretos.

A análise do teste final foi dividida de forma global, que considera apenas os resultados numéricos obtidos pelos estudantes no teste final, e discriminada, que analisa o conteúdo das respostas dadas ao teste final de três estudantes escolhidos para representar a turma sem perder a generalidade. Desse modo, temos uma análise ampla da aplicação do nosso produto que nos permite validar a sua eficácia e verificar o sucesso ou fracasso na aprendizagem dos estudantes envolvidos.



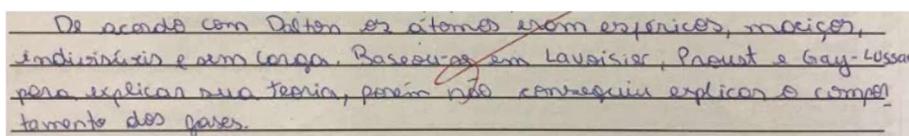
Imagem 10: Distribuição percentual do resultado obtido no teste final.

De acordo com a imagem de distribuição percentual, 64% da turma obteve resultado maior ou igual a 1,0 ponto (metade do valor), enquanto 36% obteve resultado menor que 1,0, dos quais 10% (três estudantes) não realizaram o teste. A média da nota obtida pela turma no teste foi de aproximadamente 1,3 pontos. Esse resultado nos indica um comportamento interessante. Os estudantes que

apresentaram rendimento maior que 50% no teste final foram aqueles que tiveram uma postura participativa ao longo de todo desenvolvimento. Isso é um indicativo que o produto educacional proposto contribuiu para o aprendizado desses estudantes. Indica, também, a força da estratégia dialógica, voltada para incentivar a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem – o que aponta, também, para a questão do querer aprender.

A análise discriminada foi feita a partir das questões elaboradas para o teste e das respectivas respostas dadas por três estudantes escolhidos, sem perder a generalidade. O critério de escolha dos estudantes considerou o engajamento e a participação em todas as etapas de aplicação do produto.

Na primeira questão utilizamos o trecho do texto *“Aristóteles: Ciência e Explicação”* como elemento que retomasse as ideias da evolução do pensamento grego sobre a matéria e colocasse o estudante num ambiente propício para formular uma explicação ampla do conceito de átomo proposto por Dalton. A seguir apresentamos as fotografias das repostas dadas à primeira questão do teste final e sua respectiva transcrição.

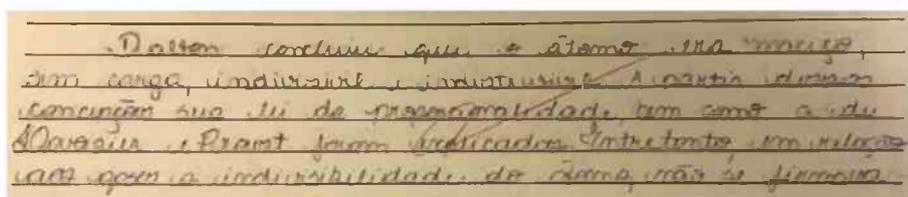


De acordo com Dalton os átomos eram esféricos, maciços, indivisíveis e sem carga. Baseou-se em Lavoisier, Proust e Gay-Lussac para explicar sua teoria, porém não conseguiu explicar o comportamento dos gases.

Foto 13: Resposta do estudante “L” dada a questão 1 do teste final.

#### *Transcrição da resposta do estudante L:*

*De acordo com Dalton os átomos eram esféricos, maciços, indivisíveis e sem carga. Baseou-se em Lavoisier, Proust e Gay-Lussac para explicar sua teoria, porém não conseguiu explicar o comportamento dos gases.*



Dalton concluiu que os átomos são maciços, sem carga, indivisíveis e indestrutíveis. A partir dessas concepções sua lei de conservação da massa, com o auxílio de Lavoisier e Proust foram verificadas. Entretanto, não conseguiu explicar o comportamento dos gases, pois não conseguiu explicar o comportamento dos gases.

Foto 14: Resposta do estudante “M” dada a questão 1 do teste final.

*Transcrição da resposta do estudante M:*

*Dalton concluiu que o átomo era maciço, sem carga, indivisível e indestrutível. A partir dessas concepções sua lei de proporcionalidade, bem como a de Lavoisier e Proust foram explicadas. Entretanto, em relação aos gases a indivisibilidade do átomo, não se confirma.*

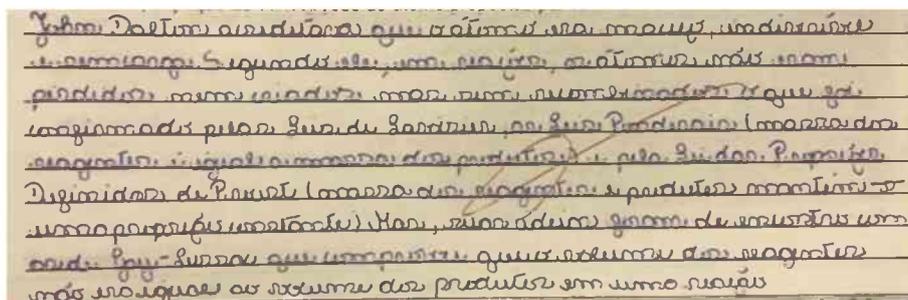


Foto 15: Resposta do estudante "N" dada a questão 1 do teste final.

*Transcrição da resposta do estudante N:*

*John Dalton acreditava que o átomo era maciço, indivisível e sem carga. Segundo ele, em reações, os átomos não eram perdidos nem criados mas sim recombinaados o que foi confirmado pelas leis de Lavoisier, as leis Ponderais (massa dos reagentes é igual a massa dos produtos e pela Lei das Proporções Definidas de Proust (massa dos reagentes e produtos mentem –se uma proporção constante). Mas, suas ideias foram de encontro com as de Gay-Lussac que comprovou que o volume dos reagentes não era igual ao volume dos produtos em uma reação.*

A resposta dada pelos estudantes a primeira questão nos revela uma apropriação dos estudantes de elementos de argumentação que transcendem a simples ideia de definir um a concepção de Dalton como um modelo de átomo esférico, maciço e indivisível. A preocupação dos estudantes em citar a lei de Lavoisier, Proust e Gay-Lussac como elementos de validação da concepção de Dalton é um indicativo de aprendizagem, bem como a preocupação em apontar para a situação em que a ideia falha. De fato, os estudantes trouxeram em suas

respostas elementos que diferem daqueles que externaram na segunda aula de aplicação do produto educacional.

A segunda questão buscou explorar a compreensão sobre o espectro de radiação de um corpo negro, também apresentado na aula seis da nossa sequência. As respostas dadas pelos estudantes escolhidos (L, M e N) estão alinhadas aos conceitos físicos discutidos.

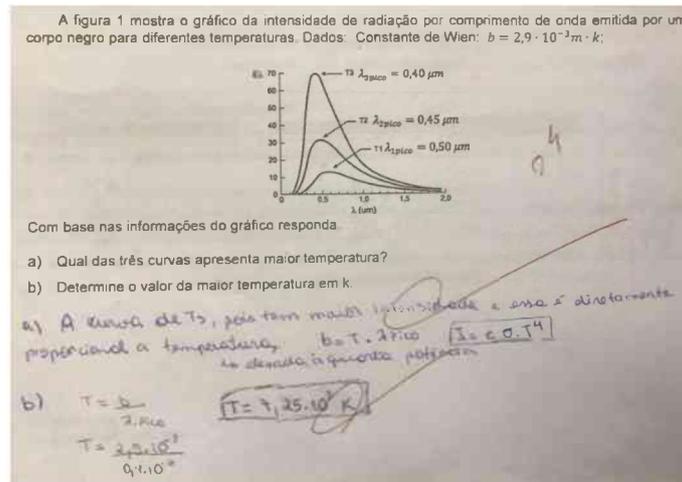


Foto 16: Resposta do estudante “L” dada a questão 2 do teste final.

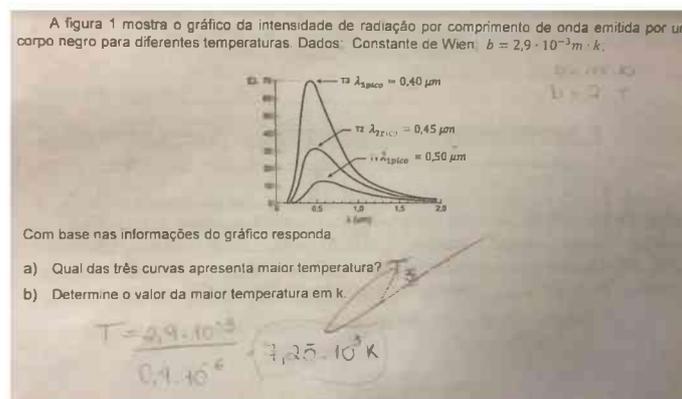


Foto 16: Resposta do estudante “M” dada a questão 2 do teste final.

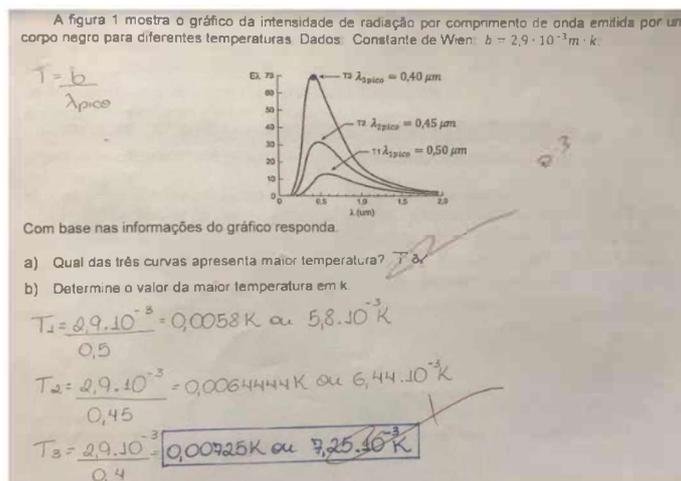


Foto 16: Resposta do estudante "N" dada a questão 2 do teste final.

Apesar de a maioria das respostas dadas à questão apresentar coerência com os conceitos envolvidos, destacamos a dificuldade na manipulação da matemática para esse tipo de cálculo e a desatenção na leitura do gráfico. A essa altura, espera-se que o estudante não cometa erros triviais no uso das quatro operações matemáticas.

A terceira questão do teste foi proposta com o intuito de verificar a aprendizagem das concepções do modelo Bohr. Nesse sentido, observa-se que as respostas dadas pelos estudantes estão alinhadas aos conceitos físicos abordados nessa sequência. Esse alinhamento pode ser verificado nas fotografias a seguir.

### Estudante L:

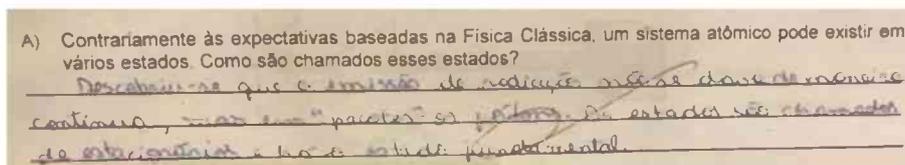


Foto 17: Resposta do estudante "L" dada a questão 3A do teste final.

### Transcrição da resposta do estudante L:

Descobriu-se que a emissão de radiações não se dava de maneira contínua, mas em "pacotes" os fótons. Os estados são chamados de estacionários e há o estado fundamental.

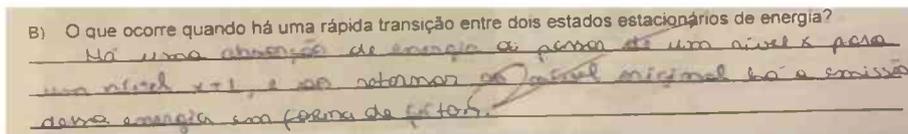


Foto 18: Resposta do estudante "L" dada a questão 3B do teste final.

**Transcrição da resposta do estudante L:**

*Há uma absorção de energia ao passar de um nível  $x$  para outro  $x + 1$ , e ao retornar ao nível original há emissão dessa energia em forma de fóton.*

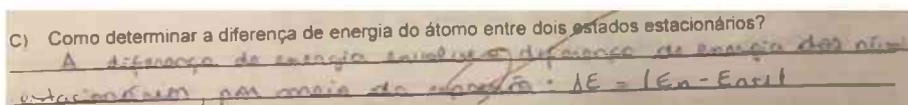


Foto 19: Resposta do estudante "L" dada a questão 3C do teste final.

**Transcrição da resposta do estudante L:**

*A diferença de energia envolve a diferença de energia dos níveis estacionários por meio da expressão:  $\Delta E = |E_n - E_{n+1}|$ .*

**Estudante M:**

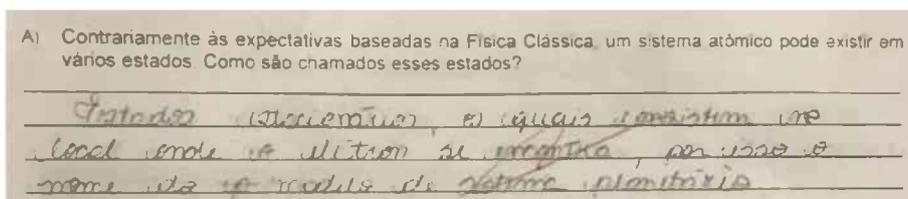


Foto 20: Resposta do estudante "M" dada a questão 3A do teste final.

