

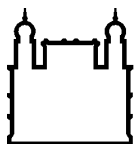
MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Mestrado em Ensino em Biociências e Saúde

A VISÃO COMO OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO PARA A
APRENDIZAGEM DE MODELOS ATÔMICOS

BERNARDO COPELLO ALVES

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2020



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biociências e Saúde

Bernardo Copello Alves

A VISÃO COMO OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO PARA A APRENDIZAGEM
DE MODELOS ATÔMICOS

Dissertação apresentada ao Instituto
Oswaldo Cruz como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Ensino de
Ciências

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria da Conceição de Almeida Barbosa Lima

RIO DE JANEIRO

Fevereiro de 2020

Alves, Bernardo Copello.

A visão como obstáculo epistemológico para a aprendizagem de modelos atômicos / Bernardo Copello Alves. - Rio de Janeiro, 2020.

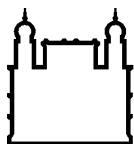
xvi, 101 f.; il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, 2020.

Orientadora: Maria da Conceição de Almeida Barbosa Lima.

Bibliografia: f. 89-99

1. Ensino de Ciências. 2. Obstáculos Epistemológicos. 3. Deficiência Visual. 4. Modelos Atômicos. I. Título.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde

AUTOR: Bernardo Copello Alves

A VISÃO COMO OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO PARA A APRENDIZAGEM DE MODELOS ATÔMICOS

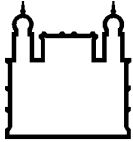
ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a Maria da Conceição de Almeida Barbosa Lima

Aprovada em: 18/02/2020

EXAMINADORES:

Prof.^a Dr.^a Deise Miranda Vianna – Presidente	IOC/FIOCRUZ - UFRJ
Prof.^a Dr.^a Giselle Faur de Castro Catarino	UERJ/UNIGRANRIO
Prof.^o Dr.^o André Luis Tato Luciano dos Santos	Colégio Pedro II
Prof.^a Dr.^a Lúcia Rodriguez de La Rocque – Revisora e primeira suplente	IOC/FIOCRUZ
Prof.^o Dr.^o Marco Adriano Dias – Suplente	IFRJ - Nilópolis

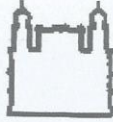
Rio de Janeiro, 18 de fevereiro de 2020.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

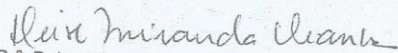
Fundação Oswaldo Cruz



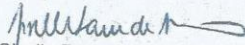
Ministério da Saúde

Fundação Oswaldo Cruz
Instituto Oswaldo Cruz

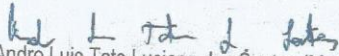
Ata da defesa de dissertação de mestrado em Ensino em Biociências e Saúde de **Bernardo Copello Alves**, sob orientação da Dr^a. Maria da Conceição de Almeida Barbosa Lima. Ao décimo oitavo dia do mês de fevereiro de dois mil e vinte, realizou-se às quatorze horas, no Auditório Emmanuel Dias/FIOCRUZ, o exame da dissertação de mestrado intitulada: "**A visão como obstáculo epistemológico para a aprendizagem de modelos atômicos**", no programa de Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências - área de concentração: Ensino Formal em Biociências e Saúde, na linha de pesquisa: Ensino e Aprendizagem em Biociências e Saúde (F). A banca examinadora foi constituída pelos Professores: Dr^a. Deise Miranda Vianna - UFRJ/RJ (Presidente), Dr^a. Giselle Faur de Castro Catarino - UERJ/RJ, Dr. Andre Luis Tato Luciano dos Santos - CPIL/RJ e como suplentes: Dr^a. Lucia de La Rocque Rodríguez - IOC/FIOCRUZ e Dr. Marco Adriano Dias - IFRJ/RJ. Após arguir o candidato e considerando que o mesmo demonstrou capacidade no trato do tema escolhido e sistematização da apresentação dos dados, a banca examinadora pronunciou-se pela aprovação da defesa da dissertação de mestrado. De acordo com o regulamento do Curso de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz, a outorga do título de Mestre em Ciências está condicionada à emissão de documento comprobatório de conclusão do curso. Uma vez encerrado o exame, a Coordenadora Adjunta do Programa, Dr^a. Isabela Cabral Félix de Sousa, assinou a presente ata tomando ciência da decisão dos membros da banca examinadora. Rio de Janeiro, 18 de fevereiro de 2020.



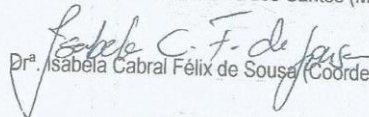
Dr^a. Deise Miranda Vianna (Presidente da Banca):



Dr^a. Giselle Faur de Castro Catarino (Membro da Banca):



Dr. Andre Luis Tato Luciano dos Santos (Membro da Banca):



Dr^a. Isabela Cabral Félix de Sousa (Coordenadora Adjunta do Programa):

Av. Brasil, 4365 Manguinhos Rio de Janeiro RJ Brasil CEP: 21040-360

Contatos: (21) 2582-1201 / 2582-1200

Aos meus pais (*in memoriam*) Luiz Augusto e Rosangela.

AGRADECIMENTOS

A gratidão é a memória do coração.
Antístenes

A Deus e a todos os seus enviados de luz.

Aos meus pais, Luiz Augusto e Rosangela. A eles devo tudo que sou, pois tudo de mais importante nessa breve passagem por esse plano aprendi com eles. Mesmo que não estejamos unidos fisicamente, carrego-os para sempre em meu coração, nunca esquecendo seus valores e ensinamentos.

À minha família por todo apoio, principalmente nos momentos mais difíceis. Em especial agradeço a minha irmã Daniele, que sempre esteve e está do meu lado me apoiando todos os dias da minha vida, sendo quase que minha segunda mãe. Também reforço o meu agradecimento a minha vó Neuza, meu sobrinho Luiz Henrique e meu cunhado Celso.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Maria da Conceição de Almeida Barbosa Lima, muito obrigado por acreditar em mim e sempre me motivar a seguir em frente na árdua jornada acadêmica. Muito obrigado por ter me “adotado”, por todo aprendizado e por toda paciência comigo.

A todos meus professores (as) que foram fundamentais para a minha formação e para eu ter chegado em um programa de pós-graduação. Minha gratidão eterna aos meus mestres.

No que se refere ao presente trabalho, registro a minha gratidão ao Prof. Dr.^o Andre Luis Tato pela contribuição na formulação do projeto que concebeu a presente pesquisa e a Prof.^a Dr.^a Deise Miranda Vianna pelas contribuições no seminário de apresentação de resultados preliminares desta investigação, pois suas colocações foram muito agregadoras.

À Prof.^a Dr.^a Lucia Lúcia Rodriguez de La Rocque por ter sido revisora da presente dissertação e por suas contribuições e colocações, as quais contribuíram para uma leitura mais fluida e agradável desta dissertação.

Aos meus amigos de grupo de pesquisa. Minha gratidão por todas as discussões e contribuições. Sempre aprendo muito com todos vocês! Registro aqui a minha gratidão aos amigos (as) Angélica Bêta, Sofia Hallais, Lucas Quintanilha e Kim Ramos por estarem a mais tempo nessa jornada comigo.

A todos os meus amigos que sempre estiveram do meu lado. Não gostaria de citar nomes, pois certamente acabarei esquecendo alguém. Entretanto não tenho como não registrar minha gratidão aos meus irmãos de vida Andrei Ribeiro, Leandro Lobo, Irving Porto, Cesar Machado e Felipe Silveira. Obrigado por todo apoio nos momentos difíceis e pela parceria em todos os outros.

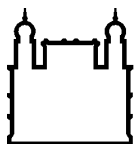
À Fundação Oswaldo Cruz e ao Instituto Oswaldo Cruz, estendendo essa gratidão a todos os seus funcionários. Minha eterna gratidão em ter na minha história uma vinculação com a FIOCRUZ, uma instituição tão séria e tão importante para o Brasil e para o mundo.

Aos amigos de pós-graduação do Instituto Oswaldo Cruz, companheiros de tantas disciplinas. Obrigado por todo aprendizado que construí com vocês e pelos momentos de descontração na hora do “cafezinho”. Outra vez não queria citar nomes pela certeza de ser injusto ao esquecer alguém, contudo registro minha gratidão ao amigo Walk Loureiro por toda parceria.

A todos aqueles que de alguma forma me ajudaram, não só no desenvolvimento deste trabalho, mas em minha vida como um todo. Mesmo que por falha de memória eu tenha esquecido de fazer uma menção, registro aqui o meu agradecimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão de bolsa durante o meu curso de mestrado.

Seja a mudança que você quer ver no mundo.
Mahatma Gandhi



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

A VISÃO COMO OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO PARA A APRENDIZAGEM DE MODELOS ATÔMICOS

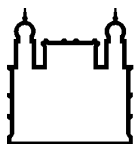
RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENSINO EM BIOCÊNCIAS E SAÚDE

Bernardo Copello Alves

A presença de pessoas com algum tipo de deficiência é uma realidade em nossa sociedade, sendo as pessoas com deficiência visual uma porcentagem expressiva desta população. Neste cenário, é garantido por leis o direito deste público à Educação. Diante disso, investigamos no presente trabalho o Ensino de Ciências para pessoas com deficiência visual. Nosso foco especial se voltou para a pesquisa da possibilidade de a visão ser um obstáculo epistemológico, segundo a teoria de Bachelard, para a aprendizagem de modelos atômicos no ensino médio. Tal tema foi escolhido pela enorme abstração no estudo do átomo, haja vista que sabemos que nenhum ser humano enxerga tal estrutura a olho nu. A presente pesquisa possui uma ênfase qualitativa e utilizamos como metodologia de investigação uma revisão sistemática de literatura em artigos científicos publicados em periódicos de livre acesso nos últimos dez anos. Nossas buscas ocorreram nas plataformas de dados Google Scholar, Portal Capes e Plataforma Scielo. Como instrumento de coleta de dados foi definido um protocolo de revisão no qual foram elencados os critérios de seleção e exclusão de artigos. Seguindo este procedimento metodológico, chegamos a dez artigos científicos dentro da proposta da presente pesquisa, que foram lidos e analisados na íntegra. Apresentamos nesta dissertação uma síntese destes trabalhos, assim como discriminamos dados referentes às suas publicações. Nossos resultados indicam que a visão pode sim configurar uma fonte de obstáculos epistemológicos, uma vez que segundo Bachelard o aparente é fonte de dúvidas e incertezas, exigindo uma reflexão crítica por parte do indivíduo para a verdadeira construção de um espírito científico. Por outro lado, observamos que a pessoa com deficiência visual tem a mesma potencialidade daqueles sem deficiência, isto é, desde que atendida segundo suas especificidades. Nesse sentido cabe ao professor o cuidado com a utilização de imagens, analogias e metáforas no estudo da evolução dos modelos atômicos, assim como o emprego de uma prática problematizadora amparada em aspectos epistemológicos e históricos para o entendimento da Ciência como uma criação humana e não linear.

Palavras Chaves: Ensino de Ciências, Obstáculos Epistemológicos, Deficiência Visual, Modelos Atômicos



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

VISION AS AN EPISTEMOLOGICAL OBSTACLE FOR LEARNING ATOMIC MODELS

ABSTRACT

MASTER'S DISSERTATION IN TEACHING IN BIOCÊNCIAS E SAÚDE

Bernardo Copello Alves

The presence of people with some kind of disability is a reality in our society, with people with visual impairment being a significant percentage of this population. In this scenario, the right of this public to education is guaranteed by law. Given this, we investigated in the present work the Teaching of Science for visually impaired people. Our special focus has been on researching the possibility that vision is an epistemological obstacle, according to Bachelard's theory, for learning atomic models in high school. This theme was chosen for the huge abstraction in the study of the atom, since we know that no human being sees such a structure with the naked eye. This research has a qualitative emphasis and we used as research methodology a systematic literature review in scientific articles published in open access journals in the last ten years. Our searches took place on Google Scholar, Portal Capes and Plataforma Scielo data platforms. As a data collection instrument, a review protocol was defined in which the selection and exclusion criteria of articles were listed. Following this methodological procedure, we arrived at ten scientific articles within the proposal of the present research, which were read and analyzed in full. In this dissertation we present a synthesis of these works, as well as discriminate data regarding their publications. Our results indicate that vision can rather constitute a source of epistemological obstacles, since according to Bachelard the apparent is a source of doubts and uncertainties, requiring critical reflection on the part of the individual for the true construction of a scientific spirit. On the other hand, we observed that the visually impaired person has the same potentiality as those with no disability, that is, as long as they are met according to their specificities. In this sense, it is up to the teacher to be careful with the use of images, analogies and metaphors in the study of the evolution of atomic models, as well as the use of a problematizing practice based on epistemological and historical aspects for the understanding of science as a human and nonlinear creation.

Keywords: Science Teaching, Epistemological Obstacles, Visual Impairment, Atomic Models

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	1
1.2 Justificativa da pesquisa.....	5
1.3 Contexto legal	6
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
3 MODELOS ATÔMICOS	11
3.1 A utilização de modelos no Ensino de Ciências	12
3.2 Um breve resgate histórico sobre a evolução de modelos atômicos.....	14
3.2.1 As origens	15
3.2.2 O século XIX	17
3.2.3 O início do século XX	22
3.2.4 A nova teoria quântica.....	30
3.2.5 Uma breve discussão sobre o que sabemos atualmente..	33
4 OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS	35
4.1 Obstáculos Epistemológicos na Construção do Espírito Científico	38
5 A DEFICIÊNCIA VISUAL E A EDUCAÇÃO INCLUSIVA	42
5.1 A aprendizagem do aluno com deficiência visual	43
5.2 Educação inclusiva e algumas possibilidades	45
5.3 A didática multissensorial.....	50
5.4 Ensino de Física e condição visual do discente	52
6 METODOLOGIA	57
6.1 O protocolo de Revisão Sistemática utilizado	58
7 RESULTADOS	61
7.1 Apresentação e síntese dos artigos.....	61
8 DISCUSSÕES	72

8.1 Análise descritiva dos artigos analisados.....	72
8.2 Análise dos artigos com base nos objetivos deste trabalho	76
8.3 Discussões gerais: Uma busca pela resposta norteadora da pesquisa.....	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS	89
APÊNDICE	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do modelo atômico de Dalton.....	18
Figura 2 - O tubo de raios catódicos utilizado por Thomson.....	19
Figura 3 - Representação do modelo atômico de Thomson.	20
Figura 4 - A radiografia tirada por Wilhelm Roentgen em 1895.....	21
Figura 5 - Representação do experimento de Rutherford.	23
Figura 6 - Representação do modelo atômico de Rutherford	24
Figura 7 - Representação de um elétron retornando ao seu estado de origem.....	26
Figura 8 - Representação do modelo atômico de Sommerfeld.	29
Figura 9 - Estratégia de Seleção Inicial dos Estudos.	59
Figura 10 - Periódicos nos quais os artigos analisados foram publicados.....	72
Figura 11 - Qualis dos periódicos onde os artigos foram publicados.	73
Figura 12- Número de artigos analisados em relação ao seu ano de publicação.	74
Figura 13- Autores em relação aos seus sexos.	75
Figura 14 - Filiação institucional dos autores por regiões do Brasil.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Artigos encontrados na pesquisa.....	60
Tabela 2- Protocolo de condução de Revisão Sistemática para investigação da visão como obstáculo epistemológico para a aprendizagem de modelos atômicos.	100

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PNLD	Plano Nacional do Livro Didático
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
UFCE	Universidade Federal do Ceará
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi Árido (RN)
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFS	Universidade Federal de Sergipe
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UnB	Universidade de Brasília
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
USP	Universidade de São Paulo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

1 INTRODUÇÃO

Deficiência é não enxergar nas pessoas, as suas verdadeiras eficiências.
Ronne Paulo de Magalhães

À primeira vista nossa sociedade é voltada para pessoas normovisuais¹ e a transformação dessa realidade aponta para a mudança de modelos já fixados. Entretanto, vivemos em uma sociedade com inúmeras diferenças, sejam elas físicas, culturais, sociais, políticas, filosóficas, religiosas, entre outras tantas pluralidades. Todavia é assegurado por leis, independentemente de qualquer característica, o acesso de todos os seres humanos a direitos essenciais à vida e ao desenvolvimento do indivíduo como pessoa.

