



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO

JONATAS MARIZ DE OLIVEIRA

**VISÕES DE ESTUDANTES DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO SOBRE A
NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DO
MODELO ATÔMICO DE NIELS**

RECIFE, 2019

JONATAS MARIZ DE OLIVEIRA

**VISÕES DE ESTUDANTES DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO SOBRE A
NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DO
MODELO ATÔMICO DE NIELS BOHR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Orientador(a): Profa. Dra. Nadja Acioly-Regnier

Coorientador(a): Profa. Dra. Verônica Tavares Santos Batinga.

Linha de Pesquisa: Processos de construção de significados em ensino de Ciências e Matemática

RECIFE, 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

O48v Oliveira, Jonatas Mariz de
Visões de estudantes de química do ensino médio sobre a natureza da ciência a partir de uma abordagem histórica do modelo atômico de Niels Bohr / Jonatas Mariz de Oliveira. – 2019.
154 f.: il.

Orientador: Nadja Maria Acioly-Régnier.
Coorientador: Verônica Tavares Santos Batinga.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, BR-PE, 2019.

Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Química - Estudo e ensino 2. Concepções de Natureza da Ciência 3. História da Ciência I. Acioly-Régnier, Nadja Maria, orient.
II. Batinga, Verônica Tavares Santos, coorient. III. Título

CDD 501

FOLHA DE APROVAÇÃO

JONATAS MARIZ DE OLIVEIRA

VISÕES DE ESTUDANTES DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO SOBRE A
NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DO
MODELO ATÔMICO DE NIELS BOHR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ensino das Ciências (PPGEC) da Universidade Federal
Rural de Pernambuco, como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Orientadora: Prof^a Dra. Nadja Acioly-Regnier

Coorientadora: Prof^a Dra. Verônica Tavares Santos Batinga

Em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Nadja Acioly-Regnier (Orientadora)

Prof^a Dra. Verônica Tavares Santos Batinga (Coorientadora)

Prof. Dra. Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão

Prof. Dra. Angela Fernandes Campos

Prof. Dr. José Ayron Lira dos Santos

Aos meus pais Yuri e Mirtes Oliveira

AGRADECIMENTOS

Para vir ao mundo, Deus me presenteou com pais incomparáveis: Yuri e Mirtes Oliveira. Sou grato a vocês por quem me fizeram ser hoje. Dizem que aprendemos mais com o que vemos do que com o que nos mandam fazer, sou quem sou por causa do que vi em vocês. Muito obrigado por cada *não* que deram a si mesmos para dizer *sim* ao meu futuro. O futuro chegou e espero que estejam felizes com ele. Não tenho palavras para agradecer, apenas posso dizer: obrigado!

Agradeço à minha amada esposa, que passou por toda essa etapa ao meu lado. Foram muitas montanhas, mas também muitos vales. Tempos de dificuldade e, graças a Deus, tempos de refrigério. Mas você esteve comigo em todos eles. Obrigado por ser meu suporte e por me possibilitar saber que, ainda que tudo dê errado, voltarei para casa no final do dia e encontrarei você. Obrigado pelo amor incondicional e pela amizade que temos. Você tem me ajudado a ser a melhor versão de mim mesmo, te amo.

Gratidão também aos meus colegas de mestrado e aos professores. Foram muitos aprendizados em nossas discussões, concluo essa fase maior do que iniciei por causa de vocês. Obrigado!

Meu muito obrigado às minhas orientadoras: Nadja Acioly-Regnier e Verônica Tavares Santos Batinga. Sem esse suporte não teria chegado aqui. Obrigado pelas direções e pelo esforço em me ajudar. Sinto que recebi mais do que merecia e serei eternamente grato.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação no Ensino de Ciências (PPGEC – UFRPE) pela acolhida e pelo tempo de grande aprendizado.

Finalmente, agradeço à família, aos amigos e colegas e a todos que vibram comigo pela conclusão de mais uma etapa.

*O homem se apega àquilo
que foi conquistado com
esforço.*

Gaston Bachelard

RESUMO

Este trabalho objetivou investigar as contribuições de uma intervenção didática pautada na exposição e discussão de eventos da História da Ciência, em particular da elaboração do modelo atômico proposto por Niels Bohr em 1913. Os eventos que permearam essa proposição apresentam elementos que contradizem a visão positivista de uma ciência neutra, objetiva e acabada em si mesma. Diversas publicações têm indicado que a visão dos estudantes de ensino médio e superior sobre a Natureza da Ciência (NdC) são mais próximas dessa perspectiva, em que o conhecimento científico é tomado como absoluto, objetivo, socialmente neutro e superior aos demais. Por outro lado, historiadores da ciência e epistemólogos têm se contraposto a essa visão desde o início do século XX, sugerindo que a ciência não pode ser tomada como verdade absoluta e que sofre influência tanto de fatores pessoais dos cientistas quanto da sociedade na qual está inserida. Nessa pesquisa, pretendeu-se observar se a imersão dos alunos nos eventos de História da Ciência pode contribuir para ressignificar suas visões de NdC, aproximando-as da perspectiva contemporânea, considerando seu viés subjetivo, não neutro, histórico e não absoluto. O estudo foi realizado com estudantes de uma escola de ensino médio da Mata Norte de Pernambuco. Os alunos participaram de 5 encontros presenciais, nos quais o modelo proposto por Rutherford – Bohr foi apresentado sob a perspectiva histórica e discussões sistemáticas foram realizadas para verificar a emergência de elementos da epistemologia contemporânea sobre a NdC. Foram utilizados questionários e debates audiogravados para o levantamento de dados. Os resultados indicaram a presença de novas visões discentes sobre a ciência, apesar de também sugerir que suas concepções iniciais não foram completamente abandonadas. Foi possível concluir que o contato dos alunos com os eventos históricos lhes permitiu adquirir outras visões sobre a NdC, como a percepção de relatividade e subjetividade. Em contraponto, a percepção da influência social sobre a produção do conhecimento científico não foi evidenciada nas concepções finais da maioria dos estudantes.

Palavras-chave: Concepções de Natureza da Ciência; História da Ciência; Ensino de Química.

ABSTRACT

This paper aims to investigate the contributions of a didactic intervention based on the exhibition and discussion of events in the History of Science, in particular the elaboration of the atomic model proposed by Niels Bohr in 1913. The events that permeated this proposition present elements that contradict the positivist view of a neutral, objective and self-contained science. Several publications have indicated that high school and college students' views on the Nature of Science (NOS) are closer to this perspective, in which scientific knowledge is taken as absolute, objective, socially neutral and superior to others. On the other hand, historians of science and epistemologists have opposed this view since the beginning of the twentieth century, suggesting that science cannot be taken as absolute truth and that it is influenced by both the personal factors of scientists and the society in which it operates. In this research, it was intended to observe if the immersion of the students in the History of Science events can contribute to resignify their views of NOS, bringing them closer to the contemporary perspective, considering their subjective, non-neutral, historical and non-absolute bias. The study was carried out with students from a high school in the northern forest of Pernambuco. The students participated in 5 face-to-face meetings, in which the model proposed by Rutherford - Bohr was presented from the historical perspective and systematic discussions were held to verify the emergence of elements of contemporary epistemology about NdC. Questionnaires and audio-recorded debates were used for data collection. The results indicated the presence of new student views on science, although also suggesting that their initial conceptions were not completely abandoned. It was concluded that the contact of students with historical events allowed them to acquire other views on NOS, such as the perception of relativity and subjectivity. In contrast, the perception of social influence on the production of scientific knowledge was not evident in the final conceptions of most students.

Keywords: Conceptions of Nature of Science; History of science; Chemistry teaching.

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1: Aspectos da visão consensual x epistemólogos relacionados | 34 |
| Quadro 2: Etapas da Intervenção Didática..... | 52 |
| Quadro 3: Categorias de análise das alternativas selecionadas | 56 |
| Quadro 4: Aspectos epistemológicos das alternativas do VOSTS | 57 |
| Quadro 5: relação entre objetivos, referenciais, instrumentos e etapas da intervenção..... | 63 |
| Quadro 6: natureza dos modelos científicos (respostas) | 68 |
| Quadro 7: colaboração dos pares no trabalho científico (respostas) | 70 |
| Quadro 8: conhecimento específico sobre os modelos atômicos (respostas).. | 71 |
| Quadro 9: produção do conhecimento I (respostas) | 74 |
| Quadro 10: produção do conhecimento II (respostas) | 75 |
| Quadro 11: influência das relações interpessoais na ciência (respostas) | 77 |
| Quadro 16: Respostas dos alunos na categoria 01..... | 81 |
| Quadro 17: respostas dos alunos na categoria 02..... | 82 |
| Quadro 14: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)..... | 87 |
| Quadro 15: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo) | 88 |
| Quadro 16: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)..... | 90 |
| Quadro 17: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo) | 91 |
| Quadro 18: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)..... | 93 |
| Quadro 19: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo) | 94 |
| Quadro 20: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)..... | 96 |
| Quadro 21: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo) | 97 |
| Quadro 22: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)..... | 99 |
| Quadro 23: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo) | 101 |
| Quadro 24: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)..... | 104 |
| Quadro 25: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo) | 105 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1: A escada - ilusão de ótica | 20 |
| Figura 2: Mapa com destaque do município de Itambé..... | 51 |
| Figura 3: Gráfico das respostas à questão 2 do Questionário Inicial. | 69 |
| Figura 4: Gráfico das respostas à questão 3 do Questionário Inicial. | 71 |
| Figura 5: Gráfico das respostas à questão 6 do Questionário Inicial. | 75 |
| Figura 6: Respostas iniciais dos estudantes à primeira questão do VOSTS.... | 86 |
| Figura 7: Respostas finais dos estudantes à primeira questão do VOSTS | 87 |
| Figura 8: Respostas iniciais dos estudantes à segunda questão do VOSTS... 90 | |
| Figura 9: Respostas finais dos estudantes à segunda questão do VOSTS | 91 |
| Figura 10: Respostas iniciais dos estudantes à terceira questão do VOSTS... 93 | |
| Figura 11: Respostas finais dos estudantes à terceira questão do VOSTS | 94 |
| Figura 12: Respostas iniciais dos estudantes à quarta questão do VOSTS | 96 |
| Figura 13: Respostas finais dos estudantes à quarta questão do VOSTS..... | 97 |
| Figura 14: Respostas iniciais dos estudantes à quinta questão do VOSTS..... | 99 |
| Figura 15: Respostas finais dos estudantes à quinta questão do VOSTS | 101 |
| Figura 16: Respostas iniciais dos estudantes à sexta questão do VOSTS | 103 |
| Figura 17: Respostas finais dos estudantes à sexta questão do VOSTS | 105 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2. OBJETIVOS | 17 |
| 2.1 Objetivo Geral | 17 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 17 |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 18 |
| 3.1 Concepções epistemológicas sobre a Natureza da Ciência | 18 |
| 3.1.1 O Indutivismo | 19 |
| 3.1.2 O Falsificacionismo..... | 20 |
| 3.1.3 Teorias como estruturas: programas de pesquisa de Imre Lakatos . | 22 |
| 3.1.4 Teorias como estruturas: paradigmas de Thomas Kuhn | 24 |
| 3.1.5 Teoria Anarquista de Paul Feyerabend | 25 |
| 3.1.6 Ludwick Fleck e Gaston Bachelard..... | 27 |
| 3.1.7 Aspecto sociológico de Latour e Woolgar | 30 |
| 3.1.8 A visão consensual e algumas definições de Positivismo | 33 |
| 3.2 Pesquisas sobre a visão dos discentes acerca da Natureza da Ciência | 37 |
| 3.3 Panorama histórico e conceitual sobre o modelo atômico de Niels Bohr | 41 |
| 3.4 Contribuições da História da Ciência nas concepções discentes sobre a natureza da ciência e na evolução conceitual sobre o modelo atômico de Bohr | 45 |
| 4. METODOLOGIA..... | 48 |
| 4.1 Universo e Sujeitos da pesquisa | 50 |
| 4.2 Procedimentos metodológicos | 52 |
| 4.3 Referencial de análise..... | 63 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 67 |
| 5.1. Questionário Autoral e Registros de Observação | 67 |
| 5.1.1. Questionário sobre concepções da ciência e modelos atômicos..... | 67 |
| 5.1.2. Registros de Observação da Intervenção..... | 79 |
| 5.3. Análise das concepções finais dos estudantes | 85 |
| 5.3.1. Definição de Ciência | 86 |
| 5.3.2. Natureza do Conhecimento Científico | 89 |
| 5.3.3. Natureza dos Modelos Científicos | 92 |
| 5.3.4. Método Científico | 95 |
| 5.3.5. Importância do Consenso na Ciência | 98 |
| 5.3.6. Produção do Conhecimento | 103 |

| | |
|----------------------|-----|
| 5.4 Conclusões | 107 |
| REFERÊNCIAS..... | 113 |
| APÊNDICES..... | 120 |
| ANEXOS | 151 |

1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores deficiências da escola atual é não formar, em sua totalidade, cidadãos capazes de entender e interpretar o mundo que os cerca. É uma direção clara dos parâmetros curriculares nacionais que o aluno deve apropriar-se dos conhecimentos obtidos para propor, por exemplo, formas diversas de resolver problemas. Essa exigência se encontra também na Matriz de Competências e Habilidades do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM):

Enfrentar situações-problema (SP): selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema. (BRASIL, 2009, p. 1)

O fragmento acima é o enunciado do terceiro eixo cognitivo da matriz do ensino médio (Enfrentar situações-problema). Tais eixos são comuns para todas as áreas do conhecimento e refletem direções generalizadas para esse nível de ensino. É, portanto, um dos pilares que fundamenta todo o documento e objetiva explicitamente a capacitação discente relacionar informações diversas e interpretá-las com vistas à resolução de problemas e tomadas de decisão.

Relacionar, portanto, fatos científicos, conceitos e modelos propostos com a sua vivência é essencial para alunos egressos da educação básica. Entretanto, estudos mostram que essa não é a realidade brasileira (MORTIMER, 1995; ZANON; ALMEIDA; QUEIROZ, 2007; GATTI; NARDI; SILVA, 2010). Os alunos não possuem boa compreensão do que seja ciência nem de sua relação com os fenômenos que lhes cercam (GATTI; NARDI; SILVA, 2010).

Nesse sentido, são necessárias ações efetivas que tenham como foco promover a ressignificação do paradigma em que a ciência é vista como fato definitivo, acabado em si mesmo. Ora, não é isso que a ciência é de fato. Pelo contrário, trata-se de uma construção (e desconstrução) contínua, em que modelos são substituídos, adaptados, formados e deformados para justificar, rechaçar ou endossar fenômenos observados (CHALMERS, 1993). Uma visão adequada da Natureza da Ciência (NdC) possibilita uma melhor interpretação do mundo natural, bem como orienta a tomada de decisões pelo sujeito (PRAIA;

GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007). Há, dessa maneira, uma relação entre a visão de ciência dos alunos e a leitura que eles fazem dos fenômenos naturais, bem como com as decisões que tomam no âmbito das questões sociocientíficas, aquelas que envolvem problemas sociais com viés científico (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007).

As concepções de Natureza da Ciência têm sido alvo de estudos diversos nos últimos anos (GATTI; NARDI; SILVA, 2010; QUEIRÓS; NARDI; DELIZOICOV, 2014; DAMASIO; PEDUZZI, 2015; BULLA; MEGLHIORATTI, 2016). Os trabalhos acima estão para exemplificar, mas muitos outros ainda poderiam ser citados. Dos quatro relacionados, três citam o uso da História da Ciência de forma explícita ou implícita como colaborador na sofisticação das concepções de NdC dos sujeitos investigados (GATTI; NARDI; SILVA, 2010; QUEIRÓS; NARDI; DELIZOICOV, 2014; BULLA; MEGLHIORATTI, 2016). A esse respeito, ao tratar da presença da disciplina História nas aulas de Ciências Naturais, o documento “Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais” (PCN+) afirma:

Esse exercício histórico daria aos estudantes uma oportunidade de questionar e compreender melhor processos sociais, econômicos e culturais passados e contemporâneos e, além disso, **auxiliaria a construir uma visão das Ciências da Natureza associada a outras dimensões da vida humana**. (BRASIL; 2002, p. 18) [grifo nosso]

O grifo abre caminho para a questão central de pesquisa discutida nesse trabalho: pode a História das Ciências contribuir para ressignificar as visões discentes sobre a NdC? Como e em que medida ela se daria? Levanta-se, então, a hipótese de que o contato dos estudantes de ensino médio com os eventos da História das Ciências pode lhes ampliar a concepção de natureza da ciência. Nessa investigação, assume-se que esses eventos apresentaram elementos suficientes que remetem à construção de uma ciência que apresenta características subjetivas e influência social. Por isso, não é entendida como um empreendimento neutro ou acima da limitação humana. Por essa razão, acredita-se que a inserção desses eventos nas discussões em aulas de ciências, em especial, de Química no ensino médio pode contribuir para ressignificar as concepções dos alunos sobre a NdC.

Alguns trabalhos têm relatado essa possibilidade (OKI; MORADILLO, 2008; REZENDE; FERREIRA; QUEIROZ, 2010; GATTI; NARDI; SILVA, 2010). Neles são relatadas experiências de inclusão de temas da História da Ciência em situações didáticas e as contribuições para, entre outros fatores, a ampliação das visões discentes sobre a NdC.

Nesse sentido, será utilizado como ferramenta de pesquisa um conteúdo de Química do Ensino Médio em que o panorama histórico é, de forma geral, subutilizado (GOMES, 2007). A proposta é intermediar a interação dos estudantes com a bagagem histórica desse tema de forma que possibilite responder à seguinte questão de pesquisa: pode a exposição a temas da História das Ciências sofisticar as visões discentes de NdC? Em que medida?

Um dos temas na Química em que mais há descontextualização histórica é o dos modelos atômicos (GOMES, 2007). Em geral, o tema é visto de forma tradicional e positivista, em que as analogias que o cercam corriqueiramente substituem o panorama histórico, fundamental para a plena compreensão de como a ciência se desenvolve, o que se torna prejudicial à maturação discente (GOMES, 2007).

Os modelos apresentados devem ser resultado daquilo que Mortimer (1995, p. 26) denominou uma “[...] negociação baseada em argumentos racionais [...]”. Essa negociação se contrapõe a uma consequência direta dos resultados experimentais, realizada por gênios isolados em uma espécie de mundo paralelo. Essa abordagem pode, portanto, levar os alunos a refletirem sobre a falibilidade do conhecimento científico, bem como sobre as influências que ele sofre, tais como fatores econômicos, religiosos, sociais entre outros. Mostraria que a ciência não é, dessa forma, fruto de uma série de experimentos bem-sucedidos, mas da sua interpretação subjetiva, por parte do cientista, e adequação social-histórica, por parte da comunidade na qual ele se insere.

O contexto histórico da proposta de Niels Bohr para um modelo de átomo foi permeado de eventos que permitem identificar as características da ciência que a diferem da visão positivista. Na obra de Strathern (1999) é possível identificar:

- a) a importância atribuída aos traços de personalidade do cientista no sucesso de uma teoria, quando a insistência de Bohr permite a aceitação de sua tese por parte de Rutherford;
- b) o valor da previsão de novos fenômenos e criação de tecnologias por meio da teoria proposta;
- c) a não aceitação imediata da comunidade científica à teoria de Bohr, bem como a ineficácia de sua argumentação diante dela.

Por essa razão, optou-se nesse trabalho por utilizar o modelo atômico proposto por Bohr como pano de fundo da investigação. Esse tema será apresentado aos alunos por meio de uma intervenção didática e subsidiará, dessa forma, a pesquisa, com o objetivo de buscar respostas para as questões de pesquisa: quais as visões de NdC apresentadas pelos estudantes participantes da pesquisa? Quais as possíveis contribuições da História da Ciências, em particular, por meio do ensino e aprendizagem do modelo atômico de Bohr, para possíveis ressignificações nas visões dos estudantes sobre a Natureza da Ciência (NdC). Dentre as duas questões elencadas acima, a primeira toma o estatuto de auxiliar, enquanto a segunda é a questão central de pesquisa desse trabalho.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar contribuições da História da Ciências, em particular, por meio do ensino e aprendizagem do modelo atômico de Bohr, para possíveis ressignificações nas visões discentes sobre a Natureza da Ciência (NdC).

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as concepções discentes sobre a Natureza da Ciência;
- Analisar possíveis ressignificações epistemológicas dos alunos após o contato com eventos da História da Ciência e da Química a partir do desenvolvimento da intervenção didática.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Concepções epistemológicas sobre a Natureza da Ciência

Diversos trabalhos têm sido publicados em revistas sobre ensino acerca do tema Natureza da Ciência (NdC) nos últimos anos (QUEIRÓS, NARDI e DELIZOICOV, 2014; DAMASIO e PEDUZZI, 2015; FREIRE e MOTOKANE, 2016; SILVA e MARTINS, 2009; MASSONI e MOREIRA, 2014), indicando certa tendência desses pesquisadores de realizar um diálogo sobre o tema. O que tem motivado essas pesquisas? Qual a necessidade de se realizar tal investigação?

Conceber ciência não é tarefa fácil. Entretanto, alguns elementos foram levantados pela epistemologia contemporânea: é não-neutra, não pode ser dissociada de seu cunho social e político, não é livre das influências externas e subjetivas daqueles que a produzem. Nesse sentido, os trabalhos citados caminham na direção de trazer visões mais claras ao alunado do que seja (ou não seja) a ciência, desconstruindo mitos e conduzindo a uma concepção mais adequada com a epistemologia atual.

Diante disso, pretende-se nesse tópico realizar uma discussão sobre concepções de NdC. Em seu livro “O que é ciência, afinal?”, Chalmers (1993) explana diversas teorias para o que seja ciência e qual a sua forma de produzir o conhecimento. Durante todo o livro, a pergunta que o intitula parece poder ser respondida a qualquer momento. Entretanto, a leitura se finda e a resposta é, em suas palavras: “Nós começamos confusos, e terminamos confusos num nível mais elevado” (CHALMERS, p. 17). As discussões que permearam a obra, entretanto, destacam a não neutralidade científica bem como a sua sujeição às influências do local e das pessoas que a produziram, evidenciando uma concepção de ciência como produto social, de caráter humano e, portanto, transitório.

Diante disso, esse trabalho versará sobre a natureza do conhecimento científico, baseada em diferentes vertentes epistemológicas. Algumas delas serão ilustradas nos tópicos que seguem.

3.1.1 O Indutivismo

Pode-se dizer que essa corrente surge como síntese do pensamento científico dos séculos XVII a XIX (CHALMERS; 1993, p. 18). Segundo ela, o conhecimento é acessível ao homem por meio da observação neutra dos fenômenos naturais. Em outras palavras, para acessar o verdadeiro conhecimento o pesquisador deve abrir mão de suas preferências subjetivas para lidar apenas com os dados obtidos da experiência.

Essa corrente obedece às premissas do método indutivo. Segundo elas, a observação exaustiva de fatos repetidos pode conduzir o investigador à verdade científica. Por exemplo: ao observar cisnes em um lago, o pesquisador percebe que todos têm cor branca. De modo a confirmar sua hipótese, pode ir a outros lagos de forma completamente aleatória a ver se sua observação se repete. Fazendo a investigação insistente e isenta de subjetividade, ele pode, segundo os indutivistas, assegurar-se de que sua hipótese constitui uma teoria. Essa pode ser enunciada por meio de uma afirmação universal: “todos os cisnes são brancos”.

Dessa forma, a verdade oculta no mundo natural pode (e deve) ser descoberta por um pesquisador comprometido, ou seja, aquele que anula sua influência sobre a obtenção dos dados e executa com perfeição os passos do método científico. Fazendo assim, a verdade lhe saltará aos olhos diante das experiências realizadas.

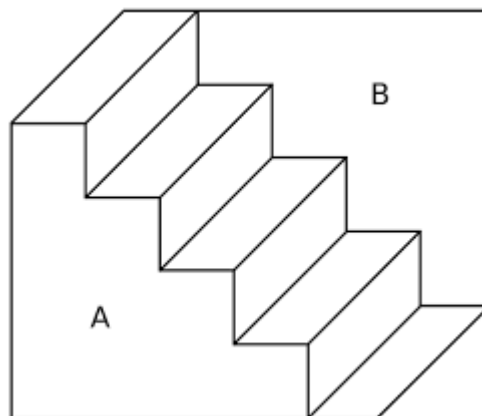
Problemas inerentes a essa forma de pensamento começarão a ser discutidos no tópico a seguir.

3.1.2 O Falsificacionismo

Entretanto, há importantes pontos de discussão sobre a concepção indutivista de conhecimento científico. Considerar que a construção de teorias parte da observação neutra, bem como que a repetição de determinado fenômeno seja uma evidência da verdade é colocar o ato de observar como central no trabalho científico. Nessa visão, para que seja coerente, a observação deve ser neutra e impessoal, ou seja, dois sujeitos diferentes vendo o mesmo fenômeno devem ver as mesmas coisas. No entanto, não é isso que acontece.

Chalmers (1993) propõe o exemplo da escada para elucidar essa questão.

Figura 1: A escada - ilusão de ótica



Fonte: http://criptopage.caixapreta.org/secao/ilusoes/ilusoes_1.htm. Acesso em 06/09/2017.

Observando a imagem, pode-se ver duas coisas: uma escada mostrando a parte superior dos degraus ou uma escada mostrando sua parte inferior. É certo, entretanto, que uma imagem apenas está chegando aos olhos, sendo projetada na retina. A duplicidade vem de um fator psicológico e social, evidenciando a subjetividade da observação.

Portanto, não é coerente afirmar que dois observadores diferentes verão os mesmos fenômenos de formas iguais. Assim, a observação não pode ser tida como fonte segura do conhecimento, fragilizando a proposta indutivista.

Tomando esse ponto de partida, Karl Raimund Popper apresenta sua visão epistemológica de ciência: teorias precedem as observações e são testadas no ato da experimentação. Ao propor o exame de determinado fenômeno, o pesquisador carrega consigo teorias intrínsecas e implícitas, que diretamente influenciam sua análise. Não é possível, portanto, partir da observação pura para se chegar às teorias, pois há uma relação de influência entre ambas.

No entanto, para ele, torna-se possível operar o processo inverso: tendo como base determinada teoria e observando a ocorrência de fenômenos que dela divergem, a conclusão de sua inadequação é coerente. Tome-se o exemplo dos cisnes. Certo observador analisa exaustivamente cisnes em um lago e vê que todos são brancos. Sugere então que só haja cisnes brancos. Expande sua observação para diversos outros lagos e *comprova* sua hipótese: os cisnes são brancos. Essa é sua afirmação universal, tida como verdade em uma análise indutiva. Entretanto, se for identificado apenas um cisne preto, por qualquer outro observador ou por ele mesmo, sua teoria é *falsificada*. Essa é a sugestão dos falsificacionistas. Uma teoria não pode ser obtida da observação, mas a observação pode *falsificar* uma teoria.

Nesse sentido, o falsificacionista não está em busca de enunciar verdades. Sua preocupação é em invalidar teorias vigentes. Segundo essa corrente, essa é a melhor forma de aproximar-se da verdade, pois a queda da teoria em vigor conduz a uma nova, que deverá dar melhores explicações para os fenômenos. Ainda segundo eles, é assim que a ciência evolui: o falseamento de teorias antiquadas leva a outras mais sofisticadas, produzindo o progresso do conhecimento científico.

Colocando a fidedignidade da observação em perspectiva, cabe considerar as concepções ontológicas e epistemológicas de ciência, conforme discutido por Aikenhead e Ryan (1992b). As propostas apresentadas nos tópicos que seguem incorporam essa discussão: a observação do cientista é indissociável da teoria. Para a visão ontológica da ciência, o conhecimento científico representa as coisas como elas, de fato, são. De acordo com ela, a ciência trata de descobrir as verdades ocultas no mundo natural. Por outro lado, a perspectiva epistemológica vê o trabalho científico como uma produção intrinsecamente humana, e o conhecimento gerado é, na verdade, uma

“invenção” da mente. Esse último posicionamento está de acordo com a epistemologia contemporânea e pretende-se aqui investigar se essa visão está presente nos alunos de ensino médio e/ou se pode ser assimilada no contato com eventos da história da ciência.

3.1.3 Teorias como estruturas: programas de pesquisa de Irme Lakatos

Pode-se aqui apresentar uma crítica comum a Indutivismo e Falsificacionismo: apesar de uma maior sofisticação no segundo, a produção do conhecimento é vista como uma simples análise de proposições de observação. Ainda que com diferentes propostas, as duas correntes desconsideram o caráter fortemente histórico e social das construções de conhecimento.

No entanto, esse viés salta aos olhos em uma rápida análise da História da Ciência. É visível que em não poucos exemplos os cientistas utilizam conhecimentos das teorias que lhes antecederam para elaborar as suas próprias. Não é coerente então considerar que houve *falsificação* da teoria anterior, muito menos que a nova foi elaborada em uma perspectiva *indutivista*. Nesse sentido, torna-se sensato pensar a epistemologia da ciência como um todo estruturado, formado por diversos fatores que juntamente contribuem com o caminhar científico.

É nessa linha que emerge a proposta metodológica de Lakatos: os programas de pesquisa. Segundo esse autor, é por meio deles que a ciência se desenvolve. Tais programas seriam propostas de investigação construídas historicamente com algumas características peculiares. Todos eles devem possuir o que ele chamou de núcleo irreduzível, algo similar ao que os indutivistas têm por afirmações universais. É o ponto central do programa, que não é modificado por aqueles que dele fazem parte. No caso, por exemplo, da teoria heliocêntrica, o núcleo irreduzível seria o fato de todos os planetas descreverem órbitas ao redor do Sol. Todos os pesquisadores que trabalham com essa teoria não poderão negar esse “fato”.

A proteger e corroborar com o núcleo estará o cinturão protetor, formado por hipóteses auxiliares e/ou técnicas metodológicas que suportam a teoria.

Esse subsídio pode ser modificado, deformado ou moldado, ou seja, não constitui a essência do pensamento dentro do programa. Sua função principal é de tornar o núcleo mais forte e protegido das dificuldades que lhe venham a ser apresentadas.

Os cientistas que seguem essa linha de pensamento serão norteados por duas heurísticas: a positiva e a negativa. Segundo essa última, os sujeitos que fazem a pesquisa não podem em nenhuma hipótese negar ou ir de encontro com o que propõe o núcleo irreduzível. Essa orientação está subentendida no trabalho do pesquisador. Para Lakatos, não faz sentido que ele vá de encontro com a proposta principal de seu próprio trabalho.

A heurística positiva, entretanto, é um tanto mais vaga que a negativa. De forma simplificada, ela consiste na produção de conhecimento do indivíduo para fortalecer o núcleo irreduzível. Tudo que o sujeito produz terá como norte, consciente ou não, o fortalecimento do que afirma o programa de pesquisa.

Na visão lakatosiana, são requisitos para a formação de um verdadeiro programa de pesquisa:

- a) Base sólida e coerente formando o núcleo irreduzível: aquilo que forma a essência do programa não pode ser frágil a ponto de ser facilmente revogada.
- b) Possuir certo grau de previsão de novos fenômenos: é indispensável a um programa que tenha suas propostas confirmadas ainda que ocasionalmente por fenômenos nele previstos.

Sob essa perspectiva, algumas áreas de conhecimento atual não podem ser consideradas programas de pesquisa por não atenderem a ambos ou a um dos requisitos acima.

Com relação à possível falência ou sucesso de um programa, eles podem ser classificados como progressivos ou degenerescentes. Caso ele se mostre com um núcleo irreduzível sólido, aumentando seu número de adeptos e acertando na previsão de fenômenos, diz-se que seja o primeiro tipo. Se assim não for e, na verdade, lhe ocorrer o contrário, diz-se que se encaixa no segundo.