**Transcrição da resposta do estudante M:**

*Estados estacionários, os quais consistem no local onde o elétron se encontra, por isso o nome do modelo de sistema planetário.*

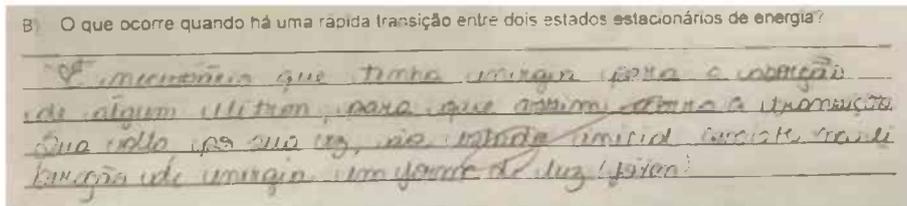


Foto 21: Resposta do estudante "M" dada a questão 3B do teste final.

**Transcrição da resposta do estudante M:**

*É necessário que tenha energia para a absorção de algum elétron, para que assim ocorra a transição. Sua volta por sua vez ao estado inicial consiste na liberação de energia em forma de luz (fóton).*

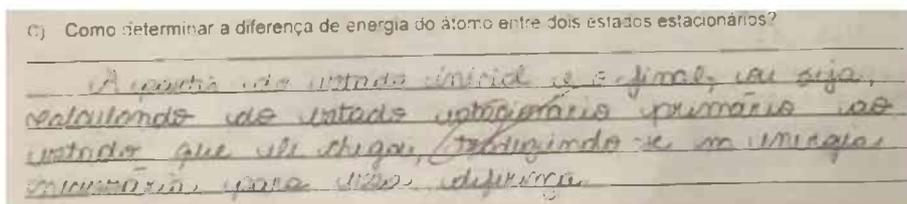


Foto 22: Resposta do estudante "M" dada a questão 3C do teste final.

**Transcrição da resposta do estudante M:**

*A partir do estado inicial e o final, ou seja, calculando do estado primário ao estado que ele chegou, traduzindo-se na energia necessária para essa diferença.*

**Estudante N:**

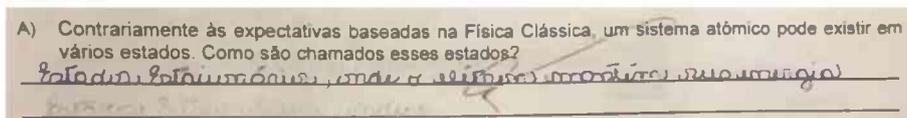


Foto 23: Resposta do estudante "N" dada a questão 3A do teste final.

**Transcrição da resposta do estudante N:**

*Estados estacionários, onde o elétron mantém sua energia.*

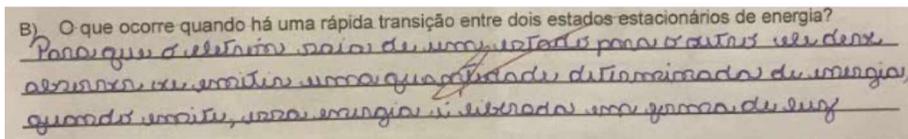


Foto 24: Resposta do estudante "N" dada a questão 3B do teste final.

*Transcrição da resposta do estudante N:*

*Par que o elétron saia de um estado para o outro ele deve absorver ou emitir uma quantidade determinada de energia, quando emite, essa energia é liberada em forma de luz.*

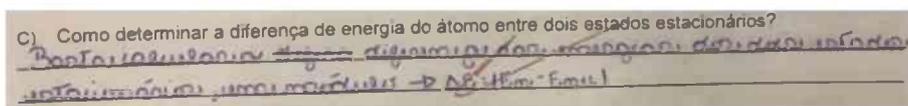


Foto 25: Resposta do estudante "N" dada a questão 3C do teste final.

*Transcrição da resposta do estudante M:*

*Basta calcular a diferença das energias dos dois estados estacionários, em módulo -  $\Delta E = |E_n - E_{n+1}|$ .*

É interessante notar que a estrutura de argumentação para as respostas dadas segue um raciocínio lógico e coerente mostrando, mais uma vez, que o produto educacional proposto deu oportunidade de aprendizado aos estudantes.

A quarta questão permitiu verificar se as habilidades de analisar e calcular as relações envolvidas no diagrama de energia para o átomo de hidrogênio foram adquiridas pelos estudantes. Os resultados revelam que 58% das respostas dadas estavam alinhadas corretamente com os conceitos físicos estudados no nosso projeto e as etapas coerentes de resolução. O resultado positivo foi obtido pelos estudantes que se engajaram na proposta. As fotografias mostram as respostas dadas pelos estudantes a quarta questão.

O diagrama abaixo apresenta algumas transições no átomo de hidrogênio. Nesse esquema,  $n = \infty$  significa que o elétron foi removido do átomo, ou seja, o átomo está ionizado. Dado: constante de Planck:  $h = 4,10^{-15}$  eVs e  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J

a) Quais transições correspondem a absorção? **A, B, E**

b) Determine a energia dos quatro primeiros estados estacionários

Calcule a frequência da luz liberada na transição C.

**Handwritten calculations:**  
 $E_1 = -13,6 \text{ eV}$   
 $E_2 = -3,4 \text{ eV}$   
 $E_3 = -1,51 \text{ eV}$   
 $E_4 = -0,85 \text{ eV}$   
 $\Delta E = 13,6 - (-3,4) = 17 \text{ eV}$   
 $E = h \cdot f$   
 $17 \text{ eV} = 4,10^{-15} \cdot f$   
 $f = 2,55 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

Foto 26: Resposta do estudante "L" dada a questão 4 do teste final.

O diagrama abaixo apresenta algumas transições no átomo de hidrogênio. Nesse esquema,  $n = \infty$  significa que o elétron foi removido do átomo, ou seja, o átomo está ionizado. Dado: constante de Planck:  $h = 4,10^{-15}$  eVs e  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J

a) Quais transições correspondem a absorção? **A, B, E**

b) Determine a energia dos quatro primeiros estados estacionários

Calcule a frequência da luz liberada na transição C.

**Handwritten calculations:**  
 $E_1 = -13,6 \text{ eV}$   
 $E_2 = -3,4 \text{ eV}$   
 $E_3 = -1,51 \text{ eV}$   
 $E_4 = -0,85 \text{ eV}$   
 $\Delta E = 13,6 - (-3,4) = 17 \text{ eV}$   
 $E = h \cdot f$   
 $17 \text{ eV} = 4,10^{-15} \cdot f$   
 $f = 2,55 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

Foto 27: Resposta do estudante "M" dada a questão 4 do teste final.

O diagrama abaixo apresenta algumas transições no átomo de hidrogênio. Nesse esquema,  $n = \infty$  significa que o elétron foi removido do átomo, ou seja, o átomo está ionizado. Dado: constante de Planck:  $h = 4,10^{-15}$  eVs e  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J

a) Quais transições correspondem a absorção? **A, B, E**

b) Determine a energia dos quatro primeiros estados estacionários

Calcule a frequência da luz liberada na transição C.

**Handwritten calculations:**  
 $E_1 = -13,6 \text{ eV}$   
 $E_2 = -3,4 \text{ eV}$   
 $E_3 = -1,51 \text{ eV}$   
 $E_4 = -0,85 \text{ eV}$   
 $\Delta E = 13,6 - (-3,4) = 17 \text{ eV}$   
 $E = h \cdot f$   
 $17 \text{ eV} = 4,10^{-15} \cdot f$   
 $f = 2,55 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

Foto 27: Resposta do estudante "N" dada a questão 4 do teste final.

As etapas de resolução utilizadas pelos estudantes para obterem as respostas da questão quatro nos mostram que houve aprendizado, pois o diagrama apresenta elementos estruturais simples com apenas algumas transições possíveis no átomo de hidrogênio. Desse modo, o estudante deve identificar os tipos de transições apresentadas, obter a energia dos estados estacionários e calcular a frequência referente a uma transição.

O percurso desenhado para a abordagem do atomismo no nosso produto considera a perspectiva histórica desde a antiga Grécia até as concepções do

século XIX. Elaboramos a quinta questão do teste com o objetivo de avaliar a aprendizagem adquirida sobre o experimento de Rutherford e suas conclusões. O resultado esperado para essa questão superava facilmente 70% de acerto. Para a nossa surpresa, apenas 60% dos estudantes responderam corretamente à questão. Mais uma vez, o percentual acima da média foi obtido pelos estudantes que se engajaram na terceira e quarta aula do nosso produto, revelando que o produto educacional proposto fornece oportunidade de aprendizado.

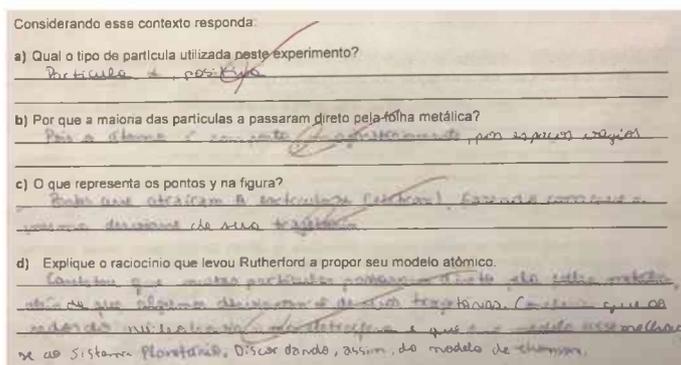


Foto 28: Resposta do estudante “L” dada a questão 5 do teste final.

### ***Transcrição da resposta do estudante L:***

- a) Partícula alfa positiva***
- b) Pois o átomo é composto majoritariamente por espaços vazios.***
- c) Partes que atraíram a partícula alfa, fazendo com que a mesma desviasse sua trajetória.***
- d) Constatou que muitas partículas passavam direto pela folha metálica, além de que algumas desviavam-se de suas trajetórias. Conclui que ao redor do núcleo havia uma eletrosfera e que esse modelo assemelha-se ao sistema planetário, discordando, assim, do modelo de Thomson.***

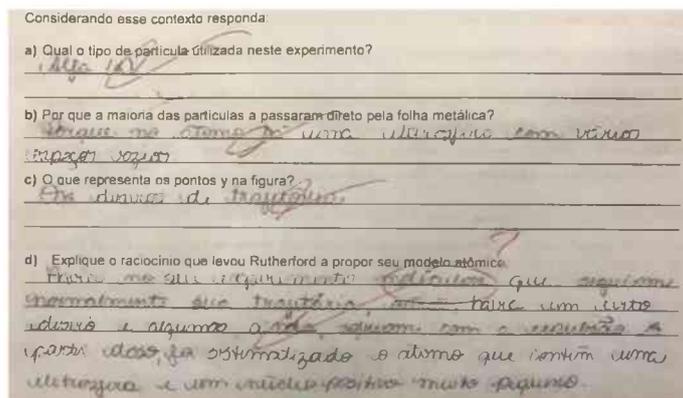


Foto 29: Resposta do estudante “M” dada a questão 5 do teste final.

**Transcrição da resposta do estudante M:**

- a) Alfa
- b) Porque no átomo há uma eletrosfera com vários espaços vazios.
- c) Os desvios das trajetórias.
- d) Havia no seu experimento moléculas que seguiam normalmente sua trajetória, outra, havia um certo desvio e algumas, ainda, sofriram a repulsão. A partir disso, foi sistematizado o átomo que contém uma eletrosfera e um núcleo positivo muito pequeno.

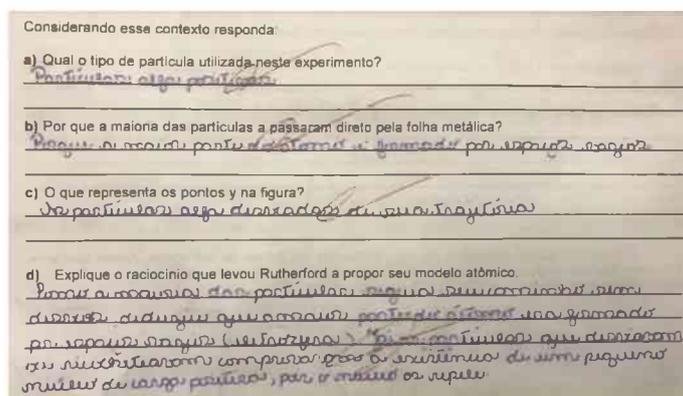


Foto 30: Resposta do estudante “N” dada a questão 5 do teste final.

**Transcrição da resposta do estudante N:**

- a) Partículas alfa positivas.
- b) Porque a maior parte do átomo é formado por espaços vazios.
- c) As partículas alfa desviadas de sua trajetória.
- d) Como a maioria das partículas seguia seu caminho sem desvios, deduziu que a maior parte do átomo era formado de espaços vazios

*(eletrosfera). Já às partículas que desviavam ou ricocheteavam compararam a existência de um pequeno núcleo de carga positiva, pois o núcleo as repele.*

O nosso produto educacional não se utilizou de métodos científicos elaborados nem de um grupo-controle. Desse modo, temos cautela em validar o nosso sucesso ou insucesso de forma absoluta. Uma forma de avaliar a eficácia do nosso produto educacional é considerar os estudantes engajados em todas as etapas de execução, deixando de lado aqueles que, independente da estratégia pedagógica, estiveram pouco interessados.

Numa perspectiva qualitativa, observamos que as percepções iniciais dos estudantes sobre do que as “coisas” são feitas, foram transformadas/reformuladas, na sua maioria, durante o processo de imersão nas comunidades de investigação, uma vez que os estudantes se sentiam seguros para verbalizar suas considerações entre os membros de sua estação investigativa. Dessa maneira, os estudantes foram levados a pensar de forma organizada e estabelecer as correlações em níveis mais adequados e até mesmo de pensamento de ordem superior.

### **5.3 Análises gerais sobre o projeto**

Os estudantes foram convidados a realizar uma avaliação do projeto através de um registro das suas impressões sobre a aplicação do nosso produto. Essas impressões, mesmo que subjetivas, fornecem elementos para refletirmos sobre o uso de materiais de intervenção didática dentro da prática pedagógica que podem gerar as condições necessárias para o diálogo reflexivo e investigativo para tornar a aprendizagem significativa. Onze estudantes participaram dessa avaliação.