No que se refere a pessoas com algum tipo de deficiência, de acordo com o Relatório Mundial sobre a Deficiência publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) no ano de 2015, mais de um bilhão de indivíduos em todo o planeta convive com alguma forma de deficiência, o que representa 15% da população mundial. Nesse contexto, não se pode negar a existência de alunos com algum tipo de deficiência e o seu direito de acesso à educação.

No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base no censo de 2010, aproximadamente 14,5% da população possui algum tipo de deficiência. Tal percentual equivale a algo em torno de 24,5 milhões de pessoas. Dentre esse grupo, a deficiência visual é a mais representativa, acometendo algo em torno de 16,6 milhões de pessoas, das quais aproximadamente 160 mil são cegas, 2,4 milhões apresentam grande dificuldade para enxergar e 14 milhões apresentam alguma dificuldade para enxergar².

Sobre a deficiência visual em esfera global, especificamente em 2011, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estimou globalmente a sua magnitude, a partir de dados reunidos em 2010. Segundo a OMS, o número total de pessoas

¹ Nomenclatura para pessoas que não possuem deficiência visual.

² Cabe ressaltar que um problema de visão não é necessariamente classificado como deficiência visual.

com deficiência visual no mundo é estimado em 285 milhões, dos quais 39 milhões são cegos. (TALEB et al, 2012).

Diante desses dados, sendo inegável a presença deste público em nossa sociedade, é imprescindível a necessidade de discussões sobre práticas inclusivas. Devemos ter em mente que a inclusão social implica em mudanças no ordenamento do mundo e a superação de preconceitos e estereótipos. No espaço da escola o seu lugar é assegurado por lei e exige esforço e disposição. (FERREIRA; DICKIMAN, 2007). Sobre a educação escolar de crianças com algum tipo de deficiência, Toledo (2017), nos informa que

Para a UNESCO (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA, 2013), mais de 90% das crianças com deficiência nos países em desenvolvimento não frequentam escolas e cerca de 500.000 crianças a cada ano perdem alguma parte de sua visão devido à deficiência de vitamina A. Além disso, a organização aponta que a grande maioria das pessoas com deficiência auditiva ou visual em países em desenvolvimento não possuem alfabetização básica e aqueles com deficiência intelectual são frequentemente tratados com negligência, evidenciando uma forte conexão entre deficiência e pobreza. (p.11).

No que se refere à Educação no Brasil, é realidade a presença de alunos com deficiência visual matriculados em classes de escolas regulares, principalmente após a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996). Desse modo, é muito importante a discussão constante da relação ensino e aprendizagem deste público, que rotineiramente sofre preconceito em relação à sua capacidade intelectual. Nas palavras de Camargo (2008) ao tratar da deficiência visual:

A cultura de videntes evidencia uma concepção de senso comum acerca da deficiência visual, que, longe de ser neutra, normaliza estruturas físicas e atitudinais inadequadas à participação efetiva de pessoas com deficiência visual na vida diária. Existe, portanto, uma representação social da deficiência visual que fundamenta o enquadramento da pessoa cega ou com baixa visão nos contextos da anormalidade e da incapacidade. (p. 19).

Como posto pelo autor no fragmento acima, é comum em pleno século XXI, a visão errônea de uma grande parte da sociedade de que o cego é incapaz de construir conhecimentos. Nessa mesma vertente, muitas vezes ouvimos

questionamentos do tipo: “mas por que um cego precisa aprender Física, Química, etc.”. Tal mentalidade é cruel ao tolher o indivíduo de inúmeras possibilidades e perspectivas não só no campo da ciência e da tecnologia, mas também em outras áreas do conhecimento humano.

Nesse contexto de suposta incapacidade ocasionada pela falta do sentido visual, o presente trabalho refere-se a uma pesquisa de revisão bibliográfica em artigos, publicados em periódicos de livre acesso, nos últimos dez anos. Neste trabalho, desejamos discutir a possibilidade de a visão ser um possível obstáculo epistemológico, sob a concepção de Gaston Bachelard, na relação ensino/aprendizagem do conteúdo modelos atômicos.

Tal escolha se deu devido ao fato de o estudo de modelos atômicos requerer grande abstração, pois o ser humano, mesmo que em condições normais de acuidade visual, não consegue enxergar um átomo a olho nu. Desse modo veio o desejo de investigar a visão como um possível obstáculo epistemológico, não só ao aluno com deficiência visual, mas também ao normovisual no alcance à construção deste conhecimento.

A escolha por uma revisão bibliográfica ao invés de uma pesquisa em campo se deu na concepção do projeto que alicerçou o presente trabalho. Naquele momento, ao fazermos um levantamento explanatório de literatura, observamos poucos trabalhos publicados com relação ao tema da presente investigação. Então decidimos por uma revisão mais criteriosa para contextualizarmos o que foi feito na área.

Para tal tarefa iniciamos a presente dissertação apontando a presença de pessoas com algum tipo de deficiência em nossa sociedade e justificando a sua garantia de acesso à Educação, em especial para pessoas cegas ou com baixa visão. Tal aporte é construído com base nas legislações vigentes e na concepção de que a deficiência visual não interfere na condição cognitiva do indivíduo.

No capítulo 2 são apresentados os objetivos gerais e específicos da pesquisa. No capítulo 3 é discutida a utilização do uso de modelos no Ensino de Ciências e faz-se um breve resgate histórico no que concerne a evolução dos modelos atômicos desde a Antiga Grécia até os dias atuais. Nesse sentido

ressaltamos a concepção de modelos como uma criação humana, além do caráter não linear e dinâmico da Ciência.

No capítulo 4 é discutido o tema estruturador desta pesquisa: o que são obstáculos epistemológicos na concepção de Gaston Bachelard, bem como sua relação com o Ensino de Ciências de uma forma geral. No capítulo 5 são trabalhados dois temas inerentes ao presente trabalho: deficiência visual e Educação Inclusiva, trazendo definições e discutindo contextos educativos, assim como a potencialidade da didática multissensorial em um contexto inclusivo.

No capítulo 6 é apresentada a metodologia utilizada neste trabalho, que se instrumentalizou através de uma revisão sistemática de literatura. No capítulo 7 são apresentados os resultados encontrados e é feita uma análise descritiva dos artigos selecionados como objetos de estudo. Nessa sessão apresentamos dados destas publicações como autores e suas filiações institucionais, ano de publicação e Qualis do periódico no qual foi publicado.

No capítulo 8 são feitas as discussões dos resultados encontrados na revisão de literatura, onde buscamos um diálogo entre nosso referencial teórico e os autores dos artigos analisados através da revisão bibliográfica, para assim buscarmos respostas à nossa investigação. Posteriormente são feitas as considerações finais, apontando contribuições e limitações da presente pesquisa, bem como perspectivas para pesquisas futuras.

Em seguida são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas como aporte teórico para sustentação do presente trabalho, que ainda conta com um apêndice, no qual apresentamos o protocolo de revisão sistemática de literatura que norteou a busca realizada em plataformas de dados. Nessa seção, estão descritos os critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos artigos que foram analisados.

Por fim, ou melhor para início de leitura da presente dissertação, gostaríamos de apresentar a pergunta que norteou nossa pesquisa: O que apontam as pesquisas publicadas em periódicos nos últimos dez anos sobre a temática visão e obstáculos epistemológicos na aprendizagem de modelos

atômicos, tanto para alunos normovisuais quanto para alunos com deficiência visual?

1.2 Justificativa da pesquisa

A Física é uma ciência que estuda diversos fenômenos que ocorrem em nosso Universo, desde movimentos subatômicos até o comportamento de galáxias. Nesse contexto, muitos acontecimentos estudados não são visíveis ao olho humano, sendo alguns notados através de outras percepções sensoriais e outros apenas analisados através de modelos matemáticos.

No que tange à utilização de modelos matemáticos para o estudo e a explicação de fenômenos, podemos citar a Física Quântica, parte da Física que se desenvolveu no início do século XX, vindo explicar acontecimentos que a Física Newtoniana, já consolidada no cenário científico, não conseguia explicar com exatidão. Tal desenvolvimento foi fundamental para a evolução da estrutura atômica e para a formulação de modelos mais avançados.

Como afirma Cruz-Hastenreiter (2015) nossa percepção sensorial encontra barreiras no que diz respeito a acontecimentos do mundo quântico. Nas palavras do autor: “nosso sentido visual alcança, com auxílio de microscópio, a ordem de 10^{-6} m, enquanto nos sistemas quânticos trabalhamos na ordem de 10^{-10} (átomo) e 10^{-15} m (núcleo).” (p. 108). Para efeito de comparação, a espessura média do fio de cabelo humano encontra-se na ordem de 10^{-5} m.

Desse modo, a Física Quântica rompe com padrões habituais e familiares para nós. Nesse contexto, investigamos neste trabalho, a visão como uma barreira à compreensão de fenômenos quânticos, segundo a concepção de obstáculos epistemológicos propostos por Gaston Bachelard, explicitados em sua obra “A formação do espírito científico” (1938). O conteúdo escolhido para tal investigação são os modelos atômicos e sua evolução ao longo da história.

A escolha pelo autor francês Bachelard se deve ao fato de o teórico ter uma obra relevante no que se refere à epistemologia da Ciência. Segundo ele, o aparente consiste em uma fonte de erro, sendo necessária uma reflexão profunda para a formação de um verdadeiro espírito científico. Diante disso, vem

a nossa proposta de pesquisar a visão como uma possível fonte de barreiras no estudo de modelos atômicos segundo a vertente epistemológica bachelardiana. Como já dito anteriormente, desenvolveremos com maior cuidado a teoria de Bachelard no capítulo 4.

Neste sentido, Camargo (2008) chama a atenção para a necessidade de superarmos a relação entre conhecer e ver; afirmando que a visão não pode ser um pré-requisito para o conhecimento da Física Moderna, chega a indicar que sua ausência...

pode indicar alternativas ao ensino de Física, as quais enfocarão a deficiência visual não como uma limitação ou necessidade educacional especial, mas como perspectiva auxiliadora para a construção do conhecimento de Física por parte de todos os alunos. (Camargo, 2008 p. 25-6).

A partir do momento que tanto na Física, como na Biologia e na Química, os elementos visuais são fortemente utilizados, conseqüentemente não são explorados os outros sentidos humanos. Linguagens com estruturas puramente visuais não proporcionam a alunos cegos ou com baixa visão as mínimas condições de acessibilidade às informações veiculadas. (CAMARGO, 2016). Diante disso, para Tato (2016), é fundamental colocar em prática a diversidade de percepção sensorial para que a relação ensino/aprendizagem de alunos com deficiência visual seja efetiva.

Segundo Soler (1999), a didática multissensorial pautada em sentidos como o tato, a audição, a visão, o paladar e o olfato podem atuar como canais de entrada de informações importantes. Nessa perspectiva, a percepção do aluno deixa de ser apenas visual. Perante a isto, é perfeitamente plausível o ensino de Física para pessoas com algum tipo de deficiência visual.

1.3 Contexto legal

Em relação à Educação, nossa Constituição Federal de 1988 é bastante clara quando reconhece, em seu artigo 205, que a educação é direito de todos e dever do Estado e da família. E esta deva ser promovida e incentivada com a

colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. (BRASIL, 1988).

Sendo assim, podemos afirmar que na Constituição não há qualquer diferenciação de direito em relação às pessoas com necessidades especiais educacionais de qualquer tipo, gênero ou idade, sendo-lhes facultado o direito constitucional de formação educacional escolar em qualquer instituição de ensino, seja pública ou privada. O objetivo é o pleno desenvolvimento como pessoa física, sua capacitação ao exercício da cidadania e da qualificação ao trabalho que desejar ou puder exercer de acordo com suas possibilidades (BRASIL, 1988).

No que se refere aos primeiros passos de políticas inclusivas em âmbito mundial, podemos citar a Conferência Mundial sobre Educação para Todos, também conhecida como Declaração de Jomtien (UNESCO, 1990), que ocorreu na cidade de mesmo nome, na Tailândia em 1990. A Declaração visa estabelecer compromissos mundiais para garantir que todas as pessoas, independentemente de sua condição, tenham acesso à educação, de modo a propiciar uma sociedade mais digna, humana e justa.

Com forte influência da Declaração de Salamanca: Sobre Princípios, Políticas e Práticas na Área das Necessidades Educativas Especiais (UNESCO, 1994), da qual o Brasil é um dos países signatários, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) é bastante avançada em relação aos alunos com necessidades especiais educacionais. Assim sendo, a Lei nº 9.394 (LDBEN), de 20 de dezembro de 1996, no seu Art. 2º, reafirma que a educação é dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tendo por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. (BRASIL, 1996).

Nas últimas duas décadas, avançamos significativamente sobre as garantias legais da pessoa com deficiência, especialmente no que se refere à educação. O artigo 58 da LDB pressupõe que a educação das pessoas com

deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades, deve ser oferecida preferencialmente na rede regular de ensino. E que “Haverá, quando necessário, serviços de apoio especializado, na escola regular, para atender às peculiaridades da clientela de educação especial” (BRASIL, 1996).

Podemos citar outras iniciativas posteriores neste campo, como as Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica (2001), o Programa Educação Inclusiva: Direito à Diversidade (2003) e a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (2008).