Esse, no entanto, pode ser considerado um ponto falho na proposta de Lakatos. Ao fazer essa classificação, ele não indica quanto tempo se deve esperar para decretar a falência completa de um programa. Por pior que esteja sua situação, uma nova previsão ou hipótese auxiliar pode reacendê-lo,

trazendo-o à tona outra vez. Fica sem resposta, portanto, decretar o seu fim para que um novo seja iniciado.

Além disso, ele desconsidera que programas rivais (aqueles que possuem diferentes núcleos irreduzíveis) podem, muitas vezes, contribuir um com o outro. Uma ilustração está na descoberta do elétron. À época, duas propostas competiam nas investigações elétricas: a da ação à distância e a dos campos elétricos. Apesar de anos depois cair em desuso, o primeiro programa é considerado o descobridor do elétron, partícula fundamental para o desenvolvimento do segundo. Essa questão não é adequadamente abordada em Lakatos.

3.1.4 Teorias como estruturas: paradigmas de Thomas Kuhn

Cronologicamente, essa proposta é anterior a Lakatos. Os programas lakatosianos foram apresentados antes porque sua elaboração constituiu uma espécie de aperfeiçoamento do Falsificacionismo.

Thomas Kuhn propõe também que a ciência se desenvolve por ação de um todo estruturado, que não pode ser dissecado na análise epistêmica. Segundo ele, o conhecimento científico é produzido em diferentes fases: a ciência normal e as revoluções.

A primeira etapa é o momento em que os sujeitos compartilham de um mesmo norte de pesquisa denominado *paradigma*. Esse termo é usado pelo autor com diversos sentidos e não possui definição única. Dá, entretanto, a ideia das práticas e convicções compartilhadas por pesquisadores durante a ciência normal. Toda investigação se dá por meio deles e busca lhes resolver os problemas, denominados nessa corrente de anomalias. Segundo Kuhn, essas dificuldades estão sempre presentes na pesquisa e constituem as questões a serem por ela resolvidas. Os sujeitos trabalham visando sempre saná-las.

Cabe o comentário de que a ideia paradigmática kuhniana atesta a influência que a observação sofre da teoria. Sendo o paradigma norteador da

pesquisa, direciona o olhar do pesquisador para onde lhe apraz, reforçando a sua parcialidade quando faz a análise.

No entanto, não é somente em paz que a ciência caminha. Existe uma situação que lhe faz avançar mais bruscamente. Dando-se o caso de uma anomalia não ser resolvida, pode constituir-se na queda de um paradigma. Contudo, assim se dará apenas se, por repetidas vezes, ela atacar os seus fundamentos e não receber solução que lhe silencie. Caso isso aconteça, estará estabelecida uma crise. A falta de solução para o problema leva os sujeitos a questionarem os próprios paradigmas, buscando identificar a lacuna por eles apresentadas. Começam então a surgir novas propostas que podem, na ocorrência de uma revolução científica, levar à substituição do paradigma vigente por um novo, capaz de dar melhores respostas aos problemas daquela comunidade.

Essa revolução constitui fator fundamental para o progresso científico. A substituição dos paradigmas, na visão kuhniana, é a tipificação do avanço, visto que a abrangência dos últimos na resolução de questões é maior que a dos primeiros.

Em suma, pode-se dizer que a ciência normal leva ao progresso do conhecimento científico na medida em que os cientistas dentro de um paradigma trabalham incansavelmente para aproximar e refinar o paradigma com a natureza. Para Kuhn, os paradigmas não são rígidos, ou seja, não são perfeitos. Eles possuem imperfeições que fazem os cientistas trabalharem para lhes dar solução, e isso faz a ciência progredir. A revolução, por sua vez, leva a uma ampliação desse crescimento visto que os paradigmas antigos não podem mais dar respostas adequadas aos problemas de pesquisa apresentados. Ela se torna, então, necessária.

3.1.5 Teoria Anarquista de Paul Feyerabend

Dar-se-á agora exposição um tanto quanto utópica das concepções sobre natureza da ciência, embora indispensável para a construção de uma boa visão

crítica. Leia-se por utópica o sentido de ser excelente no plano ideal, contudo de pouca utilidade prática.

Suas afirmações assumiram tom tão radical que Feyerabend chegou a ser considerado o pior “inimigo da ciência” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987). É, portanto, propósito dessa explanação elucidar as razões para essa classificação e questionar sua validade.

Uma das bases da teoria anarquista do conhecimento é a proposta do “vale-tudo”. Analisando as diferentes tentativas epistemológicas de classificar a produção de conhecimento, o autor percebe que todas deixam algum vácuo ao incluir ou excluir determinados setores. Diante disso, propõe que não haja esse tipo de classificação, considerando-as sempre incompletas ou injustas. Essa é a principal orientação do “vale-tudo”: não se pode julgar a validade da produção de determinado domínio sociocultural por critérios pré-estabelecidos.

Apesar de apresentar aparência radical, essa proposta não significa que validações não podem ser feitas. Na verdade, a intenção é que nenhuma forma de preconceito, no sentido etimológico da palavra, se lhes apresente como empecilho. Para proceder com essa análise, o investigador deverá mergulhar profundamente nas bases que sustentam aquele setor para que, através de sua ótica, conclua sobre o grau de legitimidade que possui.

Isso se dá porque existem formas de conhecimento tidas como *incomensuráveis*. As bases lógicas ou filosóficas que as fundamentam são por demais diferentes, lhes impedindo uma comparação direta. Aqui o conceito se assemelha ao já apresentado na visão kuhniana e essa também é uma bandeira de Feyerabend usada para endossar sua proposta. Sob sua visão, quando precisa optar entre uma ou outra teoria o cientista não o faz de modo totalmente racional, mas, pelo contrário, faz uso excessivo de sua subjetividade para decidir, uma vez que a comparação direta entre ambas não é possível.

Ainda sob essa tônica, o autor defende que a afirmação de superioridade científica sobre outras formas de produção do conhecimento não se sustenta. A incomensurabilidade impede a comparação e, por conseguinte, impossibilita essa tese. Ele defende inclusive que os indivíduos em uma sociedade deveriam ter igual acesso às diversas formas de conhecimento, como mágica, religiões, filosofias e etc... todos esses campos devem estar, segundo ele, no mesmo nível

de alcance da produção científica, e o indivíduo precisa estar livre para acessá-los.

Uma boa crítica aos escritos desse autor diz respeito à sua aplicação na resolução de questões práticas. Com um viés filosófico acentuado, a proposta perde força quando se depara frente a questões objetivas: colocando em nível de igualdade múltiplas formas de conhecimento, qual delas escolher para o enfrentamento de problemas sociais, por exemplo? Como fazer a melhor escolha? A ausência de respostas simples enfraquece a corrente e lhe confere um teor ideal, porém pouco progressivo.

3.1.6 Ludwick Fleck e Gaston Bachelard

Outras visões epistemológicas que aqui podem ser citadas são as de Fleck e Bachelard, também apresentando rupturas com a perspectiva empirista/positivista.

Ludwik Fleck foi um médico de origem judaico-polonesa que realizou, entre as publicações específicas da ciência médica, investigações acerca da natureza do conhecimento na Medicina. Em seu livro “A Gênese e o Desenvolvimento de um Fato Científico”, de 1935, apresenta críticas ao positivismo lógico do Círculo de Viena¹. A obra, entretanto, pairou no anonimato até que foi citada por Thomas Kuhn no prefácio de sua obra “A estrutura das revoluções científicas” (SCHÄFF e SCHNELLE, 2010). Para mais do que apenas uma citação, Kuhn aproveita muitas ideias fleckianas quando propõe sua teoria do conhecimento.

Para Fleck, a relação do sujeito com o saber não pode ser entendida simplesmente como uma relação dicotômica entre o cognoscente e o objeto a ser conhecido, mas um terceiro pilar está presente: o estado do conhecimento (DELIZOICOV, 2002). Segundo a teoria fleckiana, o conhecimento não é neutro,

¹ O Círculo de Viena foi uma associação de lógicos e filósofos da ciência que visava apresentar formas objetivas de caracterizar um conhecimento como válido cientificamente ou não. Sua concepção epistemológica estava ligada à perspectiva positivista e suas produções caracterizaram o neopositivismo.

mas está imerso em uma densa teia de relações históricas, sociais e culturais, na qual é produzido. Nas palavras de Fleck² citado por Delizoicov (2002), “O conhecer representa a atividade mais condicionada socialmente da pessoa e o conhecimento é a criação social por excelência”. É nítido, portanto, o contraste que suas ideias fazem junto às indutivistas – enquanto esses buscavam um método de validar um conhecimento como científico ou não, Fleck propõe que o próprio ato de conhecer está impregnado com a marca social, e, portanto, não pode ser tomado como extrínseco às comunidades humanas. Martins (2015) resume a relação citada anteriormente:

Mais profundamente, o conhecimento carrega as marcas históricas e sociais dos coletivos que o construiu. A relação epistemológica é entre os polos tradicionais - sujeito e objeto - e um terceiro polo / elemento: o “estado do conhecimento” em um tempo e espaço determinados. (MARTINS, 2015, p. 5) [tradução nossa]

Em seu trabalho acerca da introdução dos temas de NdC nas aulas de ciências, Martins (2015) escreve sobre a epistemologia de Fleck e ressalta um traço importante de sua teoria: além da ideia de coletivo de pensamento, o autor também apresenta o conceito de estilo de pensamento. Enquanto o coletivo de pensamento corresponde ao que é compartilhado por uma comunidade em um espaço e tempo determinados, o estilo será a caracterização de como esses sujeitos pensam sobre fenômenos diversos. Na teoria fleckiana, esse estilo de pensamento é o que dirige a formas de pensar da sociedade naquele momento. Tomando como exemplo a proposta de modelo atômico, ao considerar os fenômenos radioativos, Rutheford e seus assistentes partem do princípio de que eles estão intrinsecamente relacionados à composição mínima da matéria, que, segundo o coletivo de pensamento compartilhado por eles, seria o átomo. Assim, suas interpretações dos fenômenos com raios X certamente serão interpretados à luz dessa teoria, o que é evidência de um estilo de pensamento próprio.

Para os conceitos acima apresentados, é notável o paralelo que fazem com a teoria kuhniana, já discutida anteriormente. O que Fleck chamou coletivo de pensamento pode ser comparado, guardadas as devidas proporções filosóficas, ao que Kuhn chamaria de paradigma científico. Nesse quesito, vale

² FLECK, L. Crisis in Science [1960]. In: COHEN, R. S.; SCHNELLE, T. Cognition and Fact: Materials on Ludwik Fleck. Dordrecht, D. Riedel Publishers Company, 1986 a.. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

ressaltar que, ao prefaciando a tradução para o inglês da obra de Fleck em 1979, Kuhn busca promover certo distanciamento de seu próprio trabalho, o que não evitaria, entretanto, comparações como as aqui realizadas (MARTINS, 2015).

Outra aproximação possível entre os autores está no que Fleck chamou “harmonia de ilusões”. Para ele, os cientistas trabalham arduamente para combater problemas cuja explicação a teoria não consegue oferecer. Há, na comunidade científica, uma permanente intenção de manter a estabilidade propiciada pela teoria e, por isso, fenômenos que dificultam uma robusta interpretação teórica não são bem recebidos. Isso acontece, conforme a teoria fleckiana, porque nenhum corpo de conhecimentos é pleno, e sempre haverá limites para eles. Segundo ele, esse estado é inerente à natureza do saber e a constante tentativa de manter o corpo teórico clássico é a “harmonia de ilusões”. O paralelo kuhniano é a ideia de ciência normal, já apresentada. Em ambas epistemologias, quando teorias não conseguem abarcar fenômenos emergentes, há rupturas na comunidade científica até o alcance de uma nova era de estabilidade.

É possível observar ainda outra perspectiva epistemológica para as concepções de NdC, também disruptiva quando comparada ao Positivismo: a teoria de Gaston Bachelard. Com uma densa tônica filosófica, a principal obra de Bachelard no estudo na NdC, “A formação do espírito científico”, visa combater o que ele denominou ingenuidade científica. Para o autor, o caminho para o cientificismo consiste em sair de uma zona muito ligada aos sentidos humanos, dirigindo-se ao campo próprio do verdadeiro conhecimento: a abstração. Bachelard (1996) vai então afirmar que a primeira atitude de um cientista em busca de conhecimento deve ser livrar-se de intuições e sentimentos a ele inerentes, e que podem levá-lo ao erro. Esses limitantes à obtenção do conhecimento foram por ele chamados de “obstáculos epistemológicos”.

Bachelard, parte, entretanto do princípio de que é possível livrar-se completamente desses obstáculos quando na execução do ato de conhecer. Para ele, o cientista pode (e deve) livrar-se do que contamina o ato da observação / experimentação. Nesse trabalho, entretanto, essa perspectiva não é compartilhada. Nessa investigação, assume-se que esses ‘contaminantes’ são não somente inerentes ao sujeito que pesquisa, mas também indissociáveis

dele. Ainda que o trabalho científico exija o máximo de neutralidade, entende-se aqui que a separação sujeito – crença não é factível.

Ainda assim, as ideias de Bachelard constituem ruptura quanto ao modo de pensar dos indutivistas. Pode-se destacar, por exemplo, sua percepção de que a simples observação não conduz ao conhecimento:

Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse sentido do problema que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído. (BACHELARD, 1996, p. 18)

Em contraponto à perspectiva de indução proposta pelos positivistas, Bachelard propõe que a obtenção do conhecimento se dá de modo intencional por meio da formulação de perguntas. Nesse sentido, não há conhecimento espontâneo – ele nasce da atitude meticulosa do pesquisador quando formula perguntas coerentes e busca respostas tão robustas quanto possível.

3.1.7 Aspecto sociológico de Latour e Woolgar

Os autores apresentam uma perspectiva sociológica da ciência que será aqui apresentada com base em duas obras: *Vida de laboratório*, livro de autoria compartilhada por ambos e a *Teoria Ator-Rede*, que foi um constructo de Bruno Latour e tornou-se o cerne de sua contribuição para a Sociologia da Ciência.

Vida de Laboratório (1997), obra de Latour e Woolgar, é o relato de uma observação participante em um laboratório de pesquisa coordenado por Roger Guillemin, na década de 1970, que objetivava explicitar os mecanismos de liberação de hormônios compostos por aminoácidos e produzidos por núcleos de neurônios hipotalâmicos que chegam até a hipófise por fibras nervosas, um estudo em plena ascensão à época. Nessa pesquisa de cunho etnográfico, Bruno Latour e Steeve Woolgar evidenciaram o papel da escrita no trabalho científico, ressaltando as anotações e registros minuciosos dos pesquisadores, bem como a intensa revisão do que estava a ser publicado sobre o tema na

época. Deixam claro também as relações de poder que emergem da escrita, com publicações em revistas especializadas reconhecidas por seus pares. Sobre isso, Shinn e Ragouet (2008) afirmam que, para Latour e Woolgar, o trabalho do cientista nada mais é do que a “superposição de jogos de escrita” (Shinn; Ragouet; 2008, p. 76).

Um ponto importante dessa pesquisa foi o destaque às micro ações no resultado final do trabalho científico. Por se tratar de uma etnografia, as conversas informais entre os cientistas puderam ser ressaltadas e sua importância notada no produto da investigação por eles desenvolvida. Latour e Woolgar (1997) sugerem que as aparentes descobertas geniais, pontuais e intuitivas possuem, na verdade, grande influência desses fatores que são, por muitas vezes, suprimidos em investigações sociológicas. Para o caso do TRF, hormônio estudado no trabalho de Guillemin, os autores destacam os aspectos relativísticos e realísticos na construção de sua estrutura em diferentes momentos da pesquisa: quando do início, as simples conjecturas científicas lhe conferiam um viés por demais relativo e mutável; ao se chegar a um consenso na comunidade científica, a estrutura dessa biomolécula parece ser fato acabado em si mesma, sem história e sem nenhuma controvérsia que lhe cerque.

Nesse livro ainda, os autores sugerem que as ações dos cientistas são geridas pelo “crédito-reconhecimento” e pelo “crédito-credibilidade”. De forma simplificada, enquanto o primeiro está relacionado aos prêmios, à rede de relacionamentos e ao reconhecimento do seu trabalho por seus pares, o segundo se conecta à ideia de quão importante é o que o cientista faz, a instituição na qual realiza suas pesquisas e sua capacidade de praticar a ciência. Esses dois “créditos” orientam as decisões dos pesquisadores, que estariam em uma busca constante por eles.

A principal teoria de Bruno Latour, entretanto, foi denominada actor network theory (ANT), em português sob a tradução teoria ator-rede (TAR). Ela parte do princípio da dissolução das fronteiras da simetria social-natural: o autor considera que ambos integram uma só realidade. Não há como separar os aspectos sociais dos naturais ao se investigar a ciência e o trabalho científico, pois eles são inter-relacionados. Cada mediador desse processo, seja da natureza ou da sociedade, será denominado “ator”.

O termo ANT é também, em inglês, um jogo de palavras (“ant” significa “formiga”). A proposta é a de que assim o é a comunidade científica: uma multidão de sujeitos míopes que trabalham arduamente e estão em constante comunicação. Nesse contexto, os meios com os quais os indivíduos desenvolvem sua pesquisa não assumem aspecto rígido, neutro. A natureza interage fortemente com o social e vice-versa, caracterizando o que Latour e outros colaboradores (Callon, Law e outros) denominam rede. Mais do que algo exógeno aos sujeitos, a rede é o meio no qual a pesquisa flui, o solvente que lhe permeia, considerando o papel dos mediadores: sejam eles humanos ou não. Nesse sentido, os “meros objetos” devem ser substituídos por “reuniões”; as “questões de fato” por “questões de interesse”, de forma semelhante ao observado no livro *Vida de Laboratório* (Hayashi et al. 2014, p. 197).

Para Armand Mattelart (2009) citado por Hayashi et al. (2014), na rede “existe um jogo de forças em que se busca despertar interesses, conquistar aliados e conduzir interlocutores - humanos e não humanos – às novas redes”. O trecho acima evidencia as relações que se travam nas redes com o fim de alcançar o sucesso na pesquisa desenvolvida, angariando todo tipo de recursos para isso. Esses aspectos não podem ser desprezados no estudo de como a ciência se desenvolve, porque são eles os determinantes para os resultados da pesquisa. A rede irá produzir, em seu interior, o conhecimento científico validado pela comunidade que a forma.

Em suma, o termo rede reforça a ideia de não separação da sociedade-natureza. Atores humanos e não humanos interagem nela a ponto de se tornarem uma só entidade. Um exemplo trazido por Latour (2001) é o de um homem empunhando uma arma. Sem a arma, o homem tem uma conotação. Da mesma forma, a arma sem um indivíduo que a porte, tem um significado próprio. Entretanto, quando os dois se unem formando um “homem empunhando uma arma”, a mensagem passada é completamente diferente. Os atores não existem de forma independente, mas apresentam uma significação inter-relacionada.

No âmbito da execução desse trabalho, as obras citadas contribuem para revelar aspectos da ciência muito conectados à perspectiva social, consolidando-se o entendimento de que não há produção científica desvinculada de um viés humano, e que a afirmação positivista de neutralidade não é concebível em uma epistemologia da ciência contemporânea.

3.1.8 A visão consensual e algumas definições de Positivismo

As correntes epistemológicas apresentadas acima trazem diversos elementos acerca da natureza da ciência. No entanto, há intensa discussão entre os epistemólogos acerca uma definição para ciência (PRAIA, GIL-PÉREZ e VILCHES, 2007).

Introduziremos aqui o argumento de Lederman et al. (2002) de que, apesar de não haver plena concordância e de as questões sobre a visão epistemológica contemporânea de NdC serem complexas, algumas simplificações podem contribuir para nortear essa abordagem, uma vez que ela é considerada indispensável para a boa formação discente. Seriam resumos sobre o que, em linhas gerais, concordam os filósofos da ciência. Os aspectos tomados como consensuais enunciam que o conhecimento científico é:

- (i) provisório,
- (ii) fruto do empirismo,
- (iii) orientado por teorias,
- (iv) parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação,
- (v) organizado em leis e teorias (que possuem naturezas distintas),
- (vi) produzido dentro de um contexto social e cultural
- (vii) baseado em uma diversidade de métodos

Os pontos elencados acima aparecem nas publicações de diversos epistemólogos da ciência e, em alguns momentos, contrariam a perspectiva indutivista. Em sua obra intitulada “O que é ciência, afinal?”, Chalmers (1993) discute sobre a visão indutivista de produção do conhecimento e propõe que ela é baseada na observação livre, ou seja, sem o uso de teorias prévias. Em outras palavras, nessa perspectiva, a produção de conhecimento depende meramente dos resultados obtidos em uma sequência suficientemente grande de experimentos, que induzem assim a proposição de uma lei. Por exemplo: certo

observador de cisnes registra diariamente a cor desses animais no lago próximo à sua casa. Suas observações indicam que eles apresentam cor branca. Ele então faz várias viagens a outros lagos e percebe que lá também os cisnes são brancos. Após a repetição desse mesmo resultado em condições diversas, ele propõe a lei: todos os cisnes são brancos.

O exemplo acima ilustra de forma simples como se daria a proposição de uma lei segundo a perspectiva indutivista, com ênfase especial no papel da observação. Podemos assim perceber que a visão consensual apresentada por Lederman et al. (2002) sobre a natureza da ciência contemporânea contraria essa perspectiva em cinco (de sete) pontos: o conhecimento científico é (a) provisório, (b) é orientado por teorias, (c) parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação, (d) produzido dentro de um contexto social e cultural e (e) baseado em uma diversidade de métodos. Os elementos comuns entre a visão consensual e a indutivista é que a ciência é fruto de empirismo e que está organizada em leis e teorias. Entretanto, para a visão consensual, os demais aspectos complementam esses dois, que não podem ser considerados de maneira individual, o que não ocorre na perspectiva indutivista.

Os aspectos que pertencem unicamente à visão consensual possuem aproximações com as perspectivas epistemológicas de diversos autores do século XX, conforme apontado no quadro a seguir:

Quadro 1: Aspectos da visão consensual x epistemólogos relacionados

| Aspecto da visão consensual | Epistemólogo relacionado |
|---|--|
| <i>O conhecimento é:</i> | |
| (i) Provisório | Thomas Kuhn; Karl Popper |
| (ii) Orientado por teorias | Thomas Kuhn |
| (iii) Parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação | Paul Feyerabend |
| (iv) Produzido dentro de um contexto social e cultural | Thomas Kuhn; Latour e Woolgar, Ludwick Fleck |
| (v) Baseado em uma diversidade de métodos | Paul Feyerabend |

Fonte: Elaborado pelo autor

São esses aspectos que serão considerados na análise para classificar a resposta de um estudante como dentro do que é proposto pela visão consensual.

Passaremos a identificar aqui, então, as relações existentes entre os aspectos da visão consensual e a epistemologia dos autores citados. Nesse momento, nos restringiremos a abordar as obras de Thomas Kuhn (2013), Karl Popper (2001) e Paul Feyerabend (2007), pois serão os autores sobre os quais se fundamentará a análise dos dados.

Para Thomas Kuhn (2013), a ciência consiste numa organização de cientistas que compartilham entre si do paradigma científico vigente, que seria, num dado momento histórico, a teoria científica mais aceita³. Esse paradigma, entretanto, pode ser modificado pelo advento de novas evidências experimentais que ele, porventura, não possa explicar. Um bom exemplo foi o advento da Física Quântica no início do século XX, que se contrapôs à Newtoniana. É possível afirmar, segundo Kuhn (2013), que houve uma ruptura de paradigma, fazendo relação com o primeiro aspecto do conhecimento científico segundo a visão consensual: ele é provisório.

Ainda sobre a provisoriedade do conhecimento científico, é possível citar a obra de Popper (2001). Para ele, o conhecimento progride pela falsificação de teorias. Em sua obra, falsificar uma teoria significa, na verdade, substituí-la por outra com maior capacidade de explicar as observações realizadas. Nesse sentido, Popper admite que as teorias científicas apresentam caráter provisório, assim como elencado pela visão consensual.

Voltando a Kuhn (2013), ele afirma que a ciência é uma organização social, pois é composta por uma comunidade (os cientistas) que trabalham em conjunto por um objetivo em comum, a manutenção do paradigma que compartilham. Esse aspecto indica a dependência que a observação dos cientistas tem da teoria, uma vez que, para Kuhn (2013), eles sempre se baseiam no paradigma vigente para desenvolverem suas pesquisas – aspecto (ii) da visão consensual. Além disso, é possível observar o que está indicado no aspecto (iv) da visão consensual, com relação ao caráter social da ciência, uma vez que o autor propõe que ela é produzida por um conjunto de atores humanos, e, portanto, sociais.

³ Para exemplificar, é possível se remeter aos estudos em Física durante os séculos XVIII e início do século XIX, em que a teoria científica que predominava era a Física Newtoniana. Esse seria o paradigma científico vigente.

Podemos conectar os aspectos (iii) e (v) da visão consensual com a epistemologia de Feyerabend, quais sejam a (iii) parcial dependência de inferências, criatividade e imaginação e a (v) diversidade de métodos. Feyerabend (2007) em sua obra intitulada “Contra o método” propõe que não haja um método rígido para a produção de conhecimento (aspecto v), o que implica na possibilidade do uso de fatores subjetivos na formulação de novos métodos para a produção do conhecimento (aspecto iii). Segundo ele, uma análise crítica da História das Ciências revelará diversos eventos em que a produção de conhecimento cientificamente validado foi feita sem seguir as etapas rígidas do método científico proposto pelos positivistas (DAMASIO e PEDUZZI, 2015). Um dos eventos que pode ser aqui citado é justo o que foi trabalhado na intervenção realizada para coleta de dados dessa investigação: a proposição da tese de Bohr para o átomo. A quantização da energia, princípio que será abordado melhor mais à frente, não tinha evidências experimentais robustas para ser considerada na proposição de uma tese de doutorado, como foi a de Bohr, mas, ainda assim, foi ousadamente utilizada pelo cientista, que recebeu duras críticas da comunidade científica por isso. Esse fato representa tanto uma ruptura teórica quanto metodológica: teórica porque se distanciou do paradigma proposto pela Física Clássica sobre o comportamento do elétron no átomo e metodológica porque desconsiderou a necessidade de evidências experimentais robustas (princípio da indução) para a proposição da tese, que veio a se tornar a teoria atômica de Rutherford – Bohr.

Diante do diálogo estabelecido entre alguns epistemólogos e a visão consensual de natureza da ciência, faremos aqui uma importante observação sobre o uso de dois termos nesse trabalho que, apesar de conceitualmente distintos, serão aqui conectados: o indutivismo e o positivismo. A indutivismo atribuiremos o conceito discutido por Chalmers (1993) de uma forma de produção do conhecimento que parte do processo de indução, semelhante ao exemplo dos cisnes citado anteriormente. Ou seja, o indutivismo é a produção de conhecimento a partir da observação de fenômenos. Nesse sentido, as leis científicas seriam obtidas a partir da repetição de resultados durante a observação de um fenômeno específico.

O positivismo, por sua vez, foi a corrente epistemológica iniciada por Augusto Comte ainda no século XIX e que teve força ainda no início do século

XX (LACERDA, 2009). Segundo Halfpenny (1982), não há uma definição única para essa corrente, porque após o surgimento com Comte, houve muitas ramificações, algumas delas até críticas ao fundador. Por isso, consideraremos algumas das definições apresentadas por Halfpenny (1982) nesse trabalho para definir positivismo:

- (i) é uma teoria da história em que os desenvolvimentos do conhecimento são tanto o motor da história quanto a fonte da estabilidade social;
- (ii) é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual o único tipo de conhecimento disponível para a humanidade é o da ciência baseada na observação;
- (iii) é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico];
- (iv) é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis causais, a partir dos quais os fenômenos são explicados e previstos;
- (v) é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais;

As cinco proposições de Halfpenny (1982) têm em comum o fato de serem fundamentadas na indução como método de produção do conhecimento. Por isso, nesse trabalho os significados dos termos indutivismo e positivismo serão considerados próximos.

3.2 Pesquisas sobre a visão dos discentes acerca da Natureza da Ciência

Em 2015, Callegario e colaboradores (2015) fizeram revisão das publicações que relacionam História da Ciência e Ensino de Química em periódicos nacionais e internacionais no período de 2003 a 2013. Foram selecionados 19 artigos para análise, dos quais 14 tratavam diretamente da aplicação em sala de aula de nível médio ou superior de atividades integrando a História da Química.

Segundo os autores, as atividades pretendiam contribuir para melhorar a aprendizagem conceitual dos estudantes, bem como sofisticar suas concepções acerca da Natureza da Ciência (NdC) (CALLEGARIO; HIGINO; ALVES; LUNA; LINHARES; 2015, p. 984). A proposta dessa pesquisa é investigar em que medida pode ocorrer esse aperfeiçoamento conceitual, bem como as modificações nas concepções de NdC. Para tanto, é relevante a pergunta: como está a concepção discente atual sobre o tema? Essa é uma das questões de pesquisa desse trabalho e será auxiliar à questão central, que pretende analisar quais ressignificações podem acontecer nas concepções dos estudantes quando têm contato com eventos da História das Ciências.

Pérez et al. (2001) apresentam sete visões distorcidas acerca do trabalho científico:

- a) Empírico-indutivista: o conhecimento científico é fruto da observação neutra e repetida do mundo;
- b) Rígida: a produção do conhecimento é fruto de um método rígido e infalível;
- c) Aproblemática e ahistórica: o conhecimento é pronto e acabado, não existem problemas que o motivem;
- d) Exclusivamente analítica: considera o conhecimento como particionado, extremamente específico. Desconsidera que ele faz parte de um todo que se completa;
- e) Acumulativa de crescimento linear: o desenvolvimento dos conceitos na ciência se dá de maneira puramente acumulativa e linear, desconsiderando-se as intensas discussões, conflitos e erros pertinentes ao processo histórico de sua construção;
- f) Individualista e elitista: os responsáveis por promover o desenvolvimento científico são gênios isolados, pessoas com capacidades

acima do normal. Não leva em conta a importância do trabalho coletivo na produção de conhecimento;

g) Socialmente neutra: não apresenta os aspectos e implicações sociais no qual o trabalho científico está imerso, como os problemas ambientais causados pelo uso imprudente dos avanços por ele promovidos.

Muito embora esse trabalho analise as visões apresentadas por docentes, não deixa de citar os estudantes como iguais detentores dessas concepções (Pérez et al.; 2001, p. 126). A propósito, todo professor passou por um processo formativo, ou seja, também foi estudante. Além disso, se as distorções permanecem em seu trabalho como docente, quando já teve a oportunidade de modificar sua visão, quanto mais difícil não estará a condição dos alunos a esse respeito.

Em pesquisa realizada com estudantes do Ensino Superior do curso de Licenciatura em Física, Gatti, Nardi e Silva (2010) concluem que os discentes apresentam uma visão inadequada do que seja ciência e de como ela se desenvolve, ligada essencialmente à concepção positivista. Corroborando com essa constatação, a pesquisa de Zanon, Almeida e Queiroz (2007) identifica visões simplistas de alunos ingressantes no Curso de Bacharelado em Química do Instituto de Química de São Carlos acerca do trabalho científico no laboratório. Ao investigar as concepções de licenciandos em Biologia, Scheid, Ferrari e Delizoicov (2007) chegam a conclusões similares. Essas constatações põem luz sobre o tema e lhe suscita à investigação.

Nas últimas décadas, diversos trabalhos têm defendido veementemente a implementação dos estudos sobre a NdC na educação básica (MATHEWS, 1998; OKI e MORADILLO, 2008; PÉREZ et al., 2001). Em contraponto a essas propostas, Acevedo e colaboradores (2005) levantam questionamentos à utilidade dessas aplicações que são respondidos por Praia et al. (2007) de forma aparentemente satisfatória. Para os primeiros, promover uma formação discente na qual aspectos da natureza da ciência são trabalhados não implica, necessariamente, que haverá melhora na tomada de decisões pelos alunos em questões sociocientíficas. Segundo eles, outros fatores devem ser levados em consideração, tais como os emocionais, morais e religiosos (ACEVEDO; VÁZQUEZ; PAIXAO; ACEVEDO; OLIVA; MANASSERO; 2005).