As impressões de cada estudante e as respectivas transcrições são apresentadas a seguir. É importante ressaltar que tivemos a preocupação em fazer a transcrição fiel do texto sem qualquer tipo de correção.

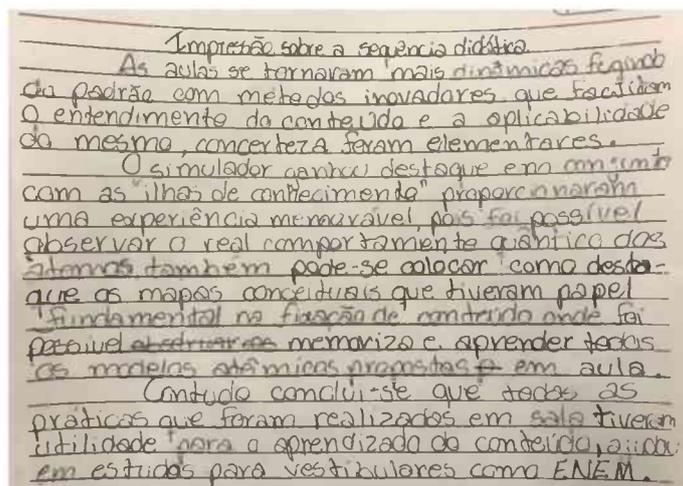


Foto 31: Primeira impressão a respeito da aplicação do nosso produto.

Segue a transcrição na íntegra dessa primeira impressão.

*“As aulas se tornaram mais dinâmicas fugindo do padrão com métodos inovadores, que facilitaram o entendimento do conteúdo e a aplicabilidade do mesmo, com certeza foram elementares.*

*O simulador ganhou destaque em conjunto com as “ilhas de conhecimento” proporcionaram uma experiência memorável, pois foi possível observar o real comportamento quântico dos átomos, também pode-se colocar como destaque os mapas conceituais que tiveram papel fundamental na fixação de conteúdos onde foi possível memorizar e aprender todos os modelos atômicos propostos em aula.*

*Contudo, conclui-se que todas as práticas que foram realizadas em sala tiveram utilidade para o aprendizado do conteúdo, ajudou em estudos para vestibulares como ENEM.”*

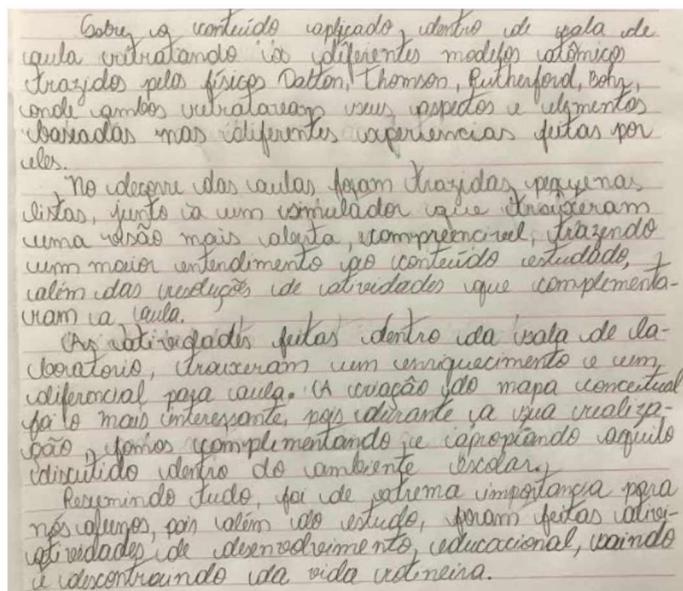


Foto 32: Segunda impressão a respeito da aplicação do nosso produto.

Segue a transcrição na íntegra dessa segunda impressão.

**“Sobre o conteúdo aplicado dentro de sala de aula retratando os diferentes modelos atômicos trazidos pelos físicos Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, onde ambos retrataram seus aspectos e elementos baseados nas diferentes experiências feitas por eles.**

**No decorrer das aulas foram trazidas pequenas listas, junto à um simulador que trouxeram uma visão mais aberta, compreensível, trazendo maior entendimento ao conteúdo estudado, além das resoluções de atividades que complementaram a aula.**

**As atividades feitas dentro da sala de laboratório, trouxeram um enriquecimento e um diferencial para a aula. A criação do mapa conceitual foi o mais interessante, pois durante a sua realização, fomos completando e apropriando daquilo discutido dentro do ambiente escolar.**

**Resumindo tudo, foi de extrema importância para nós alunos, pois além do estudo, foram feitas atividades de desenvolvimento educacional, saindo e descontraindo da vida rotineira. ”**

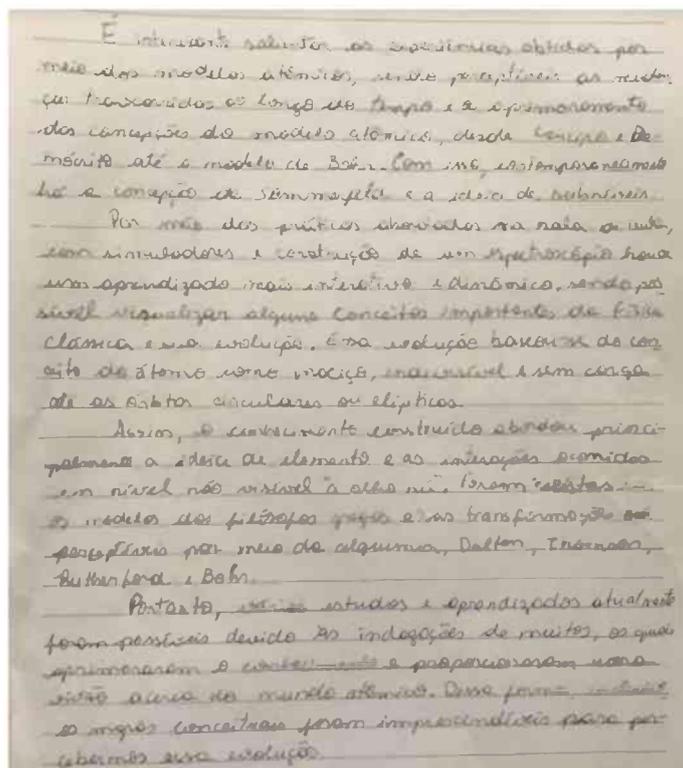


Foto 33: Terceira impressão a respeito da aplicação do nosso produto.

Segue a transcrição na íntegra dessa terceira impressão.

**“É interessante salientar as experiências obtidas por meio dos modelos atômicos, sendo perceptíveis as mudanças transcorridas ao longo do tempo e o aprimoramento das concepções do modelo atômico, desde Leucipo e Demócrito até o modelo de Bohr. Com isso, contemporaneamente há a concepção de Sommerfeld e a ideia de subníveis.**

**Por meio das práticas abordadas na sala de aula, com simuladores e construção de um espectroscópio houve um aprendizado mais interativo e dinâmico, sendo possível visualizar alguns conceitos importantes da Física Clássica e sua evolução. Essa evolução baseou-se do conceito de átomo como maciço, indivisível e sem carga até as órbitas circulares ou elípticas.**

**Assim, o conhecimento construído abordou principalmente a ideia de elemento e as interações ocorridas em nível não visível “a olho nú”. Foram vistos os modelos dos filósofos gregos e as transformações perceptíveis por meio da alquimia, Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.**

**Portanto, vários estudos e aprendizados atualmente foram possíveis devido às indagações de muitos, os quais aprimoraram o conhecimento e**

*proporcionaram uma visão acerca do mundo atômico. Dessa forma, inclusive, os mapas conceituais foram imprescindíveis para percebermos essa evolução”.*

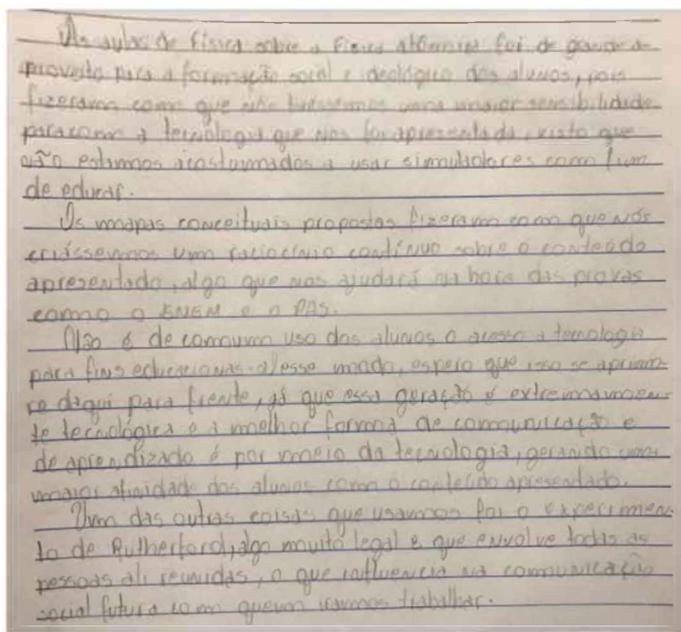


Foto 34: Quarta impressão a respeito da aplicação do nosso produto.

*Segue a transcrição na íntegra dessa quarta impressão.*

*As aulas de Física sobre a Física atômica foi de grande proveito para a formação social e ideológica dos alunos, pois fizeram com que nós tivéssemos uma maior sensibilidade para com a tecnologia que nos foi apresentada, visto que não estamos acostumados a usar simuladores com fim de educar.*

*Os mapas conceituais propostos fizeram com que nós criássemos um raciocínio contínuo sobre o conteúdo apresentado, algo que nos ajudará na hora das provas como ENEM e o PAS.*

*Não é de comum uso dos alunos o acesso a tecnologia para fins educacionais. Desse modo, espero que isso se aprimore daqui pra frente, já que essa geração é extremamente tecnológica e a melhor forma de comunicação e de aprendizado é por meio da tecnologia, gerando uma maior afinidade dos alunos com o conteúdo apresentado.*

*Uma das outras coisas que usamos foi o experimento de Rutherford, algo muito legal e que envolve todas as pessoas ali reunidas, o que influencia na comunicação social futura com quem iremos trabalhar”.*

Foi um lado positivo ver todas essas matérias, pois elas podem fundamentar ideias não só na área da física, como em outras matérias, trazendo também aulas mais dinâmicas trazendo novas formulas para ajudar nos estudos e nos ajudar com mapas (mentais e conceituais).  
Esta matéria pode nos ajudar em vestibulares e no ENEM dando ideias para redação. Sendo que nos privilegiou de construir o experimento de Rutherford, dando uma noção a mais para incentivar a curiosidade dos alunos para o estudo desta área, sendo que com a ida ao laboratório de informática para os alunos pesquisarem sobre o conteúdo, com os simuladores utilizados em sala, conseguiu prender mais a atenção dos alunos, sendo que foi uma base para nos nortear para um futuro de faculdade que irá ajudar nos estudos com as estações investigativas, onde promove a pesquisa detalhada dos estudos para resumir e colocar os tópicos mais importantes nos resumos e mapas mentais.

Foto 35: Quinta impressão a respeito da aplicação do nosso produto.

Segue a transcrição na íntegra dessa quinta impressão.

*Foi um lado positivo rever todas essas matérias, pois elas podem fundamentar ideias não só na área da física, como em outras matérias,, trazendo também aulas mais dinâmicas trazendo novas formulas para ajudar nos estudos e nos ajudar com mapas (mentais e conceituais).*

*Esta matéria pode nos ajudar em vestibulares e no ENEM dando ideias para redação. Sendo que nos privilegiou de construir o experimento de Rutherford, dando uma noção a mais para incentivar a curiosidade dos alunos para o estudo desta área, sendo que com a ida ao laboratório de informática para os alunos pesquisarem sobre o conteúdo, com os simuladores utilizados em sala, conseguiu prender mais a atenção dos alunos, sendo que foi uma base para nos nortear para um futuro de faculdade que irá ajudar nos estudos com as estações investigativas, onde promove a pesquisa detalhado dos estudos para resumir e colocar os tópicos mais importantes nos resumos e mapas mentais”.*

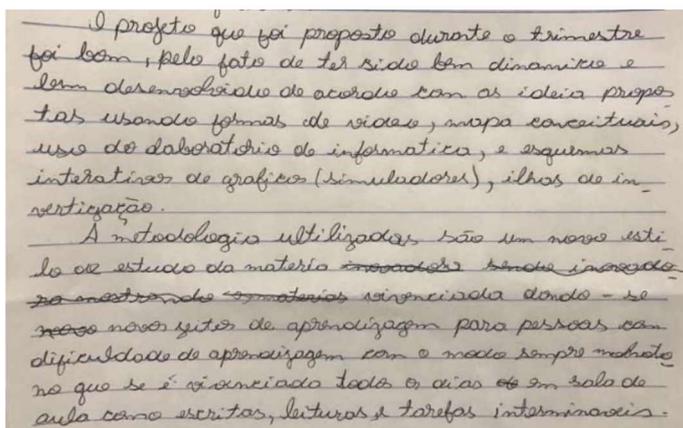


Foto 36: Sexta impressão a respeito da aplicação do nosso produto.

Segue a transcrição na íntegra dessa sexta impressão.

“O projeto que foi proposto durante o trimestre foi bom, pelo fato de ter sido bem dinâmico e bem desenvolvido de acordo com as ideias propostas usando formas de vídeo, mapas conceituais, uso do laboratório de informática, e esquemas interativos de gráficos (simuladores), ilhas de investigação.

A metodologia utilizadas são um novo estilo de estudo da matéria vivenciada dando-se novos jeitos de aprendizagem para pessoas com dificuldade de aprendizagem com o modo sempre monótono que se é vivenciado todos os dias em sala de aula como escritas, leituras e tarefas intermináveis”.