Posteriormente, outras legislações surgiram para dar garantias legais ao processo de inclusão, dentre elas o Decreto 7.611, de 17 de novembro de 2011, que dispõe sobre o atendimento educacional especializado que, entre outras prerrogativas, prevê apoio técnico e financeiro da União ao público alvo da Educação Especial e para os alunos com deficiência visual. Essa normativa garante formação continuada de professores para o ensino do Braille e a implantação de salas de recursos multifuncionais, que são “ambientes dotados de equipamentos, mobiliários e materiais didáticos e pedagógicos para a oferta do atendimento educacional especializado”. (BRASIL, 2011).

No que se refere à impressão de livros em Braille, temos o Tratado de Marrakech (2013). Os países participantes do acordo se comprometeram a criarem instrumentos em suas respectivas legislações que permitam a reprodução e a distribuição de obras, livros e textos em formato acessível a pessoas com deficiência visual, como o Braille, sem necessidade de requisitar autorização da transcrição para tal código ao detentor dos direitos autorais.

Fica claro que o documento busca implementar mecanismos de inclusão e acessibilidade aos benefícios da cultura, das artes e das ciências para as pessoas com incapacidade visual ou com outras dificuldades para acessar textos impressos. Sem deixar de reconhecer que a proteção dos direitos autorais é uma forma de recompensa ao processo criativo dos autores e editores, pondera a necessidade de ampliar, de forma inclusiva, o contingente de leitores.

Mais recentemente, tivemos a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência aprovada em 2015. Também conhecida popularmente como Lei Romário³, em seu teor ela prevê direitos e garantias a pessoas com deficiência, além de classificar como pessoa com deficiência aquela que tem impedimentos de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, que podem obstruir a sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas. No que se refere ao campo educacional, as escolas privadas ficaram proibidas de cobrarem mensalidades maiores para alunos com algum tipo de deficiência. Também foi aprovada a obrigação de o poder público incentivar e fomentar a publicação de livros acessíveis pelas editoras brasileiras. (BRASIL, 2015).

Com base nas legislações e diretrizes descritas, é direito da pessoa com deficiência ser assistida na rede regular de ensino. No espaço educacional deve ser estabelecida uma organização específica, através de currículos, métodos, técnicas e recursos educativos, os professores do ensino regular devem ser capacitados para a integração desses educandos nas classes comuns. (CAMARGO e NARDI, 2008).

³ Tal designação ocorre pelo fato do relator da Lei no Senado Federal ter sido o senador e ex-jogador de futebol Romário Faria.

2 OBJETIVOS

O rio atinge seus objetivos porque aprendeu a contornar obstáculos.
Lao-Tsé

Neste capítulo são apresentados os objetivos da presente pesquisa.

2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é investigar, por meio de análise de artigos publicados em periódicos nos últimos dez anos, se a visão humana pode configurar um obstáculo epistemológico no ensino de modelos atômicos no ensino médio, tanto em alunos com deficiência visual quanto em alunos normovisuais.

O interesse por investigar este sentido como um possível obstáculo epistemológico para a construção do conhecimento no que se refere ao ensino de modelos atômicos, independentemente da condição visual do indivíduo, surgiu a partir de inquietações sobre a incapacidade de todos nós não enxergarmos a olho nu o átomo, sendo escolhido Gaston Bachelard como aporte teórico para construir uma conexão com o Ensino de Ciências.

2.2 Objetivos Específicos

- 1) Investigar quais os obstáculos epistemológicos, segundo a teoria de Gaston Bachelard, alunos normovisuais e com deficiência visual teriam que superar na compreensão de modelos atômicos.
- 2) Discutir o uso de modelos no Ensino de Ciências e a evolução da teoria atômica com base no contexto histórico.

3 Modelos atômicos

A ciência se compõe de erros que, por sua vez, são os passos até a verdade.
Júlio Verne

Após a apresentação dos objetivos do presente trabalho e tendo em vista sua inerente conexão com os modelos atômicos estudados no ensino médio, faremos neste capítulo um breve resgate histórico da evolução destas estruturas, para assim com base na História da Ciência, melhor compreendê-las.

Cabe ainda aqui reforçar, como já dito anteriormente na justificativa desta dissertação, que a estrutura atômica não pode ser alcançada pelo sentido visual humano, requerendo a elaboração de modelos teóricos que vão sendo ao longo da história modificados por conta de novos estudos por diversos pesquisadores o que provoca o surgimento de um novo modelo (continuando invisível a olho nu). Assim, sucessivamente, exigindo uma grande abstração para a construção do seu entendimento.

A compreensão do que é um átomo e o estudo sobre modelos atômicos foi fundamental para o desenvolvimento científico e tecnológico de nossa civilização, tendo aplicações práticas em inúmeras áreas de nossa sociedade, como por exemplo aplicações na medicina, telecomunicações a até mesmo no campo bélico.

Por outro lado, cabe ressaltar que um modelo atômico não é uma descoberta, mas sim uma criação científica, apoiada em experimentos, simulações e cálculos matemáticos, onde são aceitos na medida que explicam e preveem fenômenos. No entanto, quando determinado acontecimento não for mais previsto e justificado por um certo modelo, faz-se necessária sua adequação. (MELO; NETO, 2013).

A seguir discutiremos a utilização de modelos no Ensino não só da Física, mas da Ciência como um todo. Posteriormente faremos um breve resgate histórico da evolução dos modelos atômicos, ressaltando a importância da História da Ciência para o entendimento desta jornada.

3.1 A utilização de modelos no Ensino de Ciências

Segundo Bunge (1976), um modelo científico pode ser compreendido como uma construção imaginária:

Um modelo é uma construção imaginária de um objeto(s) ou processo(s) que remete a um aspecto de uma realidade a fim de poder efetuar um estudo teórico por meio das teorias e leis usuais. (p. 12).

Desse modo, a modelagem materializa abstrações de determinados fenômenos. O uso de modelos científicos no Ensino de Ciências é uma ferramenta útil na busca pela compreensão de fenômenos que ocorrem no Universo. Nesse sentido, Brandão, Araújo e Veit (2008), ao tratarem do Ensino de Física, nos falam que

estratégias didáticas baseadas na noção e uso de modelos surgem como alternativas para inserção de conteúdos de natureza epistemológica que, imbricados com conteúdos de Física, propiciam aos alunos uma visão mais holística sobre a natureza e a construção do conhecimento científico. (p.11).

Como posto pelos autores, a modelagem científica contribui para a construção de conhecimentos científicos que por muitas vezes são extremamente abstratos para os alunos, pois rompem com a sua rotina de vivência.

Desse modo, o uso de modelos busca a compreensão da realidade. Sobre o trabalho com modelagens, Brandão, Araújo e Veit (2008) ressaltam para nós que “não existem modelos corretos, mas sim adequados. Alguns modelos conceituais são mais adequados do que outros por enfatizarem certos aspectos negligenciados pelos demais.” (p. 12).

A adequação de um modelo teórico parte de hipóteses e deve levar em conta o conhecimento científico previamente estabelecido. Tais representações devem se preocupar com algumas questões: o que desejam responder, o quanto de precisão desejam obter, o grau de informação que se detém sobre o fenômeno em questão e o seu domínio de validade.

Quando falamos em domínio de validade, não podemos deixar de citar a mecânica newtoniana, que não consegue contemplar os domínios de fenômenos próximos da velocidade da luz ou na escala atômica.

No que se refere à elaboração de um modelo científico, Santos (2002) nos explica que

Um modelo deve ser construído selecionando-se o menor subconjunto de variáveis que descrevem adequadamente o sistema real. A habilidade em modelagem depende de experiência, conhecimento, intuição, julgamento, percepção e imaginação. A construção de um modelo é baseada num modo específico de olhar para o objeto, isto é, para a “realidade”. (p. 2).

Dessa forma, os modelos são ferramentas que podem expor uma estrutura ou processo, favorecendo o entendimento de fenômenos complexos e abstratos, tornando assim, o aprendizado mais concreto. Contudo, a modelagem científica nunca será a estrutura ou o fenômeno propriamente dito, cabendo ao professor discutir com seus alunos sobre as contribuições e limitações de um determinado modelo. (MELO E NETO, 2013).

Em especial, quando falamos de alunos com algum tipo de deficiência visual, esses são capazes de construir seu conhecimento e pensamento científico, desde que tenham acesso a práticas educacionais adaptadas. Nesse sentido, o uso de modelos táteis torna-se uma poderosa ferramenta (ANDRADE et al, 2017). Cabe ainda ressaltar que o uso de tais materiais táteis é conveniente à relação ensino/aprendizagem de todos os alunos em uma sala de aula regular, pois a promoção de um ensino inclusivo e multissensorial é uma prática benéfica para todos em uma sala de aula. (TATO, 2016).

Segundo Camargo, Nardi e Veraszto (2008), ao realizarem pesquisas sobre a comunicação entre alunos com deficiência visual e seus professores, o uso de modelos táteis e outros materiais possíveis de serem tocados vinculam significados da aula expositiva às representações táteis, de modo que tais significados se tornam acessíveis aos alunos com deficiência visual. Nesse sentido, as maquetes táteis funcionam como um “suporte material”, sendo uma estrutura empírica da linguagem, por meio da qual uma determinada informação é organizada, armazenada, veiculada e percebida. (CAMARGO, 2012).

3.2 Um breve resgate histórico sobre a evolução de modelos atômicos

Após nossa discussão sobre a modelagem no Ensino de Física e de Ciências de uma forma geral, nesta seção faremos um breve resgate histórico da evolução da concepção sobre a estrutura atômica. Segundo Chassot (2001) apud Melo e Neto (2013), a discussão histórica sobre este tema permite entender como evolui o pensamento científico sobre a mesma realidade:

[...] mudam os modelos, mas não a realidade. Temos na verdade uma nova ideia de átomo, ou seja, um novo átomo, para explicar uma realidade que não mudou. A mudança que ocorre é no nosso conhecimento sobre a realidade. (pg. 114).

Tal abordagem nos faz refletir sobre a não existência de um modelo atômico correto, mas sim que ao longo da história do átomo houve leituras diferentes desta estrutura e consequentes aperfeiçoamentos. Desse modo, fica evidente o dinamismo da Ciência. Pozo e Crespo (2006) afirmam que “[...] a ciência não é um discurso sobre ‘o real’, mas um processo socialmente definido de elaboração de modelos para interpretar a realidade”. (p. 20).

Há um equívoco em se tomar a Ciência apenas com base em resultados, sem acompanhar e conhecer os mecanismos que possibilitaram o seu progresso, representando assim uma Ciência cristalizada e fechada, que despreveria uma realidade fixa e determinada. Nesse sentido a Ciência é muito mais um processo de construção do conhecimento do que um contato com o saber estabelecido. (BACHELARD, 1996 apud MEDEIROS, RODRIGUEZ e SILVEIRA, 2016).

Melo e Neto (2013), em sua pesquisa sobre dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em Química, nos falam que

A observação da natureza permite ao cientista criar modelos e teorias que devem ser testados, por meio de experimentos ou simulações, para conhecer a extensão da aplicabilidade da teoria desenvolvida. Portanto, a ciência não é algo neutro e acabado, mas construída socialmente e em constante evolução, já que alguns modelos teóricos se apresentam com determinadas limitações na explicação do observado macroscopicamente, exigindo que novos modelos e leis sejam elaborados para explicar além das limitações. (pg. 112).

Como posto acima, a sucessão e a aceitação de um modelo em relação ao seu antecessor são pautadas em superar limitações do anterior para conseguir explicar determinados fenômenos, o que ressalta o caráter dinâmico da Ciência. Discutiremos a seguir como a evolução dos modelos atômicos não foi algo linear, mas sim fruto do trabalho árduo de muitos célebres pesquisadores ao longo da História da Ciência, dando oportunidade para muitos embates entre vários cientistas.

3.2.1 As origens

Desde a antiga Grécia já era discutido o conceito de átomo. Por volta de 450 a.C., os filósofos gregos Demócrito e Leucipo levantaram a hipótese que tudo no universo seria formado por pequenas partículas indivisíveis. Eles acreditavam que todas as coisas eram constituídas de uma infinidade de pequenos átomos, eternos, imutáveis e indivisíveis. Esses átomos existiam em diversas formas, possuíam ganchos e engates que permitiam suas combinações, e explicavam a variedade das substâncias existentes. (PIRES; CARVALHO, 2014). A palavra átomo vem do grego e significa “sem parte” ou “indivisível”.

Martins (2001) em seu livro “A história do átomo de Demócrito aos quarks”, nos fala que:

Entre as várias teorias sobre a constituição da matéria que compõe o Universo, a mais lógica na Antiguidade grega foi a hipótese atomística. Esta teoria possibilitou aos seus atores, Leucipo e Demócrito, da Escola de Abdera, dar uma explicação para a estrutura da matéria do nosso Universo sem recorrer a entidades divinas ou misteriosas. (p. 2).

Ao distanciar-se de explicações sobrenaturais, Rocha et al. (2011) chamam atenção para a sofisticação da teoria atomística em plena Grécia Antiga. Em suas palavras:

O atomismo é um sistema de pensamento extremamente avançado para a sua época e possui, a nosso ver, grandes virtudes, sendo uma delas a de eliminar do pensamento antigo o medo e a superstição provocados pela intervenção de deuses vingativos e ciumentos, permitindo ao universo uma evolução livre feita de acordo com a dança combinatória dos átomos. (p. 59).

Sobre a hipótese atomística, a teoria fundamental de Leucipo e Demócrito é que o Universo é constituído de duas coisas, os átomos e o vácuo, isto é, composto de agregados de matéria e um vazio total. Demócrito acreditava que a matéria poderia ser subdividida em pedaços cada vez menores até atingir um limite, além do qual nenhuma divisão seria possível. Contudo, a denominação átomo dada a estas partículas indivisíveis foi, na realidade, de Epicuro, quase um século mais tarde.

Desse modo, foi Epicuro que retoma a teoria atômica de Leucipo e Demócrito, batizando de átomo a partícula que em sua visão era a constituinte fundamental do Universo. Por outro lado, existia uma visão oposta, na qual era defendida a divisibilidade. Essa teoria defendida por Empédocles (495 – 430 a.C.), dizia que todas as coisas eram formadas por quatro elementos essenciais: fogo, água, terra e ar. Esses elementos eram imutáveis, mas poderiam se combinar sob a ação de duas forças, uma de atração e a outra de repulsão.