A defesa da inclusão dos aspectos sobre NdC no ensino por Praia et al. consiste, essencialmente, em afirmar que ela não exclui os demais temas acima enunciados. Pelo contrário, estudar como a ciência se desenvolve pode levar a mudanças necessárias nas atitudes discentes.

Esta orientação supõe querer dizer que devemos prestar mais atenção aos aspectos culturais, sociais, morais e emotivos [...] e aos aspectos atitudinais e axiológicos do que é habitual na educação científica (ACEVEDO et al., 2005a, 2005b). **Tal não deve entender-se como a incorporação de outros factores, distintos da NdC, mas como a superação de uma distorção da referida NdC**, que apresenta o trabalho científico como uma actividade descontextualizada, alheia a interesses e conflitos. (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007, p. 152) [grifo nosso].

Em outras palavras, os aspectos culturais, sociais, morais e emotivos citados por Acevedo e colaboradores (2005) são endossados por uma visão mais crítica do desenvolvimento científico.

Outra crítica respondida por Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007) foi a de que a alfabetização científica não pode capacitar os cidadãos na tomada de decisões sociocientíficas, porque que elas dependem de um corpo de conhecimentos muito sofisticado, inalcançável para o alunado da educação básica. A esse respeito, eles evocam o exemplo de Carson (1980), no livro *Primavera Silenciosa*. Após ser iniciada a utilização do inseticida DDT, diversos pássaros desapareceram da região. Diante desse problema, a autora escreve o livro citado, *em linguagem acessível* à população, e consegue forte apoio da comunidade para pressionar instituições de pesquisa e representantes legais na proibição do uso daquela substância. Essa mobilização teve resultados notórios e a substância foi banida. Na visão dos autores, esse fato histórico tem relevância no âmbito dessa discussão haja vista a importância da *formação informal* promovida por Carson, que implicou na tomada de decisões, inclusive de pessoas que eram *inicialmente* alheias ao problema. Essa capacitação promovida pela leitura do livro é comparável ao que se faz na alfabetização científica, demonstrando a não necessidade do conhecimento profundo das questões conceituais para que a tomada de decisões coerente seja realizada.

Uma terceira crítica importante foi respondida: a de que não se é possível a abordagem sobre NdC haja vista que nem os epistemólogos apresentam consenso sobre o tema, tornando-o por demais complexo para sua aplicação na

educação básica (ACEVEDO; VÁZQUEZ; PAIXAO; ACEVEDO; OLIVA; MANASSERO; 2005). O argumento de Praia et al. (2007) é que, apesar de não haver plena concordância e de as questões sobre esse tema serem complexas, algumas simplificações podem contribuir para nortear essa abordagem, uma vez que ela é considerada indispensável para a boa formação discente. Seriam resumos sobre em que, em linhas gerais, concordam os filósofos da ciência. Alguns pontos foram destacados pelos autores:

- a) A recusa do Método Científico: não existe *um* método universal pelo qual a ciência se norteia;
- b) A recusa do empirismo puro: o conhecimento não advém da mera experiência;
- c) A evidência do papel do pensamento divergente na construção do conhecimento científico;
- d) A busca da coerência global, ou seja, as hipóteses que procuram explicar determinado problema devem ter coerência com um corpo de conhecimentos aplicáveis em âmbito mais generalista;
- e) A compreensão do caráter social do desenvolvimento científico.

Orientando-se por esses princípios, é possível se fazer um bom uso da epistemologia na educação básica visando a emancipação científica, ou seja, a consciência mínima dos estudantes sobre temas importantes que permeiam a ciência e a sociedade.

É nesse sentido que esse trabalho visa contribuir para a melhoria na formação dos alunos de ensino médio, buscando um ensino de Química que possibilite a abordagem de conceitos químicos na perspectiva de seu contexto de construção. Então, a inclusão de temas relacionados à História da Ciência tem sido indicada nas pesquisas como uma ferramenta importante para promover mudanças nas concepções distorcidas apresentada pelos discentes sobre a natureza da Ciência, bem como avanços conceituais relacionados ao conteúdo específico. Essas discussões serão realizadas nos tópicos a seguir.

3.3 Panorama histórico e conceitual sobre o modelo atômico de Niels Bohr

Nesse trabalho, os alunos serão instigados a perceber os conflitos históricos existentes na construção de um modelo científico. Para isso, será utilizado o tema “modelos atômicos”, com enfoque no proposto por Niels Bohr.

Apesar de conhecida há muito tempo, a decomposição da luz foi descrita de maneira adequada apenas por Isaac Newton, no século XVII. O conjunto de cores resultante dessa decomposição foi denominado espectro (FILGUEIRAS, 1996). Desde então, vários cientistas estudaram o fenômeno com afinco, não chegando, entretanto, a uma explicação plausível até o final do século XIX.

Em 1859, Gustav Kirchhoff e Wilhelm Bunsen se uniram para a criação do primeiro espectroscópio (FILGUEIRAS, 1996). Esse instrumento simples possibilitou a relação entre os espectros atômicos e a composição química dos materiais, uma vez que esses cientistas perceberam que cada elemento originava diferentes linhas de emissão e absorção no espectro.

Em 1885, Johann Jakob Balmer formulou a equação que descrevia precisamente as diferentes linhas do espectro do hidrogênio (FILGUEIRAS, 1996). Entretanto, uma pergunta permanecia sem resposta: qual a explicação para os espectros atômicos? Por que cada elemento emite energia em comprimentos de onda específicos?

Foi nesse ambiente de intensas discussões e descobertas científicas que o modelo proposto para o átomo começou a mudar. Evidências experimentais já sugeriam a existência do elétron e do núcleo atômico. Baseado nos estudos de Max Planck sobre a quantização da energia, no átomo planetário de Rutherford e na equação proposta por Balmer, Niels Bohr propunha em 1913 o primeiro modelo para o átomo que sugeria ver a mecânica clássica sob nova perspectiva (BRAGA; FILGUEIRAS, 2013). Entre outras coisas, esse modelo foi capaz de explicar quantitativamente a origem das linhas espectrais para o átomo de hidrogênio.

Entretanto, a proposta de Bohr não nasce completa, assim como nenhum modelo científico. No ato do lançamento de sua teoria atômica, diversas questões sobre a estrutura da matéria ainda estavam sem resposta, a exemplo da presença de cargas positivas no átomo, o número de elétrons dos elementos, o tamanho do átomo entre outros (PLEITEZ; 2003).

Para Peduzzi e Basso (2005), fatos como esses estão ausentes ou mal interpretados nos livros didáticos de nível médio. O Programa Nacional do Livro

Didático (PNLD) orienta explicitamente a introdução de elementos de história e epistemologia da ciência nos livros de Física, mas não o faz para os de Química (BRASIL, 2018). Isso parece explicar a ausência dessa perspectiva no livro adotado pela escola na qual esse trabalho se desenvolveu. O capítulo que trata dos modelos atômicos não faz menção a elementos contemporâneos de concepções da NdC, tais como não linearidade, não neutralidade e contradições ao empirismo / indutivismo, todos presentes no desenvolvimento do trabalho de Bohr (LISBOA et al., 2016). Por outro lado, o livro de Física adotado não apresenta o conteúdo “Modelos Atômicos”, mas o seu primeiro capítulo é dedicado à introdução ao estudo da Física, em que apresenta discussão acerca de concepções da natureza da ciência. Nele enfatiza seu caráter provisório e socialmente dependente, bem como introduz elementos como a importância da ética na ciência e o perigo do dogmatismo e do ceticismo para a sociedade (FUKUI, MOLINA e VENÊ, 2016). A introdução desses temas nos livros didáticos é fundamental para auxiliar o professor na elaboração de aulas com elementos epistemológicos modernos, por isso, sua ausência no primeiro livro pode ser uma boa questão para discussão. Nesse trabalho, no entanto, far-se-á apenas o registro dessa informação, pois não é objetivo aqui a análise de material didático.

Um dos problemas também presentes no tema do modelo de Bohr, tanto nas salas de aula quanto nos livros didáticos é a ênfase desproporcional às analogias, substituindo muitas vezes o debate histórico e as questões conceituais. Sobre o uso de analogias, Gomes e Oliveira (2007) contribuem:

Ao contrário, esses subterfúgios pedagógicos fazem com que sejam substituídas linhas de raciocínio por resultados e esquemas, o que se por um lado suscita atrativos e interesse, por outro se cristaliza intuições. Assim, práticas como essas podem ser perniciosas à aprendizagem. A assimilação de noções inadequadas, sejam elas advindas dos conhecimentos empíricos que o educando vivencia em seu cotidiano ou adquiridas na escola, poderá resultar na constituição de obstáculos epistemológicos [...] (GOMES; OLIVEIRA, 2007, p. 97).

Ao passo em que tentam tornar o conhecimento mais atrativo para os alunos, os professores que lançam mão dessas estratégias limitam o raciocínio discente, o impedem, por exemplo, de questionar as premissas das leis ou modelos que lhes são passados. Essa resistência ao conhecimento científico, causada por uma acomodação com os conceitos de senso comum, é evidência

do que Bachelard (1996) denomina obstáculo epistemológico. Não será objetivo dessa pesquisa trabalhar com o conceito apresentado por esse autor para o termo, mas torna-se relevante explaná-lo de maneira sucinta, considerando a grande influência que exerceu sobre a epistemologia do século XX.

Esses obstáculos aparecem não somente no uso de analogias, mas também quando são atribuídas aos modelos científicos características que não lhe são próprias ou distorções de suas características, a fim de “facilitar” a aquisição dos conteúdos ministrados. Essas discrepâncias foram analisadas pelo trabalho de Leite, Silveira e Dias (2006), que investigava o uso de imagens sobre modelos atômicos em livros didáticos. Algumas delas traziam átomos sendo segurados por pessoas, destoando completamente a escala entre o tamanho de ambos.

Ao propor figuras desse tipo, a impressão que se passa ao aluno é de que os modelos científicos fazem parte do mundo material, que são entidades físicas com as quais eles podem interagir. No entanto, segundo Mortimer⁴ citado por Gomes e Oliveira (2007, p. 100), um modelo é:

[...] uma imagem que construímos da realidade e que nos ajuda a entendê-la. Nesse sentido, deve haver aspectos em comum entre a realidade e o modelo; uma transformação que ocorre na realidade pode ser representada através do modelo. Isso não significa que o modelo tenha que ser uma cópia exata da realidade e sim que deve representá-la. (MORTIMER, 2000: p. 189)

Em outras palavras, os modelos fazem parte do plano imaterial da ciência. Essa ideia poucas vezes é trabalhada em sala de aula, e os alunos os admitem como verdades absolutas, definitivas e empíricas. O modelo de átomo é tido por eles como um ente físico com o qual químicos e físicos interagem constantemente. Como proposto por Mortimer (1995), o fato de professores não realizarem discussões acerca do que sejam modelos científicos, faz com que os alunos aprendam os conceitos, sem, entretanto, serem capazes de relacioná-los com as propriedades físicas das substâncias (MORTIMER; 1995, p. 24-25).

⁴MORTIMER, E.F.. Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

Como se já tem discorrido no decorrer desse texto, diversos autores atribuem à História da Ciência um papel importante na questão da evolução/avanço na compreensão de conceitos científicos no âmbito escolar, bem como na mudança de paradigmas de ensino discutidos nos parágrafos anteriores. Esses autores e suas propostas serão discutidos no tópico que segue.

3.4 Contribuições da História da Ciência nas concepções discentes sobre a natureza da ciência e na evolução conceitual sobre o modelo atômico de Bohr

Em meados da década de 60, a história da ciência firmou-se como uma área autônoma e hoje é considerada interdisciplinar (MARQUES; CALUZI; 2005, p. 1). Desde então, os estudos sobre sua relação com o ensino de ciências vêm se aprofundando, e o tema é bastante discutido atualmente em congressos e publicações sobre educação (CALLEGARIO; HIGINO; ALVES; LUNA; LINHARES, 2015; GATTI; NARDI; SILVA, 2010; MATTHEWS, 1991, 1994; MARQUES; CALUZI, 2005).

Matthews (1994) enuncia uma série de contribuições que a inclusão da História e Filosofia das ciências pode trazer para o ensino, das quais destacamos duas: aperfeiçoamento conceitual e formação de uma visão mais adequada da ciência (MATTHEWS; 1994, p. 256). Tal afirmação está também transpassando diversos trabalhos recentes na área do ensino de ciências (GATTI; NARDI; SILVA, 2010; OKI; MORADILLO, 2008; ORTIZ; SILVA, 2016; RAICIK; PEDUZZI, 2015).

Os parâmetros curriculares nacionais ressaltam a relevância do tema:

Especialmente a partir dos anos 80, o ensino das Ciências Naturais se aproxima das Ciências Humanas e Sociais, reforçando a percepção da Ciência como construção humana, e não como verdade natural, e nova importância é atribuída à História e à Filosofia da Ciência no processo educacional. (BRASIL, 1998, p. 22).

Essa visão da ciência desconstrói o modelo positivista do “fazer científico”. Não existem verdades naturais a serem descobertas, mas uma construção não linear do conhecimento que envolve fatores históricos, sociais, religiosos e tantos outros quantos permeiem as relações humanas.

Segundo Marques (2005, p. 2), a utilização da história da ciência na educação básica contribui para a formação de um espírito crítico por meio de uma “visão concreta da natureza real da ciência”, na qual o aluno é capaz de enxergar, entre outras coisas:

[...] que ocorreu um processo lento de desenvolvimento de conceitos até se chegar às concepções aceitas atualmente, o que facilita o aprendizado do educando que poderá perceber que suas dúvidas são pertinentes ao conceito em questão. (MARQUES, 2005, p. 2).

O estudante pode então associar suas dificuldades conceituais àquelas encontradas na própria história da ciência, de forma a minimizar o medo e a estranheza que determinados conceitos científicos possam lhe trazer. Ainda nesse sentido, reforçam os parâmetros curriculares nacionais:

A História da Ciência tem sido útil nessa proposta de ensino, pois o conhecimento das teorias do passado pode ajudar a compreender as concepções dos estudantes do presente, além de também constituir conteúdo relevante do aprendizado. Por exemplo, ao ensinar evolução biológica é importante que o professor conheça as ideias de seus estudantes a respeito do assunto, que podem ser interpretadas como de tipo lamarckista. O mesmo pode ser dito do estudo sobre o movimento dos corpos, em que é frequente encontrar, entre os estudantes, noções que eram aceitas na Grécia clássica ou na Europa medieval. (BRASIL, 1998, p. 21)

Para a Química, e, em especial, no tema modelos atômicos, a historicidade toma um lugar de destaque, tendo em vista que através dela é possível inferir os conceitos que foram discutidos à época da proposição dos modelos.

Sobre sua importância, Leal (2001) destaca:

A discussão da presença de posições conflitantes no seio do desenvolvimento das ciências é um elemento importante para a desmistificação da ciência e para o seu desenvolvimento dentro da educação escolar. É importante buscarmos uma nova visão de desenvolvimento científico que se oponha à ideia de uma sequência de contribuições lineares e cumulativas. (LEAL, 2001, p. 11)

Tais conflitos são a essência da construção histórica desse conhecimento. Não se pode promover uma aprendizagem efetiva sem levar em consideração tais características.

Além disso, essa abordagem promove a aproximação dos conceitos prévios dos alunos com os modelos científicos presentes na história. Considerar esses saberes, segundo Gomes e Oliveira (2007), é uma das formas de promover o enfrentamento das dificuldades no ensino-aprendizagem (GOMES; OLIVEIRA; 2007, p. 97). Nesse sentido, a história da ciência pode contribuir para a superação das dificuldades encontradas no processo de ensino e aprendizagem (MORTIMER; 1995, p. 25). Segundo esse autor, os modelos elaborados pelos alunos para explicar fenômenos simples, coincidem com modelos propostos por grandes nomes da ciência, que acabaram por ser refutados, mas fizeram parte do desenvolvimento histórico para chegar ao modelo atual (MORTIMER; 1995, p. 26).

Sendo assim, surge a importância da negociação do significado conceitual com os alunos em sala de aula:

[...] a eliminação, em sala de aula, de algumas dificuldades para a aceitação do atomismo [...] não é questão a ser decidida pelas evidências empíricas, mas pela **negociação** baseada em argumentos racionais e no uso de exemplos da história das ciências. (MORTIMER, 1995, p. 26) [grifo nosso]

O termo em destaque dá o sentido não de flexibilizar as verdades científicas, mas de conduzir o aluno a assumir certos conceitos considerados mais adequados para justificar dados experimentais, uma vez que esse é o objetivo principal de um modelo científico discutido na comunidade científica.

Dessa forma, como mensurar a importância da inclusão de tópicos sobre a História da Ciência nas aulas de Ciências em geral e, em particular, da Química? Em que medida essa inclusão pode sofisticar as visões dos discentes sobre a natureza do conhecimento e do trabalho científico? Parte-se aqui da hipótese de que o contato dos estudantes com os eventos próprios da História das Ciências pode contribuir para ampliar suas concepções acerca da natureza da ciência, baseada nos diversos trabalhos que apontam nessa direção (Pérez et al., 2001; Gatti, Nardi e Silva, 2010; Callegario et al., 2014).

4. METODOLOGIA

Como já discutido nos tópicos anteriores, analisar os efeitos da inclusão da História da Ciência nas aulas de Ciências e, em particular, da Química é uma temática presente em diversos trabalhos e mostra ser uma área de pesquisa promissora (CALLEGARIO et al., 2015). No entanto, esse estudo se diferencia da maioria dos trabalhos publicados, que focam na visão de professores ou de estudantes do nível superior sobre a NdC (GATTI, NARDI e SILVA, 2010; ZANON, ALMEIDA e QUEIROZ, 2007; SCHEID, FERRARI e DELIZOICOV, 2007). Nesse artigo, o foco centra-se na análise das concepções de estudantes de ensino médio acerca da NdC quando submetidos a uma intervenção didática que considera eventos da História da Ciência/Química, buscando evidenciar elementos epistemológicos da natureza da ciência que possam contribuir para que os alunos reflitam sobre a falibilidade do conhecimento científico, bem como acerca das influências que ele sofre dos fatores econômicos, políticos, ambientais e sociais.

Neste trabalho, optou-se pelo uso concomitante de instrumentos quanti e qualitativos, tornando a coleta de dados mais abrangente e sob óticas diversas.

Segundo Ludke e André (1986, p. 12-13), na pesquisa qualitativa:

- I) O ambiente natural é a fonte direta de dados e o pesquisador o seu principal instrumento;
- II) Os dados coletados são, predominantemente, descritivos;
- III) A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto;
- IV) O significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador;
- V) A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.

A pesquisa desenvolvida por esse trabalho apresenta alguns dos aspectos enunciados acima. Será executado dentro de uma sala de aula (tópico I) e visa observar as concepções que os sujeitos têm sobre ciência (tópico IV).

Não se está interessado apenas no resultado, mas no que acontece durante a investigação (tópico III) e há grande carga descritiva na construção dos dados (tópico II).

Alguns autores discutem sobre as diferenças e aproximações entre os métodos quali e quantitativos. Segundo Stake (1983), enquanto na pesquisa quantitativa o pesquisador determina variáveis a serem investigadas em uma sequência de casos, na pesquisa qualitativa um caso determinado é estudado e as variáveis não são determinadas a priori. Meirinhos e Osório (2010) afirmam que a pesquisa quantitativa retrata uma realidade tida como estável e o pesquisador procura eliminar sua interpretação dos dados, tratando-os como resultados que emergem de uma realidade dada. Por outro lado, a pesquisa qualitativa necessita da subjetividade dos investigadores para que se concretize.

Souza e Kerbauy (2017) discutem o conflito instaurado no contexto brasileiro entre as metodologias quali e quantitativas. Ao realizar uma breve análise histórica, resgatam as discussões trazidas por positivistas e críticos do positivismo ainda no século XIX, e como elas chegam ao contexto brasileiro. Marcado pela influência do positivismo, o início das pesquisas em ciências humanas e sociais toma como pilar fundamental o uso de métodos quantitativos, visando aproximar-se daquelas realizadas nas ciências naturais. Essa tendência é incorporada no cenário brasileiro e perdura até a década de 1960, quando é fortemente questionada. Muitos pesquisadores passam a criticar essa forma de investigação, defendendo que a pesquisa no campo humano é intrinsecamente diferente da realizada nas ciências da natureza, e, por isso, não deve utilizar os mesmos métodos. Inicia-se então a implementação e defesa dos instrumentos qualitativos para essas investigações.

No entanto, ainda para as autoras, as críticas oferecidas aos métodos quantitativos assumiram quase um viés ideológico, e não se fundamentaram, em sua maioria, em argumentos consistentes acerca da metodologia aplicada. Gatti (2012) vai defender, por outro lado, que a escolha de métodos quali ou quantitativos não é o que define o resultado de uma pesquisa, mas sim o tipo de argumentação e fundamentação teórica utilizada, bem como as percepções do pesquisador de que os fenômenos investigados são continuamente 'contaminados' com suas próprias crenças e opiniões, e que isso influencia o resultado da pesquisa. Para ela, processos metodológicos claros e bem

fundamentados não dependem dos instrumentos utilizados, mas do arcabouço teórico e epistêmico sobre o qual a investigação se desenvolve.

Diante disso, é interessante realizar uma pesquisa que mescle ambos aspectos. Essa abordagem mista aumenta os ângulos sob o qual se realiza a investigação, possibilitando uma melhor apreensão dos fatos observados. É possível observar diferentes fatores ao se fazer a análise qualitativa de uma audiogravação, por exemplo, quando comparada com a aplicação de um questionário objetivo. Enquanto este oferece dados brutos e menos interpretativos, elucidando posicionamentos mais rígidos dos sujeitos da pesquisa, a primeira pode revelar nuances subjetivas invisíveis às respostas de múltipla escolha. É nesse sentido que se justifica nesse trabalho o uso desse tipo de metodologia.

Para Yin (2001), os estudos de caso não possuem uma sistematização rígida, dando margem ao uso de metodologias qualitativas e quantitativas. Nesse sentido, Stake (1999) afirma que o uso de um ou outro método é questão de ênfase, porque ambos estão presentes em maior ou menor medida na captação das realidades investigadas. Para Meirinhos e Osório (2010, p. 51), “A utilização de dados qualitativos e quantitativos, na mesma investigação, vai no sentido de olhar para estas metodologias como complementares e não como opostas ou rivais”. Essa última visão irá depender dos objetivos e questões de pesquisa da investigação e parece se encaixar com os que estão presentes nesse trabalho.

Dessa forma, optou-se aqui por não restringir a pesquisa sob a égide quali ou quantitativa, mas instrumentos diversos foram utilizados de forma a capturar traços da realidade que possibilitassem a análise dos fenômenos investigados.

4.1 Universo e Sujeitos da pesquisa

A intervenção foi desenvolvida com 29 estudantes de uma turma do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Itambé, Pernambuco. Desses, entretanto, apenas 15 participaram de todas as etapas da pesquisa e foram denominados Magali, Morella, Faísca, Duarte, Line, Vanda, Estrela,

Materno, Municipal, Júlio, Sophia, Satélite, Marcial, Irmã e Gláucia. As atividades da intervenção foram elaboradas e desenvolvidas pelo primeiro autor (professor e pesquisador).

O município de Itambé se situa na Mata Norte do estado e faz divisa com o estado da Paraíba, separando-se de Pedras de Fogo (município paraibano) por apenas uma rua. Localiza-se próxima a diversos sítios rurais, de onde alguns alunos vêm para estudar, principalmente nos turnos da manhã e noite.

Figura 2: Mapa com destaque do município de Itambé



Fonte: pt.wikipedia.org. Acesso em 05/09/2019.

Itambé apresenta zona urbana razoavelmente desenvolvida e possui pouco mais de 35 mil habitantes, segundo dados do IBGE⁵ referentes ao censo de 2010. Ainda segundo o instituto, o IDEB municipal está entre os mais baixos do estado, ocupando a posição 144 de 185 nos anos iniciais do Ensino Fundamental e 132 de 185 nos anos finais. O índice reflete as dificuldades do município em promover a aprendizagem de seus estudantes até o 9º ano do Ensino Fundamental, o que impacta diretamente nos resultados do Ensino Médio. As escolas municipais estão em condições estruturais precárias, bem como sofrendo forte influência da criminalidade local, que têm se intensificado nos últimos anos com o aumento do tráfico e consumo de drogas.

A escola tem capacidade de atender por volta de 1000 alunos, funcionando nos três turnos. Conta com 09 salas de aula, 01 biblioteca, 01 laboratório de informática e 01 quadra. É uma instituição tradicional na cidade, referência na educação de nível médio.

⁵ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações disponíveis em <https://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=260765>. Acesso em 26 de dezembro de 2017.

O autor desse trabalho é docente na referida escola. Para a intervenção, foi escolhida uma turma do primeiro ano conforme critérios a seguir:

- a) no primeiro ano do ensino médio os alunos devem ter contato com o conteúdo de “Modelos Atômicos”, conforme orientação dos Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2013);
- b) no ano da intervenção, a turma teve como professor de Química o autor desse trabalho, o que viabilizou o desenvolvimento da pesquisa.

A turma selecionada é vespertina. Os alunos que estudam à tarde vêm essencialmente da zona urbana de Itambé ou de Pedras de Fogo. Diante do público geral da escola, são, presumidamente, os alunos com maior acesso a tecnologias domésticas, como computador, televisão e internet, bem como melhores condições de saneamento básico, quando comparados aos alunos da zona rural. Devido ao acesso tecnológico, são mais conectados aos acontecimentos locais, estaduais e nacionais, bem como têm melhor apropriação de conhecimentos digitais diversos.

4.2 Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma intervenção didática para coleta de dados, visando observar as implicações da vivência dos discentes com eventos da História das Ciências para analisar o alcance ou não dos objetivos de investigação desse trabalho.

Apresenta-se a seguir descrição das etapas de implementação da intervenção didática.

Quadro 2: Etapas da Intervenção Didática

| ETAPA | TEMPO | DESCRIÇÃO DA ETAPA |
|----------------|---------------|--|
| 1 ^a | 01 aula – 50' | Aplicação do Questionário VOSTS |
| | 01 aula – 50' | Aplicação do Questionário sobre Modelos Atômicos |

| | | |
|----------------|------------------------|--|
| 2 ^a | 02 aulas – 100 ‘ | Aula expositiva e dialogada: Fenômenos Elétricos |
| 3 ^a | 02 aulas – 100 ‘ | Aula expositiva e dialogada: As Cores da Química |
| 4 ^a | 02 aulas – 100 ‘ | Reaplicação do VOSTS |
| TOTAL | 08 aulas – 400’ | - |

Fonte: Elaborado pelo autor

Devido à necessidade de se realizar audiografações, os alunos participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido conforme modelo do apêndice D.

Abaixo serão detalhadas as etapas dos encontros, bem como as ferramentas utilizadas para obtenção dos dados.

Na primeira etapa foi realizada a Aplicação de um Questionário elaborado com base em algumas perguntas do questionário Views on Science Technology Society (VOSTS) (AIKENHEAD e RYAN, 1992). Os autores elaboraram esse instrumento para analisar diversos aspectos da interação entre ciência, tecnologia e sociedade presentes nas concepções de estudantes, professores e pesquisadores sobre este tema. O VOSTS possui mais de cem questões de múltipla escolha, entretanto, nesse trabalho, seis foram selecionadas por tratar especificamente de perguntas relacionadas com a natureza da ciência (Quadro 1). A escolha dessas seis questões buscou alcançar o objetivo dessa pesquisa. O registro das respostas dos alunos ao questionário foi entregue ao professor no fim da 1^a aula. As questões do VOSTS selecionadas estão disponíveis no anexo A.

Além do VOSTS, a primeira etapa também consistiu na aplicação de um questionário elaborado pelo autor e testado em outra turma do primeiro ano da mesma escola onde foi realizada a pesquisa. O modelo desse questionário pode ser encontrado no apêndice A. Os dados que emergiram dessas respostas foram comparados aos fornecidos pelo VOSTS.

Na 2^a etapa, os alunos tiveram contato com eventos da história da ciência sobre a construção do conceito de Eletricidade e Fenômenos Elétricos e como estes contribuíram para a proposição do modelo atômico de Thomson (LISBOA et al., 2016), o qual propõe a presença de cargas elétricas no interior do átomo.

Em seguida, foi feita a apresentação do experimento realizado por Rutheford e da sua inferência sobre a necessidade de o átomo possuir núcleo, introduzindo, portanto, a teoria nuclear. O fechamento dessa etapa apresentou o problema presente na teoria atômica de Rutheford. Ele não conseguiu propor solução para explicar como o elétron, de carga negativa, poderia orbitar o núcleo, de carga positiva, sem provocar colapso no átomo. Tal problema ficou conhecido como a instabilidade da eletrosfera (região do átomo a qual, segundo Rutheford estariam os elétrons) (BOHR, 1913). Esse problema em aberto foi explorado pelo pesquisador com o objetivo de os alunos questionarem a natureza do conhecimento científico a partir da reflexão: “o modelo atômico proposto por Rutheford estava isento de dúvidas ou questionamentos?” e “a ciência possui sempre as posições certas e definitivas sobre o mundo?”. A intenção dessas reflexões foi de ressaltar o aspecto inacabado e a relatividade da natureza do conhecimento científico. Ou seja, a noção epistemológica de que esse conhecimento não poder ser considerado como verdade absoluta (Feyerabend, 2007). Nesse momento o pesquisador deu liberdade aos alunos para colocarem suas opiniões e houve audiogravação.

A intenção da 3ª etapa foi de instigar os estudantes a ressignificar suas concepções sobre a NdC a partir da discussão de algumas características da ciência contemporânea (LEDERMAN et al., 2002). Para isso, houve uma apresentação intitulada “As Cores da Química”, com foco na proposição do modelo atômico de Niels Bohr. Esse tema faz referência aos espectros atômicos, fenômeno adequadamente solucionado por Bohr para o átomo de hidrogênio e que fortaleceu sua teoria após a publicação. Usando uma analogia, os espectros são como a assinatura eletrônica dos elementos químicos, gerados pelas suas emissões de luz quando os elementos são submetidos ao aquecimento e consequente refração dessa luz ao ser decomposta em um prisma óptico. O padrão de decomposição gerado é único para cada elemento e, por isso, é possível identificar a composição química de amostras de materiais diversos por meio da análise de seu espectro atômico (ATKINS e JONES, 2012).

A teoria proposta por Bohr apesar de apresentar resultados consistentes para explicar os espectros atômicos causou muita turbulência na comunidade científica (Strathern, 1999) devido ao fato de ele ter rompido com a premissa clássica da continuidade de energia e assumido o pressuposto da quantização

de forma arbitrária, com a finalidade de resolver o problema físico da instabilidade da eletrosfera. Esse axioma fundamentou o desenvolvimento teórico de sua tese de doutorado (BOHR,1913), e apesar de ser mencionado anteriormente por Einstein e Planck, não se apoiava em evidências experimentais suficientes (BOHR,1913). A tese de Bohr para o modelo atômico contrariou uma série de pressupostos teóricos do paradigma vigente (a Física Clássica) e, por isso, não houve aceitação imediata de seu trabalho pela comunidade científica (STRATHERN, 1999).

Uma análise epistemológica do modelo atômico proposto por Bohr pode elencar diversos elementos que contrariam a concepção de uma ciência neutra, absoluta e objetiva, por exemplo, a ausência de evidências experimentais suficientes, contrariando o princípio da indução proposto pela visão positivista (HALFPENNY, 1982; CHALMERS, 1993; LACERDA, 2009). Esse aspecto conduziu a discussão com os estudantes na 3ª etapa, buscando confrontar suas concepções de ciência com algumas características da visão consensual sobre a NdC presente no modelo de Bohr para o átomo. Ao final dessa etapa, os estudantes responderam por escrito à questão: “as ideias de Bohr foram aceitas tranquilamente pela comunidade científica? Justifique com suas palavras e usando trechos do texto”. Em seguida, apresentaram suas respostas à sala por meio de discussão mediada pelo pesquisador. O momento foi audiogravado para análise, e as transcrições poderão ser vistas no tópico 5.2.