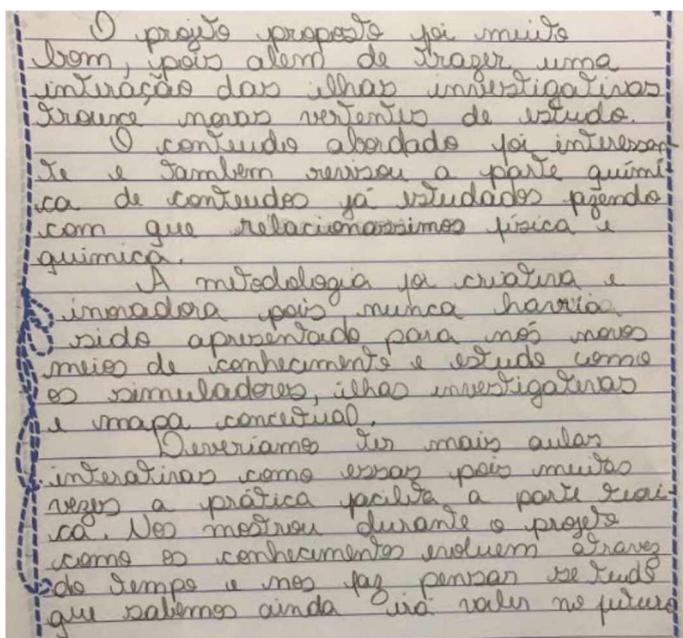


Foto 37: Sétima impressão a respeito da aplicação do nosso produto.

Segue a transcrição na íntegra dessa sétima impressão.

“O projeto proposto foi muito bom, pois além de trazer uma interação das ilhas investigativas trouxe novas vertentes de estudo.

O conteúdo abordado foi interessante e também revisou a parte química de conteúdo já estudados fazendo com que relacionássemos física e química.

A metodologia foi criativa e inovadora pois nunca havia meios de conhecimento e estudo como os simuladores, ilhas investigativas e mapa conceitual.

Deveríamos ter mais aulas interativas como essas pois muitas vezes a prática facilita a parte teórica. Nos mostrou durante o projeto como os conhecimentos evoluem através do tempo e nos faz pensar se tudo que sabemos ainda irá valer no futuro”.

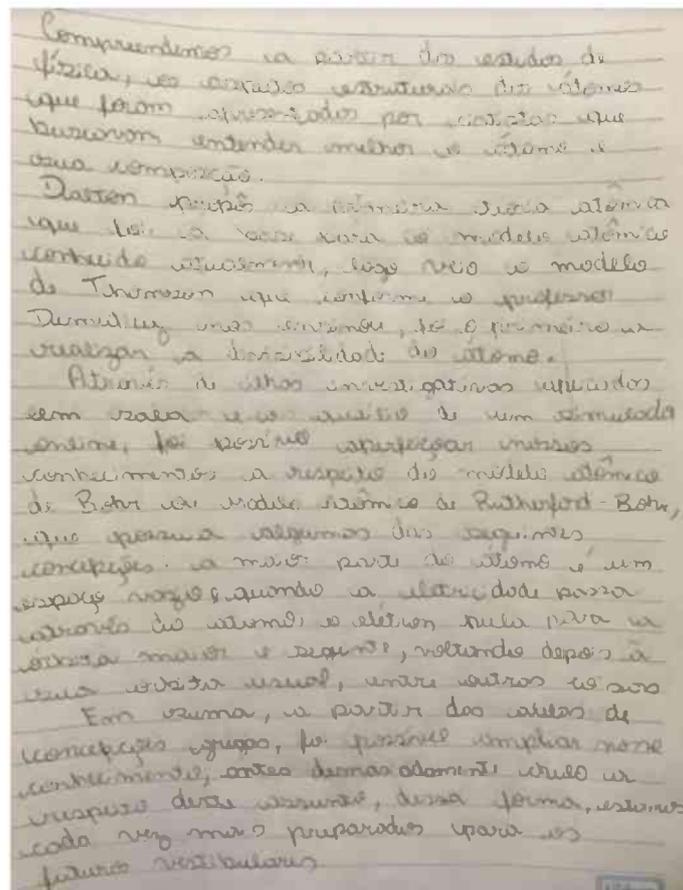


Foto 38: Oitava impressão a respeito da aplicação do nosso produto.

Segue a transcrição na íntegra dessa oitava impressão.

*“Compreendemos a partir dos estudos de física, os aspectos estruturais dos átomos que foram apresentados por cientistas que buscaram entender melhor o átomo e sua composição.*

*Dalton propôs a primeira teoria atômica que foi a base para o modelo atômico conhecido atualmente, logo veio o modelo de Thomson que conforme o professor Demutiey nos ensinou, foi o primeiro a realizar a divisibilidade do átomo.*

*Através de ilhas investigativas aplicadas em sala e o auxílio de um simulador online, foi possível aperfeiçoar nossos conhecimentos a respeito do modelo atômico de Bohr ou modelo atômico de Rutherford-Bohr, que possuía algumas das seguintes concepções: a maior parte do átomo é um espaço vazio e quando a eletricidade passa através do átomo, o elétron pula para a órbita maior e seguinte, voltando depois à sua órbita usual, entre outras coisas.*

*Em suma, nota-se que a partir das aulas de concepções gregas, foi possível ampliar nosso conhecimento, antes demasiadamente chulo a respeito deste assunto, dessa forma, estamos cada vez mais preparados para os futuros vestibulares”.*

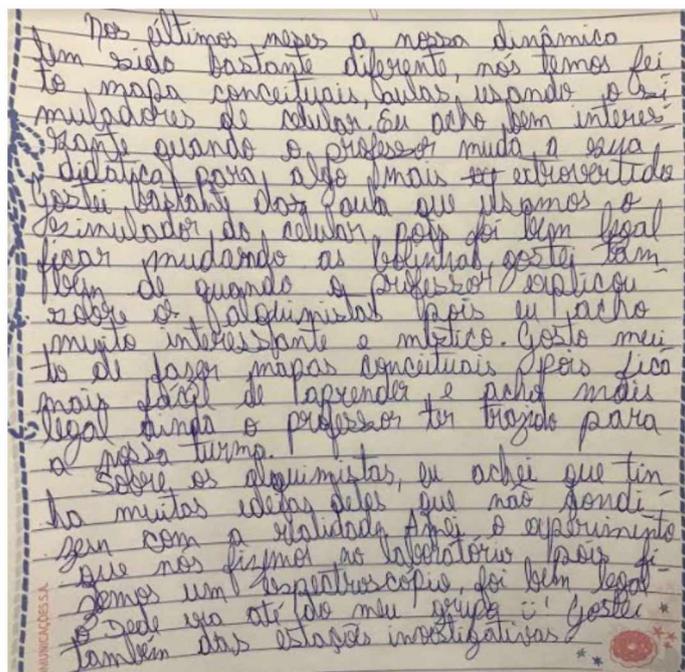


Foto 39: Nona impressão a respeito da aplicação do nosso produto.

Segue a transcrição na íntegra dessa nona impressão.

*“Nos últimos meses a nossa dinâmica tem sido bastante diferente, nós temos feito mapas conceituais, aulas usando o simulador de celular. Eu acho bem interessante quando o professor muda a sua didática para alguma mais extrovertido. Gostei bastante da aula que usamos simulador do celular, pois foi bem legal ficar mudando as bolinhas, gostei também de quando o professor explicou sobre os alquimistas pois eu acho muito interessante e místico. Gosto muito de fazer mapas conceituais pois fica mais fácil de aprender e acho mais legal ainda o professor ter trazido para a nossa turma.*

*Sobre os alquimistas, eu achei que tinha muitas ideias deles que não condizem com a realidade. Amei o experimento que fizemos no laboratório pois fizemos um espectroscópio, foi bem legal o Dêdê até era do meu grupo. Gostei também das estações investigativas.”*

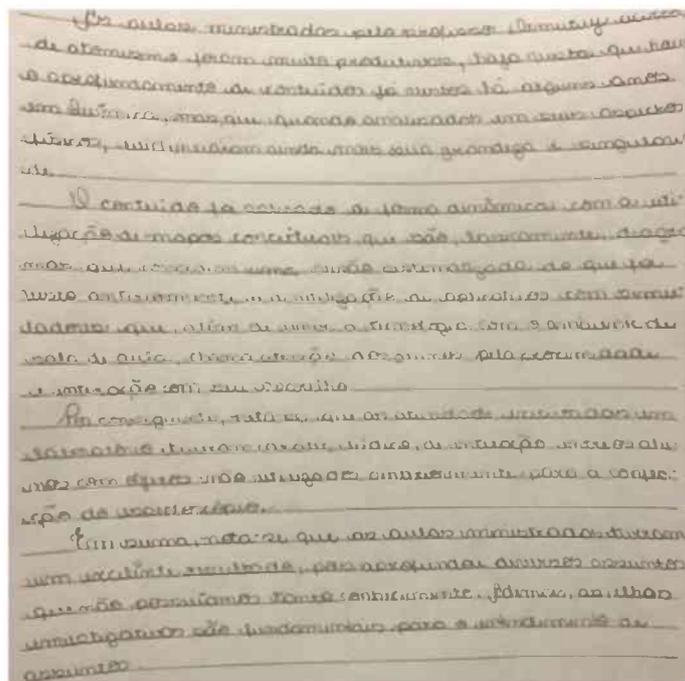


Foto 40: Décima impressão a respeito da aplicação do nosso produto.

Segue a transcrição na íntegra dessa décima impressão.

*“As aulas ministradas pelo professor Demutiey acerca do atomismo foram muito produtivas, haja vista que houve aprofundamento de conteúdo já vistos a alguns anos em Química, mas que quando analisadas em seus aspectos físicos, evidenciaram ainda mais sua grandeza e singularidade.*

*O conteúdo foi aplicado de forma dinâmica com a utilização de mapas conceituais que são, basicamente, diagramas que concedem uma visão sistematizada do que foi visto anteriormente e a utilização de aplicativos com simuladores que, além de unir a tecnologia com o ambiente de sala de aula, chama atenção dos alunos pela proximidade e interação com seu aparelho.*

*Por conseguinte, nota-se que as atividades executadas em laboratório tiveram caráter lúdico, de interação entre os alunos com objetos não utilizados anteriormente para a confecção do espectroscópio.*

*Em suma, nota-se que as aulas ministradas tiveram um excelente resultado, pois aprofundou diversos assuntos que não possuíamos tanto conhecimento. Ademais, as ilhas investigativas são fundamentais para o entendimento de assuntos”.*

Apesar das impressões positivas dadas pelos estudantes sobre a aplicação da sequência didática, é possível verificar, a partir do resultado da avaliação final, que nem todos os estudantes alcançaram um percentual satisfatório.

## **Capítulo 6**

### **6.1 Conclusão**

O estudo do átomo e seus diversos modelos faz parte do currículo da Química no Ensino Médio e raramente é abordado na disciplina de Física. Aliado a isso, percebe-se a ausência de uma abordagem mais ampla que discuta o contexto histórico e filosófico do pensamento humano em busca de uma aprendizagem que seja mais significativa, sem deixar de lado os conteúdos previstos no currículo.

A compreensão dos elementos que estruturam a matéria e o conceito de átomo exige grande capacidade de abstração de um estudante, seja ele do Ensino Fundamental ou do Ensino Médio, pois esses elementos se distanciam da visão macroscópica de mundo do estudante. Nesse sentido, uma forma de trazer o estudante para uma visão atômica é promover um ambiente pedagógico que estimule a criação de modelos, através de concepções espontâneas, na tentativa de explicar o mundo microscópico. Dessa maneira, os conhecimentos prévios e os subsunçores necessários para aquisição dos novos conhecimentos poderão ser identificados.

Neste trabalho buscamos elaborar uma sequência didática que permitisse abordar o atomismo na Física do Ensino Médio como um dos tópicos de Física Moderna. O nosso ponto de partida foi o seguinte questionamento: “do que as coisas são feitas?”. Para responder a essa questão optamos, primeiramente, por uma discussão que elencasse os caminhos de desenvolvimento das concepções gregas de modo que pudessem gerar subsunçores necessários para a compreensão de conceitos mais elaborados sobre o átomo como, por exemplo, a concepção de Niels Bohr. Aliado a isso, foram utilizadas atividades experimentais, produção de mapas conceituais, estações investigativas, vídeos relacionados e simulações como estratégia de intervenção pedagógica.

As atividades experimentais utilizadas na nossa sequência didática cumpriram o seu papel de motivação, com o envolvimento dos estudantes nas discussões e participação nas aulas, e consolidação dos conhecimentos propostos por um viés mais compreensível, apesar de sua complexidade. Dessa maneira, elas promovem as condições necessárias para o desenvolvimento do diálogo e a aquisição de ferramentas conceituais e conduzem os estudantes para a prática da análise das relações entre os meios e os fins e entre as partes e o todo, gerando potencialmente uma aprendizagem mais significativa.

Podemos considerar que houve entendimento dos estudantes a respeito da evolução do pensamento grego sobre a matéria, uma vez que apresentaram uma boa articulação das ideias na elaboração dos mapas conceituais.

Verificamos o impacto positivo do uso das estações investigativas, pois elas configuraram adequadamente o ambiente para a inferência, suposição, construção de definições dentro de uma perspectiva dialógica com vistas para o desenvolvimento do pensamento crítico e da formação de um pensamento superior. Muito embora a avaliação dos estudantes sobre o uso estações investigativas seja subjetiva, ela evidência a sua importância no nosso trabalho.

Apesar de a nossa sequência didática ter sido estruturada para ser aplicada em qualquer contexto escolar, a sua eficácia e sucesso dependerá do engajamento dos estudantes nas etapas que a compõem. A nossa sequência cumpriu o seu papel para os estudantes que tiveram essa postura durante a sua aplicação.

A nossa sequência buscou correlacionar a aprendizagem significativa de Ausubel, a aprendizagem significativa crítica de Moreira, a pedagogia da investigação de Lipman e a interdisciplinaridade na abordagem do atomismo. Nesse sentido, verificamos que elas contribuem para uma boa prática a que se pretende ensinar quando são bem articulados.