Sobre a visão oposta de divisibilidade, Castilho (2003) nos fala que existiam outros pensadores que defendiam essa concepção:

A visão oposta, [...] a de continuidade e divisibilidade sempre possível, possuía também defensores. Anaxágoras (500 – 428 AC) e Aristóteles (384 – 322 AC) estavam entre estes. O grande sucesso de Aristóteles, em vários outros campos, provavelmente contribuiu para que a visão atomística não prosperasse, pelo menos até o século dezessete. A concepção da matéria como constituída por átomos, inicialmente resultado apenas de uma construção especulativa, essencialmente não se altera no período que vai da Grécia Antiga até o final do século XVIII e início do século XIX. (p. 364).

Na concepção atomística tudo era constituído por partículas indivisíveis e imutáveis, inclusive a alma, que se movimentavam no vazio e não havia nessa teoria espaços para a existência de deuses. Por outro lado, na teoria dos quatros elementos, tudo era formado por água, terra, fogo e ar. Nessa concepção, a alma não era matéria, mas formada por ações divinas. O espaço supralunar era habitado por deuses, criadores de todas as coisas. A segunda teoria prevaleceu durante a Idade Média. Como alguns motivos para tal fato, podemos citar: o apoio da poderosa Igreja Católica, a estruturação pautada em elementos visíveis e o respaldo e credibilidade dos trabalhos de Aristóteles. (Gomes, 2017).

A visão aristotélica estava em consonância com os dogmas da Igreja Católica por permitir espaço para a criação divina. Sobre a visão de Aristóteles acerca da matéria, Gomes (2017) nos fala:

Ainda sobre a constituição da matéria, Aristóteles foi mais adiante, ele introduziu um quinto elemento: o éter. Para ele, o éter era o constituinte da matéria supralunar, ou seja, tudo que houvesse após a lua seria feito de éter e, nesta região, somente os deuses podiam interferir. Por outro lado, na região sublunar, tudo era formado pela combinação dos quatro elementos. (p. 19).

A ideia do éter é um capítulo de extrema importância para a história da Física e foi tema de discussões e experimentos. Mas voltando ao domínio da Igreja Católica no período medieval e seu impacto no desenvolvimento científico, Mello (2011) nos fala que

[...] a expansão do Cristianismo foi uma imensa derrota para a ciência, que era considerada bruxaria, mergulhando a humanidade no obscurantismo medieval por mais de dez séculos, onde a dúvida era pecado mortal devidamente “corrigida” com as chamadas inquisições. (p. 01).

A Idade Média foi um período de transição, pois foi nele que o conhecimento que estava concentrado na Grécia e em áreas próximas sofreu a transição para a Europa, o que, com certeza, necessitou de muito esforço e tempo (GOMES, 2017). Somente no século XIX manifestou-se de fato uma nova concepção sobre a teoria atômica, o que discutiremos na próxima sessão.

3.2.2 O século XIX

Em 1803, o químico e físico inglês John Dalton (1766-1844) retoma as ideias da escola atomística dos antigos filósofos gregos e desenvolve uma nova teoria atômica da matéria, sendo por esta razão, conhecido como um dos pais da Ciência Física Moderna. Dalton propôs que o átomo seria parecido com uma bola de bilhar, isto é, esférico, maciço e indivisível. Martins (2001), ao falar sobre Dalton, esclarece que

Dalton, baseado em leis científicas da Química, conseguiu dar para a interpretação da estrutura da matéria uma fundamentação mais real e objetiva. Não desenvolveu as elucubrações que haviam sido apresentadas pelos que o antecederam. É seguidor de um critério

científico correto. Após Dalton, a Química passa a ter uma estruturação lógica e racional, sem o tratamento místico e pseudocientífico da velha Alquimia. Estava sendo iniciada uma nova era da Ciência. (p. 10).

Dalton se baseou nas chamadas “leis das combinações químicas” que eram conhecidas e aceitas naquele momento, dando um caráter científico à formulação de seu modelo atômico. Porém, o modelo proposto por ele não conseguia explicar a natureza elétrica da matéria, algo que o filósofo Tales de Mileto (624 – 546 a. C.) demonstrou na Grécia antiga ao comprovar que quando atritamos âmbar com um pedaço de lã, ele passa a atrair objetos leves. O modelo atômico de Dalton está ilustrado na figura 1.

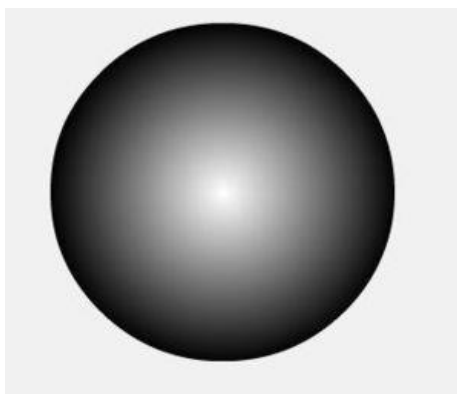


Figura 1 – Representação do modelo atômico de Dalton.

Fonte: <<http://caracteristicass.de/br/modelo-atomico-de-dalton/>>. Acesso em 30 set. 2019

Passadas algumas décadas, em 1897, o físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940), percebeu a parte elétrica negativa dos átomos: os elétrons. Tal descoberta ocorreu quando ele trabalhava com ampolas de Crookes (figura 2) que continham gases e eram submetidas a altíssimas voltagens, de modo que eram produzidos raios catódicos. Ao submeter um campo elétrico externo ao experimento, Thomson percebeu que os raios se direcionavam para uma placa positiva, o que indicava a presença de cargas negativas.



Figura 2 - O tubo de raios catódicos utilizado por Thomson.

Fonte: Acervo do "The Cavendish Laboratory Museum". Acesso em 30 de set. 2019.

A famosa observação do elétron foi realizada no célebre Laboratório Cavendish, situado na Universidade de Cambridge. Curiosamente o termo elétron foi introduzido na Física por George Johnstone Stoney (1826-1911) em uma publicação de 1891. Contudo, ele utilizava o termo com sentido diferente do atual, pois ele chamava de elétron a menor quantidade de carga elétrica, positiva ou negativa. Martins (2001) nos esclarece que: "a origem da palavra elétron, é resultante do vocábulo grego *elektron*, que era o nome que se dava ao âmbar amarelo (resina fóssil), utilizada nas experiências de eletricidade realizada por Tales de Mileto." (p. 15).

Antes da descoberta de Thomson, Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) havia aparentemente mostrado que os raios catódicos não eram defletidos por um campo elétrico, mas Thomson provou que isto era incorreto, por meio da verificação da existência de sua carga elétrica (negativa) e da natureza corpuscular, estabelecendo sua relação carga massa.

Contudo, a prova definitiva da natureza da eletricidade e a primeira determinação precisa do valor da menor carga elétrica aparece no trabalho de Robert Andrews Millikan na famosa experiência da gota de óleo, realizada pacientemente, durante vários anos, de 1909 a 1917. (SANTOS, 2002).

Retornando a Thomson, como na natureza encontramos os átomos em estado neutro, o cientista propôs em 1904 que o átomo seria uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, incrustada de elétrons, de modo que sua

carga total era nula. Tal modelo ficou popularmente conhecido como “pudim de passas”. O modelo atômico de Thomson está ilustrado na figura 3.

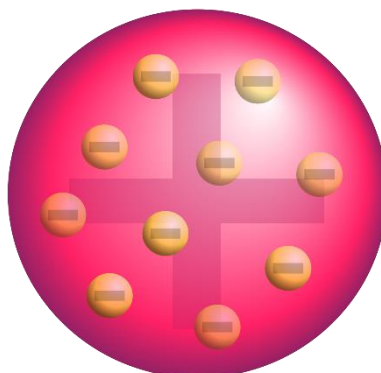


Figura 3 - Representação do modelo atômico de Thomson.

Fonte: < <https://pt.thpanorama.com/blog/ciencia/modelo-atmico-de-thomson-caractersticas-experimentos-postulados.html>>. Acesso em 30 de set. 2019.

Na rica história do átomo é importante salientar a relevância dos estudos sobre radioatividade, que muito contribuíram para o desenvolvimento da teoria atômica. Em seu artigo sobre a evolução do átomo, Castilho (2003) faz uma interessante cronologia no que se refere ao papel de elementos radioativos nesse contexto. Nas palavras do autor:

Em 8 de novembro de 1895 Röntgen (1845 – 1923) descobriu os raios-X. Num espaço de tempo de uma década é possível relacionar uma série de resultados estreitamente ligados à moderna Teoria Atômica: em 1896 Becquerel (1852 – 1908) observa a radioatividade, denominada por ele de “raios urânicos”; no mesmo ano Zeeman (1865 – 1934) analisa a influência dos campos magnéticos sobre as linhas espectrais; a relação entre a carga e a massa dos raios catódicos é determinada pelo já citado Thomson em 1897; no ano seguinte Rutherford (1871 – 1937) registra a existência de dois tipos de radioatividade (raios alfa e beta); neste mesmo ano M. Curie (1867 – 1934) refere-se à radioatividade como uma propriedade atômica; em 1899 Thomson, ao medir a carga dos elétrons emitidos, relaciona este fato à possibilidade do átomo ser quebrado; em 1900 Villard (1860 – 1934) descobriu os raios gama e em 1905 Einstein postula sobre o quantum de luz. (p. 365).

Como posto no fragmento acima, tivemos em dez anos uma série de descobertas ligadas a fenômenos radioativos que tiveram um papel de relevância na evolução da teoria atômica. Na figura 4 podemos observar a foto

da primeira radiografia a ser tirada no mundo feita por Wilhelm Roentgen em 1895 ao radiografar a mão esquerda de sua esposa, Bertha Roentgen.



Figura 4 - A radiografia tirada por Wilhelm Roentgen em 1895.

Fonte: < <http://www.spenzieri.com.br/about/breve-historico-da-radiologia/>>. Acesso em 30 de set. 2019.

Sobre a teoria do quantum de luz de Einstein, no fim do século XIX, Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858 – 1947) propõe a quantização da energia, fato que acarretou uma revolução científica e trouxe para a história do átomo profundas consequências. Sobre isso Martins (2001) nos fala que:

Planck apresentou, [...], uma solução revolucionária para a época: a quantização da energia. Na hipótese de Planck a energia não poderia ser contínua, mas discreta e, portanto, constituída de pequenos pacotes denominados de quantum de energia. Houve de imediato uma grande reação dos físicos em relação à solução quântica de energia, que quase fizeram com que Planck recuasse. (p. 28).

Sobre a contribuição da teoria de Planck na história da Física, o autor ainda diz que

Vários fenômenos e teorias vieram reforçar a hipótese de Planck da quantização de energia, sendo que poderemos destacar os seguintes: o efeito fotoelétrico, com a solução quântica de Einstein; o efeito Compton; o modelo de átomo de Bohr; a teoria do calor específico e, finalmente a própria Mecânica Quântica, [...]. (MARTINS, 2001, p. 29).

Sem dúvida alguma a quantização de Planck foi fundamental para todas as formulações científicas que ocorreram no século XX. Assunto que discutiremos na próxima sessão.

3.2.3 O início do século XX

As primeiras décadas do século XX foram extremamente férteis na evolução da teoria atômica. Nesse período, não existia ainda um modelo para a estrutura do átomo. Como dito na sessão anterior, uma primeira sugestão foi apresentada por J. J. Thomson, em 1904, que considerou o átomo como constituído por uma esfera uniforme carregada positivamente, na qual estavam encravados os elétrons, sendo o sistema, como um todo, eletricamente neutro.

Esta teoria apresentou muitas dificuldades para explicar inúmeros fenômenos científicos, e foi substituída mais tarde pelo modelo de Rutherford, que é, para muitos, análogo ao nosso sistema planetário. Em 1898, no Laboratório Cavendish em Cambridge, o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937), determina a existência de duas novas espécies de radiação emitidas pelo urânio: a radiação alfa e a radiação beta. Inclusive o cientista é responsável pela denominação alfa e beta no que concerne às emissões radioativas.

Martins (2001), em seu livro sobre a história do átomo, traz transcrita uma fala do próprio Rutherford sobre o seu trabalho e a contribuição das descobertas na área da radioatividade, citando o químico e seu colaborador Frederick Soddy (1877 – 1956):

Uma grande mudança em nossas ideias resultou da descoberta do elétron e da radioatividade espontânea observada nos elementos pesados urânio e tório. Soddy e eu demonstramos em 1903 que a radioatividade era um sinal e uma prova da instabilidade dos átomos, e que os átomos de urânio e tório estavam submetidos a uma série de transformações radioativas espontâneas. (p. 34).

Em 1911, Rutherford realizou um experimento (figura 5) no qual ele bombardeou uma finíssima lâmina de ouro com partículas alfas (positivas)

oriundas do elemento químico Polônio. Ele observou que muitas partículas atravessavam a lâmina de ouro e algumas sofriam um desvio em sua trajetória.

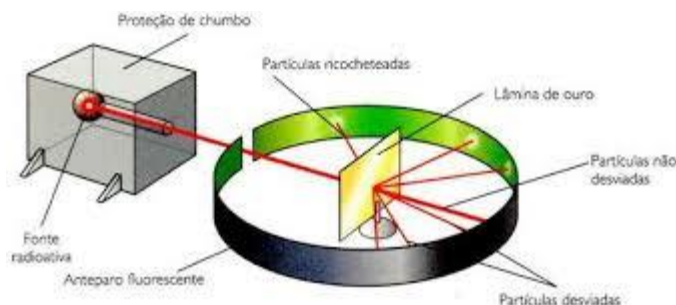


Figura 5 - Representação do experimento de Rutherford.

Fonte: < <https://www.coladaweb.com/quimica/quimica-geral/modelo-atomico-rutherford>>. Acesso em 30 de set. 2019.

Sobre esse célebre experimento, Júnior et al. (2009), esclarecem que

Já se sabia que as partículas alfa têm pequeno poder de penetração e, portanto, tinham sua trajetória facilmente brecada por lâminas metálicas, ainda que finas como folha de papel. Entretanto, Rutherford e seus colaboradores conseguiram obter lâminas extremamente finas, quase transparente, dos metais ouro e platina (que apresentam grande maleabilidade). Ao exporem uma lâmina desse tipo a uma fonte de polônio, que emite radiação alfa, notaram que a grande maioria das partículas alfa atravessava a lâmina como se não houvesse nenhum obstáculo à sua frente. Algumas sofriam leves desvios e poucas, grandes desvios, chegando a voltar em direção à fonte de polônio. Conseguiram detectar essas partículas com o uso de um anteparo móvel, revestido com sulfeto de zinco, substância que, ao ser atingida por essa radiação, ficava luminescente. Assim, cada ponto do anteparo que ficava luminescente indicava que uma partícula alfa o tinha atingido. (JÚNIOR et al., 2009, p. 54).