Em síntese, nas etapas 2ª e 3ª houve discussões a respeito da natureza do conhecimento científico, enfatizando características ligadas à epistemologia contemporânea, aqui ilustrada pela visão consensual discutida anteriormente, e presentes na elaboração da teoria atômica proposta por Niels Bohr. Como exemplo, nota-se a influência de aspectos subjetivos na formulação das teorias científicas, das relações interpessoais e sociais sobre o trabalho científico e da não linearidade do conhecimento científico (STRATHERN, 1999). Foi possível observar, conforme obra de Strathern (1999), a importância da persistência de Bohr frente à resistência de Rutherford em dar andamento à tese (influência de aspectos subjetivos), a importância da orientação deste para direcionar o trabalho do primeiro (relações interpessoais na ciência) e a ruptura do trabalho de Bohr com o paradigma clássico (não linearidade do conhecimento). A

participação dos alunos nestas etapas foi registrada por meio de gravação de áudio.

Na 4ª etapa, os estudantes responderam novamente a seis perguntas selecionadas do questionário VOSTS. Essa atividade objetiva analisar se houve ressignificação das concepções dos alunos sobre a NdC a partir da intervenção didática aplicada nas aulas de Química. O registro de respostas dos alunos ao questionário foi entregue ao professor para análise.

A análise das respostas dos estudantes às atividades da intervenção foi realizada com base em categorias estabelecidas a partir do referencial teórico da pesquisa (HALFPENNY, 1982; LACERDA, 2009; POPPER, 2001; LEDERMAN et al., 2002; FEYERABEND, 2007; KUHN, 2013). A seguir apresenta-se a descrição das categorias de análise: Definição de Ciência, Natureza do Conhecimento Científico, Natureza dos Modelos Científicos, Método Científico, Importância do Consenso na Ciência e Produção do Conhecimento.

Quadro 3: Categorias de análise das alternativas selecionadas

| Questões selecionadas do VOSTS | Categoria de Análise |
|---|-------------------------------------|
| Q1. Definir Ciência é difícil porque a Ciência é complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é: | Definição de Ciência |
| Q2. Para esta questão, considere que o garimpeiro “descobre” o ouro e que o artista “inventa” a escultura. Algumas pessoas acham que os cientistas descobrem as teorias científicas. Outras, que os cientistas inventam as teorias científicas. Qual a sua opinião sobre o assunto? | Natureza do Conhecimento Científico |
| Q3. Muitos modelos científicos usados em laboratórios de pesquisa (tais como o modelo do neurônio, DNA, ou do átomo) são cópias da realidade. | Natureza dos Modelos Científicos |
| Q4. Os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do modelo científico. | Método Científico |
| Q5. Quando uma nova teoria científica é proposta, os cientistas devem decidir se a aceitam ou não. Os cientistas tomam suas decisões por consenso; isto é, os proponentes da teoria devem convencer a grande maioria dos colegas cientistas a acreditar na nova teoria. | Importância do Consenso na Ciência |

| | |
|--|--------------------------|
| Q6. Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem a partir destas investigações podem mudar no futuro. | Produção do Conhecimento |
|--|--------------------------|

Fonte: Elaborado pelo autor

Para fins de análise, cada alternativa das questões foi conectada a um dos aspectos da visão consensual (Lederman et al., 2002) ou da perspectiva positivista (Halfpenny, 1982), elencados anteriormente nesse trabalho, conforme representado na tabela a seguir. Essa conexão foi feita observando-se os significados individuais de cada alternativa:

Quadro 4: Aspectos epistemológicos das alternativas do VOSTS

| Questão | Alternativas | Aspecto epistemológico identificado |
|---|---|--|
| Q1. Definir Ciência é difícil porque a Ciência é complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é: | A. Um estudo de campos tais como biologia, química e física. | Perspectiva positivista (aspecto iii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico]; |
| | B. Um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida). | Perspectiva positivista (aspecto iii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico]; |
| | C. Explorar o desconhecido e | Independente |

| | | | |
|---|--|---|--|
| | | descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam. | |
| | | D. Realizar experimentos a fim de resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor. | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |
| | | E. Inventar ou projetar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais). | Independente |
| | | F. Encontrar e usar conhecimento para fazer este mundo um lugar melhor para se viver (por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição e melhorando a agricultura). | Perspectiva positivista (aspecto i): é uma teoria da história em que os desenvolvimentos do conhecimento são tanto o motor da história quanto a fonte da estabilidade social; |
| | | G. Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que têm idéias e técnicas para descobrir novos conhecimentos. | Visão consensual (aspecto vi): produzido dentro de um contexto social e cultural; |
| | | H. Ninguém pode definir Ciência. | Independente |
| Q2. Para esta questão, considere que o garimpeiro “descobre” o ouro e que o artista “inventa” a escultura. Algumas pessoas acham que os cientistas descobrem as teorias científicas. Outras, que os cientistas inventam as teorias científicas. | Os cientistas descobrem as teorias científicas: | A. Porque a idéia já estava lá para ser descoberta. | Perspectiva positivista (aspecto ii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual o único tipo de conhecimento disponível para a humanidade é o da ciência baseada na observação; |
| | | B. Porque a teoria científica é baseada em fatos experimentais, | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |

| | | | |
|---|--|--|--|
| Qual a sua opinião sobre o assunto? | | C. Mas os cientistas inventam métodos para encontrar as teorias. | Visão consensual (aspecto iv): parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; |
| | | D. Alguns cientistas podem tropeçar numa teoria por acaso, descobrindo-a. Mas outros cientistas podem inventar teorias a partir de fatos que eles já conhecem. | Visão consensual (aspecto iv): parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; |
| | Os cientistas inventam as teorias científicas: | E. Porque a teoria é uma interpretação de fatos experimentais que os cientistas descobriram. | Visão consensual (aspecto iv): parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação, |
| | | F. Porque invenções (teorias) vêm da mente – nós as criamos. | Visão consensual (aspecto iv): parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação, |
| Q3. Muitos modelos científicos usados em laboratórios de pesquisa (tais como o modelo do neurônio, DNA, ou do átomo) são cópias da realidade. | Os modelos científicos SÃO cópias da realidade: | A. Porque os cientistas dizem que eles são verdadeiros, então eles devem ser verdadeiros. | Independente |
| | | B. Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros. | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |
| | | C. Porque eles são verdadeiros para a vida. O objetivo deles é mostrar-nos a realidade ou nos ensinar algo a respeito dela. | Perspectiva positivista (aspecto iii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico]; |
| | | D. Os modelos científicos aproximam-se de ser cópias da | Perspectiva positivista (aspecto v): |

| | | | |
|---|--|--|--|
| | | realidade, porque eles são baseados em observações científicas e pesquisa. | é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |
| | Os modelos científicos NÃO SÃO cópias da realidade: | E. Porque eles são simplesmente úteis para aprendizagem e explicação, dentro de suas limitações. | Visão consensual (aspecto vi): produzido dentro de um contexto social e cultural; |
| | | F. Porque eles mudam com o tempo e de acordo com o estado de nosso conhecimento, da mesma forma que as teorias. | Visão consensual (aspecto i): (i) provisório; |
| | | G. Porque estes modelos devem ser ideias ou suposições estudadas, uma vez que você realmente não pode ver a coisa real. | Visão consensual (aspecto vi): produzido dentro de um contexto social e cultural; |
| Q4. Os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do modelo científico. | | A. O modelo científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria dos cientistas segue os passos do modelo científico. | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |
| | | B. O modelo científico deveria funcionar bem para a maioria dos cientistas, baseado no que nós aprendemos na escola. | Independente |
| | | C. O modelo científico é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados. Portanto, os melhores cientistas também usarão também originalidade e criatividade. | Visão consensual (aspecto iv): parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; |
| | | D. Os melhores cientistas são aqueles que usam qualquer método que possa fornecer resultados favoráveis (incluindo o método da imaginação e criatividade). | Visão consensual (aspecto iv): parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; |

| | | | |
|---|--|---|--|
| | E. Muitas descobertas científicas foram feitas por acidente, e não através do método científico. | Visão consensual (aspecto vii): baseado em uma diversidade de métodos | |
| Q5. Quando uma nova teoria científica é proposta, os cientistas devem decidir se a aceitam ou não. Os cientistas tomam suas decisões por consenso; isto é, os proponentes da teoria devem convencer a grande maioria dos colegas cientistas a acreditar na nova teoria. | Os cientistas que propõem uma nova teoria devem convencer outros cientistas: | A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira. | Perspectiva positivista (aspecto iii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico]; |
| | | B. Porque a teoria é útil à Ciência somente quando a maioria dos cientistas acredita nesta teoria. | Perspectiva positivista (aspecto iii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico]; |
| | | C. Porque quando vários cientistas discutem uma teoria e suas novas idéias, eles provavelmente irão revisá-la ou atualizá-la. Em resumo; para atingir um consenso, os cientistas tornam as teorias mais precisas. | Independente |
| | Os cientistas que propõem uma nova teoria NÃO devem convencer outros cientistas: | D. Porque a evidência provada fala por si mesma. | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | <p>E. Porque os cientistas, enquanto indivíduos, decidirão por eles mesmos se usam ou não aquela teoria.</p> | <p>Visão consensual (aspectos iv e vii): (iv) parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; (vii) baseado em uma diversidade de métodos;</p> |
| | | <p>F. Porque um certo cientista pode aplicar uma teoria até que esta explique resultados e é útil, não interessa o que os outros cientistas pensem.</p> | <p>Visão consensual (aspectos iv e vii): (iv) parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; (vii) baseado em uma diversidade de métodos;</p> |
| <p>Q6. Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem a partir destas investigações pode mudar no futuro</p> | <p>A. Porque os novos cientistas refutam as teorias ou descobertas de velhos cientistas. Os cientistas fazem isto usando novas técnicas e instrumentos aperfeiçoados, através do domínio de novos fatores ou através da detecção de erros na investigação original "correta".</p> | <p>Visão consensual (aspecto i): provisório;</p> | |
| | <p>B. Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar.</p> | <p>Visão consensual (aspecto i): provisório;</p> | |
| | <p>C. O conhecimento científico PARECE mudar porque a interpretação ou explicação de velhos fatos pode mudar. Os experimentos corretamente feitos produzem fatos imutáveis.</p> | <p>Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais;</p> | |
| | <p>D. O conhecimento científico PARECE mudar porque os novos conhecimentos são somados aos velhos conhecimentos; os velhos conhecimentos não mudam.</p> | <p>Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a</p> | |

| | | |
|--|--|--|
| | | partir de provas observacionais e experimentais; |
|--|--|--|

Fonte: Elaborado pelo autor

Algumas respostas receberam a classificação de “independente” porque não se aproximaram semanticamente dos aspectos elencados inicialmente nesse trabalho. Elas serão analisadas separadamente quando forem evidenciadas na análise.

Para realizar a análise dos dados, as respostas dos estudantes ao questionário foram conectadas aos respectivos aspectos epistemológicos citados na tabela acima e comparadas as iniciais (1ª etapa) às finais (4ª etapa).

4.3 Referencial de análise

Através dos instrumentos de análise acima descritos, pretendeu-se analisar:

- Concepção discente prévia da NdC;
- Concepção discente sobre o trabalho científico;
- Ressignificações nas concepções da NdC.

Para tanto, os instrumentos a serem utilizados serão: questionários (VOSTS e questionário próprio) e audiograções. O quadro a seguir relaciona instrumentos, objetivos, referenciais e etapas da pesquisa:

Quadro 5: relação entre objetivos, referenciais, instrumentos e etapas da intervenção

| Etapa da Intervenção | Objetivo | Referencial / Critério de Análise | Instrumento | Dados |
|---|-------------------------------------|--|--|---|
| 1º Encontro Aplicação do questionário VOSTS Aplicação do sobre os | Identificar as concepções discentes | Concepção discente prévia da NdC | Questionário VOSTS Questionário sobre | Respostas dos alunos aos dois questionários |

| | | | | |
|---|---|---|--|--|
| modelos atômicos | sobre a Natureza da Ciência | | modelos atômicos | |
| 2º Encontro Apresentação sobre fenômenos elétricos com debate acerca da elaboração do modelo de Rutheford | Promover discussões sistemáticas sobre aspectos históricos da elaboração dos modelos atômicos de modo a questionar a visão de ciência que os estudantes possuem | Concepção discente sobre o trabalho científico; | Audiogravação das falas dos estudantes | Falas dos estudantes sobre a natureza do conhecimento científico |
| 3º Encontro Apresentação “As Cores da Química” | Promover discussões sistemáticas sobre | Concepção discente sobre o trabalho científico; | Debate audiogravado | Falas dos estudantes sobre a natureza do |

| | | | | |
|--|---|--|---------------------------|--|
| <p>com questão e debate sobre a aceitação da teoria de Bohr pela comunidade científica</p> | <p>aspectos históricos da elaboração dos modelos atômicos de modo a questionar a visão de ciência que os estudantes possuem</p> | | | <p>conhecimento científico</p> |
| <p>4° Encontro Reaplicação do VOSTS</p> | <p>Analisar possíveis ressignificações epistemológicas dos alunos após o contato com eventos da História da Ciência e</p> | <p>Ressignificações nas concepções da NdC.</p> | <p>Questionário VOSTS</p> | <p>Respostas dos alunos ao questionário.</p> |

| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| | da Química a partir do desenvol vimento da sequênci a didática. | | | |
|--|---|--|--|--|

Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio da intervenção houve a intenção de observar tanto as concepções iniciais dos discentes sobre a NdC como possíveis ressignificações que a inclusão da História da Ciência nas aulas de Química pudesse ocasionar.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Questionário Autoral e Registros de Observação

Nessa fase foram utilizados dois instrumentos que objetivaram identificar as visões dos estudantes acerca de alguns aspectos da natureza da ciência. O primeiro instrumento foi o questionário autoral sobre o desenvolvimento do conhecimento científico no percurso de elaboração dos modelos atômicos (APÊNDICE A). O segundo foram os registros de observação feitos a partir das audiografações durante as etapas 2^a e 3^a.

5.1.1. Questionário sobre concepções da ciência e modelos atômicos

Foi também aplicado um questionário autoral envolvendo aspectos da natureza da ciência dentro do tema “Modelos Atômicos”. A intenção foi sondar qual a compreensão dos alunos acerca do processo histórico e epistemológico de elaboração dos modelos. O instrumento foi validado em outra turma do 1^o ano do ensino médio, na mesma escola onde ocorreu a pesquisa. As questões versavam, respectivamente, sobre os temas: 1) pergunta excludente de análise, 2) natureza dos modelos científicos, 3) colaboração dos pares no trabalho científico, 4) conhecimento específico sobre os modelos atômicos, 5), 6) e 7) produção do conhecimento, 8) influência das relações interpessoais na ciência.

São apresentadas a seguir as respostas fornecidas pelos alunos ao questionário aplicado.

Primeira questão: Você já estudou o assunto “Modelos Atômicos” em Química?

Respostas: todas as respostas foram positivas.

Segunda questão: Para você, um modelo atômico é:

a) uma representação científica idêntica a uma realidade que não pode ser vista a olho nu.

b) uma representação que se assemelha a uma realidade que não pode ser vista a olho nu.

c) uma proposta cientificamente comprovada de uma realidade que não pode ser vista a olho nu.

d) uma proposta realizada por um conjunto de pessoas (cientistas) para representar uma realidade que não pode ser vista a olho nu.

Quadro 6: natureza dos modelos científicos (respostas)

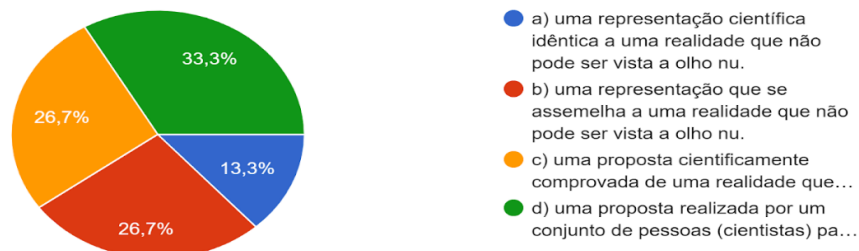
| | A | B | C | D |
|------------------|----------|----------|----------|----------|
| Magali | | X | | |
| Morella | | | X | |
| Faísca | | | X | |
| Duarte | | | | X |
| Line | | | X | |
| Vanda | | | | X |
| Estrela | | X | | |
| Materno | | | | X |
| Municipal | | | | X |
| Júlio | | | X | |
| Sophia | | X | | |
| Satélite | | | | X |
| Marcial | X | | | |
| Irmã | | X | | |
| Gláucia | X | | | |
| SOMA | 2 | 4 | 4 | 5 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3: Gráfico das respostas à questão 2 do Questionário Inicial.

2. Para você, um modelo atômico é:

15 respostas



Fonte: o autor

As respostas a esse quesito foram dispersas entre as alternativas. A menor parte dos alunos (13,3%) optaram pela alternativa A, em que a representação científica é dada como idêntica à realidade. Das quatro opções a que mais destoa epistemologicamente das demais é a D, em que é introduzido o fator “conjunto de pessoas” realizando a atividade científica, e foi a alternativa que teve uma adesão um pouco superior às demais. No entanto, diante da dispersão dos dados, não será feita inferência dessas respostas isoladamente, mas apenas em articulação com as demais informações coletadas na pesquisa.

Terceira questão: Dalton é apresentado como o primeiro cientista a propor um modelo para o átomo baseado nos ideais da ciência moderna. De acordo com os conhecimentos que você possui sobre o tema, marque a afirmativa que você julgar adequada. Marque apenas uma afirmativa.

a) Podemos considerar a proposta de Dalton como uma grande descoberta da Química. Antes dele nenhum cientista havia sugerido que a matéria era formada por átomos.

b) Assim como outras descobertas da Química, a teoria atômica de Dalton surgiu de um trabalho dedicado desse cientista (Dalton), com pouquíssimas contribuições de outras pessoas e dos conhecimentos dele sobre outros assuntos.

c) Outras pessoas já haviam sugerido que a matéria era formada por átomos, como alguns cientistas do século 18. O trabalho de Dalton aproveitou muitas dessas ideias e rejeitou outras, assim como teve influência de seus conhecimentos sobre outros temas da vida e da ciência.

Quadro 7: colaboração dos pares no trabalho científico (respostas)

| ALUNO | RESPOSTAS | | |
|-------------|-----------|----------|----------|
| | A | B | C |
| Magali | X | | |
| Morella | X | | |
| Faísca | | X | |
| Duarte | | | X |
| Line | X | | |
| Vanda | X | | |
| Estrela | X | | |
| Materno | X | | |
| Municipal | | X | |
| Júlio | X | | |
| Sophia | | X | |
| Satélite | X | | |
| Marcial | X | | |
| Irmã | | X | |
| Gláucia | | X | |
| SOMA | 9 | 5 | 1 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4: Gráfico das respostas à questão 3 do Questionário Inicial.

3. Dalton é apresentado como o primeiro cientista a propor um modelo para o átomo baseado nos ideais da ciência usada. Marque apenas uma afirmativa.

15 respostas



Fonte: o autor

A maioria dos alunos optaram pela alternativa A (60%), na qual o modelo de Dalton é apresentado como único, inédito e isolado historicamente. Esse dado pode revelar alguns aspectos interessantes sobre as concepções discentes:

a) há conhecimento superficial do tema específico da Química “Modelos Atômicos”. O próprio conteúdo de nível médio cita a existência de teorias anteriores à proposta de Dalton, como os filósofos gregos. Os alunos demonstraram não ter essa informação.

b) os termos “grande descoberta” e “antes dele nenhum cientista” presentes na escrita da alternativa mais escolhida indicam aspectos lineares, isolados e ahistóricos do processo de elaboração de um modelo científico, aproximando-se das distorções apresentadas por Pérez et al. (2001). Isso indica uma aproximação do pensamento dos alunos pesquisados com as conclusões do autor citadas no trabalho acima.

A escolha dessa opção pode sugerir mais uma aproximação da visão discente com a perspectiva positivista.

Quarta questão: De acordo com seus conhecimentos sobre o tema, houve alguma razão para a substituição do modelo de Dalton pelo modelo de Thomson? Se sim, descreva que razão foi essa.

Quadro 8: conhecimento específico sobre os modelos atômicos (respostas)

| SUJEITO | RESPOSTAS DISCURSIVAS |
|---------|-----------------------|
|---------|-----------------------|

| | |
|------------------|--|
| Magali | Que o átomo é feito de espaços vazios. |
| Morella | Não respondeu. |
| Fáisca | Sim, porque Dalton afirmou que o modelo dele era como uma geleia por isso que algumas partículas passavam direto mas Thomson descobriu que algumas se desviavam e outras batiam e voltavam. |
| Duarte | Se sim porque Dalton propôs que os átomos era como uma bola de bilhar onde as bola de canhão passava reto mas Thomson propôs e falou que o átomo tinha algo como uma gelatina e tinha nele elétrons encostado onde tinha carga negativa. |
| Line | Sim, Dalton dizia que o átomo era indivisível e Thomson mostrou que não era apenas isso. |
| Vanda | Não respondeu. |
| Estrela | Dalton acreditava que todos os átomos passavam pela folha de ouro Thomson foi lá e mostrou o contrário. |
| Materno | Não respondeu. |
| Municipal | Sim, porque o modelo de Thomson foi melhor que o de Dalton. |
| Júlio | Sim, porque Dalton definiu o átomo como uma esfera gelatinosa e Thomson como esfera rígida. |
| Sophia | O modelo de Dalton era uma esfera maciça, mas houve a descoberta do próton que ficava dentro da esfera então teve que ser substituído. |
| Satélite | Não. |
| Marcial | Sim, porque ele não foi equivalente para a Química. |
| Irmã | A que outras haviam sugerido modelo de ordem aparecimento dos modelos. Assim (ilegível) certas apresentado que (ilegível). |
| Gláucia | Não, porque Dalton foi como uma grande descoberta da química. |

Fonte: Elaborado pelo autor

Muitos alunos apresentarem uma troca conceitual, pois confundiram a comparação Dalton-Thomson com a Thomson-Rutherford, citando o experimento

com a folha de ouro, que é característico ponto de ruptura entre o modelo atômico proposto por Thomson e a nova proposta de átomo trazida por Rutherford. Ainda assim, é possível observar alguns pontos de destaque:

(...) porque o modelo de Thomson foi melhor que o de Dalton.”

O uso do termo “melhor” para justificar a substituição de um modelo científico por outro indica a ideia positivista de que modificações no conhecimento científico sempre ocorrem de forma linear e progressiva, em que os novos modelos e teorias são superiores aos antigos (Municipal).

(...) mas houve a descoberta do próton que ficava dentro da esfera então teve que ser substituído (Sophia)

A ideia apresentada pela aluna é que a modificação dos modelos é resultado de descobertas inovadoras e que tais descobertas promove, obrigatoriamente, a mudança de um modelo para outro. Tal inferência é possível devido ao uso do termo “teve que ser”, no final da resposta. Tal afirmação indica que não haveria outro caminho para a ciência naquele momento a não ser promover a substituição de um modelo por outro. Novamente é possível observar o viés positivista de que observações experimentais são o carro-chefe nas mudanças de teorias e modelos da ciência.

Quinta questão: essa questão pediu um desenho dos modelos atômicos de Dalton e Thomson. A intenção era apenas prepará-los para a questão que viria a seguir, por isso os desenhos só serão apresentados no momento da triangulação de dados, quando necessário.

Sexta questão: Geralmente os livros apresentam quatro modelos atômicos na seguinte ordem: Modelo de Dalton, Modelo de Thomson, Modelo de Rutherford e Modelo de Bohr. Essa é a ordem cronológica de aparecimento dos modelos. Na sua opinião, a principal razão para a substituição de um modelo por outro foi:

a) o aparecimento de equipamentos mais potentes, que possibilitaram descobrir novas características dos átomos.

b) o surgimento de cientistas cada vez mais capacitados e inteligentes, que foram responsáveis por descobrir diferentes características presentes nos átomos.

c) a ocorrência de novas evidências experimentais e fenômenos que não eram explicados pelo modelo atômico anterior.

d) o aumento no número de pesquisas sobre a estrutura da matéria, que levou à ocorrência de novas descobertas sobre o átomo.

Quadro 9: produção do conhecimento I (respostas)

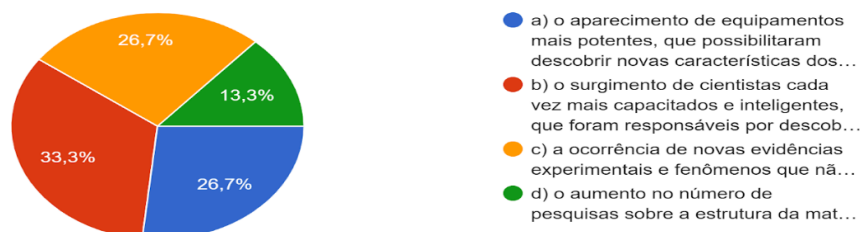
| SUJEITO | RESPOSTAS | | | |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|
| | A | B | C | D |
| Magali | | X | | |
| Morella | | X | | |
| Faísca | | | | X |
| Duarte | | | X | |
| Line | | | X | |
| Vanda | | | | X |
| Estrela | | | X | |
| Materno | X | | | |
| Municipal | X | | | |
| Júlio | X | | | |
| Sophia | | | X | |
| Satélite | | X | | |
| Marcial | X | | | |
| Irmã | | X | | |
| Gláucia | | X | | |
| SOMA | 4 | 5 | 4 | 2 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5: Gráfico das respostas à questão 6 do Questionário Inicial.

6. Geralmente os livros apresentam quatro modelos atômicos na seguinte ordem: Modelo de Dalton, Modelo de Th...tituição de um modelo por outro foi:

15 respostas



Fonte: o autor

Novamente houve uma dispersão dos dados nas respostas a essa questão. Pode-se observar pequena preferência pela opção B, enquanto as respostas A e C empatam na quantidade de adesões e a escolha da alternativa D foi preterida. Analisando sob o aspecto da alternativa que foi menos escolhida pelos estudantes (alternativa D), podem-se fazer algumas inferências. Essa opção sugere que fatores como o fomento à pesquisa (que levariam ao aumento no número de pesquisas sobre determinado tema) podem influenciar na modificação de uma teoria por outra. Entretanto, essa resposta foi a menos escolhida pelos alunos, o que pode sugerir que eles, em sua maioria, não acreditam que aumentar o número de pesquisas sobre um determinado tema seja relevante para as mudanças teóricas no meio científico. Em contraponto, a alternativa com maior adesão foi a B, que reserva ao potencial intelectual dos cientistas o maior mérito pelas mudanças de modelos e teorias. Em suma, pode-se sugerir que, diante das respostas a esse quesito, os alunos atribuam maior importância às características individuais dos cientistas nas rupturas da ciência do que a fatores externos.

Sétima questão: Na sua opinião, há a possibilidade de o modelo atômico que utilizamos atualmente na Química ser modificado? Justifique.

Quadro 10: produção do conhecimento II (respostas)

| SUJEITO | RESPOSTAS |
|---------|-----------|
| | |

| | |
|------------------|---|
| Magali | Sim, porque ele é feito espaços vazios. |
| Morella | Não respondeu. |
| Fáisca | Sim, porque quanto mais achar coisas novas ou razões erradas ele sempre vai passar por uma modificação ou evolução. |
| Duarte | Sim, a passa do tempo o modelo atômico vai ficando mas avançado do que antes e por isso na Química ser modifica. |
| Line | Sim, porque com o avanço da tecnologia pode fazer com que mais coisas "possa" ser descoberta. |
| Vanda | Não respondeu. |
| Estrela | Não, pois creio que já esteja tudo bem claro. |
| Materno | Não respondeu. |
| Municipal | Sim, com o aumento da tecnologia pode "vim" equipamentos mais potentes. |
| Júlio | Sim, porque a ciência evolui a cada dia. |
| Sophia | Sim, cada dia aparece mais tecnologia para que seja possível estudos mais e mais aprofundados sobre esse tema. |
| Satélite | Sim, pois poderá haver mudanças. |
| Marcial | Não, porque o modelo de hoje abrange os conhecimentos necessários sobre os átomos. |
| Irmã | Por (ilegível) conjunto de comparada Rutheford que (ilegível) essa é a ordem cronológica. |
| Gláucia | Não, porque o modelo atômico é uma representação ciência idêntica a uma realidade. |

Fonte: Elaborado pelo autor

Para essa pergunta:

- 08 alunos responderam "sim";
- 03 alunos responderam "não";
- 03 alunos não responderam;
- 01 aluno não respondeu "sim" ou "não"

É interessante notar que a maioria dos alunos considera a possibilidade de o modelo atual poder sofrer modificações ainda. Essa perspectiva se desconecta de uma visão acabada da ciência, na qual as teorias seriam estáveis e imutáveis, ligada à ideia positivista. Apenas três alunos consideram que o modelo atual é imutável.

Por outro lado, para aqueles que responderam “sim”, as justificativas dadas se alinham à perspectiva linear do conhecimento. O aluno Faísca responde: “Sim, porque quanto mais achar coisas novas ou razões erradas ele sempre vai passar por uma modificação ou evolução”. Essa fala retrata o pensamento positivista de que mudanças na ciência sempre ocorrem para corrigir erros, desconsiderando outros fatores que podem conduzir o processo. Podemos também observar a fala da aluna Line: “Sim, porque com o avanço da tecnologia pode fazer com que mais coisas "possa" ser descoberta.” Para ela, as mudanças na ciência são governadas pelo avanço da tecnologia. Aparentemente, há em sua fala o desconhecimento das inter-relações entre a tecnologia e o conhecimento científico, aproximando seu pensamento do viés positivista.

Oitava questão: Os três últimos cientistas estudados no ensino médio quando o tema é Modelos Atômicos tiveram uma relação bem próxima entre si: Rutheford foi aluno de Thomson, enquanto Bohr foi aluno de Rutheford. A história mostra que o modelo de Rutheford foi contra a proposta de Thomson, enquanto o modelo de Bohr também modificou o modelo de Rutheford. Você acha que as relações pessoais entre os cientistas citados podem ter influenciado os seus resultados científicos? Justifique.

Quadro 11: influência das relações interpessoais na ciência (respostas)

| SUJEITO | RESPOSTAS |
|----------------|---|
| Magali | Não, cada fez sua pesquisa diferente. Seu modo de pensar é diferente. |
| Morella | Não respondeu. |

| | |
|------------------|--|
| Fáisca | Não, porque cada um deles acharam coisas diferentes eles pensaram coisas diferentes nunca que um ser humano vai pensar do mesmo jeito que o outro pensa. |
| Duarte | Sim, porque as vez o aluno superar o seu mestre ou professor. Eles avançaram os modelos atômicos até chegar do mais específico. |
| Line | Não, pois as relações pessoais entre eles não tem nada a ver. |
| Vanda | Não respondeu. |
| Estrela | Sim, cada um tinha um modo diferente de pensar e com isso cada um tinha opinião própria. |
| Materno | Não respondeu. |
| Municipal | Sim, porque eles analisaram cada modelo e depois de alguma tempo chegaram no resultado. |
| Júlio | Sim, porque o pensamento de cada um dele sobre o modelo atômico muda. |
| Sophia | Não, eu acho que por eles terem se conhecido e possivelmente ter uma admiração um pelo outro incentivou eles estudarem mais sobre o assunto. |
| Satélite | Sim, pois todos não estão totalmente certos cada um foi em busca de uma nova resposta. |
| Marcial | Não, porque foram formas diferentes de ser estudado, isso altera o resultado final. |
| Irmã | idêntica a uma realidade pode que ser vista. |
| Gláucia | Sim, porque o modelo de Rutheford foi a proposta de Thomson. |

Fonte: Elaborado pelo autor

A história mostra que a relação de Rutheford e seu então aluno Niels Bohr foi, além de uma orientação científica, uma mentoria (STRATHERN, 1999). O objetivo dessa pergunta foi verificar se os alunos acreditam que as relações entre os cientistas, assim como ocorre com qualquer ser humano, inclusive eles mesmos, pode afetar suas opiniões e conseqüentemente suas propostas de modelos e teorias científicos. No entanto, não foi possível observar dentre as respostas dadas alguma que indicasse esse conhecimento. Apesar de vários

alunos terem respondido “sim”, suas justificativas para tanto centraram-se no trabalho científico em si ou em outros fatores intrapessoais, e não nas relações sociais entre os cientistas citados, como se pode observar na fala do aluno Municipal: “Sim, porque eles analisaram cada modelo e depois de algum tempo chegaram no resultado.”. Para ele, apesar de ter respondido “sim”, não foi demonstrada na justificativa como os fatores interpessoais poderiam influenciar a produção do conhecimento, mas sua fala restringiu-se a tocar nas questões intrapessoais dos cientistas, como pode ser observado nos trechos “eles analisaram cada modelo” e “chegaram no resultado”.