## **Apêndice Único**

### **Produto Educacional**

#### **Apresentação**

Prezado professor,

Apresento uma proposta de sequência didática para o ensino do Atomismo na Física do Ensino Médio. A proposta parte das concepções filosóficas sobre a constituição da matéria dos gregos antigos, como Empédocles, Aristóteles e os Atomistas e percorre o trajeto histórico que culminou no modelo de Bohr do século XX. O referencial teórico adotado reúne as ideias de Ausubel, da Aprendizagem Significativa, de Moreira, da Aprendizagem Significativa Crítica, com aquelas da abordagem de Mathew Lipman, da Pedagogia Investigativa, que convergem em inúmeros pontos.

A implementação dessa sequência busca alinhar-se ao processo de construção e expansão do conhecimento inserido no contexto Científico e Tecnológico, uma vez que os desdobramentos e as descobertas que surgem a partir do estudo do atomismo têm boa divulgação nos meios de comunicação atual e desperta nos alunos o interesse em conhecer e entender os princípios científicos atrelados a eles. Aliado a isso, a sequência didática utiliza-se de elementos da História da Ciência para realizar um diálogo filosófico amplo a fim de tornar significativos os conceitos físicos que se pretende ensinar.

Dessa maneira, esse Produto fornece elementos mediadores que irão auxiliar o professor na abordagem do Atomismo na Física do Ensino Médio.

#### **Introdução**

O Produto Educacional implementa uma sequência didática constituída de oito aulas, com elementos mediadores e atividades que conduzem a uma aprendizagem significativa do tema. Essa sequência foi estruturada de tal modo que cada aula desenvolve os elementos de ancoragem para a aula subsequente. Dessa maneira, as concepções iniciais a respeito do átomo poderão ser apreciadas e comparadas com as concepções que as sucederão até as

concepções atuais. É importante ressaltar que o Produto Educacional dispõe de dois textos<sup>22</sup> <sup>23</sup> preparatórios, um roteiro de elaboração de mapas conceituais, dois roteiros experimentais, um roteiro de atividade com simulador, uma sugestão de trabalho em estações investigativas, um pré-teste e um teste final.

O professor/pesquisador sugere que se faça uma oficina de elaboração de mapas conceituais com os estudantes com ênfase na estrutura e conectivos utilizados. Aliado a isso, apresente um software livre de elaboração de mapas conceituais como opção prática. Nesse produto elaboramos um roteiro de elaboração de mapa conceitual e indicamos o CmapsTools<sup>24</sup> como sugestão de software para a construção dos mesmos.

---

<sup>22</sup> O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade, de Maria da Conceição Marinhoh Oki, publicado na revista Química na Escola, disponível na íntegra, em [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16\\_A06.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A06.pdf), acesso em 02/06/2018.

<sup>23</sup> 200 anos da teoria atômica de Dalton, disponível em [www.qnesc.sbq.br/qnesc20/v20a07.pdf](http://www.qnesc.sbq.br/qnesc20/v20a07.pdf), acesso em 01/06/2018.

<sup>24</sup> Sugestão de software para a construção de mapas conceituais. Disponível em: <https://cmapttools.br.uptodown.com/windows>, acesso em 08/10/2018.

O quadro a seguir resume a sequência didática proposta. Nela cada aula tem duração de 50 minutos.

<b>Aula</b>	<b>Atividade Proposta</b>	<b>Recursos Instrucionais</b>
<b>Aula 1:</b> <i>Do que as “coisas” são feitas?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação do pré-teste para o levantamento dos conhecimentos prévios.</li> <li>• Abordagem sobre as concepções dos gregos antigos a respeito da matéria.</li> <li>• Construção compartilhada de um mapa conceitual.</li> </ul>	Quadro, giz, texto, vídeo <sup>125</sup> , roteiro de elaboração de mapa conceitual.
<b>Aula 02:</b> <i>Revelando a natureza íntima da matéria</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Socialização/debate a partir dos mapas conceituais elaborados.</li> <li>• Abordagem sobre a caracterização do contexto teórico experimental que levaram a formulação dos modelos atômicos de Dalton e J.J Thomson.</li> </ul>	Quadro, giz, vídeo <sup>226</sup> , tarefa sugerida.
<b>Aula 03:</b> <i>Modelando a Matéria</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividade com o simulador Phet Colorado<sup>27</sup> sobre o experimento de Geiger-Marsden.</li> </ul>	Quadro, giz, celular/computador Simulador Phet
<b>Aula 04:</b> <i>Discutindo Modelo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo investigativo sobre os métodos utilizados por Rutherford e sua relação com os métodos utilizados no século XXI a partir de um aparato experimental.</li> </ul>	Quadro, giz e atividade experimental <sup>28</sup> .

<sup>25</sup> *Tudo se transforma, Reações Químicas, Os primórdios – disponível em: <<https://www.youtube.com/embed/HLAxYoLDO7E>>, acesso em 02/06/2018).*

<sup>26</sup> Trecho (de 28'00" a 30'40") do vídeo: Experiências com descargas elétricas em gases – disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=BkkoaXClyGI>>, acesso em 30/05/2018).

<sup>27</sup> Atividade: Atomic models homework (Inquiry based produzida por Sam McKagan, Kathy Perkins and Carl Wieman, disponível em <<https://phet.colorado.edu/en/contributions/view/2979>>, acesso em 01/07/2018).

<sup>28</sup> Adaptado - Disponível em <<http://cpepweb.org>>. Acesso em 20/05/2018.

<b>Aula 05:</b> <i>Séries Espectrais</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagem de um espectroscópio de mão.</li> <li>• Abordagem sobre panorama histórico do desenvolvimento da espectroscopia.</li> </ul>	Quadro, giz, construção de um espectroscópio <sup>29</sup> .
<b>Aula 06:</b> <i>Niels Bohr e os pacotes de energia</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abordagem sobre a quantização das órbitas dos elétrons acompanhada das indicações de postulados e da instabilidade atômica encontrada na concepção de Rutherford.</li> </ul>	Quadro, giz.
<b>Aula 07:</b> <i>Transições no átomo de hidrogênio</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abordagem sobre o átomo de hidrogênio com ênfase nos espectros de absorção e emissão.</li> </ul>	Quadro, giz e tarefa sugerida.
<b>Aula 08:</b> <i>Avaliando a Sequência</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação da sequência</li> </ul>	<i>Avaliação</i>

## **Detalhando a Sequência**

### **Aula 01**

#### **Objetivos Específicos da Aula:**

- Apresentar as etapas de aplicação da sequência didática aos alunos;
- Realizar o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes e identificar, em uma perspectiva histórica, as principais etapas do desenvolvimento e da consolidação do atomismo a partir de uma problematização.
- Construir com os estudantes um mapa conceitual sobre a percepção deles acerca daquilo que compõe a matéria.

#### **Conteúdos abordados:**

- As primeiras especulações sobre a constituição da matéria;
- Transformação da matéria de Aristóteles;

<sup>29</sup> Disponível em: <http://stoa.usp.br/clovisdsn/files/-1/10258/Montando+um+espectroscópio.pdf>

Nesse primeiro encontro será aplicado um pré-teste para elencar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a constituição da matéria e identificar a perspectiva histórica das principais etapas de desenvolvimento e consolidação do atomismo. Aliado a isso, busca-se identificar os subsunçores nas seguintes categorias: composição da matéria, concepções gregas sobre a matéria, o conceito de elemento, a representação do átomo, a interação da matéria com a radiação, a reflexão da luz na perspectiva atômico molecular e a geração de luz em lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Para aplicação do pré-teste, estima-se um total de 20 minutos.

Em seguida, o professor poderá comentar com os estudantes a pergunta “do que as coisas são feitas” pelo homem há bastante tempo, e que, ao longo da história, várias teorias explicativas foram formuladas para tentar responde-la. Com o intuito de fomentar um debate acerca da composição das “coisas” e fornecer elementos para a elaboração compartilhada de um mapa conceitual exiba o vídeo Tudo se transforma, Reações Químicas<sup>30</sup>.

Após o debate, o professor irá construir um mapa conceitual de forma na lousa de forma compartilhada com os estudantes sobre o tema abordado no vídeo com ênfase na estrutura de elaboração que o mapa conceitual exige.

Finalize a aula destacando a evolução nas maneiras de pensar sobre a natureza da matéria, da especulação filosófica às práticas experimentais quantitativas e, como preparação para a próxima aula, solicite aos estudantes para lerem os textos<sup>31,32</sup>, responderem o questionário proposto e elaborar um mapa conceitual dos temas abordados nos textos.

Diante das respostas dadas no pré-teste, o professor poderá direcionar as próximas etapas da sequência didática, caso julgue necessário.

---

<sup>30</sup> Vídeo com duração de onze minutos, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HLAxYoLDO7E>

<sup>31</sup> Artigo da aula 01: O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade, de Maria da Conceição Marinho Oki, publicado na revista Química na Escola, disponível, na íntegra, em [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16\\_A06.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A06.pdf), acesso em 02/06/2018).

<sup>32</sup> Texto: artigo 200 anos da teoria atômica de Dalton, disponível em <[www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a07.pdf](http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a07.pdf)>, acesso em 01/06/2018).

## **Aula 02**

### **Objetivos Específicos da Aula:**

- Apresentar as etapas de aplicação da sequência didática aos alunos;
- Apresentar o contexto teórico-experimental que influenciou na elaboração do modelo atômico de Dalton e J.J. Thomson.
- Descrever as hipóteses de Dalton e os experimentos de J.J. Thomson com raios catódicos que o levaram à descoberta do elétron.

### **Conteúdos abordados:**

- Átomo de Dalton;
- Átomo de J.J Thomson.

Nessa aula, os estudantes são distribuídos nas estações investigativas de forma equilibrada. Em seguida, o professor irá promover a socialização dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes sobre os assuntos abordados no texto disponibilizado na aula anterior.

Após a socialização, o professor irá abordar a caracterização do contexto teórico experimental que levaram a formulação dos modelos atômicos de Dalton e J.J Thomson. Nesse instante, retome os principais trabalhos de Dalton (1808): a formulação da hipótese atômica e o modelo das esferas maciças para o átomo. Explique que o trabalho de Avogrado (1811) corrigiu as falhas na teoria de Dalton e propiciou uma base explicativa consistente para os fenômenos conhecidos até então, isto é, explicava corretamente as massas e volumes obtidos nas reações químicas.

Apresente as experiências com descargas elétricas em gases que levaram a indícios de que os átomos continham partículas negativas. Para ilustrar estes experimentos sugerimos que exiba o vídeo: *Experiências com descargas elétricas em gases*<sup>33</sup>. Aliado a isso, explique que os experimentos com descargas em gases, juntamente com experimentos de Faraday com a eletrólise, indicaram que o modelo de Dalton necessitava de uma reformulação que acomodasse a existência de cargas elétricas. Nesse momento, apresente o

---

<sup>33</sup> Trecho (de 28'00" a 30'40") do vídeo: *Experiências com descargas elétricas em gases* – disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=BkkoaXCLYGI>>, acesso em 30/05/2018).

modelo de Thomson (1904) como a primeira proposta de um átomo com constituintes internos, isto é, um átomo que não era indivisível.

É muito importante destacar os motivos que levaram à substituição de um modelo por outro, de forma que os estudantes percebam a maneira como o conhecimento científico é desenvolvido e aprofundem os pontos que normalmente são discutidos na Química, principalmente a História e Filosofia da Ciência.

Como tarefa de casa sugere a elaboração de um mapa conceitual dos conteúdos estudados na aula.

### **Aula 03**

#### ***Objetivos Específicos da Aula:***

- Descrever a interpretação de E. Rutherford para o experimento de espalhamento de Geiger-Marsden e a formulação de um novo modelo.

#### ***Conteúdo abordado:***

- Átomo de Rutherford.

Essa aula é destinada para interpretar os resultados observados no experimento de Geiger-Marsden. Para isso, cada estação investigativa deverá destacar os elementos evidenciados na simulação proposta do modelo de Thomson e compará-los com os elementos evidenciados na simulação do modelo de Rutherford. Essa atividade é conduzida por um roteiro constituído de questões que norteiam e fomentam um debate entre os componentes de cada estação investigativa. É importante que o professor, acompanhe as discussões em cada estação investigativa durante o desenvolvimento da atividade proposta, com o intuito de identificar interpretações equivocada a respeito da simulação, uma vez que se trata de um modelo. Os dez minutos finais dessa aula é reservado para a exibição de um vídeo<sup>34</sup> sobre o experimento de Geiger-Marsden com duração de 3 minutos e orientações sobre a montagem do espectroscópio da próxima aula.

---

<sup>34</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=HRmdkAAoZ5M>>. Acesso em: 02/06/2018

## **Aula 04**

### **Objetivos Específicos da Aula:**

- Compreender a diferença entre modelo e realidade.
- Discutir os métodos desenvolvidos por Rutherford.

### **Conteúdo abordado:**

- Átomo de Rutherford.

Nessa aula será desenvolvido um estudo investigativo sobre os métodos utilizados na modelagem do átomo proposto por Rutherford e sua relação com os métodos utilizados no século XXI. Para isso, cada estação investigativa utilizará um aparato experimental para identificar a forma de uma figura geométrica plana feita madeira colocada debaixo de um tampo de madeira. Essa atividade é acompanhada de um roteiro com questões norteadoras e permite esclarecer o conceito de núcleo que é fundamental para os estudantes compreenderem o processo de construção da ciência e que muitas vezes só é mencionado em livros didáticos.

É importante ressaltar que os usos de modelos no Ensino de Ciências têm um caráter facilitador na compressão do que se pretende ensinar, mas pode levar a erros conceituais significativos e até mesmo o surgimento de visões simplistas ou superficiais daquilo que se pretende explorar. Nesse sentido, é importante que o professor conheça os elementos que podem levar a interpretação equivocada e os possíveis erros conceituais e trabalhe isso.