Rutherford verificou que quando um feixe colimado de partículas alfa atravessava uma lâmina muito fina de um certo material, sofria um certo espalhamento, isto é, as partículas eram desviadas de suas trajetórias iniciais. A experiência foi realizada no vácuo, para evitar que moléculas de ar fossem também responsáveis pelo espalhamento das partículas. A finalidade da experiência era obter informações relativas à própria estrutura dos átomos do material atravessado. Tinha por finalidade fundamental verificar se o modelo de Thomson era verdadeiro ou não, apesar da grande admiração que ele nutria pelo grande mestre (Rutherford foi aluno e amigo de Thomson).

Com base em suas observações, Rutherford propôs um modelo planetário de átomo que era constituído de uma região central de carga positiva e relativamente pequena e que contém a maior parte de massa da estrutura atômica, o núcleo, em volta do qual os elétrons (de carga negativa) giravam, ocupando uma grande região conhecida como eletrosfera. O termo planetário deve-se à semelhança desse modelo com o sistema solar, em que os planetas descrevem órbitas em volta do Sol. O modelo atômico de Rutherford está ilustrado na figura 6.

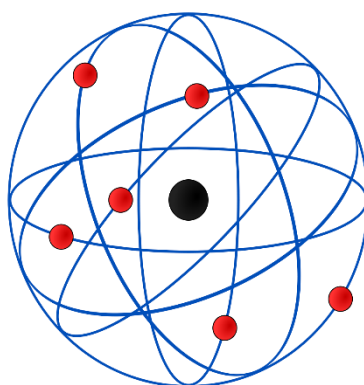


Figura 6 - Representação do modelo atômico de Rutherford

Fonte: < <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/quimica/modelo-atomico-de-rutherford>>. Acesso em 30 de set. 2019.

Entretanto, cabe aqui ressaltar, conforme nos fala Marques e Caluzi (2006), que em nenhum momento Rutherford disse que seu modelo atômico se assemelhava ao sistema solar. O termo planetário teria sido uma analogia que se instaurou posteriormente. Nas palavras dos autores:

Interessante notar que em nenhum momento em seu artigo ele menciona a palavra 'núcleo' para nomear a carga central do átomo. Embora, ao longo de seu artigo, Rutherford não, especificamente, menciona a teoria planetária do átomo [...]. (p. 5).

Nas suas experiências, Rutherford estabeleceu que o raio nuclear era da ordem de grandeza de 10^{-12} cm, enquanto o raio atômico é da ordem de grandeza de 10^{-8} cm. O modelo de átomo foi considerado uma grande revolução científica. Posteriormente, Rutherford descobriu que na verdade o núcleo era composto por partículas positivas denominadas prótons.

Decorridos alguns anos, em 1932, o físico inglês James Chadwick (1891 – 1974), ao rever os resultados de um experimento feito pelo casal Joliot-Curie (genro e filha da cientista Marie Curie), descobriu que havia também partículas neutras no núcleo, as quais chamou de nêutrons. Tais partículas são importantes para que ocorra a estabilidade atômica.

Voltando um pouco em nossa linha cronológica, em 1911, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) foi para Cambridge, estudar sob a orientação de J. J. Thomson, que demonstrou pequeno interesse na teoria do comportamento de elétrons em metais de Bohr, tema de seu doutoramento. Em 1912, Bohr se deslocou para Manchester com a finalidade de trabalhar com Rutherford. Desta união surgiram os importantes trabalhos de Bohr sobre a estrutura atômica. Contudo, no mesmo ano de 1912, Bohr retorna a Dinamarca, sua terra natal, para trabalhar no Instituto de Física Teórica em Copenhague. Em seus estudos, Bohr aplica conhecimentos quânticos para explicar a estrutura atômica.

O modelo atômico de Bohr, proposto em 1913, pode ser considerado um aperfeiçoamento do modelo proposto por Rutherford, desse modo, seu trabalho também é conhecido como modelo atômico de Rutherford-Bohr. As razões que conduziram Niels Bohr a considerar instável o modelo de átomo de Rutherford, são fundamentalmente pautadas nas leis da Eletrodinâmica Clássica.

Embora o modelo de Rutherford explicasse satisfatoriamente a maior parte dos fenômenos físicos e químicos, havia um problema que não podia ser explicado. Como se sabe, corpos em órbitas circulares apresentam aceleração centrípeta. Entretanto, conforme preconiza a teoria de Maxwell, cargas aceleradas irradiam energia. Desse modo, os elétrons estariam continuamente emitindo radiações e, em consequência dessa perda energética, deveriam "cair" no núcleo, acarretando um colapso da matéria.

No entanto, como os átomos são estáveis e esse fenômeno catastrófico não ocorre, deve-se concluir que os elétrons dos átomos não obedecem às leis do Eletromagnetismo e, portanto, embora acelerados, não emitem radiações. (AMALDI, 2006). Pois caso essa emissão fosse contínua, haveria uma perda contínua de energia, o que contrariava os resultados experimentais da

espectroscopia atômica que tinham sido obtidos no final do século XIX. Estes espectros apresentavam raias discretas, como no caso do espectro visível do átomo do hidrogênio que havia sido estudado por Balmer. A perda contínua de energia dos elétrons em virtude das leis do Eletromagnetismo Clássico não poderia explicar as raias discretas do espectro visível do hidrogênio.

Ao criar o seu modelo atômico, Bohr utilizou a ideia da teoria dos quanta do físico Max Planck, segundo a qual, um elétron oscilando com determinada frequência emite (ou absorve) uma onda eletromagnética de igual frequência, porém a energia não é emitida (ou absorvida) continuamente. A energia seria emitida em pequenos “pacotes” cada um dos quais denominado quantum. Existiam na eletrosfera, de acordo com Bohr, níveis estáveis de energia, que denominou estados estacionários, nos quais os elétrons não emitiam radiação.

A passagem de um certo nível de energia para outro nível superior seria possível desde que o elétron absorvesse energia do meio externo, numa quantidade bem definida para isso. Quando retornasse ao nível inicial, o elétron devolveria, na forma de radiação, exatamente a quantidade de energia antes absorvida. Ou seja, só é permitido ao elétron ocupar níveis energéticos nos quais ele se apresenta com valores de energia múltiplos inteiros de um fóton. Na figura 7, podemos observar a representação de um elétron retornando ao seu estado de origem e liberando radiação.

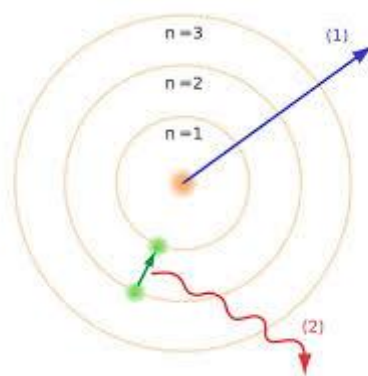


Figura 7 - Representação de um elétron retornando ao seu estado de origem.

Fonte: < <https://www.geoenciclopedia.com/modelo-atomico-de-bohr/>>. Acesso em 30 de set. 2019.

Além de resolver o problema da instabilidade do modelo atômico de Rutherford, Bohr deveria desenvolver uma teoria que viesse a explicar de maneira satisfatória os resultados experimentais que permitiam os desenvolvimentos das fórmulas semi-empíricas de Balmer e Rydberg. Cabe aqui destacar a contribuição para a desenvolvimento da história do átomo dos cientistas Johann Jakob Balmer (1825 – 1898) e Johannes Robert Rydberg (1854 – 1919) com os seus trabalhos sobre espectroscopia atômica onde chegaram a fórmulas semi-empíricas.

Baseado na teoria quântica proposta por Plank, Bohr elaborou os seguintes postulados:

I- Um átomo possui estados estacionários de energia nos quais nenhuma emissão de radiação se efetua. As partículas carregadas estão em movimento relativo umas em relação às outras, mas nenhuma emissão de radiação é efetuada de acordo com as leis da Eletrodinâmica Clássica.

II- Os elétrons ao se movimentarem numa camada não absorvem nem emitem energia espontaneamente. Qualquer emissão ou absorção de radiação deverá corresponder a uma transição entre dois estados estacionários. A energia total liberada pela transição do elétron igual a $E = hv$, onde h é a constante de Planck e v é a frequência da radiação.

III- O equilíbrio dinâmico dos estados estacionários (baseado em interações eletrostáticas e em eletromagnéticas) é constituído pelas leis comuns da Mecânica, porém essas leis não são válidas para a transição de um estado para outro.

IV- Cada possível estado estacionário é constituído por elétrons solitários, girando em torno de um núcleo positivo, com um momento angular L dado pela expressão $L = n \cdot (h / 2 \pi)$, onde h é a constante de Planck e n um número inteiro e positivo, o chamado número quântico.

Bohr em seus postulados explicara a estabilidade do átomo e possibilitou uma explanação teórica das fórmulas de Balmer e Rydberg. Sobre o trabalho de Bohr, Martins (2001) faz as seguintes considerações:

Apesar do sucesso apresentado na época, o trabalho de Bohr contém em sua estrutura fundamental contradições básicas. No primeiro

postulado, ele nega, considerando as órbitas estacionárias, os princípios fundamentais do Eletromagnetismo Clássico. Entretanto, ele considera que os elétrons permanecem em órbita por intermédio de uma atração coulombiana, aceitando com esta afirmação uma das leis do Eletromagnetismo Clássico, que é a “Lei de Coulomb”. (p. 55).

Segundo a Lei de Coulomb, a força eletrostática entre duas cargas elétricas é proporcional ao módulo das cargas elétricas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa. Sobre as limitações do trabalho de Bohr, Gomes (2017) nos fala que

O modelo atômico proposto por Bohr, em 1913, descrevia satisfatoriamente o átomo de hidrogênio, o qual possui apenas um próton no núcleo e um elétron girando ao seu redor. Porém, para átomos mais complexos, ou seja, com maior número de elétrons, as linhas espectrais não eram explicadas pelo seu modelo atômico. (p. 47).

O modelo de Bohr explicou com grande exatidão o espectro do átomo do hidrogênio, mas não conseguiu contemplar elementos mais complexos. A teoria de Bohr “também não fornecia informações sobre as probabilidades e as taxas de transições. Isso tudo só foi obtido com o desenvolvimento da teoria quântica moderna”. (BORISSEVITCH et al., 2016, p. 25).

Até aqui foram apresentados os modelos atômicos comumente estudados no ensino médio; o da Antiga Grécia, o de Dalton, o de Rutherford e o de Bohr, conforme disposto no Plano Curricular Nacional do Ensino Médio. (BRASIL, 2017). Mas, como sabemos, os modelos continuaram em sua evolução, assunto que continuaremos a discutir neste capítulo.

Seguindo o nosso resgate histórico, precisamos citar a figura de Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld (1868 – 1951), físico alemão que contribuiu para a aplicação da teoria quântica no estudo da teoria atômica. Sommerfeld atuou nos campos da Física e da Engenharia, mas a sua principal atuação científica foi no terreno das aplicações quânticas a Física Atômica.

Em 1916, Sommerfeld, de maneira isolada, chega à mesma conclusão que W. Wilson chegou em um trabalho publicado em 1915 sobre as órbitas do átomo. No trabalho de Sommerfeld de 1916 ele demonstra a possibilidade de

órbitas elípticas, generalizando o trabalho de Bohr, que considerava órbitas circulares.

Temos como uma aplicação importante das órbitas elípticas de Sommerfeld a explicação da estrutura fina em espectroscopia atômica, que são sub-raias entre as raias principais que constituem o espectro fundamental. Com a teoria de Bohr não havia possibilidade de explicar as sub raias, que só puderam ser observadas com o aperfeiçoamento de espectroscópios.

A concepção de Sommerfeld se aproximou mais do modelo planetário de Kepler. Sommerfeld utilizou o fato de que no caso de órbitas elípticas a velocidade não é constante, como acontece no sistema planetário que teve suas leis estabelecidas por Kepler. Em órbitas elípticas, próximo do núcleo os elétrons apresentam maior velocidade e quando estão afastados do núcleo menor velocidade.

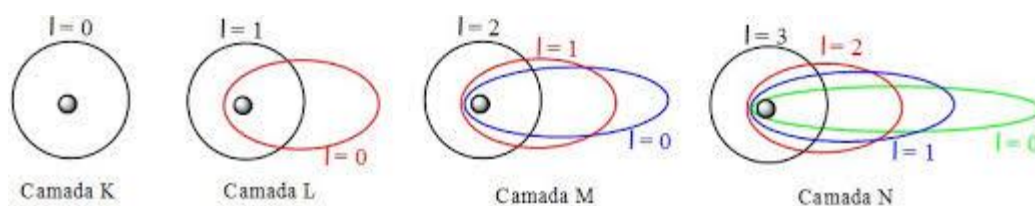


Figura 8 - Representação do modelo atômico de Sommerfeld.

Fonte: <<https://www.infoescola.com/quimica/modelo-atomico-de-sommerfeld/>>. Acesso em 30 de set. 2019.

De acordo com a dinâmica relativística, essa variação de velocidade exige uma correção relativística de suas massas, o que ocasionará em uma variação de energia. Sommerfeld, através de um trabalhoso tratamento matemático conseguiu explicar de maneira satisfatória a estrutura fina dos átomos com um número pequeno de elétrons. Sobre a Mecânica Relativística, Martins (2001) nos alerta que

A Teoria da Relatividade teve uma grande importância na história do átomo pois permitiu que alguns fenômenos que não poderiam ser interpretados através da mecânica clássica tivessem uma explicação relativística. De um modo geral, estes problemas da Física atômica envolviam sempre partículas com

velocidades maiores que um décimo da luz e relações que associavam matéria e energia. (p. 35).

A dinâmica relativística teve grande aplicação no estudo da estrutura atômica; por exemplo, a transformação de massa em energia, como foi estabelecido, permitiu explicar o conceito de energia de ligação, no qual partículas perdem massa, que é utilizada nas suas uniões.

Retornando ao modelo atômico de Sommerfeld, Gomes (2017) nos fala que

[...] as maiores contribuições de Sommerfeld para o Modelo Atômico de Bohr foram a inserção das órbitas elípticas dos elétrons e a consideração da relatividade restrita para fazer correções na massa dos elétrons. Essas correções seriam responsáveis pela variação de energia. Como Sommerfeld aprimorou o modelo de Bohr sem alterações radicais, esse modelo ficou conhecido como modelo atômico de Bohr-Sommerfeld. (p. 49).

O autor continua e nos esclarece que

Cabe ressaltar que este modelo serviu de base para a Física Atômica conhecida hoje, porém o modelo atômico atual substituiu a Física determinística, ou seja, a Física que descreve as órbitas definidas dos elétrons pela Física probabilística. Assim, as camadas eletrônicas foram substituídas por uma “nuvem” de elétrons em torno do núcleo atômico. Essa nuvem representa uma região em torno do núcleo atômico em que há probabilidade de encontrar os elétrons e não o local exato onde ele está. (GOMES, 2017, p. 49).