Esse dado sugere que os alunos desconhecem fatos que indiquem a influência das relações interpessoais na ciência.

5.1.2. Registros de Observação da Intervenção

Após o diagnóstico realizado com os questionários iniciais, teve início a intervenção. No primeiro encontro, os alunos assistiram a uma exposição sobre a história dos estudos sobre os fenômenos elétricos, culminando nas investigações sobre os raios catódicos e na proposta de Thomson para o átomo. Após essa apresentação, viram um vídeo sobre as mudanças propostas por Rutherford ao modelo de átomo, baseado no seu experimento com a folha de ouro. Ao final do vídeo, responderam a duas questões sobre a exposição:

- a. o trabalho científico é feito de forma individual ou colaborativa? Justifique.
- b. a ciência possui sempre as posições certas e definitivas sobre o mundo?

Essas respostas foram feitas na forma de debate e esse momento foi audiogravado. Alguns trechos serão aqui relatados e a transcrição completa pode ser encontrada no apêndice E.

A primeira pergunta realizada foi “o trabalho científico é feito de forma individual ou colaborativa? Justifique”. Ao realizar a pergunta, o primeiro aluno a colocar sua opinião foi Júlio:

Júlio: “Individual, porque para mim cada pessoa tem sua opinião.”

Quando perguntado sobre o trabalho colaborativo na ciência no questionário inicial, esse aluno também havia indicado pensar no trabalho

científico de forma individual. No entanto, ao seguirem com o debate, alguns alunos colocam posições diferentes, e têm algum consenso após o posicionamento de Municipal e Marcial:

Municipal: “Pode escolher os dois?”

Pesquisador: “Pode... diga por que?”

Municipal: “porque... assim...(inaudível) uma mente pode pensar mais... (inaudível). Parece ser meio a meio.”

Pesquisador: “duas mentes podem pensar mais do que uma?”

Municipal: “é.”

Marcial: “pode ser colaborativa, porque, para você pensar como Rutheford fez, para você ter uma tese bem planejada igual Rutheford tem, existem várias cabeças pensando na mesma amplitude do que ele fala, então assim... várias ideias ocorrem para que uma tese seja feita igual a dele.”

Após esse posicionamento, houve mais algumas falas reforçando o que foi dito sobre o trabalho colaborativo, levando a algum consenso sobre a forma como o trabalho científico se dá.

Segunda pergunta: a ciência possui sempre as posições certas e definitivas sobre o mundo?

De imediato, os alunos responderam: não! Seguiu-se então fala de Duarte: “Nenhuma teoria foi completa. Primeiro, como o senhor falou, antes de Dalton foi outro cientista e Dalton não propôs o átomo certo. Depois foi Thomson e Thomson também não conseguiu dizer como ele era completamente feito. Depois foi Rutheford e ele também não conseguiu... até o aluno dele (Bohr, não foi?) falar a teoria dele.”

O pesquisador então insiste:

Pesquisador: “Dalton, por exemplo, apresentava uma visão definitiva sobre o mundo?”

Alunos: “não.”

Pesquisador: “qual é a prova disso? o que aconteceu depois que prova que o modelo de Dalton não era o modelo final?”

Line: “veio surgindo outros novos modelos.”

Pesquisador: “vieram surgindo outros modelos, que vieram trazendo algumas modificações.”

Esse trecho de perguntas se encerra nesse momento. A intenção até aqui foi discutir junto aos estudantes alguns elementos da natureza da ciência presentes na visão consensual, como o caráter provisório do conhecimento, o papel das inferências, criatividade e imaginação na produção do conhecimento e a diversidade de métodos possíveis nessa construção (LEDERMAN et al., 2002).

Encerrando-se o ciclo de perguntas anterior, os alunos entram em contato com os fatos históricos que levaram às modificações no modelo de Rutherford para o átomo, principalmente com o advento do conceito de quantização, introduzido por Niels Bohr. Nesse momento, pretendeu-se discutir com os alunos como a proposta de Bohr foi um ponto de ruptura para aquilo que Kuhn (2013) chamou ciência normal, e qual foi a reação da comunidade científica a essa nova e revolucionária teoria. Ao final da apresentação dos slides, leram um texto acerca das turbulências causadas entre os principais físicos da época a partir da tese defendida por Bohr.

Após esse momento, uma pergunta é apresentada: “as ideias de Bohr foram aceitas tranquilamente pela comunidade científica?”. Os alunos responderam por escrito e, em seguida, realizaram a exposição oral de suas respostas ao grande grupo. As respostas escritas dos alunos a essa pergunta foram transcritas e podem ser vistas na íntegra no apêndice G.

Em suas respostas a essa questão, nenhum dos alunos considerou que as ideias de Bohr foram tranquilamente aceitas. Todos perceberam a efervescência causada por elas na comunidade científica. No entanto, eles consideraram que esse tumulto no meio científico se deu por fragilidades presentes na teoria de Bohr, e não a uma reação natural contra aquilo que se opõe ao paradigma vigente (KUHN, 2013). Alguns trechos dessas respostas chamaram atenção e serão citados a seguir, organizados em duas categorias.

a) Categoria 01: a proposta de Bohr é ilógica

Quadro 12: Respostas dos alunos na categoria 01

| ALUNO | TRECHO DA RESPOSTA |
|--------------|--|
| Sophia | “Não (...) acharam que a teoria dele era muito ilógica.” |

| | |
|-------|--|
| Júlio | “Não foram aceitas (...) ele não apenas desafiava as leis da física clássica, como também a lógica.” |
|-------|--|

Fonte: Elaborado pelo autor

Dois alunos citaram o fato de as ideias apresentadas por Bohr aparentarem “não ter lógica”. É provável que tenham observado isso porque o axioma proposto por Bohr para explicar o comportamento do elétron na eletrosfera não partiu de uma evidência experimental, mas foi apenas assumido como pressuposto teórico válido e fundamentou o desenvolvimento de sua tese. Acostumados à perspectiva positivista da ciência como produto de fatos experimentais, a proposta de Bohr parece “não ter lógica”.

b) Categoria 02. a proposta de Bohr não tem fundamento

Quadro 13: respostas dos alunos na categoria 02

| ALUNO | TRECHO DA RESPOSTA |
|---------|---|
| Line | “Não! Pois as ideias de Bohr não <i>foram estudadas</i> por ele, apenas questionou sem ter ideias de como seria. (...)” |
| Marcial | “A ideia de Bohr não foi muito bem aceita pelos cientistas porque era baseada numa tese instável.” |
| Estrela | “Não, pois a ideia dele estava sem fundamento científico, ele não pesquisou, apenas falou.” |

Fonte: Elaborado pelo autor

Para esses alunos, o trabalho desenvolvido por Bohr aparentava não ter acontecido com uma investigação apropriada. A tônica de suas afirmações indica que eles concebem a pesquisa realizada por Bohr como frágil ou sem o aprofundamento necessário, como é possível observar na fala de Estrela: “(...) ele não pesquisou, apenas falou”. Aparentemente, eles não consideram a pesquisa de Bohr como científica, mas como uma proposta pouco racional e sem fundamentação teórica.

Essa visão está de acordo com o resultado encontrado no levantamento das concepções iniciais, em que foi possível observar a aproximação da visão dos alunos ao viés positivista. De acordo com essa perspectiva, um conhecimento produzido sem fatos experimentais ou forte bagagem teórica não é confiável, assim como foi a teoria de Bohr, uma vez que se baseou em um

princípio ainda não observado empiricamente: a quantização. Por isso, a primeira reação dos alunos para justificar a confusão ocorrida na comunidade científica foi indicar que a proposta de Bohr não tinha os argumentos suficientes para convencê-los, mas não indicaram que essa desordem estava ocorrendo devido à revolução científica (KUHN, 2013) que estava iniciando.

Após responderem por escrito à questão sobre a aceitação das ideias de Bohr pelos cientistas, o pesquisador propôs um momento em que os alunos expuseram suas ideias oralmente ao grande grupo. Esse momento foi audiogravado e a transcrição pode ser acessada no apêndice F.

Nos quatro primeiros minutos, o pesquisador procurou lembrá-los de qual era o problema do modelo atômico de Rutheford e qual foi a resposta de Bohr a essa questão. Próximo do quarto minuto de discussão, os alunos já haviam lembrado da dificuldade de Rutheford em explicar a estabilidade da eletrosfera e então Duarte, citando Bohr, afirma: “ele propôs que o elétron não obedecia às leis da física”. Registraremos aqui o diálogo que se seguiu:

Pesquisador: “ele tinha algum fundamento para afirmar isso... algum experimento?”

Duarte: “não... ele não estudava... ele era mais daqueles que fazia os experimentos dele no quadro, e não pessoalmente.”

A conversa continua. Alguns minutos depois, o pesquisador conduz a discussão a questões mais específicas da natureza da ciência, como a infalibilidade do conhecimento científico. O pesquisador vai perguntar sobre o uso do termo “cientificamente comprovado” para suscitar nos alunos questionamentos sobre a natureza do conhecimento científico. Esse ponto será exposto a seguir:

Pesquisador: “vocês já ouviram falar (...) por exemplo, o *cara* vai fazer a propaganda de um shampoo... ah, esse shampoo... é cientificamente comprovado que ele não faz mal ao couro cabeludo...?”

Duarte: “ah... direto!”

Pesquisador: “já ouviram esse termo ‘cientificamente comprovado’?”

Alunos: “já... já.”

Pesquisador: “vocês acham que uma coisa que é cientificamente comprovada... a gente pode ter 100% de certeza que ela está certa e não vai errar?”

Júlio: “não.”

Pesquisador: “Por que?”

Júlio: “porque cada corpo reage de uma forma.”

Pesquisador: “cada corpo reage de uma forma...?”

Júlio: “é.”

Marcial: “você tira por exemplo os medicamentos... por mais que eles sejam... cientificamente comprovado que eles fazem bem à saúde... tem pessoas que vão ter reação alérgica àquilo.”

Pesquisador: “certo.”

Marcial: “então... ou seja... tudo é um fator de estudo. Não é só porque é cientificamente comprovado que os caras chegaram, estudaram aquilo ali e que todo mundo vai acreditar ou vai chegar e usar aquilo... como se fosse a última maravilha.”

Pesquisador: “certo... que mais?”

O pesquisador então insiste nos questionamentos para observar se posições diferentes se apresentam. Isso não acontece, conforme observado no diálogo abaixo:

Pesquisador: “a ciência sempre acerta?”

Alunos: “não.”

Pesquisador: “não, né... a ciência nem sempre acerta. Então quando eu digo que algo foi provado cientificamente... a ciência sempre acerta?”

Alunos: “não.”

Pesquisador: “não, né... nem sempre acerta. Aí foi provado cientificamente.”

Duarte: “mas eles falam isso para as pessoas *comprar*.”

Pesquisador: “aham...”

Duarte: “mas nem tudo que eles falam que é prova não é nem comprovado... às vezes eles usam a propaganda para ter mais lucro para eles mesmos.”

Pesquisador: “deixa eu fazer uma pergunta... se a ciência nem sempre acerta, como vocês estão dizendo... ela vai conseguir comprovar alguma coisa com 100% de certeza?”

Alunos: “não.”

Pesquisador: “porque ela pode o que...?”

Alunos: “errar.”

Pesquisador: “ela pode errar. Então, como Duarte falou... às vezes se faz isso e às vezes não. Quase sempre se faz isso porque quer vender. Não é assim? Mas... dizer que é provado cientificamente...”.

É interessante perceber que os alunos discordam que a ciência sempre acerte, mas não questionam a natureza do conhecimento científico. Ao serem perguntados sobre o *porquê* de a ciência nem sempre acertar, eles levantam fatores diversos que às vezes não são previstos pelos cientistas, como reações adversas de medicamentos no organismo e que não foram previstas na bula, por exemplo. Uma visão contemporânea da natureza da ciência seria capaz de indicar que a ciência não tem posições definitivas sobre o mundo porque isso não estaria ao seu alcance, uma vez que o conhecimento, mesmo o científico, é mutável e relativo (no sentido mais geral e filosófico). As respostas dos alunos nesses trechos indicam ainda ligações de suas concepções com a perspectiva positivista da ciência.

5.3. Análise das concepções finais dos estudantes

A análise das concepções finais dos estudantes foi feita de forma comparativa entre as respostas iniciais e finais do VOSTS. Essa comparação vai ser demonstrada a seguir.

É válido aqui notar que os demais instrumentos utilizados (o questionário autoral e os registros de observação e audiogravação) indicaram uma aproximação das concepções dos estudantes com a perspectiva positivista, conforme proposto por Halfpenny (1982). Os parágrafos que seguem farão, portanto, a comparação entre as respostas dos estudantes ao VOSTS de modo a confirmar ou refutar essa informação, bem como a verificar uma possível resignificação dessas concepções após o contato com os eventos descritos acima.

Para realizar a discussão, separaremos as respostas iniciais e finais dos estudantes pelas categorias de análise citadas no quadro 3, no capítulo sobre a metodologia. Todas as seis categorias de análise apresentarão em sua

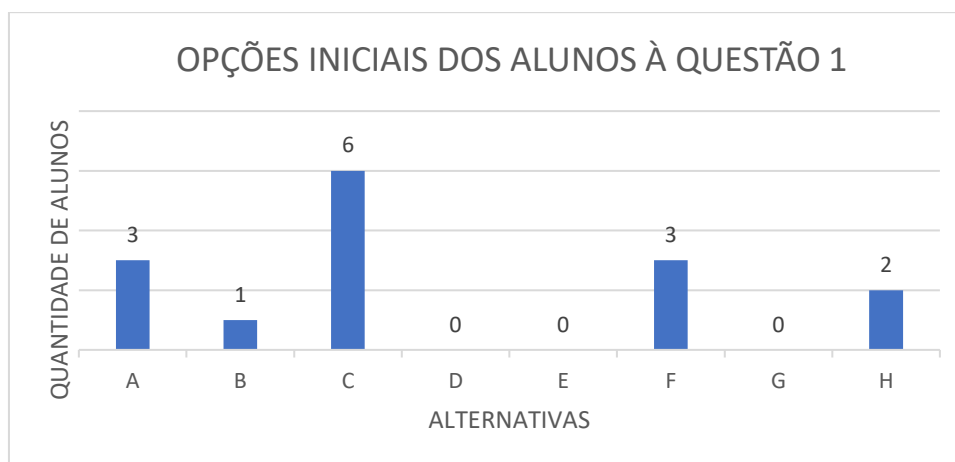
discussão um gráfico contendo a distribuição das respostas dos estudantes e um quadro contendo apenas as alternativas com relevância quando comparadas as repostas iniciais e finais. Essa relevância foi definida por dois critérios: (1) alto número de adesões no início ou no fim e / ou (2) alta variação na quantidade de adesões quando comparadas as respostas iniciais e finais. Com esse quadro, pretendemos observar quais aspectos epistemológicos apareceram nas opções iniciais e finais dos estudantes.

5.3.1. Definição de Ciência

Para a primeira questão, os estudantes escolheram preferencialmente a alternativa F do questionário, que somou seis respostas. Em seguida vieram empatadas A e F com três adesões. As respostas dos quinze estudantes estão representadas no gráfico da figura 6. A redação do enunciado da primeira pergunta está no parágrafo que segue.

Primeira questão: Definir Ciência é difícil porque é uma atividade complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é:

Figura 6: Respostas iniciais dos estudantes à primeira questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

A alternativa com mais adesões está indicada no quadro abaixo:

Quadro 14: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)

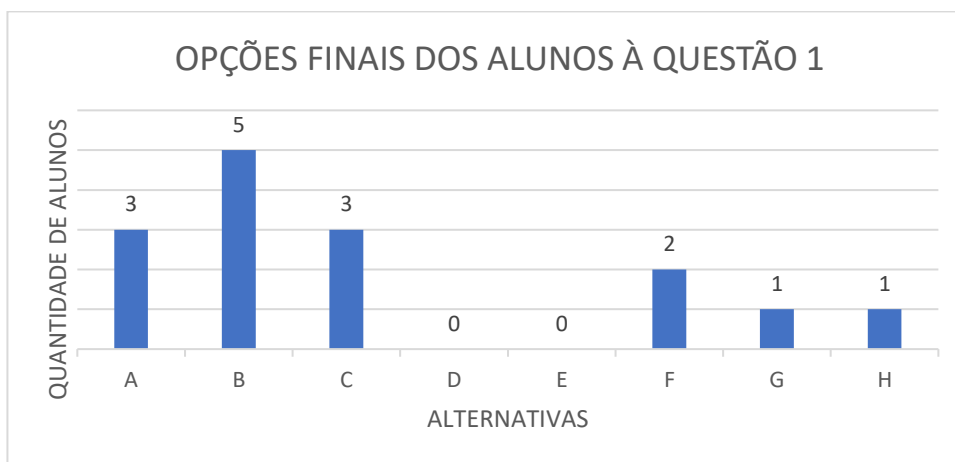
| ALTERNATIVA | Nº DE OPÇÕES | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|---|--------------|------------------------|
| C. Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam. | 06 | Independente |

Fonte: Elaborado pelo autor

Para essa alternativa não foi identificado nenhum aspecto epistemológico dentre os listados por Halfpenny (1982) e Lederman et al. (2002). No entanto, a leitura do que está posto em “C” indica que os alunos concebem ciência como uma forma de descobrir coisas no universo, e a alternativa não faz alusão a nenhum princípio listado pela visão consensual, como o caráter coletivo / social da ciência ou a influência da subjetividade do pesquisador na construção do conhecimento (LEDERMAN et al., 2002).

A análise das respostas finais ao questionário revela elementos importantes, ilustrados no gráfico e na imagem a seguir.

Figura 7: Respostas finais dos estudantes à primeira questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

Ao comparar as respostas iniciais e finais dos alunos a essa questão, nota-se um aumento considerável das opções pela alternativa “B”, uma diminuição nas adesões a “C” (a mais optada no início) e uma das respostas sem adesões iniciais foi assinalada ao final, a “G”.

Quadro 15: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo)

| ALTERNATIVA | Nº DE OPÇÕES | | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|---|--------------|-------|--|
| | Início | Final | |
| B. Um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida). | 01 | 05 | Perspectiva positivista (aspecto iii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico]; |
| C. Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam. | 06 | 03 | Independente |
| G. Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que têm idéias e técnicas para descobrir novos conhecimentos. | 00 | 01 | Visão consensual (aspecto vi): produzido dentro de um contexto social e cultural; |

Fonte: Elaborado pelo autor

O aumento nas adesões por B indica, epistemologicamente, uma migração para uma alternativa conectada à visão positivista. No entanto, é possível que esse aumento de adesões também se deva à presença de termos como “princípios, teorias e leis” na alternativa B, bem como à proposta de que eles apresentam concepções para matéria e energia. Sendo o modelo atômico oriundo de uma teoria sobre a estrutura da matéria, na qual as trocas de energia são ponto fundamental, é possível que os estudantes tenham feito essa associação, sem representar, entretanto, uma mudança epistemológica em suas concepções de NdC.

Um outro ponto de destaque nas repostas a essa questão foi a opção de um dos estudantes pela alternativa G, que não havia recebido nenhuma adesão inicialmente. O aluno que assinalou essa opção foi o Faísca, que tinha, inicialmente, optado por “C”.

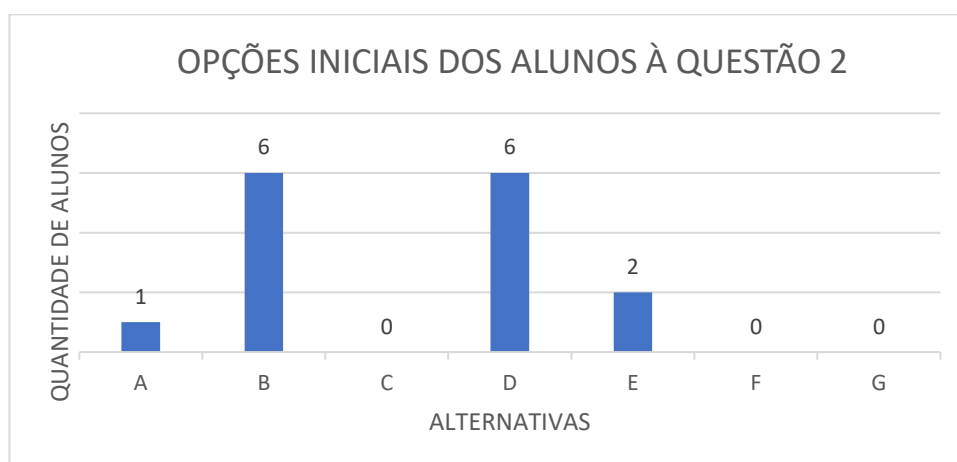
Esse é um tópico relevante na análise, pois sinaliza que esse aluno passou a considerar o caráter social da ciência, conforme proposto por Kuhn (2013). A opção desse estudante faz emergir da pesquisa traços de uma ressignificação de suas concepções de NdC para aquelas mais próximas da proposta pela epistemologia contemporânea, em que a ciência é percebida como uma instituição social, na qual uma comunidade humana trabalha em torno de um paradigma e produz conhecimento que deve ser validado por seus pares.

5.3.2. Natureza do Conhecimento Científico

A segunda questão do questionário versa sobre a natureza do conhecimento científico. A pergunta central é se esse tipo de saber é *descoberto* ou *inventado* pelo sujeito. Por trás destes dois termos estão diferentes perspectivas epistemológicas. O sujeito que concebe o conhecimento científico como “descoberto”, vê que ele já estava pronto no mundo natural e o trabalho do pesquisador seria apenas o de “encontrá-lo”. Por outro lado, aquele que o percebe como “inventado”, admite que o sujeito, no ato da pesquisa científica, *constrói* o conhecimento. A redação do enunciado está no parágrafo que segue.

Segunda questão: para esta questão, considere que o garimpeiro “descobre” o ouro e que o artista “inventa” a escultura. Algumas pessoas acham que os cientistas descobrem as teorias científicas. Outras, que os cientistas inventam as teorias científicas. Qual a sua opinião sobre o assunto?

Figura 8: Respostas iniciais dos estudantes à segunda questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se, portanto, que seis estudantes (40% do total) optam por B, enquanto outros seis por D:

Quadro 16: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)

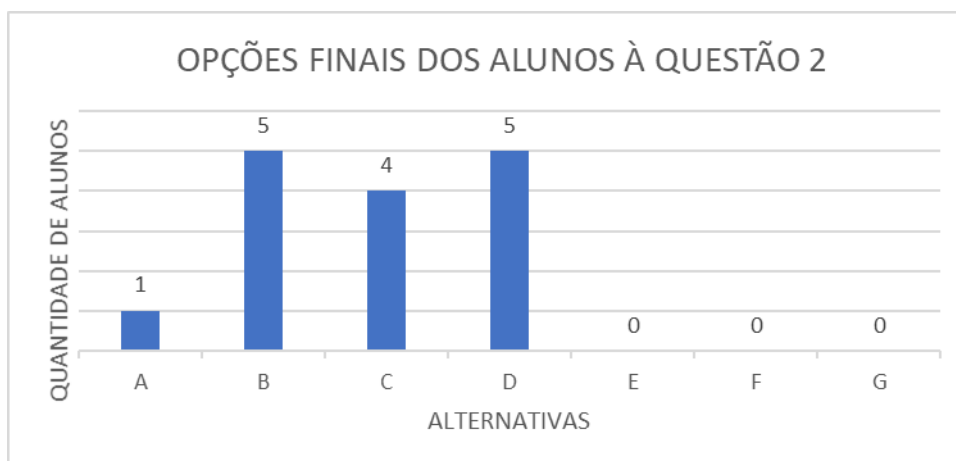
| ALTERNATIVA | Nº DE OPÇÕES | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|--|--------------|--|
| B. Porque a teoria científica é baseada em fatos experimentais | 06 | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |
| D. Alguns cientistas podem tropeçar numa teoria por acaso, descobrindo-a. Mas outros cientistas podem inventar teorias a partir de fatos que eles já conhecem. | 06 | Visão consensual (aspecto iv): parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; |

Fonte: Elaborado pelo autor

A opção por B representa um alinhamento com a perspectiva positivista de ciência (HALFPENNY, 1982; LACERDA; 2009). Por outro lado, a alternativa D indica uma aproximação com a visão epistemológica consensual (LEDERMAN et al., 2002). É possível, pois, concluir que os alunos se dividiram epistemologicamente nas respostas iniciais.

As respostas finais apresentaram o seguinte desenho:

Figura 9: Respostas finais dos estudantes à segunda questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

A alternativa C, que inicialmente não havia recebido opções, passa a ter quatro ao final. Essa resposta considera que os cientistas “inventam” os métodos para a produção do conhecimento. Esse é um ponto considerável, pois ressalta a influência subjetiva do pesquisador ao propor métodos para obter o conhecimento, conectando-se assim ao elemento subjetividade do conhecimento científico, próprio de uma perspectiva epistemológica, conforme apontado pela visão consensual (LEDERMAN et al., 2002) e representada no quadro a seguir:

Quadro 17: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo)

| ALTERNATIVA | Nº DE OPÇÕES | | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|--|--------------|-------|---|
| | Início | Final | |
| C. Mas os cientistas inventam métodos para encontrar as teorias. | 00 | 04 | Visão consensual (aspecto iv): parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; |

Fonte: Elaborado pelo autor

Ressalta-se aqui também que essa foi uma característica marcante no tema trabalhado na intervenção pedagógica: ao propor sua teoria, Bohr não hesitou em abrir mão do método clássico de se tentar resolver o problema da instabilidade eletrônico e fez uso da criatividade para solucionar o problema,

baseando-se no princípio da quantização de energia, uma ideia ainda não validada pela comunidade científica.

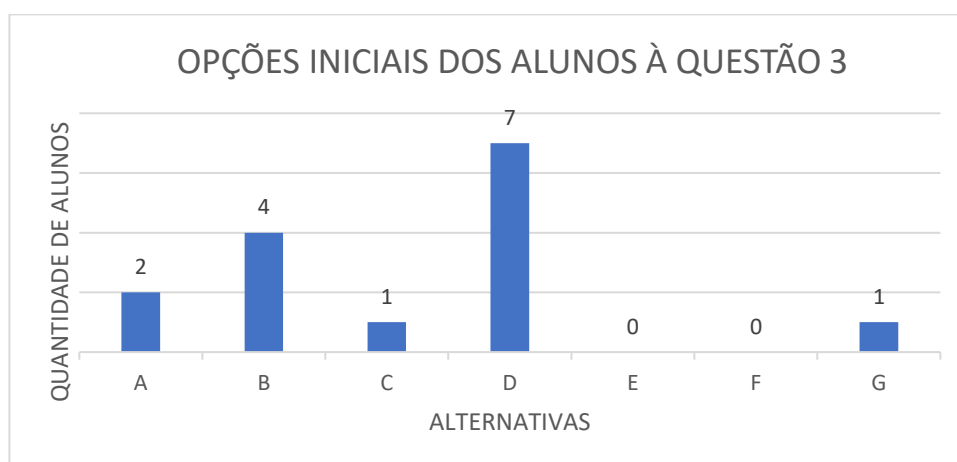
Destaca-se ainda a minimização da distorção “rígida” do conhecimento científico proposta por Pérez et al. (2001). Segundo eles, essa visão deformada enxerga a ciência como fruto de um método rígido e infalível. Ao considerar que os cientistas podem “inventar métodos”, os estudantes passam a perceber a produção do conhecimento científico como flexível e dinâmica.

5.3.3. Natureza dos Modelos Científicos

Para essa questão os alunos deveriam responder se os modelos científicos são ou não cópias da realidade. As alternativas complementavam duas possibilidades: “os modelos científicos SÃO cópias da realidade” ou “os modelos científicos NÃO SÃO cópias da realidade”. As opções A, B e C complementam a primeira frase, a D considera que os modelos se aproximam de ser cópias da realidade e E, F e G complementam a segunda frase. O enunciado está no parágrafo que segue.

Terceira questão: Muitos modelos científicos usados em laboratórios de pesquisa (tais como o modelo do neurônio, DNA, ou do átomo) são cópias da realidade.

Figura 10: Respostas iniciais dos estudantes à terceira questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

A maior parte dos estudantes escolheu inicialmente a opção D:

Quadro 18: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)

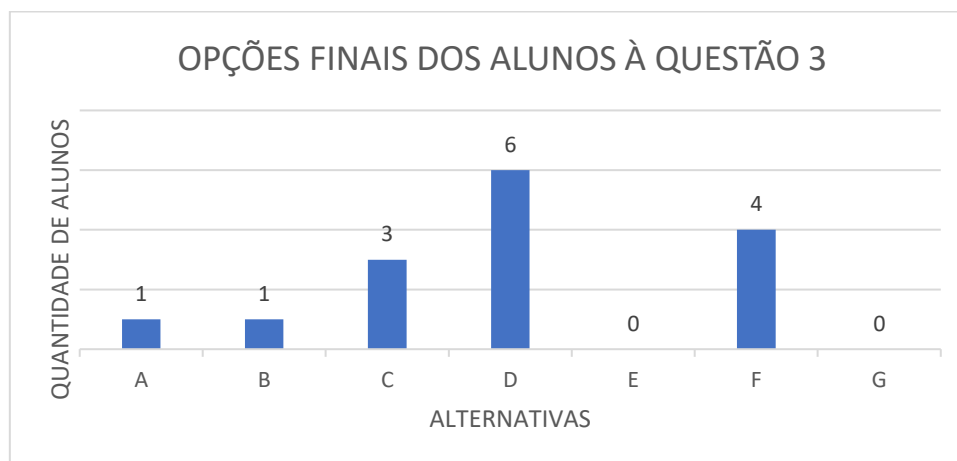
| ALTERNATIVA | Nº DE OPÇÕES | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|--|--------------|--|
| D. Os modelos científicos aproximam-se de ser cópias da realidade, porque eles são baseados em observações científicas e pesquisa. | 07 | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |

Fonte: Elaborado pelo autor

Novamente as respostas aproximam-se de uma visão positivista da ciência. Para a maioria dos alunos, de acordo com as respostas a esse item, os modelos científicos são cópias da realidade, porque, de uma forma ou de outra, traduzem algo que está pronto para ser descoberto ou observado, conforme apontado por Halfpenny (1982) e registrado no quadro acima. Interessante notar que as duas alternativas mais escolhidas indicam a importância dos resultados experimentais para “comprovar” que os modelos científicos são cópias da realidade, segundo os estudantes que participaram da pesquisa, pois a alternativa “B” (segunda mais aderida) afirma: “Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros”.