O professor deve comentar durante a aula que o experimento feito em 1909 foi executado pelos assistentes de Rutherford, Geiger e Marsden, mostrou que o modelo de Thomson não podia ser correto e descreva o contexto em que ele foi realizado, reforçando o que se sabia na época a respeito das partículas alfa e dos átomos em geral. Para isso sugerimos a palestra de Rutherford no recebimento do Nobel de 1908, *A natureza química das partículas alfa das substâncias radioativas*<sup>35</sup> e o artigo *100 anos com o núcleo atômico*<sup>36</sup>.

---

<sup>35</sup> Disponível em : [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1908/rutherford-lecture.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1908/rutherford-lecture.html). Acesso em: 07/05/2018.

<sup>36</sup> Disponível em: [http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/278/pdf\\_aberto/nucleoatomico278.pdf](http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/278/pdf_aberto/nucleoatomico278.pdf). Acesso em: 07/05/2018.

Para o fechamento da aula, o professor deve destacar a importância do papel da lei de Coulomb no cálculo de Rutherford do tamanho do núcleo atômico, comparar o modelo proposto ao sistema planetário, comentar que na época não se sabia da existência de prótons e nêutrons, apenas de um núcleo de carga positiva e reforçar que o processo de construção do conhecimento é complexo e envolve a contribuição de diversos cientistas.

Ao final da aula é importante que o professor retome as recomendações sobre os materiais e as etapas de montagem do espectroscópio que serão utilizados na aula 05.

## **Aula 05**

### ***Objetivos Específicos da Aula:***

- Interpretar espectros de emissão e absorção, em particular a presença de linhas brilhantes ou escuras.
- Explicar a absorção e a emissão de luz pela matéria em termos de transições eletrônicas nos átomos e moléculas.

### ***Conteúdos abordados:***

- Séries Espectrais;
- Modelo atômico de Bohr.

A quinta aula dessa sequência será destinada inicialmente para a montagem do espectroscópio e observação da luz de fontes luminosas e uma breve abordagem sobre o panorama histórico do desenvolvimento da espectroscopia. Nesse sentido, no início do século XIX, já se sabia da existência de “luz” fora da faixa visível do espectro (ultravioleta e infravermelho) e que os corpos incandescentes emitem luz com uma coloração que depende de sua temperatura. Assim, os espectros de emissão dos corpos incandescentes eram bem determinados experimentalmente, porém não eram bem explicados à luz das teorias clássicas.

A aula em questão vai permitir destacar elementos importantes que serão abordados na próxima aula. Nesse sentido, o estudo do modelo teórico do corpo negro poderá ser feito em outro momento.

É importante que os estudantes iniciem a montagem do espectroscópio em casa, deixando para fazer a finalização da montagem na presença do professor.

## **Aula 06**

### **Objetivos Específicos da Aula:**

- *Apresentar as características do modelo atômico de Bohr para o átomo de hidrogênio.*

### **Conteúdos abordados:**

- Modelo atômico de Bohr.

A sexta e a sétima aula dessa sequência é destinada à abordagem das características do modelo atômico de Bohr para o átomo de hidrogênio. Para isso, o professor inicia a abordagem discutindo sobre a instabilidade do modelo de Rutherford para posteriormente introduzir a forma pela qual Bohr apresentou a solução para este problema. Em seguida, partindo da indicação de alguns postulados em seu caráter semiclássico e da ideia de Planck, segundo a qual a energia não seria emitida continuamente, mas em pequenos “pacotes” de energia denominados quanta, discuta as hipóteses de quantização das órbitas. Caso julgue necessário, faça uma breve abordagem sobre os estudos de um corpo negro que trouxeram a ideia de quantização.

A partir deste ponto e considerando o momento angular orbital do elétron empregue os conceitos de energia cinética e das órbitas circulares para evidenciar os aspectos da Física Clássica inseridos nos conceitos inovadores do modelo atômico de Bohr e demonstre a função para determinação dos raios e a fórmula de Bohr que prevê com grande precisão os níveis energéticos para o átomo de hidrogênio.

Ao final da aula, o professor deverá solicitar aos estudantes dispostos nas estações investigativas uma síntese das concepções dos modelos estudados até o momento. A síntese poderá ser feita no formato de mapa conceitual.

O professor poderá utilizar outra estratégia para caracterizar o modelo atômico de Bohr para o átomo de hidrogênio.

## **Aula 07**

### **Objetivos Específicos da Aula:**

- *Apresentar as características do modelo atômico de Bohr para o átomo de hidrogênio.*

### **Conteúdos abordados:**

- Transições no átomo de Bohr

Esta aula é dedicada à caracterização das transições possíveis no átomo de hidrogênio a partir da emissão e absorção de fótons segundo as concepções de Bohr. A abordagem proposta é de o professor faça de maneira expositiva explorando o diagrama de energia para o átomo de hidrogênio e da equação de energia dos estados estacionários demonstrada na aula anterior.

Os primeiros dez minutos da aula são destinados à socialização das sínteses elaboradas pelos estudantes sobre os modelos atômicos estudados até o momento. Nesse momento, o professor deverá conduzir a explanação de cada estação investigativa de modo que eles possam destacar as características de cada modelo e os principais pontos que levaram à elaboração de um novo modelo a fim de adquirirem elementos para a construção de um mapa conceitual de toda abordagem da sequência aplicada.

Na construção dos mapas conceituais é importante que os estudantes organizem uma boa relação entre os conceitos estruturais e de eventos de forma hierarquizada, partindo das concepções gregas até os elementos mais estruturais do modelo atômico de Bohr.

## **Aula 07**

### **Objetivos Específicos da Aula:**

- *Apresentar as características do modelo atômico de Bohr para o átomo de hidrogênio.*

## **Aula 08**

### **Objetivos Específicos da Aula:**

- *Avaliar a sequência didática e elaborar um mapa conceitual sobre os conteúdos abordados na sequência.*

A última aula dessa sequência tem o objetivo de avaliar a aplicação da sequência didática aplicada de duas formas distintas. A primeira consiste na análise dos mapas conceituais dos conteúdos estudados e a segunda em uma avaliação formativa dos conteúdos estudados na aplicação da sequência. Desse modo, busca-se observar se os subsunçores identificados, ou não, tanto na aplicação do pré-teste, quanto àqueles que surgiram durante a abordagem foram reformulados ou construídos para a acoplagem dos novos elementos abordados e resultaram num aprendizado de ordem superior implicando numa aprendizagem significativa.

### **Materiais de Intervenções Didáticas**

O produto educacional em questão dispõe dos seguintes materiais de intervenções didáticas: dois textos<sup>37 38</sup> preparatórios, um roteiro de elaboração de mapas conceituais, três roteiros experimentais, um pré-teste e um teste final.

#### **A1. Pré-teste**

O pré-teste busca elencar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a constituição da matéria e identificar as percepções sobre a histórica das principais etapas de desenvolvimento e consolidação do atomismo. Desse modo, identificaríamos o cenário no qual poderíamos desenvolver um trabalho mais adequado, voltado para a integração dos novos conhecimentos à estrutura cognitiva dos estudantes de forma hierárquica, se partíssemos dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

#### **Pré-teste – Aula 01**

---

<sup>37</sup> O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade, de Maria da Conceição Marinhoh Oki, publicado na revista *Química na Escola*, disponível na íntegra, em [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16\\_A06.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A06.pdf), acesso em 02/06/2018.

<sup>38</sup> 200 anos da teoria atômica de Dalton, disponível em [www.qnesc.sbq.br/qnesc20/v20a07.pdf](http://www.qnesc.sbq.br/qnesc20/v20a07.pdf), acesso em 01/06/2018.

Identificação do estudante

Nome: \_\_\_\_\_

## Segundo Anaxímenes

*“...o ar infinito era o princípio, do qual provêm todas as coisas que estão a gerar-se, e que existem, e que não-de existir, e os deuses e as coisas divinas, e o resto proveniente dos seres por eles produzidos. A forma do ar é a seguinte: quando ele é muito igual, é invisível à vista, mas é revelado pelo frio e pelo calor e pela humanidade e pelo movimento. O ar está sempre em movimento: é que as coisas que mudam, não mudam a menos que haja movimento. Com o aumento da densidade ou da rarefação, o ar toma diferentes aspectos; pois, quando se dissolve no que é mais subtil, torna-se fogo, ao passo que os ventos são, por sua vez, ar condensado, e a nuvem é produzida a partir do ar por compressão. Quando se condensa ainda mais, produz-se a água; com um maior grau de condensação produz-se a terra, e quando condensado ao mais alto grau, as pedras. Donde resulta que os componentes com maior influência na geração são contrários, a saber, o calor e o frio.”*

*Hipólito, Refutatio I, 7, 1.*

1. Do que as “coisas” são feitas?

---

---

---

2. Quais eram as concepções dos filósofos gregos sobre a matéria?

---

---

---

3. Dentro do contexto abordado na questão anterior, o que você entende por elemento?

---

---

---

4. Faça um desenho do modelo de átomo que você conhece.

5. Considere os fenômenos envolvidos a seguir e apresente uma descrição em nível atômico-molecular para cada um deles.

a. A solidificação da água.

---

---

---

b. O aquecimento de uma barra de ferro quando colocada com uma das extremidades em contato direto com o fogo.

---

---

---

c. A evaporação da água nas roupas quando expostas ao sol.

---

---

---

d. A mudança de pressão sobre uma substância.

---

---

---

6. Tendo em vista que a matéria é constituída de átomos, o que ocorre quando um material fica exposto a algum tipo de onda eletromagnética?

---

---

---

7. De que modo poderíamos explicar a reflexão da luz numa perspectiva atômico-molecular?

---

---

---

8. Explique o processo pelo qual uma lâmpada incandescente e uma lâmpada fluorescente produz luz.

---

---

---

## Tarefa sugerida – Aula 01

Leia o Texto, faça uma síntese e responda as questões a seguir:

Trecho do artigo *O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade*, de Maria da Conceição Marinho Oki, publicado na revista *Química na Escola*, disponível, na íntegra, em [http://qnesc.sba.org.br/online/qnesc16/v16\\_A06.pdf](http://qnesc.sba.org.br/online/qnesc16/v16_A06.pdf), acesso em 02/05/2018.

### Elementos: os princípios constituintes da matéria

A origem do nome elemento encontra-se relacionada ao vocábulo grego "stoicheion", correspondente ao termo latino "elementum", que reúne três letras consecutivas do centro do alfabeto latino: L, M e N (Lockemann, 1960). Aristóteles usou a palavra "stoicheion", que significava para ele tanto elemento quanto princípio. Essa palavra foi posteriormente adotada nas várias línguas européias.

*Elementos, princípios e átomos acompanhar-nos-ão em toda a história da Química, mas não assinalam uma unidade, uma continuidade conceitual à qual a história da Química esteja submetida* (Bensaude-Vincent e Stengers, 1992).

O uso desses termos nos diferentes contextos denota as divergências existentes nas explicações das qualidades da matéria manifestadas na sua aparência e nas suas transformações sustentadas em diferentes bases interpretativas.

O conceito de elemento começou a se estruturar a partir da necessidade de explicação das mudanças observadas na natureza; os filósofos pré-socráticos foram os primeiros a tentar justificar o que aparentemente mudava e o que permanecia sem alteração, estando esse conceito vinculado às especulações desses filósofos sobre os princípios constituintes da matéria, ou seja, a sua causa primária, a sua essência.

Tales de Mileto (624-544 a.C.) considerou a água o único e primordial princípio responsável pela multiplicidade dos seres. Anaximandro (610-546 a.C.), discípulo de Tales, foi o primeiro a usar o termo "arché", que significa princípio; no entanto, discordava de Tales em relação à explicação da existência de um único princípio, o que considerava uma limitação. Segundo ele, o princípio de tudo seria o "apeiron", uma substância primária, indeterminada e imaterial.

Empédocles (490-430 a.C.) usou em suas explicações a idéia de quatro princípios ou elementos primordiais:

terra, água, ar e fogo. O amor e o ódio eram as forças antagônicas que promoviam a união ou dissociação dos quatro elementos e explicavam as mudanças observadas no mundo. Esse filósofo não utilizou em seus textos a palavra elemento, substituindo-a por raízes, mas mantendo o mesmo significado. "O termo elemento parece ter sido utilizado pela primeira vez por Platão" (Maar, 1999).

Os quatro "elementos-princípios" de Empédocles foram adotados pelo importante filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.), que lhes atribuiu qualidades. Um estudo das obras de Aristóteles revela que a sua visão sofreu algumas modificações ao longo do tempo (Mierzecki, 1991). No seu trabalho "Física", no qual examina conceitos gerais relativos ao mundo físico, Aristóteles declarou a existência de somente três elementos; na sua obra "Sobre a geração e a corrupção", considerou a existência de quatro elementos e, em "Sobre o céu", onde apresenta estudos sobre o mundo sideral e sublunar, acrescentou o quinto elemento: o éter, a matéria constituinte dos corpos celestes. Posteriormente, esse último elemento foi chamado de quinta essência, caracterizando-se como o princípio formador de todos os corpos existentes no mundo supralunar, ou seja, a parte do Universo que se inicia com a Lua (Chassot, 1995).

Aristóteles considerava que tudo era formado por uma matéria de base ou substrato "hylé"; a este se juntavam as qualidades responsáveis pela sua aparência e forma. Essas qualidades elementares eram: quente, seco, frio e úmido. Todas as substâncias existentes seriam formadas pelos quatro elementos e cada elemento era caracterizado por um par de qualidades.

O conceito de "elemento-princípio" oriundo da filosofia grega revela uma ciência baseada nas qualidades aparentes dos corpos e que são percebidas pelos sentidos e o importante papel conferido à observação e à contemplação. Essa é uma ciência que concebe a realidade natural como um

mundo hierarquizado com lugares pré-determinados para todas as coisas.