O conceito de nuvem de elétrons está relacionado ao físico Erwin Schrödinger (1887 – 1961). Discutiremos na próxima sessão os passos seguintes da história do átomo até ser apresentada essa teoria.

3.2.4 A nova teoria quântica

Em vários momentos, a história do átomo se correlaciona com o desenvolvimento da Mecânica Quântica. Por exemplo, a quantificação iniciada por Planck no estudo da radiação do corpo negro foi denominada de “Old Quantum Theory” (Velha Teoria Quântica). Ressalta-se a importância do conceito de quantização, uma vez que foi utilizada por Einstein na interpretação

do efeito fotoelétrico (pelo qual o cientista recebeu o prêmio Nobel de Física em 1921), e desenvolvida por Bohr na teoria atômica da análise do átomo de Rutherford

A nova Teoria Quântica só vai nascer muitos anos mais tarde, entre 1923 e 1924, com Louis De Broglie (1892 – 1987), que inicia suas pesquisas pelo interesse no problema da dualidade onda-partícula. Utilizando equações da mecânica Relativística, De Broglie estabeleceu uma importante relação entre a quantidade de movimento e o comprimento de onda. Segundo De Broglie, a toda partícula está associada uma onda e a toda onda está associada uma partícula.

De acordo com a teoria de De Broglie, as órbitas defendidas por Bohr e Sommerfeld não poderiam corresponder à realidade, uma vez que o elétron descreveria o comportamento de uma onda ao redor do núcleo. Retornando a Martins (2001), o autor chama atenção para a resistência da teoria de De Broglie perante a comunidade científica da época. Nas palavras do autor:

Muitas foram as reações iniciais contra a nova Mecânica. Além das grandes dificuldades matemáticas encontradas e as interpretações de problemas fenomenológicos que a nova teoria exigia dos homens da Ciência. (p. 82).

Contudo, a teoria de Louis De Broglie foi respaldada por dois tratamentos matemáticos distintos propostos por Erwin Schrödinger (1887 – 1961) e Werner Karl Heisenberg (1901 – 1976) com a sua Mecânica das matrizes. Por sinal as duas equações de Schrödinger foram utilizadas para explicar e resolver inúmeros problemas em Física Atômica e Nuclear que só poderiam ter uma explicação quântica. Nesse sentido, podemos citar o clássico problema do átomo de Hidrogênio. A solução de Heisenberg surgiu um pouco antes da de Schrödinger, em 1926.

Em Física não podemos observar as chamadas órbitas eletrônicas, mas somente as radiações produzidas pelos saltos quânticos dos elétrons. Desse modo, Heisenberg abandona o conceito de órbita e passa a se interessar apenas pelos estados quânticos dos elétrons e enuncia o seu princípio da incerteza, que afirmava não ser possível determinar, simultaneamente, a posição e a velocidade de uma partícula.

Schrödinger, por sua vez, pautado nos princípios da dualidade de De Broglie e da incerteza de Heisenberg, determina as regiões no espaço que apresentariam máxima probabilidade de se encontrar um elétron. Nesse momento a utilização do termo órbita já estava em desuso, pois não se poderia prever, pelo princípio da incerteza, a posição e velocidade de um elétron. Ao propor o seu modelo, conciliou os postulados teóricos de De Broglie e Heisenberg, formalizando a ideia de que o elétron apresenta comportamento dual (onda – partícula). O modelo atômico de Schrödinger, apresentado em 1926, ainda é válido atualmente.

Dessa forma, determinou-se orbital a região que apresentaria máxima probabilidade de localização dos elétrons e, portanto, orbitais se assemelhavam, a grosso modo, a nuvens eletrônicas. Com a nova Mecânica Quântica abandonou-se por completo o conceito de órbitas eletrônicas. Apesar de conceitos teóricos de grande abstração, buscou-se uma visão mais concreta ao demonstrar-se interesse por fenômenos observáveis.

Paralelamente, em 1925 e 1926, Samuel Abraham Goudsmith e George Eugene Uhlenbeck publicam dois artigos sobre sua teoria da existência de um giro intrínseco do elétron, o chamado spin. Ao voltarmos a Martins (2001), o autor ao falar sobre a motivação do trabalho de Goudsmith e Uhlenbeck esclarece que “O spin tinha por finalidade explicar o desdobramento das raias espectrais, pois além da estrutura fina, com o aperfeiçoamento dos espectroscópios, aparecia uma estrutura hiperfina.” (p.97).

A hipótese de Uhlenbeck e Goudsmith sofreu duras críticas da comunidade científica, até mesmo pelo fato de os dois cientistas na época possuírem idades um pouco acima de vinte anos. Contudo, com a hipótese dos dois foi possível explicar uma série de problemas em Física Atômica que até então estavam sem solução.

Seguindo nossa narrativa sobre a evolução da teoria atômica, como já dito anteriormente neste trabalho, em 1932, o cientista inglês James Chadwick (1891–1974) observa o nêutron. A descoberta do nêutron possibilitou um grande desenvolvimento da Física. Como o nêutron não apresenta carga elétrica, era muito mais fácil a explicação de reações nucleares. Segundo Pires e Carvalho

(2014), o nêutron junto com os elétrons e os prótons, formava todas as partículas elementares, nas palavras dos autores:

A simplificação da estrutura fundamental da matéria atingiu o seu auge. O sonho grego fora alcançado, e os filósofos não poderiam querer algo melhor: todos os elementos eram constituídos de apenas três partículas básicas [elétrons, prótons e nêutrons]. (p. 18- 19).

3.2.5 Uma breve discussão sobre o que sabemos atualmente

A visão simplista da matéria constituída por três partículas básicas desmoronou-se com a criação dos aceleradores de partícula que eram muito rudimentares no ano de 1932 quando foi percebido o nêutron. Principalmente com núcleos pesados, que apresentam uma alta barreira coulombiana que impede a entrada de partículas carregadas com pequenas partículas.

Com o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos aceleradores de partícula iniciou-se uma nova era na Física Atômica. Sobre a revolução científica que estes mecanismos trouxeram para a Física, Gomes (2017) nos fala que

Com a construção de grandes aceleradores de partículas, como o SLAC, o Tevatron e o LHC (os dois primeiros estão localizados nos Estados Unidos, e o terceiro na fronteira entre Suíça e França) inúmeras partículas foram descobertas. Assim, surgiu a necessidade de agrupá-las, bem como de estudar as interações entre elas. Para reunir essas partículas e fazer os estudos de suas interações, criou-se o Modelo Padrão. Ele não é propriamente um modelo, mas sim uma teoria que descreve as forças fundamentais forte, fraca e eletromagnética, bem como as partículas elementares, as quais se dividem em partículas de interação e partículas de constituição da matéria. (p. 50).

Sobre o Modelo Padrão, Moreira (2009), ao citar Kane (2003), nos esclarece que

[...] o Modelo Padrão é, na história, a mais sofisticada teoria matemática sobre a natureza. Apesar da palavra "modelo" em seu nome, o Modelo Padrão é uma teoria compreensiva que identifica as partículas básicas e específica como interagem. Tudo o que acontece em nosso mundo (exceto os efeitos da gravidade) resulta das partículas do Modelo Padrão interagindo de acordo com suas regras e equações. (KANE, 2003, apud MOREIRA, 2009 p. 58).

Segundo o modelo padrão, para toda partícula existe uma antipartícula equivalente, possuindo esta a mesma massa e o mesmo spin de sua correspondente. Entretanto, ela possui sinal de carga elétrica oposto à sua partícula equivalente, tendo uma representação idêntica e sendo diferenciada por um “traço” sobreposto.

Por exemplo a antipartícula do elétron, o pósitron apresenta carga +1 e spin $\frac{1}{2}$. A existência de pósitrons foi postulada pela primeira vez em 1928 pelo célebre físico britânico Paul Dirac (1902 – 1984). Em 1932, tal partícula foi observada ocasionalmente pelo físico americano Carl David Anderson (1905 – 1991). (MARTINS, 2001).

Segundo a nossa Ciência atual, sabemos a existência de inúmeras partículas constituintes da matéria: as elementares e as compostas. Essas partículas são caracterizadas de acordo com sua massa, spin e número quântico. As partículas elementares são agrupadas em léptons ou quarks. Já as compostas se dividem em bárions e mésons. Atualmente conhece-se onze partículas fundamentais cuja existência está definitivamente comprovada.

Contudo, não nos aprofundaremos nesse assunto, uma vez que o foco de estudo deste trabalho está relacionado com o Ensino Médio da Educação Básica no Brasil, onde normalmente os livros didáticos só trabalham a evolução do átomo até o modelo de Bohr.

Em nossa breve viagem pela história do átomo podemos observar o lado humano e social da Ciência, com erros e limitações, em que muitas vezes uma teoria precisa ser abandonada ou modificada para que outras surjam a fim de explicar melhor alguns conceitos. Tal veiculação da história da Ciência é importante para que a sociedade minimize a visão de uma Ciência sem erros, linear e progressista, apresentada pela abordagem historiográfica tradicional. (DINIZ; FURLANI, 2016).

Por fim, todos esses modelos, para serem compreendidos, precisam transpor as dificuldades dos alunos, muitas vezes ligadas aos obstáculos epistemológicos como descritos por Gaston Bachelard em sua obra. No próximo capítulo iremos discutir estes pontos.

4 OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

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.
Gaston Bachelard

Gaston Bachelard (1884–1962) foi um filósofo, poeta e professor de Física e Química. De nacionalidade francesa, tem sua obra dividida em duas partes: a diurna e a noturna. A primeira está relacionada ao científico e à razão, já a segunda refere-se à criação poética, aos sonhos e aos devaneios. Bachelard foi um homem à frente do seu tempo, contribuindo com questionamentos sobre a construção da Ciência e o progresso científico. Neste trabalho relacionaremos a sua produção diurna com o Ensino de Ciências.

A epistemologia bachelardiana tem contribuído de maneira significativa para o desenvolvimento de pesquisas no campo do Ensino de Ciências em diversas questões que permeiam o processo de ensino e aprendizagem da Ciência. (REIS, KIOURANIS e SILVEIRA, 2017). Contudo, Eichler (2009) ressalta que a obra de Bachelard possui uma complexa construção em seu texto, o que pode vir a ocasionar múltiplas interpretações. De forma geral, a obra de Bachelard é estudada até os dias atuais em várias áreas do conhecimento humano. No presente capítulo, em alguns momentos recorreremos a outros autores para discutirmos sobre a obra do filósofo.

Sobre a produção diurna deste autor, Santos (2001) nos fala que: “A linha epistemológica de Bachelard teve como elemento motivador a análise da passagem da Física Clássica para a Física Contemporânea.” (p. 119). Podemos exemplificar a segunda com a Mecânica Quântica e a Mecânica Relativística, que surgem no início do século XX, vindo explicar fenômenos inalcançáveis pela Mecânica Newtoniana, já consolidada no cenário científico e acadêmico.

Bertoche (2014, p. 270), ao discorrer sobre a produção epistemológica bachelardiana, diz que “essa produção aconteceu no início dos anos 30, portanto, decorre de um pensamento que amadureceu desde a década de 1920, concomitante ao próprio desenvolvimento e à divulgação da Teoria Quântica”. Nesse contexto, as teorias quântica e relativística surgem com fenômenos

distantes da vida cotidiana, exigindo uma ruptura com conhecimentos newtonianos já enraizados, naquele momento, no meio científico.

Sobre essa ruptura, Medeiros, Rodriguez e Silveira (2016), nos falam que segundo Bachelard, a Ciência pode ser dividida em três grandes períodos:

- **Pré-científico**: corresponde a Ciência desde a Antiguidade até o século XVIII, período caracterizado pelo culto e exaltação na natureza;
- **Científico**: período marcado pelo positivismo e pelo domínio do homem sobre a natureza. Época das certezas absolutas e incontestáveis. Compreende a Ciência do século XVIII até o início do século XX. Isaac Newton é o seu maior representante;
- **Novo espírito científico**: iniciado em 1905, estende-se até os dias de hoje e é representado por um estado de dúvidas e incertezas. Einstein é o grande representante desse período em que o conhecimento científico passa a ser provisório e questionável. Não há uma verdade absoluta e, sim, uma verdade aceita para um dado momento. (p. 39-40).

Para a epistemologia bachelardiana, conforme posto na obra “A Formação do Espírito Científico”, é a partir dos questionamentos dos erros que se atinge a superação e, conseqüentemente, o progresso do conhecimento científico. Nesse contexto, o erro não é algo inconveniente no processo de ensino e aprendizagem, mas sim uma estrutura edificante para a construção do conhecimento científico.

Bachelard (1996) propõe que toda Ciência se constrói em cima em decorrência dos erros superados a cada prática científica. Segundo o autor, a mobilidade e a dinâmica da ciência originam a constante transformação do conhecimento científico, numa tentativa de aproximar-se sucessivamente do real. Dessa forma, podemos assumir que a Ciência progride por retificações de erros e por reorganizações do saber que rompem com teorias passadas. (BULCÃO, 2009).

Por outro lado, na obra bachelardiana, o conhecimento científico está sujeito a obstáculos e barreiras que podem estar relacionados a pré-conceitos estabelecidos pelo indivíduo, o que se torna uma resistência a novas concepções. Em sua obra, Bachelard define tais obstáculos como obstáculos epistemológicos. Segundo Santos (2001) citando Zanetic (1999):

Bachelard afirmava que esses obstáculos epistemológicos se devem ao psiquismo humano, às resistências psicológicas em abandonar

determinadas concepções que causariam certa instabilidade psíquica, às crenças que são produzidas por fatores culturais os mais diversos como, por exemplo, os religiosos e ideológicos. (p. 69).

O conceito de obstáculo epistemológico refere-se a elementos psicológicos que dificultam a aprendizagem de conceitos científicos. Tais barreiras estão presentes em pessoas sujeitas a enfrentarem novas realidades, as quais não possuem experiências anteriores. Na concepção bachelardiana:

O conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras. Nunca é imediato e pleno. [...] No fundo, o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização. (BACHELARD, 1996, p. 17).

Sendo assim, 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. O que é muito passível de acontecer no estudo de modelos atômicos, uma vez que este conteúdo se distânciava da rotina do aluno. Segundo o autor: “a noção de obstáculo epistemológico pode ser estudada no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação.” (BACHELARD, 1996, p. 21).

No que se refere ao Ensino de Ciências, também podemos observar a presença de obstáculos epistemológicos, chamados por Bachelard de obstáculos pedagógicos. Nesse contexto cabe ao professor ter cuidado e ao mesmo tempo considerar as experiências e os conceitos que os alunos trazem para dentro da sala de aula. Não é possível considerar os alunos como caixas onde deposita-se conhecimento, pois dessa forma não é possível garantir a ruptura com concepções alternativas e a apropriação científica. (SANTOS, 2001). Nas palavras de Bachelard (1996):

Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. [...] Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-se ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (p. 23).