Após a intervenção, entretanto, pode-se observar uma notável mudança nas concepções dos alunos:

Figura 11: Respostas finais dos estudantes à terceira questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

As novas respostas apontam na direção de considerar que os modelos não são cópias da realidade:

Quadro 19: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo)

| ALTERNATIVA | N° DE OPÇÕES | | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|---|--------------|-------|--|
| | Início | Final | |
| B. Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros. | 04 | 01 | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |
| F. Porque eles mudam com o tempo e de acordo com o estado de nosso conhecimento, da mesma forma que as teorias. | 00 | 04 | Visão consensual (aspecto i): (i) provisório; |

Fonte: Elaborado pelo autor

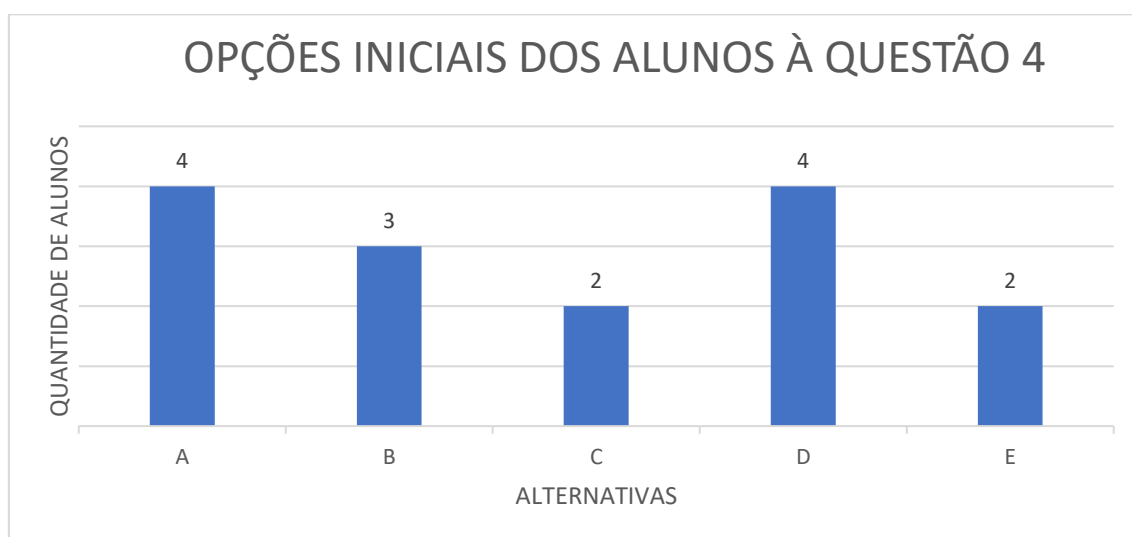
Esse é um indicativo de mudanças epistemológicas nas visões dos alunos: enquanto a alternativa B, que teve decréscimo, está intimamente ligada à perspectiva positivista (HALFPENNY, 1982) e do realismo ingênuo (NADEAU e DESAUTELS, 1984 apud AIKENHEAD e RYAN, 1992b), a alternativa F, que teve acréscimo, está ligada a visões mais sofisticadas de NdC indicadas na visão consensual (LEDERMAN et al., 2002) quando propõe que os modelos dependem de nosso estado de conhecimento sobre o tema em questão. Essa é uma concepção intimamente ligada ao desenvolvimento dos estudos sobre os modelos para o átomo, uma vez que ele apresenta as mudanças de modelo no decorrer dos anos, e foi discutida durante a intervenção pela apresentação dos eventos históricos sobre o tema.

5.3.4. Método Científico

A quarta questão aplicada investigou as concepções dos estudantes acerca do método científico. A esse respeito, os estudantes podem conceber apenas uma forma de produzir conhecimento, que seria o método científico rígido, ou considerar que os cientistas usam da criatividade e imaginação para obter os resultados que precisam. Enquanto a primeira concepção se liga à perspectiva positivista (HALFPENNY, 1982; LACERDA; 2009), a segunda apresenta elementos da contemporânea segundo a visão consensual (LEDERMAN et al., 2002), ressaltando o elemento subjetividade na produção do conhecimento. O enunciado da questão está no parágrafo que segue.

Quarta questão: os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do modelo científico.

Figura 12: Respostas iniciais dos estudantes à quarta questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

As duas alternativas com maiores adesões foram “A” e “D”, cujos aspectos epistemológicos estão no quadro abaixo:

Quadro 20: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)

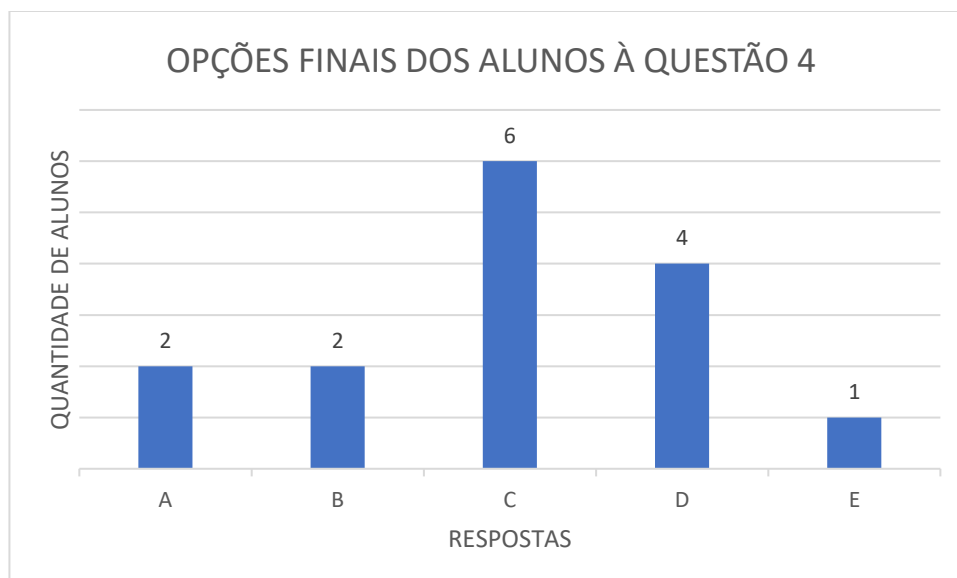
| ALTERNATIVA | Nº DE OPÇÕES | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|--|--------------|--|
| A. O modelo científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria dos cientistas segue os passos do modelo científico. | 04 | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |
| D. Os melhores cientistas são aqueles que usam qualquer método que possa fornecer resultados favoráveis (incluindo o método da imaginação e criatividade). | 04 | Visão consensual (aspecto iv): parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; |

Fonte: Elaborado pelo autor

Pelo quadro percebemos uma divisão epistemológica entre os estudantes nas repostas iniciais. Enquanto quatro têm concebem o método científico como rígido e confiável - perspectiva positivista segundo Halfpenny (1982) -, outros quatro consideram que os cientistas podem usar métodos diversos, incluindo o uso da criatividade e imaginação – visão consensual segundo Lederman et al. (2002).

O gráfico observado na primeira aplicação é alterado nas respostas finais dos estudantes, como ilustrado a seguir:

Figura 13: Respostas finais dos estudantes à quarta questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

Os dois maiores pontos de mudança para a quarta questão foram nas alternativas A e C: houve duas adesões a menos na alternativa A e quatro opções a mais na C. Essa mudança também está representada no quadro a seguir:

Quadro 21: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo)

| ALTERNATIVA | N° DE OPÇÕES | | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|--|--------------|-------|--|
| | Início | Final | |
| A. O modelo científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria dos cientistas segue os passos do modelo científico. | 04 | 02 | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |
| C. O modelo científico é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados. Portanto, os melhores cientistas | 02 | 06 | Visão consensual (aspecto iv): |

| | | | |
|--|--|--|--|
| também usarão também originalidade e criatividade. | | | parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; |
|--|--|--|--|

Fonte: Elaborado pelo autor

O enunciado de A propõe que a melhor forma de produção do conhecimento científico é seguindo os passos rígidos do método científico, visão ligada à distorção “rígida” de Pérez et al. (2001), enquanto a afirmativa de C faz referência tanto aos passos propostos quanto à necessidade de acionar a criatividade e originalidade dos cientistas na produção do conhecimento.

O que está proposto em C está mais próximo das visões contemporâneas de ciência, uma vez que evoca os elementos ‘originalidade’ e ‘criatividade’, próprios da percepção de subjetividade sobre a produção do conhecimento científico e presentes no aspecto iv da visão consensual apontada por Lederman et al. (2002). Tal visão se opõe à perspectiva positivista de ciência, em que o pesquisador pode (e deve) isentar suas pesquisas de qualquer elemento subjetivo, tornando-se neutro em relação ao seu objeto de estudo. Nessa perspectiva, o cientista não influencia em nenhum grau o conhecimento que produz, pois ele emerge dos dados de sua pesquisa (visão empirista, já citada anteriormente).

Portanto, é possível verificar uma mudança nas visões dos alunos acerca da natureza da ciência no que diz respeito ao uso do método científico e às formas diversas de produção do conhecimento: saindo da perspectiva rígida e passando a considerar os fatores subjetivos. Os resultados, portanto, sugerem que os alunos começaram a demonstrar aspectos da visão consensual após o contato com os eventos de história da ciência apresentados na intervenção.

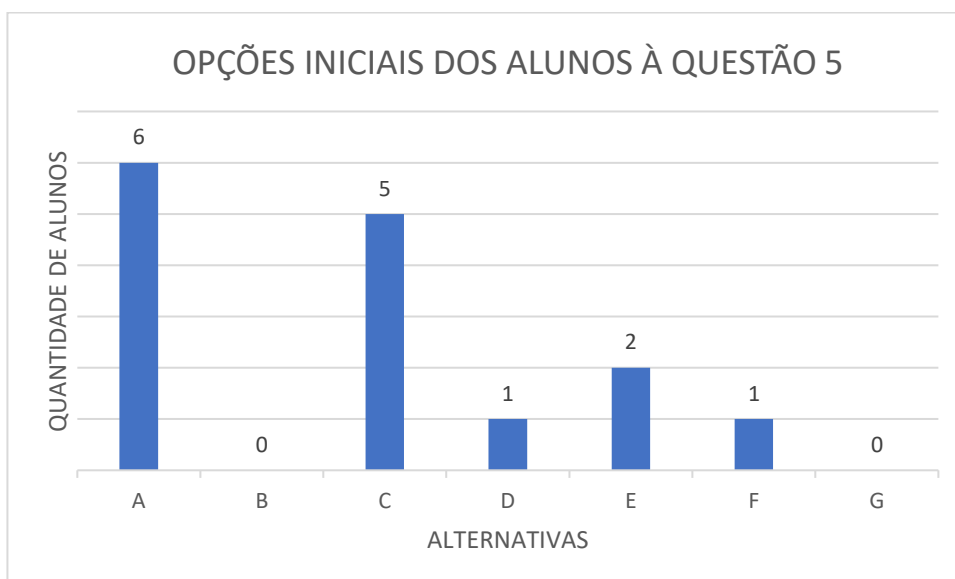
5.3.5. Importância do Consenso na Ciência

Nesse quesito, os estudantes deveriam decidir entre a necessidade ou não de haver consenso na publicação de uma teoria científica. Para tanto, as alternativas complementam duas possibilidades de frase: “Os cientistas que

propõem uma nova teoria devem convencer outros cientistas” e “Os cientistas que propõem uma nova teoria NÃO devem convencer outros cientistas”. Complementando a primeira frase estão as alternativas A, B e C e complementando a segunda D, E e F. O enunciado está no parágrafo que segue, e abaixo a distribuição das respostas.

Quinta questão: Quando uma nova teoria científica é proposta, os cientistas devem decidir se a aceitam ou não. Os cientistas tomam suas decisões por consenso; isto é, os proponentes da teoria devem convencer a grande maioria dos colegas cientistas a acreditar na nova teoria.

Figura 14: Respostas iniciais dos estudantes à quinta questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

A maior parte das respostas se concentra entre A e C:

Quadro 22: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)

| ALTERNATIVA | Nº DE OPÇÕES | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|--|--------------|--|
| A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira. | 06 | Perspectiva positivista (aspecto iii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance |

| | | |
|---|----|---|
| | | que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico]; |
| C. Porque quando vários cientistas discutem uma teoria e suas novas ideias, eles provavelmente irão revisá-la ou atualizá-la. Em resumo; para atingir um consenso, os cientistas tornam as teorias mais precisas. | 05 | Independente |

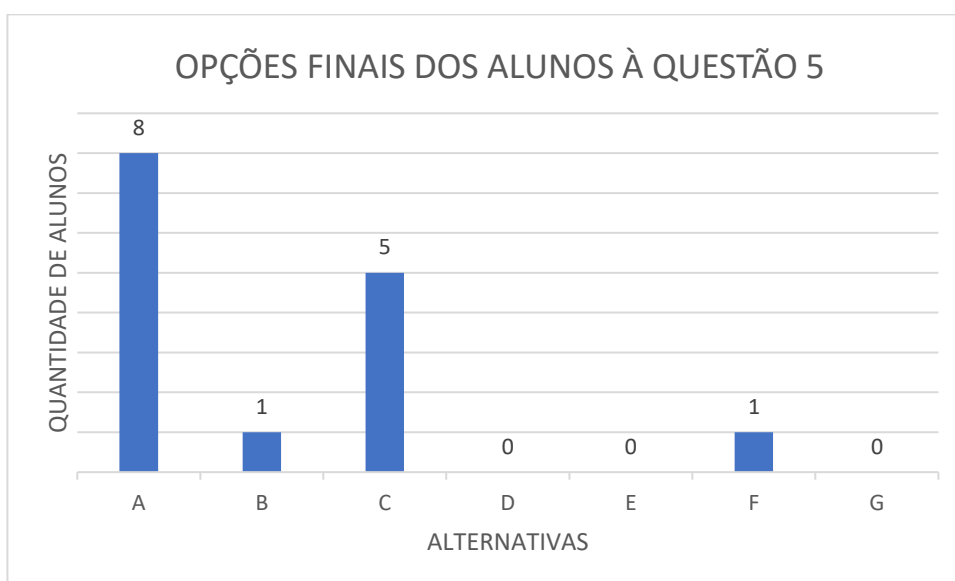
Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo elas, os alunos acreditam que deve haver algum grau de consenso na produção do conhecimento científico e que os cientistas devem provar as teorias que propõem uns aos outros. Entre as duas alternativas mais escolhidas, a A teve uma marcação a mais. Essa opção sugere que é possível apresentar evidências conclusivas acerca de um fenômeno por meio da experimentação, de forma a convencer a comunidade científica. Esse tipo de pensamento foi o que Nadeau e Desautels (1984) citado por Aikenhead e Ryan (1992) chamaram experimentalismo crédulo, uma ideia ligada à perspectiva indutivista, que seria a noção de que a realização de experimentos bem planejados e repetidos pode conduzir o cientista à produção de provas irrefutáveis sobre determinada pesquisa. Essa é uma visão conectada ao terceiro aspecto positivista de Halfpenny (1982).

É possível perceber nessa escolha dos estudantes a aproximação com uma das sete visões distorcidas da ciência apresentada por Pérez et al. (2001): a empírico-indutivista. Os alunos parecem acreditar que a repetição de experimentos com resultados semelhantes é condição suficiente para se chegar à verdade científica.

A segunda aplicação do questionário apresentou os dados representados no gráfico a seguir:

Figura 15: Respostas finais dos estudantes à quinta questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

Na análise da quinta questão, é possível perceber o aumento de dois estudantes optando pela alternativa A e a diminuição de outros dois na alternativa E:

Quadro 23: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo)

| ALTERNATIVA | Nº DE OPÇÕES | | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|--|--------------|-------|---|
| | Início | Final | |
| A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira. | 06 | 08 | <p>Perspectiva positivista (aspecto iii):</p> <p>é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico];</p> |

| | | | |
|---|----|----|---|
| E. Porque os cientistas, enquanto indivíduos, decidirão por eles mesmos se usam ou não aquela teoria. | 02 | 00 | Visão consensual (aspectos iv e vii): (iv) parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação; (vii) baseado em uma diversidade de métodos; |
|---|----|----|---|

Fonte: Elaborado pelo autor

Esse foi um dado não esperado inicialmente, pois vai no sentido de uma perspectiva mais positivista sobre a natureza da ciência, conforme indicado no quadro 23, uma vez que alternativa “A” se conecta ao terceiro aspecto proposto por Halfpenny (1982) e a “E”, que teve diminuição no número de adesões, se conecta à visão consensual (LEDERMAN et al., 2002).

No entanto, podemos aqui destacar que elas vão no sentido de considerar a necessidade de os cientistas entrarem em consenso na produção do conhecimento científico, pois a primeira admite que os propositores de uma nova teoria *devem convencer* seus pares a esse respeito. Esse foi um fato relevante na formulação da teoria de Bohr, uma vez que ele mesmo precisou se empenhar nesse convencimento: inicialmente seu mentor, Ernest Rutheford, que ofereceu resistência para acreditar em sua proposta e, em seguida, a comunidade científica da época, que reagiu ferverosamente à teoria (STRATHERN, 1999).

A intervenção evidenciou a capacidade de argumentação de Bohr ao propor seu modelo para o átomo e sua teoria sobre a estrutura da matéria para a comunidade científica. É possível que essa tenha sido a percepção dos alunos ao mudarem de opinião.

O consenso na produção do conhecimento científico foi apontado por Kuhn (2013) ao escrever sobre a comunidade científica. Para ele, os resultados de pesquisas precisam ser validados pelos pares dentro do paradigma científico vigente em determinado período de ciência normal. Esse foi um dos grandes desafios de Bohr ao publicar sua tese de doutorado, porque as bases de sua teoria não estavam em consonância com o paradigma da Física Clássica e, assim, provocou violenta reação dos cientistas mais conservadores. Para Kuhn,

a força de convencimento de Bohr esteve na maior precisão quantitativa que sua teoria apresentava frente à proposta pela Física Clássica (KUHN, 2013, p. 150).

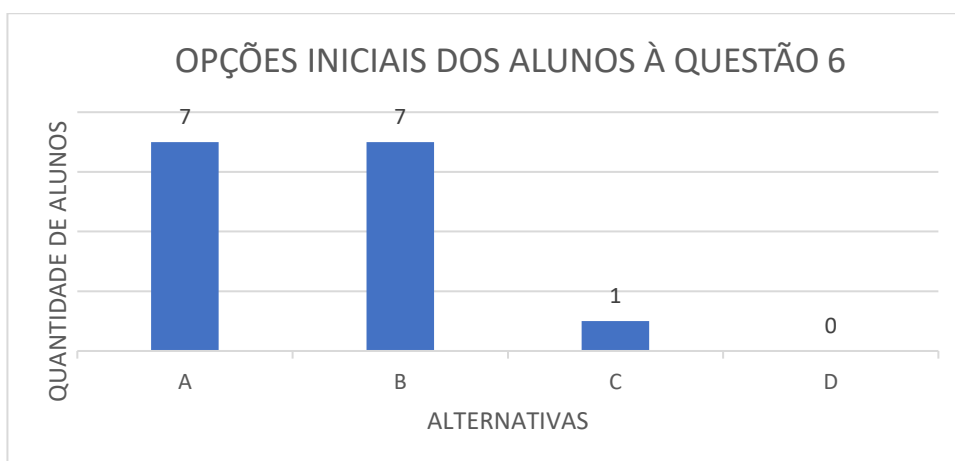
Na resposta a essa questão, portanto, os alunos sinalizaram uma maior percepção da necessidade de convencimento, inerente ao trabalho científico. No entanto, fizeram isso optando por uma resposta mais próxima da perspectiva positivista, uma vez que considera a possibilidade de se obter evidências conclusivas por meio da experimentação científica.

5.3.6. Produção do Conhecimento

Nesse quesito, os estudantes deveriam indicar se o conhecimento científico produzido muda ou apenas parece mudar com a observação de novas evidências. Diferentes concepções epistemológicas estão presentes entre as alternativas e serão discutidas na exposição dos dados. O enunciado está no parágrafo que segue e, abaixo, a distribuição das respostas.

Sexta questão: Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem a partir destas investigações pode mudar no futuro...

Figura 16: Respostas iniciais dos estudantes à sexta questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

Para essa pergunta, quase 100% dos estudantes assinalaram A ou B (93,4%):

Quadro 24: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (início)

| ALTERNATIVA | Nº DE OPÇÕES | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|--|--------------|---|
| A. Porque os novos cientistas refutam as teorias ou descobertas de velhos cientistas. Os cientistas fazem isto usando novas técnicas e instrumentos aperfeiçoados, através do domínio de novos fatores ou através da detecção de erros na investigação original "correta". | 07 | Visão consensual (aspecto i): provisório; |
| B. Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar. | 07 | Visão consensual (aspecto i): provisório; |

Fonte: Elaborado pelo autor

A opção A relaciona-se com a teoria falsificacionista de Popper (POPPER, 2001), evidenciando o carácter provisório do conhecimento científico. Na afirmação, o locutor propõe que o desenvolvimento científico se dá pela falsificação de conhecimentos antigos, proposta inerente à teoria popperiana.

Sete estudantes optaram pela afirmação da letra B. Nela, é possível perceber aproximação com o que está dito por Kuhn (2013), para o qual as mudanças nos esquemas conceituais do paradigma de ciência normal podem reinterpretar fatos antigos sob uma nova ótica.

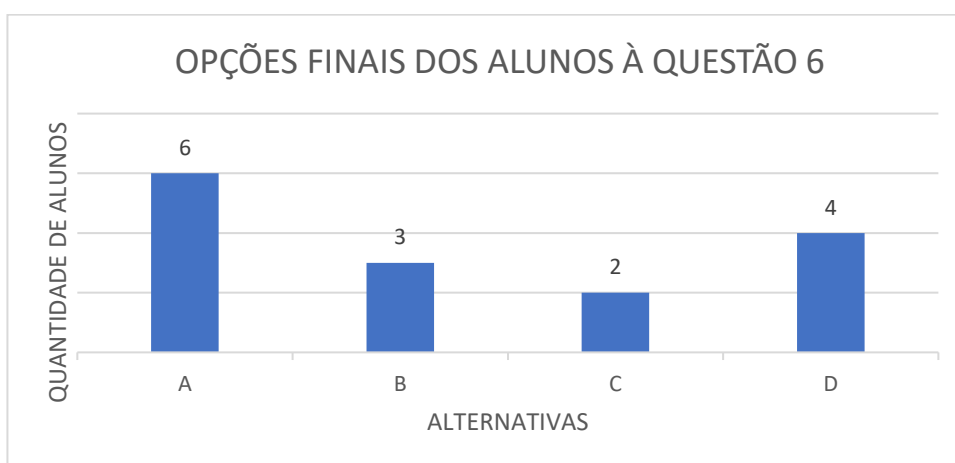
Para essa pergunta as afirmações dos alunos se aproximam de duas visões epistemológicas conectadas à visão consensual: a falsificacionista popperiana e a kuhniana. A teoria sociológica de Kuhn possui mais elementos que estão presentes na teoria epistemologia contemporânea, como os aspectos sociais envolvidos na produção do conhecimento científico, a falibilidade das teorias científicas, bem como a influência da subjetividade dos cientistas no trabalho científico. Por outro lado, a teoria de Popper parte do princípio da negação do indutivismo clássico ao propor os critérios de falseabilidade de uma teoria, mas ainda está muito ligada à perspectiva empirista, conforme distorção

proposta por Pérez et al. (2001), porque, para ele, a falsificação de uma teoria também se faz por meio da experimentação repetida, ou seja, da indução (CHALMERS, 1993). Segundo Popper, essa é a forma válida de produção do conhecimento – a falsificação de teorias por meio da experimentação.

Assim, é possível verificar a divisão das visões discentes entre duas concepções distintas, uma mais próxima da epistemologia contemporânea (a kuhniana) e outra ainda ligada à visão indutivista de ciência (a falsificacionista).

Na segunda aplicação do questionário, o padrão de respostas mudou:

Figura 17: Respostas finais dos estudantes à sexta questão do VOSTS



Fonte: Elaborado pelo autor

Nas respostas à sexta questão, os alunos migraram da alternativa B para as alternativas C e D:

Quadro 25: Alternativas, adesões e aspectos epistemológicos (comparativo)

| ALTERNATIVA | N° DE OPÇÕES | | ASPECTO EPISTEMOLÓGICO |
|--|--------------|-------|--|
| | Início | Final | |
| B. Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar. | 07 | 03 | Visão consensual (aspecto i): provisório; |
| C. O conhecimento científico PARECE mudar porque a interpretação ou explicação de velhos fatos pode mudar. Os | 01 | 02 | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a |

| | | | |
|--|----|----|--|
| experimentos corretamente feitos produzem fatos imutáveis. | | | qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |
| D. O conhecimento científico PARECE mudar porque os novos conhecimentos são somados aos velhos conhecimentos; os velhos conhecimentos não mudam. | 00 | 04 | Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais; |

Fonte: Elaborado pelo autor

Usando o referencial adotado na análise (LEDERMAN et al., 2002; KUHN, 2013; POPPER; 2001; AIKENHEAD e RYAN, 1992b), verifica-se a saída de uma alternativa ligada à concepção kuhniana de ciência para outras, nas quais se afirma que o conhecimento científico apenas “parece” mudar, mas não o faz, de fato, o que indica a saída de uma alternativa ligada à visão consensual (LEDERMAN et al., 2002).

Se torna relevante discutir esse resultado, na medida em que os alunos deixaram de optar por essa alternativa, mas sinalizaram em outras respostas estarem alinhados à epistemologia de Kuhn. A opção tomada pelos estudantes revela que sua concepção de conhecimento científico o considera como imutável. Para eles, o conhecimento não muda, mas “parece” mudar quando surgem novas descobertas. Trazendo ao contexto do modelo de Niels Bohr para o átomo, é possível sugerir que os alunos pensaram nos demais modelos para o átomo sugeridos anteriormente e que ainda permanecem sendo estudados nas aulas de Química. Se eles afirmam que o conhecimento não muda, é provável que se refiram aos modelos passados como ainda válidos, mas dentro do contexto em que foram propostos. Essa sugestão, entretanto, não possui aqui elementos suficientes, e deve ser detalhada em outras pesquisas.

5.4 Conclusões

A análise dos dados que emergiram da pesquisa pode ser sintetizada nos pontos a seguir:

- a) As concepções iniciais dos estudantes estavam predominantemente ligadas à concepção positivista;
- b) A intervenção acerca da natureza da ciência conduziu a uma discussão sobre os diferentes saberes sociais, em específico a comparação com o religioso;
- c) Após a intervenção, os alunos demonstraram diversos elementos epistemológicos associados a uma perspectiva contemporânea de ciência;

Foi possível verificar nos resultados da pesquisa novas percepções dos estudantes acerca da natureza da ciência. Uma mudança marcante foi percebida nas respostas dos alunos à terceira questão do VOSTS, durante a segunda aplicação. A ela, os alunos demonstraram percepção de que os modelos científicos são explicações provisórias do mundo, e podem ser questionados pela comunidade científica.

Esse foi um dado relevante nessa investigação, devido à especificidade do tema utilizado: o modelo atômico de Bohr. Era pretendido nesse trabalho promover questionamentos sistemáticos às visões de ciência que os estudantes possuíam, de modo a ressignificar suas concepções epistêmicas. Um indício do alcance desse objetivo foi a considerável mudança nas visões discentes acerca de modelos científicos. Ao observar os diferentes modelos propostos para o átomo entre os séculos XIX e XX, mas principalmente no início dos anos 1900, nota-se que o conhecimento humano acerca do tema era provisório, e continua sendo até hoje. A nova visão dos alunos demonstra essa percepção, indicando que o contato com os eventos históricos que permearam a proposição das teorias e modelos sobre a matéria pode proporcionar uma percepção mais ampla da natureza da ciência.

No início desse trabalho se pretendeu:

- Identificar as concepções discentes sobre a Natureza da Ciência;

- Analisar possíveis ressignificações epistemológicas dos alunos após o contato com eventos da História da Ciência e da Química a partir do desenvolvimento da sequência didática.

Observando os objetivos de forma sistemática, deseja-se aqui discutir se houve o alcance total, parcial ou mínimo do que se pretendia inicialmente.

O primeiro objetivo específico proposto foi plenamente alcançado. Foi possível identificar muitos elementos nas falas e escritos dos estudantes que os conectavam à perspectiva positivista da ciência, quais sejam: uma visão rígida do método científico, a perspectiva empirista de produção do conhecimento, a concepção de uma ciência progressista e isenta de erros, o realismo ingênuo entre outros.

A análise do segundo objetivo revela um alcance parcial. Ao final da intervenção, os alunos ainda demonstravam muitos elementos ligados à visão tradicional de ciência, dissonantes das concepções epistemológicas atuais. Muitos deles ainda desconsideravam, por exemplo, a característica intrinsecamente social da ciência (resposta à primeira pergunta do VOSTS). Por outro lado, foi possível identificar fortes mudanças nas concepções de modelos científicos, da necessidade do consenso na ciência e nas visões acerca do método científico.

Nesse sentido, verifica-se o alcance parcial do segundo objetivo. No entanto, desde o início da elaboração desse trabalho havia a percepção de que mudanças epistemológicas radicais não eram esperadas. Isso se evidencia pelo uso do verbo “ressignificar” no objetivo específico 3, em lugar do uso do verbo “mudar”. Se pretendia, portanto, promover ressignificações nas formas como os estudantes vêem a ciência, agregando elementos que ligados à perspectiva contemporânea de NdC, conforme citado em parágrafo anterior. Esses elementos apareceram ao final da intervenção, o que pode ser considerado um sucesso no que foi pretendido inicialmente.

Conforme defendido por Praia et al. (2007), uma percepção mais abrangente da natureza da ciência tem influência sobre a tomada de decisões dos estudantes, bem como em seu exercício de cidadania. A visão rígida de uma perspectiva positivista pode impedir a criticidade dos estudantes sobre as informações veiculadas na mídia e que, muitas vezes, apresentam-se como resultados de “pesquisas científicas”. Ao apresentar uma perspectiva mais

adequada de ciência, os alunos estarão aptos a não aceitar qualquer tipo de informação e serem sujeitos ativos de sua cidadania.

A tragédia ambiental descrita no livro “Primavera Silenciosa” (CARSON, 1980) retrata a relevância de uma visão crítica da ciência. Indo de encontro aos interesses de grandes agricultores dos EUA, a autora do livro promove uma mobilização da comunidade local para notar a morte sequencial de pássaros da região. O resultado dessa mobilização é a suspensão do uso de um agrotóxico na região, que estava ocasionando baixa na quantidade de aves. A história real relatada na obra é exemplo do que uma boa percepção de ciência e a capacidade de uma crítica consistente pode trazer para uma comunidade, haja vista que os agrotóxicos eram “cientificamente respaldados”, mas, ainda assim, apresentavam efeitos que a ciência não estava sinalizando.

Os resultados dessa investigação se aproximam dos encontrados por outras pesquisas realizadas para identificar as concepções de ciência dos estudantes e verificar a possibilidade de ressignificação delas a partir de uma abordagem que utilize a história da ciência. Gatti, Nardi e Silva (2010) relatam uma mudança na visão dos estudantes após o contato com eventos da história da Física; Zanon, Almeida e Queiroz (2007) indicam que os estudantes de licenciatura têm, majoritariamente, uma visão positivista da ciência.

Scheid, Ferrari e Delizoicov (2007) mapearam as concepções de natureza da ciência em estudantes de ciências biológicas e observaram visões ligadas à perspectiva empirista, desconhecendo o compromisso das observações experimentais com os pressupostos teóricos do cientista bem como o caráter coletivo da produção do conhecimento científico. Os alunos também não conseguiam distinguir bem modelos de realidades. Esses resultados são muito próximos dos observados nesse trabalho durante a análise das concepções iniciais dos estudantes.