A concepção de que a mudança na proporção quantitativa dos elementos constituintes podia levar à mudança nas propriedades e aparência dos corpos foi a base teórica para a crença na transmutação de metais menos nobres naquela cuja combinação de qualidades seria a mais perfeita possível: o ouro. Essas tentativas foram empreendidas por alquimistas árabes e europeus durante o período medieval usando-se vários procedimentos e operações.

Nesse período, os quatro elementos de Empédocles e, posteriormente, de Aristóteles, eram considerados como existentes em todas as substâncias; os metais, por exemplo, não eram considerados como corpos simples.

Atribui-se a Jabir ibn Hayyan, um alquimista árabe sobre o qual não se tem certeza sobre as suas origens, mas que teria vivido entre os séculos VIII e IX, a introdução da teoria do "enxofre-mercúrio", baseada numa concepção dualista. Segundo essa teoria, todos os corpos seriam formados em diferentes proporções por dois princípios: o enxofre, portador da propriedade combustibilidade, e o princípio mercúrio, carregador da metalicidade.

A transmutação seria possível pela modificação da composição natural dos corpos. O ouro era o metal que encerrava uma composição ideal dos constituintes enxofre e mercúrio e uma maior pureza.

Esses "elementos-princípios" introduzidos no período da Alquimia ficaram conhecidos como espagíricos e a eles foi adicionado por Paracelso (1493-1541), no século XVI, o elemento sal, causador da solubilidade dos corpos e cuja presença estava relacionada à estabilidade.

Devemos considerar que, no contexto em que foram propostos, os elementos enxofre e mercúrio eram princípios abstratos, numa concepção metafísica de elemento, não devendo ser confundidos com as substâncias reais que desde aquela época e até hoje têm o mesmo nome.

O conceito de elemento começou a se estruturar a partir da necessidade de explicação das mudanças observadas na natureza

1) Apresente as concepções sobre a matéria dos filósofos de acordo com o texto lido.

a. Tales de Mileto:

---

---

---

b. Empédocles:

---

---

---

c. Anaximandro:

---

---

---

d. Aristóteles:

---

---

---

2) Qual é a diferença entre elemento e corpo simples?

---

---

---

3) Quais são os critérios modernos para uma conceituação de elemento químico?

---

---

---

4) Apresente a nova maneira de interpretar os dados experimentais que colocou em cheque o segundo postuldo de Dalton?

---

---

---

## **A2. Roteiros de atividades**

### **Roteiro para a elaboração de Mapas Conceituais – Aula 01**

Os mapas conceituais são importantes ferramentas gráficas que representam as conexões de natureza diversa entre os vários elementos constituintes de qualquer área do conhecimento e auxiliando o aprendizado. Desse modo, ele deve indicar as relações entre os conceitos conectados por setas.

Um aspecto importante é que ele revela o nível de compreensão individual que cada indivíduo possui sobre um determinado tema. Nesse sentido, as etapas de elaboração proporcionam o exercício do pensar bem e desenvolvem as habilidades de raciocínio à medida que as relações entre os conceitos são estabelecidas, além de promover um aprendizado significativo. Dessa maneira, tornam-se ferramentas indicativas de aprendizado colocando o envolvido numa situação de confronto ao se deparar as falhas apontadas pelo mapa.

#### **Etapas de Elaboração**

- I. Selecione os conceitos julgados importantes;
- II. Destaque o conceito selecionado com uma figura geométrica;
- III. Em ordem hierárquica, ligue por seta os conceitos e utilize uma ou mais proposição para estabelecer uma relação entre eles;
- IV. Estabeleça mais de uma ligação entre os conceitos por setas de setores distintos, caso julgar necessário.

## Modelos de Mapas

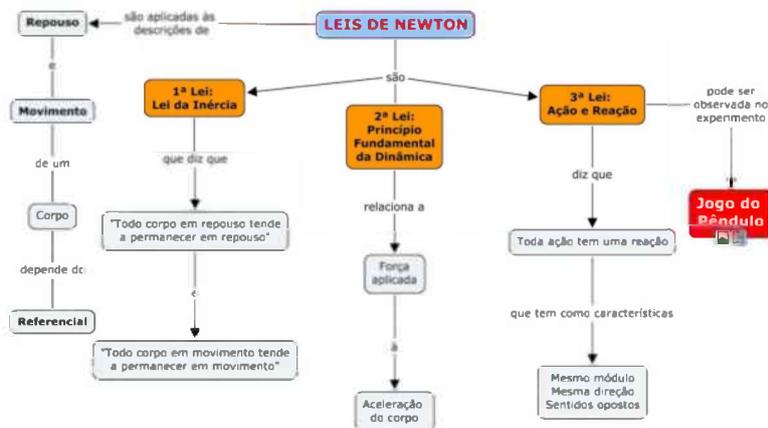


Figura 01: Mapa conceitual sobre as leis de Newton<sup>39</sup>

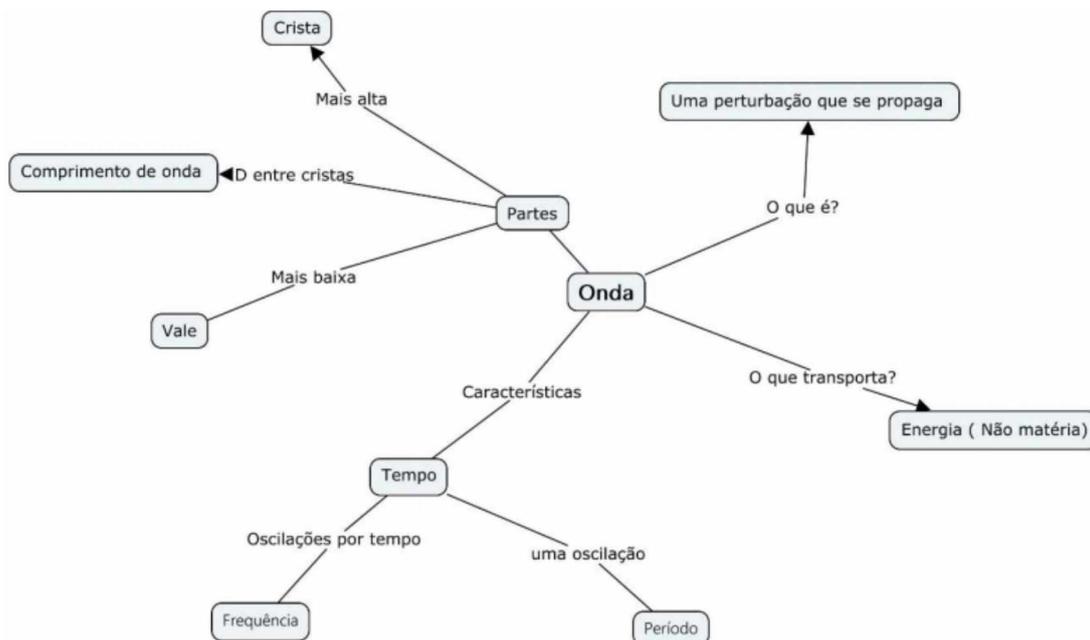


Figura 02: Mapa conceitual sobre onda<sup>40</sup>

<sup>39</sup> Disponível em (<http://1.bp.blogspot.com/-5f7TfCw3iQs/UMatCHeADdI/AAAAAAAAAXY/RnVxEHkR8uI/s1600/Leis+de+Newton.jpg>) acessado em 27 de agosto de 2013 às 9h19

<sup>40</sup> [http://mnpef.fis.unb.br/download/Laelton\\_Dissertacao](http://mnpef.fis.unb.br/download/Laelton_Dissertacao)

## Simulador PhET Colorado<sup>41</sup>: Experiência da folha de ouro de Rutherford - Aula 03

Identificação do Estudante

Nome: \_\_\_\_\_

Vá para *PhET.Colorado.edu*. Uma vez lá, vá para a guia reproduzir com simulações e clique na guia HTML5. Role para baixo e encontre a dispersão de Rutherford. Quando a nova janela aparece, clique no botão “reproduzir” para abrir a simulação.

Uma vez que a simulação se abra, clique sobre o átomo de Rutherford.

### Átomo de Rutherford

Uma vez aberto, defina o número de prótons para 20 e clique no botão azul, acima das partículas alfa, para começar a disparar partículas alfa para a folha de ouro.

1. Clique no botão EXIBIR TRAJETÓRIA. O que você percebe sobre os caminhos da maioria das partículas alfa?

---

---

---

---

---

2. Aumente o número de prótons para 60. A maneira como as partículas alfa se movem se altera? Se sim, explique como.

---

---

---

---

---

<sup>41</sup> Atividade: Atomic models homework (Inquiry based produzida por Sam McKagan, Kathy Perkins and Carl Wieman, disponível em <<https://phet.colorado.edu/en/contributions/view/2979>>, acesso em 01/07/2018.

3. Agora, aumente o número de prótons para 100. Como esse aumento muda a maneira como as partículas alfa se movem através da folha de ouro em comparação com quando você começou? Por que você acha que essa mudança ocorreu?

---

---

---

---

---

4. Repita os passos acima, variando quantos nêutrons estão presentes junto com os prótons. Isso muda como as partículas alfa viajam? Por que não?

---

---

---

---

---

5. Clique na esfera vermelha/cinzenta e redefina o número de prótons para 20. Observe e descreva como as partículas alfa se movem em relação ao núcleo. Faça um esboço do movimento.

---

---

---

---

---

6. Clique na esfera vermelha/cinzenta e redefina o número de prótons para 20. Observe e descreva como as partículas alfa se movem em relação ao núcleo. Faça um esboço do movimento.

---

---

---

---

---

7. Agora aumente o número de prótons para 100. Observe e descreva como as partículas alfa se movem em relação ao núcleo. Faça um esboço do movimento.

---

---

---

---

---

8. Como as situações citadas na questão 6 e 7 diferem entre si? Por que chegou a essa conclusão?

---

---

---

---

---

**Átomo do pudim de ameixa**

1. Mude a simulação para o átomo de pudim de ameixa. Uma vez que a simulação se abra, clique no botão *Trace*. Clique no botão azul da arma de partículas alfa para ativar as partículas alfa. Que tipo de caminho as partículas alfa tomam?

---

---

---

---

2. Como esse comportamento difere daquele obtido da simulação de Rutherford?

---

---

---

## **Conclusão**

1. Por que você acha que nosso modelo do átomo mudou após a experiência de Rutherford?

---

---

---

---

2. Por que as partículas alfa foram desviadas pelo núcleo e não atraídas por ele?

---

---

---

---

## **Espalhamento de Rutherford<sup>42</sup> - Aula 04**

Identificação do Estudante

Nome: \_\_\_\_\_

Nesta atividade, você e os membros de seu grupo usarão os métodos desenvolvidos por Ernest Rutherford no começo de 1900, e que, ainda são usados nos dias atuais pelos físicos de partículas, em seus experimentos com aceleradores. Estes métodos permitem aos cientistas identificar as características de partículas que realmente não podem ser vistas. Você aprenderá o quanto melhor devem ser suas medidas, quando você não pode ver o objeto estudado.

### ***Procedimento:***

Na mesa de experimentos de sua equipe há um tampo grande de madeira, debaixo do qual, foi colocada uma figura plana.

O trabalho de seu grupo é identificar a forma da figura sem vê-la. Você somente pode jogar bolinhas contra o objeto escondido, e observar a deflexão que se produz na trajetória das bolinhas depois de se chocar com a figura. Seu grupo terá cinco minutos para "observar" a figura.

Coloque um pedaço de papel sobre o tampo de madeira para esboçar a trajetória das bolinhas.

Lembre-se de um jogo de bilhar, pois as bolinhas estarão colidindo com um objeto e retornando.

Assim, você poderá traçar as trajetórias e logo depois, analisá-las, determinando a forma efetiva do objeto.

---

*42 Adaptação do artigo: O espalhamento de Rutherford em sala de aula, Siqueira, Maxwell e Pietrocola, Maurício, disponível em Física na Escola, v. 11, n. 2, 2010*

Faça um pequeno desenho das figuras que o grupo analisou e responda as perguntas abaixo:

**Questões:**

1. Você pode determinar o tamanho e a forma do objeto?

---

---

---

---

---

2. Como poderia saber se as figuras têm detalhes em sua forma, que são pequenos comparados com o tamanho das bolinhas?

---

---

---

---

---

3. Como você pode confirmar suas conclusões sem olhar o objeto?

---

---

---

---

---

---

## Roteiro – Construindo um espectroscópio<sup>43</sup> - Aula 05

### 1- Materiais para realização da atividade

Fita isolante e fita adesiva comum; papel *color set* preto; um CD; cola e régua; estilete e tesoura; tubo de papelão (fig.1).



Figura 01: materiais de montagem

### 2- Montagem do espectroscópio

2.1- Com o papel *color set*, construir um cilindro de 4 cm de diâmetro e de 10 cm de comprimento. Use um tubo de papel toalha como dispositivo para enrolar o papel.

2.2- Faça duas tampas com abas para o cilindro utilizando o papel preto. Em uma das tampas, usando o estilete, faça uma fenda fina de aproximadamente 2 cm por 1 mm. Na outra tampa, faça uma abertura no centro de mais ou menos 1 cm por 1 cm (fig.2).