Desse modo, fica evidente a necessidade da consideração de pré-conceitos ou concepções que os educandos carregam consigo por parte do professor de ciências. Ainda sobre os obstáculos epistemológicos na concepção bachelardiana, eles podem aparecer sob muitas formas; desde generalizações até mesmo a experiência primária do indivíduo, tais barreiras sendo inerentes ao processo de ensino e aprendizagem. Contudo a superação de tais entraves é fundamental para uma verdadeira ruptura com o aparente na construção do conhecimento científico. (BACHELARD, 1996).

4.1 Obstáculos Epistemológicos na Construção do Espírito Científico

Segundo Bachelard (1996), os principais obstáculos epistemológicos na construção do conhecimento científico se dividem em seis categorias: o obstáculo decorrente da experiência primária, o obstáculo decorrente do conhecimento geral, o obstáculo verbalista, o obstáculo animista, o obstáculo substancialista e o obstáculo realista. A seguir discutiremos cada um deles.

O **obstáculo da experiência primeira** está relacionado à observação de determinado fenômeno ou experimento. Tal barreira se concretiza quando o observador ao ser deslumbrado com determinado acontecimento, deixa de ter uma análise mais profunda, abstrata e reflexiva do fenômeno observado. Por exemplo, imagine uma demonstração experimental em uma aula de Ensino de Ciências em que ocorre uma pequena explosão. Tal situação pode gerar apego à beleza do experimento e não à explicação científica em si.

Nas palavras de Bachelard (1996, p. 29):

[...] na formação do espírito científico, o primeiro obstáculo é a experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da crítica – crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico. Já que a crítica não pode intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura.

Segundo o autor, é possível retificar o obstáculo da experiência primeira por meio de uma ação que o próprio chamou de “trazer a bancada do laboratório para o quadro negro”, ou seja, preocupar-se com os fundamentos científicos

presentes em uma atividade experimental, impedindo que haja somente satisfações e admirações por imagens. Uma Ciência que aceita somente imagens torna-se sem grande valor se não for extraído o abstrato do concreto, isto é, o experimento deve ser uma ferramenta auxiliadora e ilustrativa, e não se resumir a uma sequência visualmente interessante. (BACHELARD, 1996).

O **obstáculo do conhecimento geral** é caracterizado quando há a utilização de generalizações, pois tal prática pode tornar, por exemplo, uma lei tão clara, completa e fechada, que dificilmente levanta-se o poder de crítica e de questionamento. Em um primeiro momento a generalização facilita a compreensão de determinado fenômeno, contudo esse entendimento pode bloquear o interesse por um estudo mais aprofundado.

Sobre a utilização de generalizações, Bachelard (1996, p. 71) nos fala que

Se o valor epistemológico dessas grandes verdades for medido por comparação com os conhecimentos falhos que elas substituíram, não há dúvida que essas leis gerais foram eficazes. Mas já não o são. [...] É possível constatar que essas leis gerais bloqueiam atualmente as ideias. Respondem de modo global, ou melhor, respondem sem que haja pergunta [...] A nosso ver, quanto mais breve for o processo de identificação, mais fraco será o pensamento experimental.

O filósofo apresenta como exemplo para tal obstáculo epistemológico a generalização do princípio da gravitação universal, na qual pode-se generalizar que todos os corpos caem, sem exceção. Contudo, essa generalização não alcança, por exemplo, os gases e o seu comportamento em virtude da densidade. Dessa forma, a generalização do princípio da gravitação universal leva ao seu uso indiscriminado, pois uma vez que o estudante o aprendeu como uma lei geral, não terá o poder de reflexão para casos específicos.

O **obstáculo verbalista** está relacionado com a utilização de expressões, imagens, metáforas e analogias em aulas de Ensino de Ciências para explicarem fenômenos. Tal barreira pode acontecer quando há uma associação entre uma palavra concreta e uma abstrata, de modo que essa possa funcionar como uma imagem, com uma explicação vaga e sem aporte teórico. Nesse contexto não há criticidade e busca pelo entendimento do fenômeno.

Bachelard (1996, p. 101) nos alerta: “O perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens

passageiras; levam um pensamento próprio; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem.” O autor, em sua obra “A formação do espírito científico” observou que o uso da palavra esponja, por exemplo, desencadeou uma imagem que manteve o pensamento preso a ela enquanto objeto, não avançando ao nível da ideia.

Na visão do filósofo, a utilização de metáforas não é algo inconveniente, porém elas devem ser utilizadas após a teoria, como um auxílio ao esclarecimento. Para Andrade et al. (2002) o raciocínio metafórico e analógico é inerente ao ser humano, de forma que a utilização de metáforas e analogias podem ser ferramentas para ilustrar uma explicação. Porém devem ser utilizadas como andaimes (um suporte temporário para atingir determinado fim) para a construção do conhecimento científico. (GOMES; OLIVEIRA, 2007).

O **obstáculo animista** está relacionado com a atribuição de vida a corpos inanimados. Para Bachelard (1996) o fato de atribuir vida daria relevância a um determinado fenômeno, nas palavras do autor: “a vida é uma palavra mágica” (p. 191). Nesse contexto, ele relata em sua obra que no século XVIII a ferrugem era vista como uma doença que acometia o ferro.

Segundo Piai (2007) as visões animistas influenciaram fortemente os cientistas no século XVIII, o que segundo o autor os impediam de descobrir novos compostos químicos além dos conhecidos desde a Antiguidade. Pode-se citar como exemplo, a Alquimia, presente na época, e a sua creança da existência de amor e ódio entre substâncias químicas para o entendimento da afinidade entre elas.

O **obstáculo substancialista** está relacionado com a ideia de que as substâncias são dotadas de qualidades ocultas ou íntimas. Tal atribuição de adjetivos para determinado objeto trava o desenvolvimento do pensamento científico, uma vez que a substancialização irá permitir uma explicação breve e rasa.

Bachelard (1996) utiliza como exemplo para tal obstáculo a teoria de Boyle que atribuía qualidades de viscoso, untuoso e tenaz ao fluido elétrico. Dessa forma é como se a eletricidade fosse uma cola ou como se tivesse um espírito

material. O autor ainda nos fala que a resposta substancialista inviabiliza perguntas que possam existir e a provocação a discussões.

O **obstáculo realista** é considerado por Bachelard (1996) a única filosofia inata, de modo que, para um realista, a substância de um objeto é aceita como um bem pessoal. Na concepção do autor, todo realista é um avarento, e todo avarento é um realista. (p. 164). Sobre esta perspectiva, Medeiros, Rodrigues e Silveira (2016) nos explicam que “trata-se do sentimento de ter e do complexo do pequeno lucro. Não perder nada é, de saída, uma prescrição normativa, que se torna uma descrição – passa do normativo para o positivo.” (p. 44).

Segundo Lopes (1992) essa barreira pode ser observada quando não se consegue abstrair explicações a nível microscópico de um determinado fenômeno, somente o macroscópico. No que se refere à abstração de um fenômeno microscópico, por exemplo, podemos citar o tema modelos atômicos, uma vez que o ser humano não consegue enxergar um átomo a olho nu.

É importante ressaltar que um obstáculo epistemológico permanecerá caso não exista indagações. É preciso romper com o aparente, é preciso que haja uma inquietação e um questionamento a respeito do saber empírico. Nas palavras de Bachelard (1996): “o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar.” (p.21).

Após a apresentação de nosso referencial teórico principal, tendo como base a ideia de pesquisar a visão como barreira para o ensino de modelos atômicos para pessoas normovisuais e com deficiência visual, vamos discutir no próximo capítulo dois assuntos inerentes ao ensino de pessoas com cegueira ou com baixa visão; a própria deficiência visual e a Educação Inclusiva.

5 A DEFICIÊNCIA VISUAL E A EDUCAÇÃO INCLUSIVA

O objetivo da Educação Inclusiva não é tornar todas as crianças iguais, e sim respeitar e valorizar as diferenças.
Andrea Ramal

A deficiência visual não se limita à cegueira nativa ou adquirida. Existem indivíduos que possuem baixa visão, ou seja, que enxergam alguma coisa. Este esclarecimento é muito importante, pois interfere na interpretação de fenômenos físicos por parte do aluno, assim como na maneira que o professor irá trabalhar com esse estudante. Sendo assim, o grupo das pessoas com deficiência visual abrange desde indivíduos completamente cegos até aqueles que tenham suas faculdades visuais parcialmente limitadas e que não possam ser corrigidas com uso de lentes ou com procedimentos cirúrgicos. Ambas as condições podem ser congênitas ou adquiridas. (ALVES et al., 2019).

O Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, definiu legalmente que a deficiência visual se divide em cegueira e baixa visão. A primeira como a condição na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho do indivíduo, com a melhor correção óptica possível e a segunda como a condição em que a acuidade visual está entre 0,3 e 0,05 no melhor olho do indivíduo com a melhor correção óptica possível. Também é considerada deficiência visual os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°, ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores. (BRASIL, 2004).

Apesar de a Lei reconhecer apenas estas formas de deficiências visuais, existem outras doenças que também podem influenciar na aprendizagem dos estudantes, tais como: o daltonismo, a ambliopia, a ceratocônia, a retinose pigmentar, o glaucoma, visão múltipla, além de síndromes como a de Leber que evolui para a cegueira total. (ALVES et al., 2019).

No entanto, pelo fato de muitas crianças diagnosticadas “cegas” lerem o código Braille “com os olhos”, foi necessário que se considerasse também os aspectos pedagógicos em relação a essa classificação. Assim, hoje, para que a criança seja diagnosticada como “cega” ou “baixa visão”, não deve ser considerada apenas sua acuidade visual, mas também as características físicas

e psicológicas, avaliando o resíduo visual e a funcionalidade no uso deste (diagnóstico e prognóstico, acuidade visual para longe e perto, sensibilidade aos contrastes, visão para cores, prescrição de recursos ópticos e orientação para o uso desses). Nas palavras de Santos (2001):

Enquanto no ensino do aluno cego é importante conhecer as funções visuais para saber se ele possui alguma memória visual que possa contribuir de alguma forma para a sua educação, no ensino de alunos com baixa visão, a exploração dessas funções visuais centra-se no estímulo do resíduo visual, sendo para esses alunos extremamente importantes elementos como as tarefas visuais, a luminosidade e o ambiente. (p. 35).

Um aspecto importante a ser considerado pelas escolas é o fato de que o desenvolvimento e a aprendizagem de uma criança que nasce com cegueira congênita ou que perca a visão pouco tempo depois do nascimento, serão diferentes das crianças em que a perda da visão ocorreu em etapas posteriores de sua vida. Também é importante considerar o fato da perda da visão ocorrer de modo súbito ou gradual e que a visão funcional é diferente de sujeito para sujeito, exigindo intervenções diferenciadas.

Tais considerações não devem ser encaradas em caráter protecionistas, mas sim como necessárias para um melhor atendimento ao indivíduo, de modo que propicie ao máximo a exploração de seu potencial.

5.1 A aprendizagem do aluno com deficiência visual

A pessoa com deficiência visual ainda carrega um estigma de um indivíduo que não consegue realizar suas tarefas de maneira autônoma, que sempre precisa de ajuda, pois do contrário não conseguiria realizar suas atividades, por mais triviais que sejam.

A ideia de isolar as pessoas diferentes, que tivessem alguma limitação ou deficiência, possui raízes históricas. Segundo Mendes (2006) isso ocorreu pelo desconhecimento que se tinha acerca das deficiências, o que acabou gerando preconceitos e estereótipos sobre esses sujeitos e a defesa da ideia de que as pessoas diferentes seriam mais amparadas e cuidadas se estivessem em um

ambiente separado dos demais. Essa idealização acabou gerando um estigma, sendo mais uma das questões que acabaram definindo o estereótipo da pessoa cega.

O desenvolvimento cognitivo de uma pessoa com deficiência visual não é limitado, apenas apresenta particularidades, que devem ser estimuladas desde o nascimento do indivíduo. Segundo Farias (2004), a criança que nasceu com deficiência visual deve ser estimulada de maneira diferente, sendo apresentada a uma grande quantidade de estímulos que envolvam a audição e o tato, para que assim possa se desenvolver à sua maneira. Desta forma, esses sentidos se desenvolverão em conjunto, repercutindo em suas ações motoras.

O indivíduo com deficiência visual não deve ser visto como um sujeito que tem “falta de”, ou “uma carência de poder enxergar”, mas sim que possui um existir como um ser humano completo. Sua visão de mundo é única e possui grande valor no que diz respeito a uma identidade, que deve ser valorizada e respeitada (MONTE ALEGRE, 2003, apud NUNES e LOMÔNACO, 2010).

Este pensamento corrobora o que Vigotski⁴ descreve sobre a cegueira. As obras desse autor sustentam que uma criança com defeito⁵ não é necessariamente uma criança deficiente, mas sim uma criança que precisa superar esse defeito tomando caminhos alternativos. (VIGOTSKI, 1997).

Os processos de compensação não estão orientados a completar diretamente o defeito, o que na maior parte das vezes é impossível, e sim a superar as dificuldades que o defeito cria. Tanto o desenvolvimento quanto a educação da criança cega não tem tanta relação com a cegueira em si, como com as consequências sociais da cegueira. (VIGOTSKI, 1997, p.19, tradução nossa).

Segundo Ochaíta (1993, apud OCHAÍTA e ESPINOSA, 2004, p.152), a plasticidade do sistema psicológico humano permite que, na ausência de um sistema sensorial como a visão, outras vias alternativas sejam construídas para o funcionamento do sistema psicológico. Vemos em Vigotski tal pensamento quando este defende que, se um ato psíquico se interrompe ou se inibe, ali onde

⁴ No texto optamos pela grafia do nome do autor sugerida por Pretes, Z, salvo quando a referência obtiver outra grafia.

⁵ Vigotski utiliza em sua obra o termo “defeito” para se referir à deficiência.

aparece a interrupção, o retardo ou o obstáculo, produz-se um aumento da energia psíquica. A energia se concentra no ponto onde o processo encontrou um obstáculo e pode superá-lo. Assim, no lugar onde o processo se vê detido em seu desenvolvimento, formam-se novos processos. (VIGOTSKY, 2012).

O cérebro não é um órgão que somente reproduz nossa experiência anterior, ele reelabora e combina essas experiências de forma criadora, permitindo o surgimento de novas situações e novos comportamentos. Vigotski (2009) chama essa atividade criadora de imaginação ou fantasia. Neste aspecto, é importante ressaltar que apesar dos problemas que muitas vezes as crianças não videntes têm para o acesso às informações escolares, elas poderão construir seu desenvolvimento a partir dos sistemas sensoriais que dispõem.