Oki e Moradillo (2008) realizaram pesquisa com alunos do curso de licenciatura em Química de uma universidade brasileira que estavam matriculados na disciplina de História da Química. Durante a investigação, foi realizado o levantamento das concepções prévias dos alunos sobre natureza da ciência, seguido de uma intervenção pedagógica voltada para a história da ciência. Por fim, as concepções dos alunos foram novamente identificadas para verificar possíveis alterações. Os resultados encontrados pelos autores foram

também próximos aos obtidos nesse trabalho: notaram-se novos elementos ligados a uma perspectiva mais sofisticada da ciência, mas permaneceram visões ainda ligadas ao viés positivista, como o realismo ingênuo. Os alunos tiveram dificuldade, mesmo após o processo de intervenção, de perceber o átomo como um modelo científico, e não como parte da realidade. A conclusão da pesquisa foi de uma modificação parcial nas concepções epistemológicas dos alunos, assim como foi observado nesse trabalho.

Rezende, Ferreira e Queiroz (2010) realizaram entrega de material didático sobre história da ciência e natureza da ciência a alunos ingressantes no curso de bacharelado em Química de uma universidade de São Paulo, seguida de um minicurso sobre o tema. O objetivo dos autores foi identificar se a experiência pedagógica com suporte do material didático poderia auxiliar na formação de profissionais com uma visão de ciência mais próxima da epistemologia contemporânea. A pesquisa revelou que os estudantes incorporaram a suas concepções iniciais outros elementos, associados à perspectiva epistemológica, como o caráter social da ciência e a recusa do empirismo indutivista. Por outro lado, a importância do pensamento divergente na produção científica e as diferenças entre teorias, leis e hipóteses não foram identificadas ao final da intervenção.

Uma das questões a serem investigadas em pesquisas posteriores é como a mídia influencia a visão dos estudantes sobre a natureza da ciência. Para Aikenhead e Ryan (1992b), a resposta à segunda questão do VOSTS utilizada nessa pesquisa, sobre a natureza do conhecimento científico, pode indicar uma visão ligada à veiculada nos meios de comunicação. Ao assinalarem a alternativa D, segundo os autores do questionário, os alunos podem estar se aproximando da perspectiva defendida por canais de notícias e historiadores da ciência. Nessa pesquisa, mais de 30% dos alunos optaram, tanto no início quanto no fim da investigação, por essa alternativa, sugerindo que essa questão seja aprofundada.

Em pesquisa realizada com revistas de circulação nacional no Brasil, Mussato e Catelli (2015) identificaram elementos contrários à perspectiva positivista, como a influência da subjetividade do cientista na produção do conhecimento, a presença de rupturas na história da ciência, a influência social

e a falsificação de teorias. Nessa investigação não foram mapeadas as concepções veiculadas pela televisão.

Considerando que os estudantes investigados nesse trabalho têm pouco acesso às revistas investigadas na pesquisa acima citada, quando comparado ao contato que têm com notícias da internet e televisão, é provável que a veiculação dessas informações tenha pouco impacto em suas concepções de ciência. Certamente os estudantes são diretamente influenciados pelo que vêem nos meios de comunicação mais populares, o que pode ser dimensionado em outras pesquisas: como as informações veiculadas em programas televisivos influenciam as visões dos alunos sobre a ciência? E a internet, como contribui? O trabalho de Schmiedecke e Porto (2015) sinaliza que essas informações carregam viés notadamente positivista.

Por outro lado, o trabalho de Mussato e Catelli (2015) sinaliza que o uso de revistas de circulação nacional pode contribuir significativamente para ampliar a visão dos alunos acerca do tema. Uma intervenção pedagógica baseada nesse material pode introduzir elementos diferentes dos utilizados nessa investigação e produzir outras evidências. Essa também seria uma boa questão de investigação para trabalhos futuros: em que grau esse uso pode contribuir, em sala de aula, para a modificação das visões de NdC dos estudantes de nível médio?

Algumas questões podem ainda ser citadas: Em que medida o professor influencia as percepções dos alunos? Que tipo de visão de ciência os professores possuem? A questão religiosa, que emergiu das discussões da intervenção, tem influência sobre as concepções de ciência que os alunos possuem? Que tipo de influência uma visão distorcida da ciência tem sobre as crenças pessoais dos estudantes?

Conforme discutido acima, algumas dessas perguntas têm sido discutidas em trabalhos sobre o tema nos últimos anos. No entanto, direcioná-las ao público desse trabalho pode situar como se encontram essas questões no âmbito dessa realidade específica, corroborando ou apresentando novos elementos ao que tem sido feito a nível nacional e internacional. Verificou-se nesse trabalho uma aproximação com os resultados já publicados anteriormente por diversos autores (Pérez et al., 2001; Oki e Moradillo, 2008; Gatti, Nardi e Silva, 2010), indicando

que a apresentação sistemática de eventos da História das Ciências pode contribuir para ampliar as visões dos estudantes sobre a natureza da ciência.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; PAIXAO, M. F.; ACEVEDO, P.; OLIVA, J. M.; MANASSERO, M. (2005). **Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências**. Ciência & Educação, Bauru, vol. 11, n. 1, p. 1 - 15.

AIKENHEAD, G. S.; RYAN, A. (1992). **The development of a new instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS)**. Science Education, vol. 76, n. 5, p. 477 – 491.

AIKENHEAD, G. S.; RYAN, A. (1992b). **Students preconceptions about epistemology of science**. Science Education, vol. 76, n. 6, p. 559 – 580.

ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BOHR, N. (1913). **On the constitution of atoms and molecules**. Philosophical Magazine, vol. 26, n. 151, p. 1 - 25.

BRAGA, J.P.; FILGUEIRAS, C.A.L. (2013). **O centenário da teoria de Bohr**. Química Nova, vol. 36, n. 7, p. 1073 - 1077.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. Brasília: MEC, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de Referência para o ENEM 2009**. Brasília: INEP/MEC, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação: Secretaria de Educação Básica. **Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o programa nacional do livro didático PNLD 2018**. Brasília: MEC, 2018.

BULLA, M.; MEGLHIORATTI, F. (2016). **Controvérsias científicas na construção do conhecimento biológico**: investigando um curso de formação continuada de professores referente à evolução biológica humana. *Investigações no Ensino de Ciências*, vol. 21, n. 2, p. 1 - 29.

CALLEGARIO, L.J.; HIGINO, C.B.; ALVES, V.L.O.; LUNA, F.J.; LINHARES, M.P. (2015). **A História da Ciência no Ensino de Química**: uma revisão. *Revista Virtual de Química*, vol. 7, n. 3, p. 977 - 991.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. Barcelona: Grijalbo, 1980.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Ed. Brasiliense, 1993.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. (2015). **O pior inimigo da ciência**: procurando esclarecer questões polêmicas da epistemologia de Paul Feyerabend na formação de professores. *Investigações no Ensino de Ciências*, vol. 20 n. 1, p. 97 - 126.

DELIZOICOV, D.; CASTILHO, N.; CUTOLO, L.R.A.; ROS, M.A.D.; LIMA, A.M.C. (2002). **Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino**: contribuições a partir do referencial fleckiano. *Caderno Brasileiro do Ensino de Física*, vol. 19, número especial, p. 52 - 69.

FILGUEIRAS, C.A.L. (1996). **A espectroscopia e a química**: da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica. *Química Nova na Escola*, vol. 3, p. 22 - 25.

FREIRE, C.C.; MOTOKANE, M.T. (2016). **Análise fatorial e análise de agrupamento no mapeamento de concepções epistemológicas de professores sobre a ciência e a ecologia**. *Investigações no Ensino de Ciências*, vol. 21 n. 3, p. 152 - 175.

FUKUI, A.; MOLINA, M.M.; VENÊ. **Ser Protagonista: Física**. São Paulo: Edições SM, 2016.

GATTI, B.A. (2012). **A construção metodológica da pesquisa em educação: desafios.** Revista Brasileira de Política e Administração da Educação, vol. 28, n. 1, p. 13 - 34.

GATTI, S.R.T.; NARDI, R.; SILVA, D. (2010). **História da Ciência no Ensino de Física:** um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. Investigações no Ensino de Ciências, vol. 15, n. 1, p. 7 - 59.

GOMES, H.J.P.; OLIVEIRA, O.B. (2007). **Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências:** um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. Revista Ciência e Cognição, v. 12, p. 96 - 109.

HALFPENNY, P. **Positivism and Sociology:** Explaining Social Life. Londres: G. Allen & Unwin, 1982.

HAYASHI, M.C.P.I.; RIGOLIN, C.C.D; KERBAUY, M.T.M. **Sociologia da ciência:** contribuições ao campo CTS. Campinas: Editora Alínea, 2014.

KUHN, T.S..**A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 2013.

LACERDA, G.B. (2009). **Augusto Comte e o Positivismo Redescobertos.** Revista Sociologia e Política, vol. 17, n. 34, p. 319 - 343.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos:** ensaio de antropologia simétrica. Rio de Janeiro: Editora 34, 1994.

LATOUR, B. **A esperança de Pandora.** Bauru: EDUSC, 2001.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório:** a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LEAL, M.C. (2001). **Como a química funciona?** Química Nova na Escola, vol. 14, p. 8 - 12.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. (2002). **Views of nature of science questionnaire:** Toward valid and meaningful assessment of learner's conceptions of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, vol. 39, n. 6, p. 497 – 521.

LEITE, V.M.; SILVEIRA, H.E.; DIAS, S.S. (2006). **Obstáculos epistemológicos em livros didáticos**: um estudo das imagens de átomos. Revista Candombá, vol. 2, n. 2, p. 72 - 79.

LEMKE, J.L. **Talking science**: language, learning and values. Norwood: Ablex, 1990.

LISBOA, J.C.F.; BRUNI, A.T.; NERY, A.L.P.; LIEGEL, R.M.; AOKI, V.L.M.. **Ser protagonista**: Química. São Paulo: Edições SM, 2016.

LUDKE; M.; ANDRÉ; M.E.D.A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MARQUES, D. M.; CALUZI, J. J. **Contribuições da história da ciência no ensino de ciências**: alternativa de inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio. In: CONGRESO ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 7., 2005, número extra.

MARTINS, A.F.P. (2015). **Knowledge about Science in Science Education Research from the Perspective of Ludwik Fleck's Epistemology**. Research in Science Education, vol. 46, n. 4, p. 1 - 14.

MASSONI, N.T.; MOREIRA, M.A. (2014). **Epistemologia de Nancy Cartwright**: uma contribuição ao debate sobre a natureza da ciência atual. Ensaio: pesquisas em educação de ciências, vol. 16 n. 3, p. 95 - 119.

MATTELART, A. **Histórias das teorias da comunicação**. São Paulo: Loyola, 2009.

MATTHEWS, M.R.. **The nature of science and science teaching**. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. (Ed.). International handbook of Science education. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998, p. 981-999.

MATTHEWS, M. R. (1991). **Un lugar para la historia y la filosofía em la enseñanza de las ciencias**. Comunicación, Lenguaje y Educación. n. 11-12, p.141 - 155.

MATTHEWS, M. R. (1994). **Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual.** Enseñanza de las Ciencias, vol. 12, n. 2, p. 255 - 277.

MEIRINHOS, M.; OSÓRIO, A. (2010). **O estudo de caso como uma estratégia de investigação em educação.** EDUSER: revista de educação, vol. 2, n. 2, p. 49 - 65.

MORTIMER, E.F. (1995). **Concepções atomistas dos estudantes.** Química Nova na Escola, vol. 1, p. 23 - 26.

MOURA, B.A. (2014). **O que é Natureza da Ciência e qual a sua relação com a História e Filosofia da Ciência?** Revista Brasileira de História da Ciência, vol. 7, n. 1, p. 32 - 46.

MUSSATO, G.A.; CATELLI, F. (2015). **Concepções epistemológicas de reportagens sobre ciência na mídia impressa brasileira e suas implicações no âmbito educacional.** Investigações no Ensino de Ciências, vol. 20, n. 1, p. 35 - 59.

NADEAU, R., & DESAUTELS, J. **Epistemology and the teaching of science.** Ottawa: Science Council of Canada, 1984.

ORTIZ; E.; SILVA; M.R. (2016). **O uso de abordagens da História da Ciência no Ensino de Biologia: uma proposta para trabalhar a participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA.** Investigações no Ensino de Ciências, vol. 21, n. 1, p. 106 - 123.

OKI, M.C.M.; MORADILLO, E.F. (2008). **O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência.** Ciência e Educação, vol. 14, n. 1, p. 67 - 88.

PEDUZZI, L.O.Q.; BASSO, A.C. (2005). **Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 27, n. 4, p. 545 - 557.

PÉREZ, D.G.; MONTORO, I.F.; ALIS, J.C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. (2001). **Para uma imagem não deformada do trabalho científico – sete visões deformadas sobre o trabalho científico.** Ciência e Educação, vol. 7, n. 2, p. 125-153.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação e Esportes. **Parâmetros para a educação básica do Estado de Pernambuco: Parâmetros Curriculares de Química – Ensino Médio.** Pernambuco: SEE, 2013.

PLEITEZ, V. (2003). **Resenha de livro: Bohr: O Arquiteto do Átomo, por M. C. Abdalla, Odysseus, São Paulo, 2003.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n. 2, p. 250 - 255.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. (2007). **O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania.** Ciência & Educação, vol. 13, n. 2, p. 141-156.

POPPER, K.R. **A lógica da pesquisa científica.** São Paulo: Editora Cultrix, 2001.

QUEIRÓS, W.P.; NARDI, R.; DELIZOIVOC, D. (2014). **A produção técnico-científica de James Prescott Joule: uma leitura a partir da epistemologia de Ludwik Fleck.** Investigações no Ensino de Ciências, vol. 19, n. 1, p. 99 - 116.

RAIČIK; A.C.; PEDUZZI; L.O.Q. (2015). **Potencialidades e limitações de um módulo de ensino: uma discussão histórico-filosófica dos estudos de Gray e Du Fay.** Investigações no Ensino de Ciências, vol. 20, n. 2, p. 138 - 160.

REZENDE, F.S.; FERREIRA, L.N.A.; QUEIROZ, S.L.; (2010). **Concepções a respeito da construção do conhecimento científico: uma análise a partir de textos produzidos por estudantes de um curso superior de Química.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, vol. 9, n. 3, p. 596 - 617.

RUDGE, D. W.; HOWE, E. M. (2009). **An explicit and reflective approach to the use of History to promote understanding of the nature of Science.** Science & Education, v. 18, n. 5, p. 561-580.

SCHÄFFER, L.; SCHNELLE, T. **Fundamentação da perspectiva sociológica da Ludwik Fleck na teoria da ciência.** In: Fleck, L. Gênese e desenvolvimento de um fato científico. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

SCHMIEDECKE, W.G.; PORTO, P. (2015). **A história da ciência e a divulgação científica na TV: subsídios teóricos para uma abordagem crítica dessa aproximação no ensino de ciências.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 15, n. 3, p. 627 - 643.

SILVA, G.J.; MARTINS, C.M.D.C. (2009). **A confiabilidade e a validação na investigação epistemológica do livro didático de química: um desenho metodológico.** Ensaio: pesquisas em educação de ciências, vol. 11 n. 2, p. 221 - 240.

SHEID, N.M.J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. (2007). **Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica.** Investigações em ensino de ciências, vol. 12 n. 2, p. 157 - 181.

SHINN, T.; RAGOUET, P. **Controvérsias sobre a ciência.** São Paulo: Editora 34, 2008.

SOUZA, K.R.; KERBAUY, M.T.M. (2017). **Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação.** Revista Educação e Filosofia, v. 31, n. 61, p. 21 - 44.

STAKE; R.E. (1983). **Pesquisa qualitativa / naturalista: problemas epistemológicos.** Revista Educação e Seleção, n. 7, p. 19 - 27.

STAKE, R.E. **Investigación con estudio de casos.** Madrid: Morata, 1999.

STRATHERN, P. **Bohr e a teoria quântica em 90 minutos.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1999.

THEOCHARIS, T.; PSIMOPOULOS, M. (1987). **Where science has gone wrong.** Nature, vol. 329, n. 6140, p. 595-598.

YIN; R. K.. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZANON, D.A.V.; ALMEIDA, M.J.P.M. E S.L. QUEIROZ (2007). **Contribuições da leitura de um texto de Bruno Latour e Steve Woolgar para a formação de estudantes em um curso superior de química.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, vol. 6, n. 1, p. 56-69.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário sobre a construção histórica dos modelos atômicos

QUESTIONÁRIO INICIAL SOBRE MODELOS ATÔMICOS
PROJETO DE INTERVENÇÃO DE MESTRADO
PESQUISADOR: JONATAS MARIZ DE OLIVEIRA

PARTICIPANTE: _____

* Não se preocupe, sua identidade não será revelada durante a pesquisa ou depois dela.

1. Você já estudou o assunto “Modelos Atômicos” em Química?

SIM

NÃO

Caso sua resposta tenha sido “não”, agradeço sua contribuição, mas não será necessário responder a esse questionário.

2. Para você, um modelo atômico é:

a) uma representação científica idêntica a uma realidade que não pode ser vista a olho nu.

b) uma representação que se assemelha a uma realidade que não pode ser vista a olho nu.

c) uma proposta cientificamente comprovada de uma realidade que não pode ser vista a olho nu.

d) uma proposta realizada por um conjunto de pessoas (cientistas) para representar uma realidade que não pode ser vista a olho nu.

3. Dalton é apresentado como o primeiro cientista a propor um modelo para o átomo baseado nos ideais da ciência moderna. De acordo com os conhecimentos que você possui sobre o tema, marque a afirmativa que você julgar adequada. Marque apenas uma afirmativa.

A) Podemos considerar a proposta de Dalton como uma grande descoberta da Química. Antes dele nenhum cientista havia sugerido que a matéria era formada por átomos.

B) Assim como outras descobertas da Química, a teoria atômica de Dalton surgiu de um trabalho dedicado desse cientista (Dalton), com pouquíssimas contribuições de outras pessoas e dos conhecimentos dele sobre outros assuntos.

C) Outras pessoas já haviam sugerido que a matéria era formada por átomos, como alguns cientistas do século 18. O trabalho de Dalton aproveitou muitas dessas ideias e rejeitou outras, assim como teve influência de seus conhecimentos sobre outros temas da vida e da ciência.

4. De acordo com seus conhecimentos sobre o tema, houve alguma razão para a substituição do modelo de Dalton pelo modelo de Thomson? Se sim, descreva que razão foi essa.

5. Represente no quadro a seguir os modelos atômicos de Dalton e de Thomson.



6. Geralmente os livros apresentam quatro modelos atômicos na seguinte ordem: Modelo de Dalton, Modelo de Thomson, Modelo de Rutheford e Modelo de Bohr. Essa é a ordem cronológica de aparecimento dos modelos. Na sua opinião, a principal razão para a substituição de um modelo por outro foi:

- a) o aparecimento de equipamentos mais potentes, que possibilitaram descobrir novas características dos átomos.
- b) o surgimento de cientistas cada vez mais capacitados e inteligentes, que foram responsáveis por descobrir diferentes características presentes nos átomos.
- c) a ocorrência de novas evidências experimentais e fenômenos que não eram explicados pelo modelo atômico anterior.
- d) o aumento no número de pesquisas sobre a estrutura da matéria, que levou à ocorrência de novas descobertas sobre o átomo.

7. Na sua opinião, há a possibilidade de o modelo atômico que utilizamos atualmente na Química ser modificado? Justifique.

8. Os três últimos cientistas estudados no ensino médio quando o tema é Modelos Atômicos tiveram uma relação bem próxima entre si: Rutheford foi aluno de Thomson, enquanto Bohr foi aluno de Rutheford. A história mostra que o modelo de Rutheford foi contra a proposta de Thomson, enquanto o modelo de Bohr também modificou o modelo de Rutheford. Você acha que as relações pessoais entre os cientistas citados podem ter influenciado os seus resultados científicos? Justifique.

APÊNDICE B – Slides: apresentação sobre fenômenos elétricos e modelos atômicos



Fenômenos elétricos são observados no Universo há muito tempo...



Raios elétricos, resultado do atrito entre nuvens carregadas de água.

Fenômenos elétricos são observados no Universo há muito tempo...

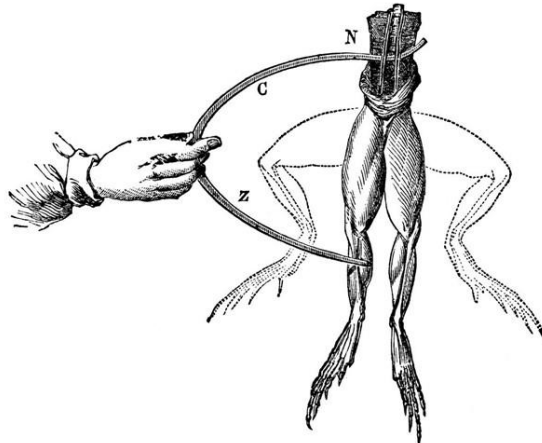


O âmbar, quando atritado, era capaz de atrair para si pequenos objetos.

Tales - 600 a.C..

Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/quem-inventou-a-eletricidade/>. Acesso em 30 de setembro de 2018.

Fenômenos elétricos são observados no Universo há muito tempo...



Experimentos bioelétricos de Galvani - século XVIII. As pernas do animal morto se moviam quando submetidas a correntes elétricas.

Fonte: <http://alef.mx/04-de-diciembre/>. Acesso em 30 de setembro de 2018.

Fenômenos elétricos são observados no Universo há muito tempo...



Tubos catódicos e Ampola de Crookes - produziam raios misteriosos que saíam de um lado a outro do equipamento.

Século XIX.

Fonte: <https://www.messedaglia.gov.it/index.php/storia-del-liceo/sede-di-via-bertoni/strutture/strumenti-antichi/strumentiantichi-9-378>. Acesso em 30 de setembro de 2018.

Até o século XIX não havia explicação científica para esses fenômenos.



O meteorologista inglês John Dalton sugeriu que a matéria fosse formada por partículas esféricas e indivisíveis denominadas átomos.

Ano 1808.

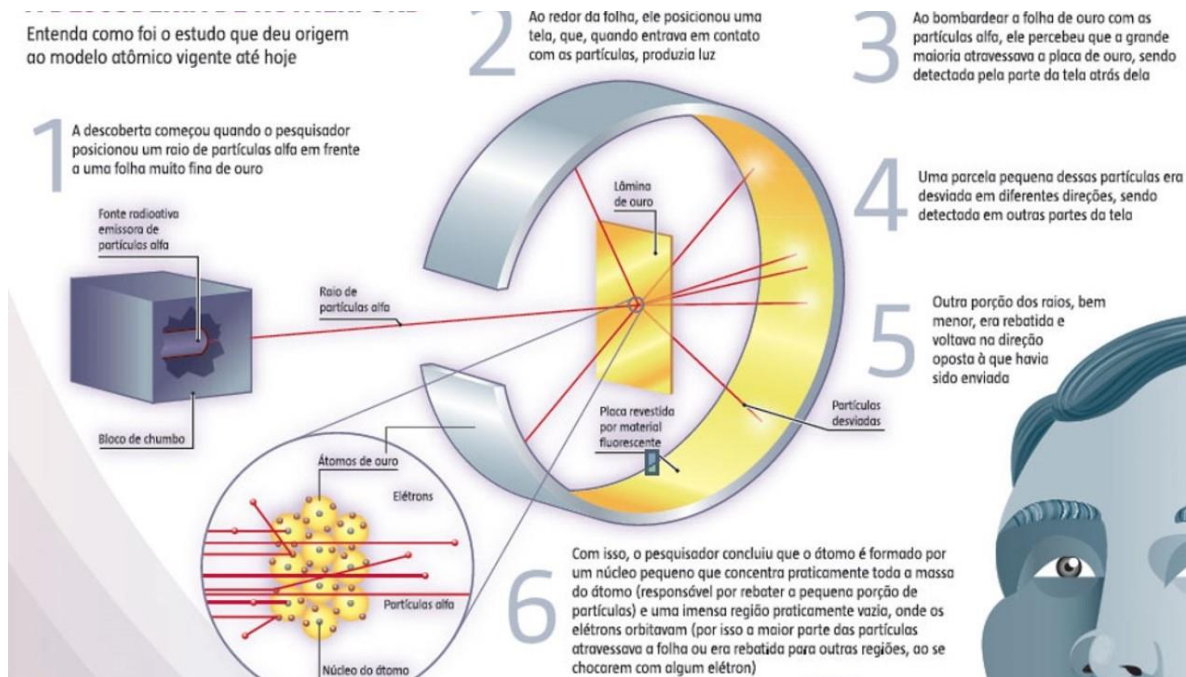
Algo estava para acontecer...

Fonte: <https://edukavita.blogspot.com/2015/06/biografia-de-john-dalton-fisico-e.html>. Acesso em 30 de setembro de 2018.

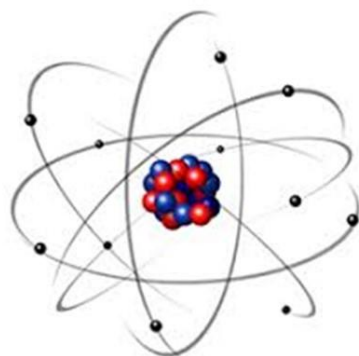


A proposta de Thomson para o átomo





A proposta de Rutherford para o átomo



- I. O átomo possui um núcleo muito pequeno, pesado e de carga positiva.
- II. A maior parte do átomo é espaço vazio, onde estão os elétrons - a eletrosfera.

Início do século XX.
Nobel em 1908.

O trabalho de Rutheford: uma síntese

1. Rutheford e Bohr eram pessoas parecidas?
2. Qual foi o principal tema de estudo de Rutheford?
3. O que Rutheford descobriu a respeito do átomo?

DEBATE

Diante do discutido, responda...

... o trabalho científico é feito de forma individual ou colaborativa? Justifique.

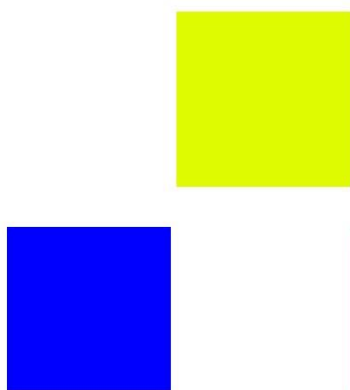
...o átomo proposto por Rutheford estava completamente isento de dúvidas ou questionamentos?

...a ciência possui sempre as posições certas e definitivas sobre o mundo?

APÊNDICE C – Slides: apresentação sobre o modelo de Rutheford – Bohr

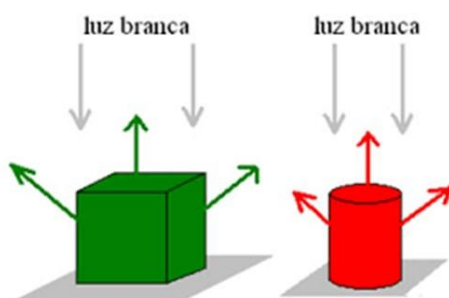


O que são as cores?



Por que é azul? Por que amarelo?

O que são as cores?



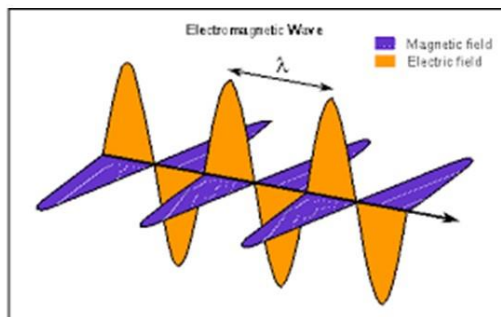
Existem substâncias que emitem luz colorida?

O que são as cores?



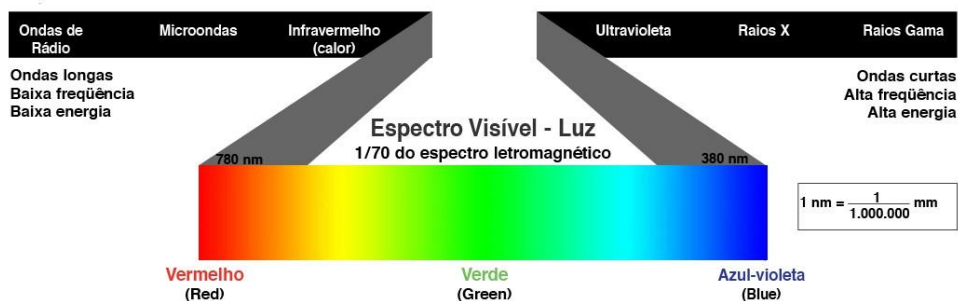
Conceitos fundamentais

- Luz: onda eletromagnética - forma de propagação da energia.



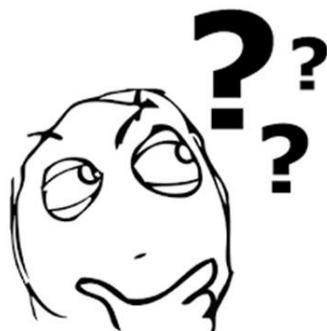
Conceitos fundamentais

- Luz visível



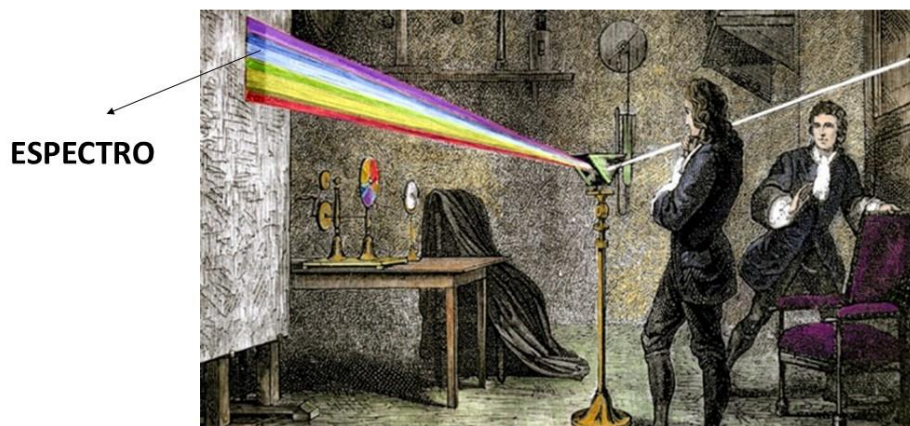
Conceitos fundamentais

- O que gera as diferentes faixas de luz?