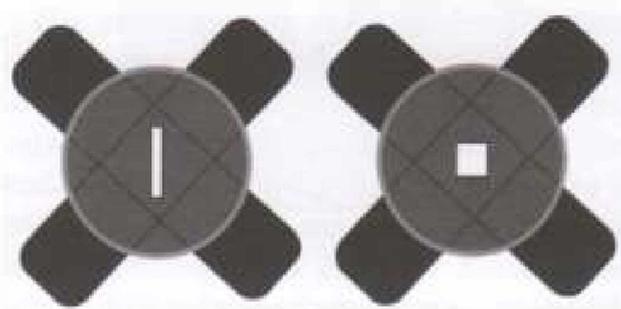


Figura 02: Tampas com abas

---

<sup>43</sup> Construindo um espectroscópio de mão, Disponível em: [https://disciplinas.usp.br/pluginfile.php/53140/mod\\_resource/content/1/Montando%2Bum%2Bespectros%20c%25B1%25D.pdf](https://disciplinas.usp.br/pluginfile.php/53140/mod_resource/content/1/Montando%2Bum%2Bespectros%20c%25B1%25D.pdf).

2.3- Retire a película refletora do CD usando fita adesiva (fig.3).



Figura 03: CD com parte refletora parcialmente retirada

2.4- Depois de retirar a película, recorte um pedaço do CD (mais ou menos 2 cm por 2 cm). Utilize preferencialmente as bordas, pois as linhas de gravação são mais paralelas; conseqüentemente, a imagem será melhor. É importante fazer uma marcação no pedaço recortado do CD para não esquecer em qual posição as linhas são paralelas (fig.4).

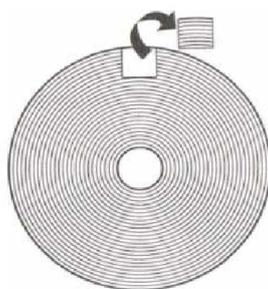


Figura 04: Recorte do disco

2.5- Cole as tampas no cilindro, deixando a fenda alinhada com a abertura. Fixe o pedaço recortado do CD na tampa com a abertura, usando fita isolante apenas nas bordas. O ideal é alinhar as linhas de gravação paralelamente à fenda do espectroscópio, pois assim as imagens que observaremos também estarão alinhadas com a fenda (fig.5).

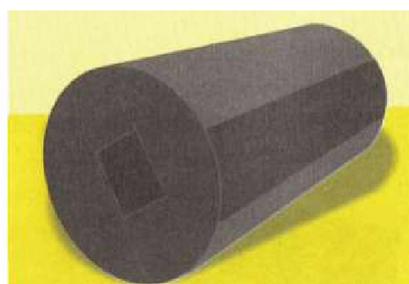


Figura 05: espectrômetro montado

2.6- Para evitar que a luz penetre no interior do tubo por eventuais frestas, utilize fita isolante para vedar os pontos de união entre o cilindro e as tampas.

### A3. Teste Final

#### Identificação do Estudante – Aula 08

Nome: \_\_\_\_\_

#### Instruções

1. Preencha convenientemente o cabeçalho.
2. Responda às questões com caneta de tinta AZUL ou PRETA. Respostas a lápis não terão direito à revisão.
3. Evite rasuras. Não use corretivo.
4. Rasuras nas respostas objetivas implicarão na anulação das mesmas.
5. A avaliação é individual, sem qualquer consulta.
6. Não rabisque o teste, trata-se de um documento.
7. Escreva o que foi pedido sendo objetivo (a) em suas respostas.
8. Dúvidas em relação ao conteúdo não serão esclarecidas durante a prova.
9. Não empreste e nem solicite material (lápiz, borracha, caneta, calculadora, etc.).
10. Revise toda a prova antes de entregá-la.
11. Leia as questões com atenção. A interpretação faz parte do Teste!

#### Reflexão:

*Do que é formada a matéria e como estão organizadas as partículas que a formam?*

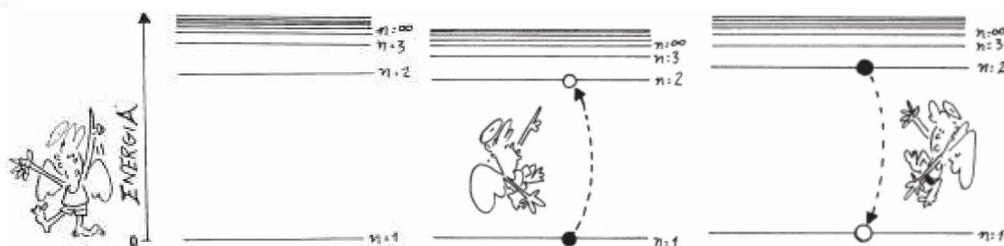


Figura 01: transições no átomo de Bohr.

**BOM TESTE!**

Prof. Demuthey Rodrigues

## Questão 01

Leia o texto

*...Aristóteles transmitiu aos seus sucessores uma imagem do mundo que incluía muitos traços herdados dos seus predecessores pré-socráticos. Adotou os quatro elementos de Empédocles: terra, água, ar e fogo, caracterizado cada um deles por um único par de qualidades primárias, calor, frio, umidade e secura. Cada elemento tinha o seu lugar natural no cosmos ordenado, em direção ao qual tinha tendência para ir por meio de um movimento característico; assim, os sólidos terrestres caíam, enquanto o fogo se erguia cada vez mais alto...*

Fonte: Aristóteles: *Ciência e Explicação*, disponível em [https://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/paulosergio/ciencia\\_explicacao.html](https://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/paulosergio/ciencia_explicacao.html). (Acesso: 10/08/2018)

O conceito de matéria passou por várias reformulações até as primeiras concepções do Século XIX. Nesse sentido, explique as concepções de átomo propostas por John Dalton.

---

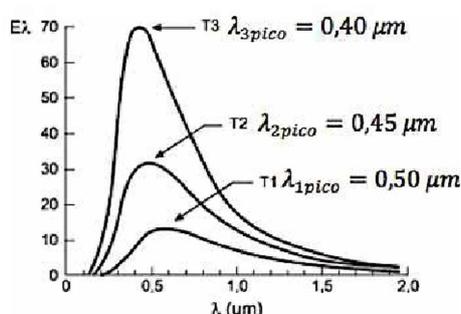
---

---

---

## Questão 02

A figura 1 mostra o gráfico da intensidade de radiação por comprimento de onda emitida por um corpo negro para diferentes temperaturas. Dados: Constante de Wien:  $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ ;



Com base nas informações do gráfico responda.

- Qual das três curvas apresenta maior temperatura?
- Determine o valor da maior temperatura em K.

### Questão 03

Em 1912-1913, Niels Bohr (1885-1962), um físico dinamarquês, propôs modificações na teoria de Rutherford, de maneira a compatibilizá-la com as ideias de Maxwell, segundo as quais uma partícula acelerada emite continuamente radiação.

*MENDES, Carlos; MARIANO, Wilson; PAZ, Maria. Física Ensino Médio. 3.ª série. Livro 1. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Educacional, 2012. (Fragmento)*

- a. Contrariamente às expectativas baseadas na Física Clássica, um sistema atômico pode existir em vários estados. Como são chamados esses estados?

---

---

---

---

---

- b. O que ocorre quando há uma rápida transição entre dois estados estacionários de energia?

---

---

---

---

---

- c. Como determinar a diferença de energia do átomo entre dois estados estacionários?

---

---

---

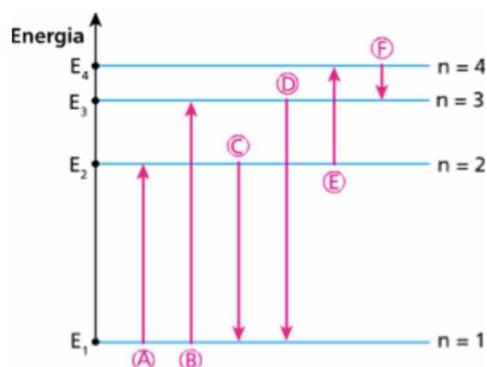
---

---

### Questão 06

O diagrama abaixo apresenta algumas transições no átomo de hidrogênio. Nesse esquema,  $n = \infty$  significa que o elétron foi removido do átomo, ou seja, o átomo está ionizado.

Dado: constante de Planck:  $h = 4,10^{-15} \text{ eVs}$  e  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$



- Quais transições correspondem à absorção?
- Determine a energia dos quatro primeiros estados estacionários.
- Calcule a frequência da luz liberada na transição C.

### Questão 05

Em 1909, Ernest Rutherford e colaboradores realizaram um experimento que levou a reformulação do modelo de átomo, o modelo planetário. Esse modelo sofreu várias críticas na época em que foi elaborado, pois apresentava alguns problemas que não podiam ser solucionados pelas leis da mecânica e do eletromagnetismo.

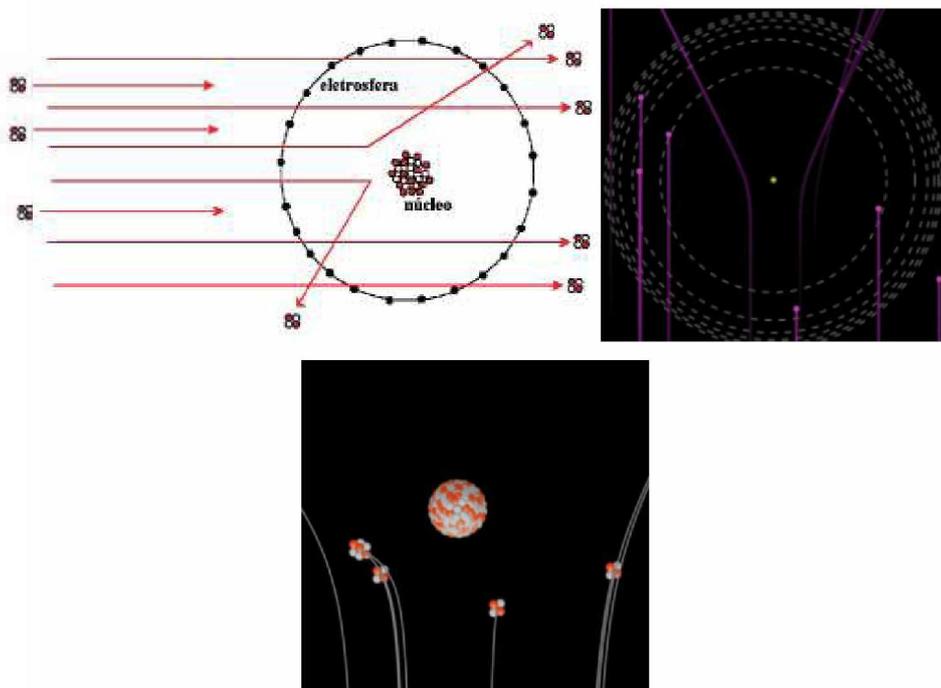
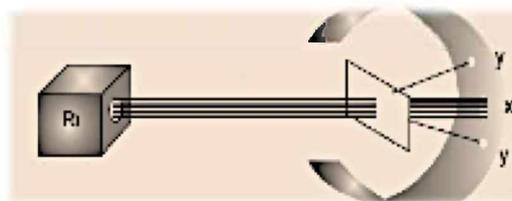


Figura1: Modelo atômico planetário de Rutherford

Considerando esse contexto responda:

a. Qual o tipo de partícula utilizada neste experimento?

---

b. Por que a maioria das partículas passaram direto pela folha metálica?

---

c. O que representam os pontos *y* na figura?

---

d. Explique o raciocínio que levou Rutherford a propor seu modelo atômico.

---

## Referências Bibliográficas

BROCKINGTON, G. **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio**. 268 f. Mestrado em Ensino de Ciências, modalidade Física e Química – Programa Interunidades, Universidade de São Paulo, SP, Brasil, 2005.

DA SILVA, André Coelho; DE ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 3, p. 624-652, jan. 2011. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/22296>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

DODGE, M e KITCHEN, R. Mapping cyberspace. London: Routledge, 2001.

FAZENDA, I. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. 4 ed. Campinas: Papirus, 1999.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 18ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 1988.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas. I **Encontro Regional de Aprendizagem Significativa I ERAS NORTE**. UEPA, Belém, 2013. Acesso em: 23 abr. 2014.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, M.A. y BUCHWEITZ, B.. **Mapas conceptuais**. São Paulo: Moraes, 1987.

MORIN, E. **A cabeça bem feita**: Repensar a reforma repensar o pensamento. 6 ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2008.

NOVAK, J.D. e GOWIN, D.B. (1996). Aprender a aprender. Lisboa. Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português, de Carla Valadares, do original Learning how to learn. 212p.

OKADA, A. e ZEILIGER, R. (2003). "The Building of Knowledge through Virtual Maps in Collaborative Learning Environments". Proceedings of EDMEDIA . Hawai USA (p. 1625-1628).

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, Seção Pesquisa em Ensino de Física, 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/061108.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2018

PEREIRA, ALEXSANDRO PEREIRA DE.; OSTERMANN, FERNANDA. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre**, v. 14, n. 3, p. 393-420, dez. 2009.

REZENDE JUNIOR, Mikael Frank; CRUZ, Frederico Firmo de Souza. Física Moderna e Contemporânea na formação de licenciandos em Física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência & Educação**, Bauru v. 15, n. 2, p. 305-21, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132009000200005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132009000200005)>. Acesso em: 10 jan. 2018.

SANCHEZ, L. B. Lipman e o Ensino de Uma filosofia ideal. **APRENDER - Cad. de Filosofia e Psic. da Educação Vitória da Conquista**, v. 4, n. 13, p. 29-48, jan/jun. 2005.

SILVA FILHO, O.; FERREIRA, M. TEORIAS DA APRENDIZAGEM E DA EDUCAÇÃO COMO REFERENCIAIS EM PRÁTICAS DE ENSINO: AUSUBEL E LIPMAN. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 2, 28 ago. 2022.

SILVEIRA, R. J. T. **Matthew Lipman e a filosofia para crianças três polêmicas:** polêmicas do nosso tempo. São Paulo: Editora Autores Associados, 2003.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. O espalhamento de Rutherford na sala de aula. *Física na Escola*, v. 11, n. 2, p. 9-11, out. 2010.

SOUSA, N. A.; BORUCHOVITCH, E. Mapas Conceituais: Estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**. Belo Horizonte, v. 26, n. 3, p. 195-218, dez. 2010.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.