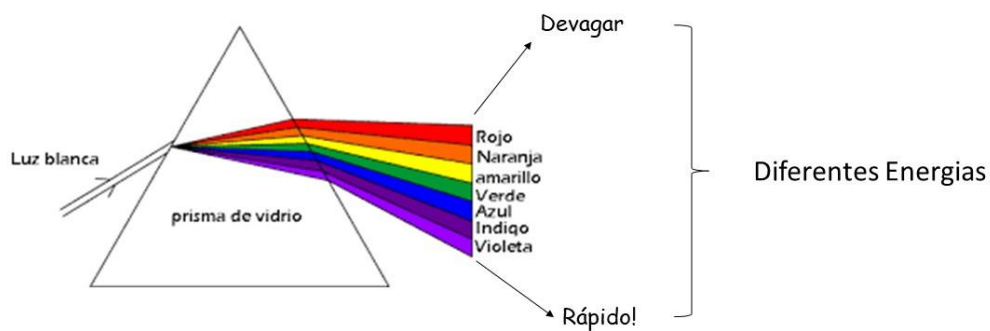
Histórico

- Isaac Newton - 1666



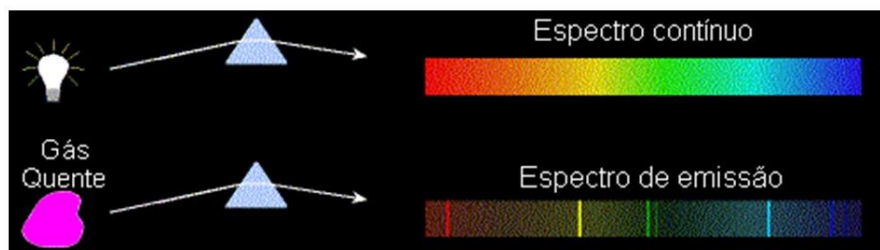
Histórico

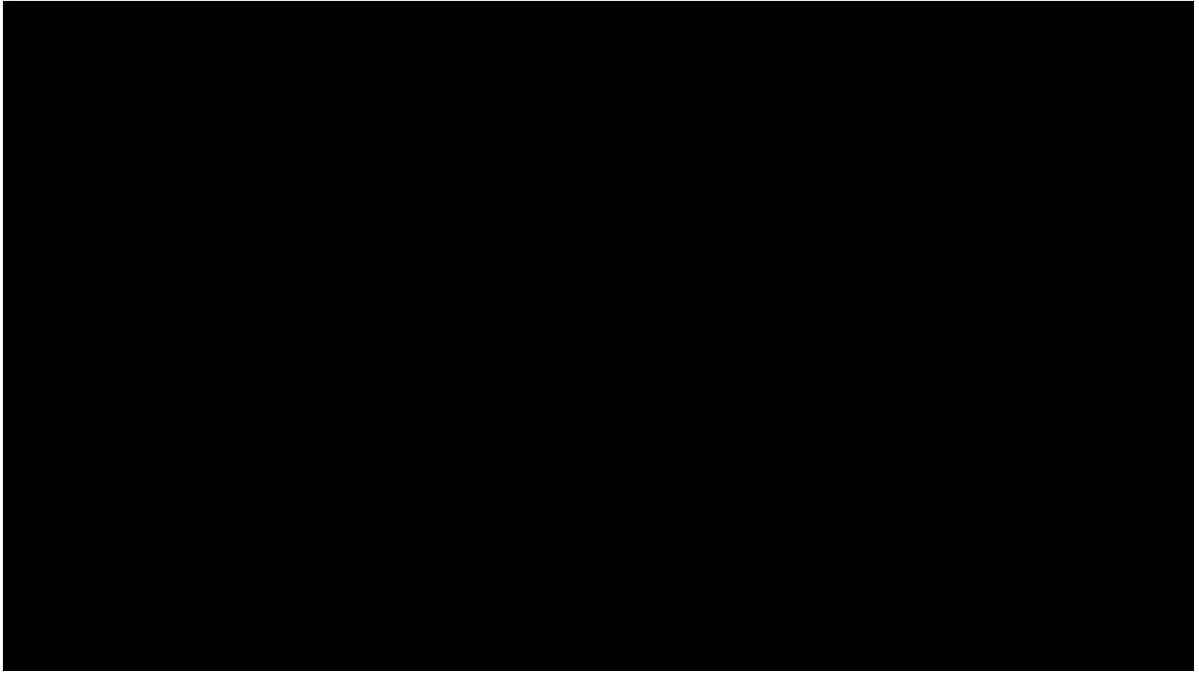
- Carl Wilhelm Scheele - 1777



Histórico

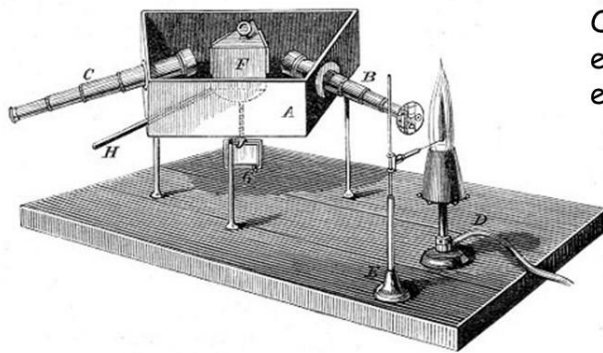
- Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff - 1856





Histórico

- Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff - 1856



O espectroscópio: cada elemento tem seu próprio espectro.

Histórico

- Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff - 1856

Linhas Espectrais em Emissão do Sódio(Na)



Conclusão

- Como os químicos explicaram isso?



John Dalton - 1808



J.J. Thomson - 1897



Ernest Rutherford - 1905

[SIMULADOR DE ESPECTRO DO HIDROGÊNIO](#)

Conclusão

- Como os químicos explicaram isso?

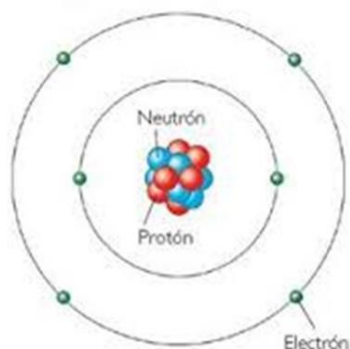


Niels Bohr - 1913

Ponto Zero: ele assumiu que o elétron no átomo simplesmente não obedecia às leis físicas conhecidas. Segundo elas, o elétron deveria perder energia até **colidir com o núcleo**. Essa suposição **sem fundamento científico** foi indispensável para o avanço da teoria de Bohr.

Conclusão

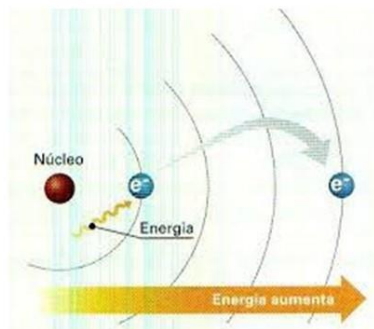
- Como os químicos explicaram isso?



1. Os elétrons orbitam o núcleo em níveis de energia.

Conclusão

- Como os químicos explicaram isso?

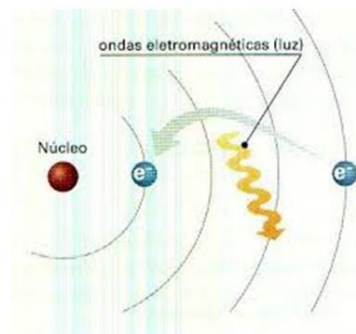


2. Ao ganhar energia, saltam para camadas mais externas.

Conclusão

- Como os químicos explicaram isso?

3. Quando retornam para as camadas anteriores liberam energia, muitas vezes na forma de **luz**.



Atividades

1. Leitura do texto: a efervescência na comunidade científica. As ideias de Bohr foram aceitas tranquilamente pela comunidade científica? Justifique com suas palavras e usando trechos do texto.

2. Discussão das respostas

APÊNDICE D – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Apêndice – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação no Ensino de Ciências (PPGEC)
Pesquisador Jonatas Mariz de Oliveira

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa intitulada “A História da Ciência no Ensino de Química: Uma ferramenta para a abordagem do modelo atômico de Niels Bohr.”

O objetivo desse projeto de pesquisa é avaliar possíveis contribuições do contato com eventos da História da Ciência para ressignificar as concepções acerca da natureza da ciência e do conhecimento científico de alunos do ensino médio.

Os instrumentos de coleta de dados serão os seguintes: avaliação diagnóstica, discussões sistematizadas e atividades individuais. Para isto, precisaremos do seu consentimento para filmar todas as atividades decorrentes deste processo de intervenção.

Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados serão divulgados na forma de dissertação de mestrado, no Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC-UFRPE). Sua identidade permanecerá confidencial, será atribuído um código ou nome fictício aos seus registros. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada nos arquivos do pesquisador e outra será fornecida a você.

A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional.

DECLARAÇÃO DO(A) PARTICIPANTE

Eu, _____ fui informado (a) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar. O pesquisador Jonatas Mariz de Oliveira certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais. Em caso de dúvidas poderei chamar o pesquisador Jonatas Mariz de Oliveira no e-mail: mariz.oliveiraa@gmail.com.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome Assinatura do Participante Data

Nome Assinatura do Pesquisador Data

Nome Assinatura da Testemunha Data

APÊNDICE E – Transcrição da Audiogravação nº 1: debate sobre aspectos da proposição do modelo de Rutheford

Pesquisador: o trabalho científico é feito de forma individual ou colaborativa? Justifique.

Júlio: “Individual, porque para mim cada pessoa tem sua opinião.”

Pesquisador: quem mais?

Municipal: “Pode escolher os dois?”

Pesquisador: “Pode... diga por que?”

Municipal: “porque... assim...(inaudível) uma mente pode pensar mais... (inaudível). Parece ser meio a meio.”

Pesquisador: “duas mentes podem pensar mais do que uma?”

Municipal: “é.”

Marcial: “pode ser colaborativa, porque, para você pensar como Rutheford fez, para você ter uma tese bem planejada igual Rutheford tem, existem várias cabeças pensando na mesma amplitude do que ele fala, então assim... várias ideias ocorrem para que uma tese seja feita igual a dele.”

Pesquisador: no trabalho de Rutheford, alguém o ajudou a operacionalizar o experimento? Lembrem do que vimos no vídeo...

Estrela: só veio a ajuda depois...

Pesquisador: mas ele fez o experimento sozinho?

Aluno 01: quando alguém vai fazer uma teoria é baseado na teoria antecessora para formar uma nova teoria.

Pesquisador: isso... então isso quer dizer que o trabalho é mais individual ou colaborativo?

Todos: colaborativo.

Pesquisador: vocês entenderam o que Aluno 01 falou? Para que uma nova teoria seja feita, ela se baseia em uma outra teoria que veio antes. No exemplo de Rutheford, qual teoria veio antes da dele?

Duarte: a de Thomson.

Pesquisador: Rutheford aproveitou alguma coisa da teoria de Thomson? Sim ou não?

Marcial: ele se baseou para formar a tese dele, né? Ele se espelhou nos *caras* que vieram antes dele e já tinham um certo conhecimento para ele absorver aquele e transformar na tese dele.

Pesquisador: Então vocês percebem que ninguém nunca faz aquilo sozinho? Sempre está ligado com o trabalho de alguma outra pessoa. Ta ok?

Obs: a segunda pergunta não pode ser analisada porque o recurso usado para introduzir a discussão aos alunos (um vídeo sobre um problema teórico na proposta de Rutheford) falhou durante a apresentação. Por essa razão, o pesquisador não conseguiu desenvolver com os estudantes a segunda questão.

Pesquisador: a ciência possui sempre posições certas e definitivas sobre o mundo?

Alunos: não.

Pesquisador: como é que a gente consegue justificar isso? Por que não?

Aluno 02: porque existem muitas teorias, mas nem todas são certas.

Pesquisador: um exemplo aqui no caso dos modelos atômicos?

Duarte: “Nenhuma teoria foi completa. Primeiro, como o senhor falou, antes de Dalton foi outro cientista e Dalton não propôs o átomo certo. Depois foi Thomson e Thomson também não conseguiu dizer como ele era completamente feito. Depois foi Rutheford e ele também não conseguiu... até o aluno dele (Bohr, não foi?) falar a teoria dele. Aí isso foi juntando, não ficou completamente feita. Um foi a junção do outro... se uma cabeça pensasse como duas, Dalton tinha feito ele mesmo não precisava de Thomson completar ele, nem Rutheford, nem Bohr.”

Pesquisador: “Dalton, por exemplo, apresentava uma visão definitiva sobre o mundo?”

Alunos: “não.”

Pesquisador: “qual é a prova disso? o que aconteceu depois que prova que o modelo de Dalton não era o modelo final?”

Line: “veio surgindo outros novos modelos.”

Pesquisador: “vieram surgindo outros modelos, que vieram trazendo algumas modificações. Então ótimo... para início de conversa a gente pode parar por aqui.”

APÊNDICE F – Transcrição da Audiogravação nº 2: debate sobre aspectos da proposição do modelo de Bohr

O pesquisador introduz lembrando a discussão anterior e pede:

Pesquisador: quem pode ler para mim a pergunta?

Júlio: eu leio, professor. A do texto “a efervescência na comunidade científica” as ideias de Bohr foram aceitas tranquilamente pela comunidade científica? Justifique com suas palavras e usando trechos do texto.

Pesquisador: então a pergunta é... A partir da leitura do texto “a efervescência na comunidade científica” é possível afirmar que as ideias de Bohr foram aceitas tranquilamente pela comunidade científica?

Alunos: não.

Pesquisador: vamos lembrar do texto que vocês leram... lembram tanto do vídeo quanto do texto, né? Então vamos responder... foram aceitas tranquilamente as ideias dele, pessoal?

Alunos: não.

Pesquisador: não, não foram aceitas tranquilamente. Como é que a gente pode reforçar, justificar essa ideia, com os trechos lá do vídeo e do texto que vocês leram?

Estrela: porque as ideias dele estavam sem fundamento científico, ele não tinha pesquisa, ele apenas falou.

Pesquisador: isso... mas o que foi que ele apenas falou? Ele apenas falou uma coisinha que “não tinha fundamento”, né? O que foi, vocês lembram? Lembram o que foi que ele falou? Ele assumiu, inicialmente...

Magali: o modelo do átomo de hidrogênio.

Pesquisador: o modelo do átomo de hidrogênio... mais ou menos... o que foi que ele falou?

Duarte: daquele experimento que a gente falou, das folhas...ele usou folhas de um negocio lá que, sem ele saber do que era feito, ele falou... aí... ele não tinha prova se era ou não era feito, aí, por ele ter estudado o experimento, ele falou que... aquele negócio... esqueci... hidrogênio, uma coisa assim. Aí ele afirmou, para ele mesmo, e para os cientistas que era feito de tal coisa e os cientistas não acreditaram nele.

Pesquisador: vamos tentar identificar que coisa era essa, né? Vocês lembram daquele problema que havia no modelo atômico de Rutherford? Um problema que a gente viu... que estava sem solução...?

Júlio: esse aí era da... dos átomos, não, professor? Dos átomos que arroteavam o núcleo e eles tipo... como é, meu Deus?

Pesquisador: por aí... os elétrons ao redor do núcleo... o que iria acontecer com eles?

Marcial: eles não eram atraídos pelo núcleo, né?

Line: embora eles sejam de carga positiva e negativa.

Pesquisador: a teoria previa que os elétrons ao redor do núcleo deveriam ser atraídos... se isso acontecesse, o átomo iria o que?

Line: se juntar...

Pesquisador: é, eles iriam se juntar e o átomo iria explodir, se acabar... porque o elétron iria cair dentro do núcleo. Só que, como eu falei para vocês, os átomos de vocês vivem explodindo?

Alunos: não.

Pesquisador: então isso, logicamente, não é verdade. Os elétrons não caem dentro do núcleo, ou caem?

Alunos: não.

Pesquisador: em situações normais eles não caem.

Duarte: “ele propôs que o elétron não obedecia às leis da física”.

Pesquisador: quem propôs?

Alunos: Bohr.

Pesquisador: Bohr propôs que os elétrons, dentro do átomo...

Duarte: não correspondiam às leis da Física.

Pesquisador: não obedeciam às leis físicas que eram conhecidas. Ele tinha algum fundamento para afirmar isso... algum experimento?”

Duarte: “não... ele não estudava... ele era mais daqueles que fazia os experimentos dele no quadro, e não pessoalmente. Por isso os cientistas não aprovaram a teoria dele.”

Pesquisador: eu diria que não somente por isso. Mas principalmente pelo fato de que, a princípio, ele não tinha nenhum fundamento científico para falar que o elétron não obedecia... era como ele dizer assim: todo mundo está sujeito à lei da

gravidade, mas era como se encontrássemos um objeto no mundo e disséssemos, esse objeto é o único no mundo que não está sujeito à lei da gravidade.

Duarte: e ninguém iria acreditar... algumas pessoas iriam acreditar e algumas não.

Pesquisador: isso.

Júlio: ou praticamente, professor, contrariando as leis da física e da lógica.

Pesquisador: isso. Pronto, então ele partiu desse ponto inicial. Por isso, as ideias dele foram aceitas tranquilamente?

Alunos: não.

Pesquisador: imagina se algum físico chegasse dizendo que alguma pedra não obedece às leis da gravidade... não iria ser fácil, né? E, provavelmente, ele estaria louco.

Júlio: tanto que um físico se enfureceu com a ideia dele e até disse assim que se estivesse correta a teoria dele abandonaria a física...

Pesquisador: vocês conseguem compreender como é que houve ali um tumulto...

Estrela: depois ele até acabou sendo melhor amigo dele...

Pesquisador: isso... depois eles ainda acabaram se aproximando, se tornaram amigos...

Pesquisador: o que é que vocês acham? Vocês acham que... aí eu queria a participação de todos, certo? Vocês acham que a ciência sempre avança sem cometer erros? E também... ela sempre é unânime, todos concordam com tudo que ela fala?

Alunos: não.

Pesquisador: esse é um exemplo em que nem todo mundo concordava com o que foi falado... mas eu quero dizer para vocês que esse não é o único exemplo. Na verdade, sempre a ciência caminha com pessoas que têm uma determinada teoria e com pessoas que acreditam em outra teoria... aí eu quero aproveitar o gancho e perguntar... vocês já ouviram falar (...) por exemplo, o *cara* vai fazer a propaganda de um shampoo... ah, esse shampoo... é cientificamente comprovado que ele não faz mal ao couro cabeludo...?"

Duarte: "ah... direto!"

Pesquisador: "já ouviram esse termo 'cientificamente comprovado'?"

Alunos: "já... já."

Pesquisador: “você acham que uma coisa que é cientificamente comprovada... a gente pode ter 100% de certeza que ela está certa e não vai errar?”

Júlio: “não.”

Pesquisador: “Por que?”

Júlio: “porque cada corpo reage de uma forma.”

Pesquisador: “cada corpo reage de uma forma...?”

Júlio: “é.”

Marcial: “você tira por exemplo os medicamentos... por mais que eles sejam... cientificamente comprovado que eles fazem bem à saúde... tem pessoas que vão ter reação alérgica àquilo.”

Pesquisador: “certo.”

Marcial: “então... ou seja... tudo é um fator de estudo. Não é só porque é cientificamente comprovado que os caras chegaram, estudaram aquilo ali e que todo mundo vai acreditar ou vai chegar e usar aquilo... como se fosse a última maravilha.”

Pesquisador: “certo... que mais?”

Pesquisador: “a ciência sempre acerta?”

Alunos: “não.”

Pesquisador: “não, né... a ciência nem sempre acerta. Então quando eu digo que algo foi provado cientificamente... a ciência sempre acerta?”

Alunos: “não.”

Pesquisador: “não, né... nem sempre acerta. Aí foi provado cientificamente.”

Duarte: “mas eles falam isso para as pessoas *comprar*.”

Pesquisador: “aham...”

Duarte: “mas nem tudo que eles falam que é prova não é nem comprovado... às vezes eles usam a propaganda para ter mais lucro para eles mesmos.”

Pesquisador: “deixa eu fazer uma pergunta... se a ciência nem sempre acerta, como vocês estão dizendo... ela vai conseguir comprovar alguma coisa com 100% de certeza?”

Alunos: “não.”

Pesquisador: “porque ela pode o que...?”

Alunos: “errar.”

Pesquisador: “ela pode errar. Então, como Duarte falou... às vezes se faz isso e às vezes não. Quase sempre se faz isso porque quer vender. Não é assim? Mas... dizer que é provado cientificamente...”

Duarte: “como assim...no primeiro trimestre daqui estava uma polêmica na televisão que a religião e a teologia... a ciência... tem coisas que elas concordam e tem coisas que não, que nem, às vezes, a ciência sabe comprovar aquele *negócio* e a religião sabe. Aí... teve uma polêmica que tava falando que a ciência sabia de tudo. Mas a ciência não sabe comprovar tudo que existe no universo e em canto nenhum. Porque a ideia dá uma certeza, mas nem toda certeza dela está certa.”

Pesquisador: “interessante o que você falou sobre ciência e...”

Duarte: “assim... porque na Bíblia está falando que a Terra foi criada em 7 dias, a ciência fala que a Terra foi criada em 4 dias. Ninguém sabe comprovar direito. Então a ciência não sabe comprovar aquilo que ela afirma ser.”

Pesquisador: “tem um filósofo que fala assim, que todo conhecimento tem validade, porém são coisas diferentes. Então a ciência não faz parte do mesmo conjunto que a religião, são formas de ver o mundo diferentes.”

Júlio: “a ciência quer dar explicação para tudo... tipo... uma fotossíntese, as camadas da Terra... o Universo todo, ela quer dar uma explicação para aquilo. Mas... isso, para mim, não significa que ela queira, tipo assim, é... explicar Deus não... porque ninguém explica Deus não. Ninguém vai saber realmente o que aconteceu. Eles querem dar a teoria também das coisas.”

Pesquisador: “ótimo, exatamente. São duas coisas separadas”

Duarte: “professor, a ciência pode falar do que os órgãos são responsáveis, mas não sabe falar, por exemplo... ninguém sabe dar a vida... a ciência não sabe dar a vida a uma pessoa... a pessoa morre e vai ficar morta, ninguém sabe dar a vida mais. Então a ciência não é complexa...”

Pesquisador: “talvez ela seja até complexa... mas ela também tem os seus limites. Assim como a religião também não se propõe a explicar tudo... o objetivo da religião não é explicar o mundo. Cada religião tem o seu objetivo, cada uma tem a sua forma de ver o mundo. E a ciência, por outro lado, tem outras questões, outros objetivos e outra forma de ver o mundo. Certo? Então... fechando essa questão de Bohr, queria que vocês entendessem que isso que aconteceu na época de Bohr, isso, na verdade, acontece sempre na ciência, que são os conflitos dentro da própria ciência. Muitas vezes no livro está tudo certinho lá para vocês, mas a gente não consegue perceber que, todos aqueles conhecimentos que foram construídos ali, que ali estão apresentados somente, na verdade todos aqueles conhecimentos

foram debatidos muitas vezes... até hoje tem coisa que nem todo mundo concorda, então a ciência não tem o ponto final na história. Certo?”

Line: “tanto a ciência quanto a religião.”

Pesquisador: “tanto a ciência quanto a religião. Duas coisas... é importante ter isso claro... duas coisas separadas, cada uma com os seus objetivos, ok?”

APÊNDICE G – Transcrição das respostas escritas à questão: “as ideias de Bohr foram aceitas tranquilamente pela comunidade científica? Justifique com suas palavras e usando trechos do texto.”

| ALUNO | RESPOSTA |
|----------------|--|
| Magali | “Não, porque a ideia dele não foi estudada por ele, ele apenas falou sem ter ideia de como seria. Suas ideias eram sempre descartadas sem importância, as explicações que Bohr dava era não científica, sem cabimento científico. Bohr ele tanto apresentou um modelo do átomo de hidrogênio mais novamente não deu certo não era complexa para dar conta de alguns detalhes e foram esses pequenos detalhes que Bohr acabou se dando mal.” |
| Morella | Não. A explicação de Bohr não era científica demais, ela não apenas desafiava as leis da física clássica, mas também elas eram ilógicas. Bohr havia sugerido que a teoria quântica não estudava a forma como os átomo se e suas ideias eram descartadas como absurdas era apenas aquela invenção alemã, as ideias chegou a ser ridícula. Harald Bohr apoiou o irmão com coragem e isso afinal conduziu ao seguinte esquema do núcleo e das diferentes suponha que ele não fará objeção a que utilize seus juízo. |
| Fáisca | Não, porque as ideias de Bohr eram consideradas como absurdos e todas as suas ideias eram descartadas. Até o mais importante físico teórico alemão ficou tão enfurecido com suas ideias que disse: se essa teoria estiver correta, abandonarei a física. Então as ideias de Bohr não eram aceitas tranquilamente pela comunidade científica. |
| Duarte | Não, porque as ideias de Bohr para os cientistas eram ideias descartadas como absurdas, como tem em um trecho “Bohr havia sugerido que a teoria quântica estudava a forma como os átomos se comportavam. Suas ideias eram descartadas como absurdas.” Para muitos naquela época era apenas uma invenção alemã muito considerada uma engenhosa, destinada a não durar para a sociedade dos cientistas e entre outras pessoas que não considerava a sua teoria do átomo. Tem um trecho que dizia “muitos sentiam que a ciência não podia prosseguir desse modo sem se autodestruir. A explicação de Bohr era não científica demais”. |
| Line | “Não! Pois as ideias de Bohr não foram estudadas por ele, apenas questionou sem ter ideias de como seria. E suas ideias eram descartadas. Durante todo o dia e noite adentro Bohr defendeu seu trabalho, linha a linha. Finalmente o experiente Rutheford deu o braço a torcer ante a insistência persistente do jovem e sério dinamarquês.” |

| | |
|------------------|--|
| Vanda | Não, porque Rutheford achou que Bohr não tinha utilidade, mas depois que Bohr atravessou o mar para convencer Rutheford, Rutheford deu o braço a torcer junto com os cientistas. |
| Estrela | “Não, pois a ideia dele estava sem fundamento científico, ele não pesquisou, apenas falou. Bohr havia sugerido que a teoria quântica estudava forma como os átomos se comportavam. Que suas ideias eram inaceitáveis e absurdas. Pois como era possível que a base fundamental da matéria repousasse em algo completamente instável. As explicações de Bohr eram não científicas demais e também muito ilógicas.” |
| Materno | Cido com as ideias de Bohr que anunciou “se essa teoria estiver correta, abandonarei a Física”. Felizmente, foi dissuadido dessa atitude drástica e mais tarde chegou a se tornar amigo íntimo de Bohr. Esta e outras reações apopléticas semelhantes não eram tão somente resultado de obstinação ou preconceito. |
| Municipal | As ideias de Bohr eram não científicas para boa parte da sociedade científica. Ela não apenas desafiava as leis da física clássica, como também era ilógica. Descrever a estrutura do átomo com uma combinação da física clássica e da teoria quântica era absurdo. E também foi criticado por Einstein e com isso iniciou uma batalha científica. |
| Júlio | “Não foram aceitas porque as ideias de Bohr eram cientificamente demais ele não apenas desafiava as leis da física clássica como também a lógica. As ideias de Bohr não foram tão aceitas que o mais importante físico teórico alemão, chamado Max Von Laue ficou enfurecido com as ideias de Bohr. Muitos sentiam que a ciência não podia prosseguir desse modo sem se autodestruir a explicação de Bohr.” |
| Sophia | “Não, a princípio muitos cientistas acharam suas ideias absurdas, uns chegaram até a ridicularizar. Acharam que a teoria dele era muito ilógica.” |
| Satélite | Não, quando Rutheford recebeu a versão final do trabalho de Bohr, ele leu e escreveu de volta, “suponho que não fará objeção a que utilize meu juízo para cortar qualquer tópico que considere desnecessário em sua dissertação”; Rutheford não aceitou de imediato as ideias de Bohr; Bohr defendeu o seu trabalho, linha a linha, e finalmente Rutheford aceitou e foi publicado sem cortes no Philosophical Magazine. |
| Marcial | “A ideia de Bohr não foi muito bem aceita pelos cientistas porque era baseada numa tese instável que os cientistas não acreditavam ou tinha confiança. A comunidade da Física ficou dividida mais dividida que |

| | |
|-------------|---|
| | Max Von Laue, físico e teórico disse que se essa fosse a teoria correta da Física ele abandonaria a Física.” |
| Irmã | Duante todo o dia e noite adentro Bohr defendeu seu trabalho linha a linha. Finalmente o experiente Rutheford deu o braço a torcer antes a insistência persistente do jovem e sério dinamarquês. Descrever a estrutura do átomo com uma combinação da Física Clássica e da teoria quântica era absurdo. |

ANEXOS

ANEXO A – Questões selecionadas do Questionário Views On Science Technology Society (VOSTS)

ASSINALE A ALTERNATIVA QUE MAIS ATENDE ÀS SUAS IDEIAS

1. Definir Ciência é difícil porque é uma atividade complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é:

- A. Um estudo de campos tais como biologia, química e física.
- B. Um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida).
- C. Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam.
- D. Realizar experimentos a fim de resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.
- E. Inventar ou projetar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).
- F. Encontrar e usar conhecimento para fazer este mundo um lugar melhor para se viver (por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição e melhorando a agricultura).
- G. Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que têm idéias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.
- H. Ninguém pode definir Ciência.

2. Para esta questão, considere que o garimpeiro “descobre” o ouro e que o artista “inventar” a

escultura. Algumas pessoas acham que os cientistas descobrem as teorias científicas. Outras, que os cientistas inventam as teorias científicas. Qual a sua opinião sobre o assunto?

Os cientistas descobrem as teorias científicas:

- A. Porque a idéia já estava lá para ser descoberta.
- B. Porque a teoria científica é baseada em fatos experimentais,
- C. Mas os cientistas inventam métodos para encontrar as teorias.
- D. Alguns cientistas podem tropeçar numa teoria por acaso, descobrindo-a. Mas outros cientistas podem inventar teorias a partir de fatos que eles já conhecem.

Os cientistas inventam as teorias científicas:

E. Porque a teoria é uma interpretação de fatos experimentais que os cientistas descobriram.

F. Porque invenções (teorias) vêm da mente – nós as criamos.

3. Muitos modelos científicos usados em laboratórios de pesquisa (tais como o modelo do neurônio, DNA, ou do átomo) são cópias da realidade.

Os modelos científicos SÃO cópias da realidade:

A. Porque os cientistas dizem que eles são verdadeiros, então eles devem ser verdadeiros.

B. Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros.

C. Porque eles são verdadeiros para a vida. O objetivo deles é mostrar-nos a realidade ou nos

ensinar algo a respeito dela.

D. Os modelos científicos aproximam-se de ser cópias da realidade, porque eles são baseados

em observações científicas e pesquisa.

Os modelos científicos NÃO SÃO cópias da realidade:

E. Porque eles são simplesmente úteis para aprendizagem e explicação, dentro de suas limitações.

F. Porque eles mudam com o tempo e de acordo com o estado de nosso conhecimento, da mesma forma que as teorias.

G. Porque estes modelos devem ser idéias ou suposições estudadas, uma vez que você realmente não pode a coisa real.

4. Os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do modelo científico.

A. O modelo científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria

dos cientistas segue os passos do modelo científico.

B. O modelo científico deveria funcionar bem para a maioria dos cientistas, baseado no que nós

aprendemos na escola.

C. O modelo científico é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados. Portanto, os

melhores cientistas também usarão também originalidade e criatividade.

D. Os melhores cientistas são aqueles que usam qualquer método que possa fornecer resultados

favoráveis (incluindo o método da imaginação e criatividade).

E. Muitas descobertas científicas foram feitas por acidente, e não através do método científico.

5. Quando uma nova teoria científica é proposta, os cientistas devem decidir se a aceitam ou não. Os cientistas tomam suas decisões por consenso; isto é, os proponentes da teoria devem convencer a grande maioria dos colegas cientistas a acreditar na nova teoria.

Os cientistas que propõem uma nova teoria devem convencer outros cientistas:

A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira.

B. Porque a teoria é útil à Ciência somente quando a maioria dos cientistas acredita nesta teoria.

C. Porque quando vários cientistas discutem uma teoria e suas novas idéias, eles provavelmente

irão revisá-la ou atualizá-la. Em resumo; para atingir um consenso, os cientistas tornam as

teorias mais precisas.

Os cientistas que propõem uma nova teoria NÃO devem convencer outros cientistas:

D. Porque a evidência provada fala por si mesma.

E. Porque os cientistas, enquanto indivíduos, decidirão por eles mesmos se usam ou não aquela

teoria.

F. Porque um certo cientista pode aplicar uma teoria até que esta explique resultados e é útil, não interessa o que os outros cientistas pensem.

6. Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os

cientistas descobrem a partir destas investigações podem mudar no futuro.

A. Porque os novos cientistas refutam as teorias ou descobertas de velhos cientistas. Os cientistas fazem isto usando novas técnicas e instrumentos aperfeiçoados, através do domínio de novos fatores ou através da detecção de erros na investigação original “correta”.

B. Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar.

C. O conhecimento científico PARECE mudar porque a interpretação ou explicação de velhos fatos pode mudar. Os experimentos corretamente feitos produzem fatos imutáveis.

D. O conhecimento científico PARECE mudar porque os novos conhecimentos são somados aos

velhos conhecimentos; os velhos conhecimentos não mudam.