Desde que as crianças cegas começam a falar, além de utilizar a linguagem com uma função comunicativa, esta cumpre outras importantes funções para compensar os problemas causados pela ausência da visão no desenvolvimento do simbólico. Recorrem em maior grau a imitações diferidas de caráter verbal que muitas vezes parecem converter-se em jogos simbólicos. (OCHAÍTA e ESPINOSA, 2004).

Sobre o papel da linguagem, Vigotski aponta essa, como fonte principal para o desenvolvimento das funções psicológicas, tanto em crianças videntes quanto em crianças cegas, já que é a partir dela que o pensamento é organizado e reestruturado, e que para essas últimas, a linguagem é fator primordial para a compensação da cegueira. Ele afirma que “não é o desenvolvimento do tato ou da audição e sim a linguagem, a utilização da experiência social, a relação com os videntes que constitui a fonte da compensação da cegueira” (Vigotski, 1997, p. 81).

5.2 Educação inclusiva e algumas possibilidades

A inclusão propõe a entrada e permanência de alunos com algum tipo de deficiência em escolas regulares. Sobre o tema inclusão, Amaral (2009) afirma que:

A inclusão é uma organização social em que todos são considerados iguais. É importante salientarmos em que sentido estamos falando de igualdade, pois na realidade somos todos diferentes, embora alguns tenham uma diferença mais significativa que outros. Independentemente das diferenças existentes, todos devem ser considerados cidadãos com os mesmos direitos e deveres. (p. 22).

A autora ainda nos chama atenção para o fato de que uma das condições fundamentais no processo de intervenção com pessoas com deficiência visual é lembrar que a única pessoa que conhece de fato e com profundidade suas necessidades é ela mesma. (AMARALIAN, 2009). Daí a importância de o professor entender a real necessidade do seu aluno e possibilitar adequações necessárias para o ensino e a aprendizagem.

Então, é fundamental para uma educação de fato inclusiva que o professor conheça o público que irá atender em suas salas de aula e aprenda a identificar suas necessidades especiais educacionais, bem como busque caminhos de superação. Como nas palavras de Glat & Blanco (2007):

[...] é preciso que sejam identificadas as necessidades de aprendizagem específicas que o aluno apresenta em sua interação com o contexto educacional, que as formas tradicionais de ensino não podem contemplar. (p. 18).

Aprender e perceber que estas deficiências são diferentes entre si, principalmente quando tratamos de alunos com baixa visão, é fundamental para compreender a necessidade de adequações metodológicas e de estratégias de ensino específicas para cada caso, com a finalidade de que cada um deles possa alcançar plenamente a construção do conhecimento.

Apesar da inclusão ser proposta atualmente com grande força, muitas pessoas ainda não compreendem o que significa viver e conviver de maneira inclusiva, como afirmam Sala e Amadei (2013):

A inclusão social faz parte de um projeto que visa incluir em todos os espaços sociais aquelas pessoas que se encontram à margem da sociedade. [...] um mundo que se queira de fato democrático, em que todos tenham voz e voz de boa qualidade e em prol do bem comum em detrimento de interesses pessoais ou de grupos, baseado nos princípios da tolerância, solidariedade, equidade de oportunidades e igualdade de direitos e deveres. (p. 32-33).

Podemos dizer que a educação escolar inclusiva diz respeito à atuação de todos os envolvidos no processo educacional: professores, alunos, pais e a escola como um todo. De modo que sejam construídas condições favoráveis à entrada e à permanência do indivíduo no ambiente escolar.

Nas palavras de Aciem, Rocha e Rodrigues, nas considerações finais do texto “A pessoa com deficiência visual”:

O professor do ensino regular conhecendo as especificidades das diferentes pessoas com deficiência visual poderá contribuir para que tanto as pessoas cegas, como as pessoas com baixa visão, tenham acesso ao currículo com igualdade de oportunidades. (ACIEM; ROCHA; RODRIGUES, 2013, p. 83).

No que se refere a alunos com baixa visão Orrico, Canejo e Fogli alertam que:

O resíduo do aluno com baixa visão precisa ser sempre estimulado, e este é um processo que não se dá apenas no âmbito de serviços de estimulação e reabilitação, mas também por meio das atividades de sala de aula. (ORRICO; CANEJO; FOGLI, 2013, p.151).

Assim sendo, diferenciar as diversas deficiências é uma questão primordial. Além disso, o professor precisa reconhecer a importância de sua disciplina para a formação integral dos alunos, o que lhes dará condições para prosseguir em qualquer estudo posterior, universitário ou profissionalizante em nível técnico, que desejar. E se falarmos da Física, o professor deverá ministrar aulas de forma a ofertar informações que favorecerão aos alunos à formação cidadã crítica no que diz respeito à Ciência e à Tecnologia. (BARBOSA-LIMA, CATARINO e HALLAIS, 2015).

A formação do professor, segundo Sala e Amadei (2013), deve ir além dos aspectos pedagógico-metodológicos, envolvendo o compromisso social do docente. Continuando, as autoras afirmam que:

A formação precisa, portanto, ser atual, compatível com as novas exigências e demandas educacionais. Essa formação vai além das bases pedagógicas tradicionais com as quais estamos habituados a conviver, sugerindo questionamentos, inovações. O professor precisa ter responsabilidade de buscar alternativas de ação para a superação de obstáculos, dispendo-se a constantes capacitações, além do trabalho em equipe, junto com outros profissionais. (p. 38-39).

No ambiente escolar, é primordial que a inclusão da pessoa com deficiência visual ocorra de uma maneira onde ela tenha acesso ao ensino, estando junto a outros alunos, sejam videntes ou não (MONTILHA et al., 2009). Isso permite a desconstrução de uma imagem estereotipada e limitada da pessoa e, ao contrário disso, será percebido que o aluno cego pode crescer cognitivamente, em parceria com os alunos videntes. Afinal, ambos possuem a mesma capacidade de aprender.

Certamente, o auxílio diferenciado com materiais e ferramentas específicas para o ensino desses estudantes deve estar presente, assim como um professor especializado, que saiba lidar com as particularidades da pessoa com deficiência visual. Sobre essa questão Nunes e Lomônaco defendem que:

Claro que, devido à limitação visual, o indivíduo cego vai precisar de um ambiente diferenciado e adaptado, que dê conta de garantir a satisfação de suas necessidades. E toda essa vivência diferenciada define uma estrutura mental diferente daquele que vê, pois a pessoa cega precisa usufruir de outros caminhos para conhecer o mundo, o que marca outras formas de processo perceptivo e, por consequência, da estruturação e organização do desenvolvimento cognitivo. (NUNES E LOMÔNACO, 2010, p. 59).

Não se trata da pura e simples obediência à Lei, mas sim de uma convicção de que se o aluno com necessidade especial visual for integrado em uma sala de aula regular ele irá, se bem assistido, ter maior possibilidade de desenvolvimento social e cognitivo do que se estivesse “guardado” entre seus pares. (BARBOSA-LIMA, CATARINO e HALLAIS, 2015).

Nesse sentido, a Educação Inclusiva visa um modelo de escola que permita o acesso e a permanência de todos os alunos. Onde os processos de seleção e, acrescente-se, de avaliação, sejam revistos e substituídos por processos de identificação e de superação de obstáculos. Considerando-se o já afirmado, não é mais possível permitir a colocação no mercado de trabalho de professores que tenham o direito de dizer que não foram preparados para assumir turmas em que estejam inscritos deficientes visuais como se ouve, com alguma frequência, dos que estão hoje “enfrentando” tal situação. Em várias escolas já há alunos com deficiência visual matriculados, tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio e, de fato, muitos professores hoje em exercício não receberam qualquer

informação sobre estes alunos e sobre como trabalhar com eles. (ALVES; BARBOSA-LIMA; CATARINO, 2017).

Desta forma, acredita-se que não são suficientes, apesar de importantes, os cursos continuados especiais, e alguns bastante aligeirados, para a formação dos professores já em efetivo exercício que estão sendo propostos pelos poderes públicos. Mas que os formadores de futuros professores devem sentir-se comprometidos a atender a parte que lhes cabe, ou seja, formar os professores do ensino regular, em Ciências, capacitados para auxiliarem na integração desses educandos nas classes comuns, além do compromisso precípua da formação para a cidadania crítica. (BARBOSA-LIMA; CATARINO; TATO, 2016).

Apenas as leis não garantem o atendimento educacional de qualidade a esses sujeitos. Ainda precisamos que essas leis se efetivem na prática, no cotidiano do espaço escolar. É indispensável desenvolver pesquisas e estudos referentes a essa temática, de forma que se sustentem as necessidades educacionais deste educando.

Quanto à cidadania de pessoas com algum tipo de deficiência, Machado & Labegalini (2007) comentam que se deve destacar que o ordenamento interno das escolas na busca da construção da cidadania e da inclusão social “dependerá não só das virtudes advindas do texto legal ou será impedido pelos seus vícios, mas da reconstrução de relações que entre si estabelecem professores, alunos e conhecimento.” (p. 18). Isto corrobora o compromisso com a formação inicial de professores adequada para este novo cenário da educação nacional.

O que observamos até agora mostra que a inclusão de um aluno com deficiência visual em salas de aulas não é apenas elaborar uma aula diferenciada e exclusiva para este aluno, pois assim, excluimos as oportunidades de interação com o meio. O essencial é estimular os alunos para que tenham a capacidade de desenvolver uma relação multissensorial e crítica com o conteúdo, criando oportunidades de aprendizado e convívio social equalizado junto aos não deficientes.

Os estigmas que acompanham a ideia do aluno com deficiência visual como um indivíduo que tem certas restrições ou limitações intelectuais, em que esse não possui capacidade de realizar qualquer tarefa que um vidente ou aluno dito “normal” realizaria, agravam os problemas de ensino e aprendizagem do aluno com esta deficiência, pois apenas adaptar um material em alto-relevo ou em Braille não é o suficiente para que este aluno consiga ser incluído na sociedade. Nas palavras de Vigotski:

A criança cega ou surda pode alcançar no desenvolvimento o mesmo [nível] que a normal, mas as crianças com deficiência o alcançam de diferente modo, por um caminho distinto, com outros meios e para o pedagogo é importante conhecer a peculiaridade do caminho pelo qual deve conduzir a criança. (VIGOTSKI, 1997, p.17, tradução nossa).

Para incluir o aluno com deficiência visual nas salas de aulas, é preciso pensar, pesquisar, estudar, analisar e realizar metodologias de ensino-aprendizagem que sejam capazes de atender às necessidades de todos os alunos, respeitando suas limitações ou dificuldades e seus conhecimentos prévios. Nesse sentido destacamos na próxima sessão a importância da didática multissensorial.

5.3 A didática multissensorial

É importante trazer para este trabalho uma rápida abordagem sobre a questão da multissensorialidade que se encontra descrita no livro *Didáctica Multissensorial de las Ciencias*, publicado em 1999 e de autoria de Miquel Albert Soler Martí. Nessa obra o autor considera a necessidade de encontrar metodologias que atendam às diferentes necessidades dos alunos, de acordo com os princípios da inclusão.

Soler (1999, p. 32) questiona o fato do enfoque do ensino das ciências naturais ser baseado em elementos puramente visuais. Como consequência, esse pesquisador afirma que ocorre a perda de muitas informações não visuais.

A partir do momento que tanto na Física, como na Biologia e Química, os elementos visuais são fortemente utilizados, conseqüentemente não são explorados os outros sentidos humanos. Para Soler (1999), é fundamental colocar em prática uma percepção mais ampla da formação científica, desde a educação infantil.

Segundo a didática multissensorial, o tato, a audição, a visão, o paladar e o olfato podem atuar como canais de entrada de informações importantes. Nessa perspectiva a percepção do aluno deixa de ser apenas visual. Segundo Camargo (2016, p. 31) ao tratar do trabalho de Soler:

Observar requer a captação do maior número de informações por meio de todos os sentidos que um indivíduo possa por em funcionamento. Por exemplo, na observação de um ambiente em uma aula de campo, é muito mais significativo se o aluno além de observar visualmente o ambiente, descrever seu cheiro, sua sensação térmica, texturas de seus componentes, entre outras características.

Para Soler (1999) podemos classificar os sentidos como sintéticos e analíticos. Camargo (2016, p.31) explica a diferença entre tais sentidos na visão de Soler:

Os sintéticos são os que percebem os fenômenos de forma global, como a visão, audição, olfato e paladar. O tato por sua vez, é um sentido analítico, isto é, a pessoa percebe um fenômeno mediante a captação de partes do observado e da soma dessas percepções concretas. Os sentidos sintéticos observam o fenômeno do geral para o particular (processo dedutivo), enquanto o analítico percebe o fenômeno do particular para o geral (processo dedutivo).

A combinação desses dois sentidos é fundamental para a construção de uma aprendizagem significativa por parte do aluno, que consiste em um processo de articulação entre o novo conhecimento e o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. A busca pela formação da aprendizagem significativa aliada à multissensorialidade é tanto útil e benéfica para alunos com ou sem deficiência visual. (BALLESTERO-ÁLVAREZ, 2002).

Explorando outros sentidos, podemos enriquecer o aprendizado de todos, e para o aluno cego ou com baixa visão os benefícios também são significativos, pois quando estimulamos um determinado sentido, esse pode desencadear a

percepção de dois aspectos sensoriais diferentes e simultâneos. Por exemplo, há pessoas que toda vez que sentem um odor (real), escutam certo som (imaginário). Tal processo é chamado de sinestesia.

Sinestesia é uma palavra que vem do grego *synaísthesis*, onde *syn* significa "união" e *esthesia* significa "sensação", assim, significando "sensação simultânea". (BASBAUM, 2003, p. 2). É uma condição neurológica que implica que o cérebro interpreta sensações de natureza diferentes em simultâneo, ou seja, um som pode representar uma cor ou um aroma (sensações que não são auditivas). (ALVES et al, 2019).

É importante que o professor perceba como seu aluno cego organiza suas percepções sensoriais e sinestésicas, não apenas a partir de um modelo específico no processo de ensino-aprendizagem. De acordo com Vigotski (2005), o conhecimento é inerente a uma autoconstrução quando o sujeito adquire dados oferecidos pelos outros ou pelos fenômenos do meio natural e social, que reorganiza e reelabora segundo sua capacidade, suas motivações e interesses e adiciona informação desta própria experiência para “construir”. A ausência de visão possibilita, para pessoas cegas, que o ambiente ao redor consista numa recombinação de elementos sensoriais distintos.

5.4 Ensino de Física e condição visual do discente

No que se refere ao ensino de Física, é comum no estudo desta disciplina o uso de recursos visuais como figuras, gráficos e figuras geométricas. Outro fato característico é a utilização de letras que representam grandezas físicas ou variáveis em fórmulas. Por muitas vezes é comum a redução do significado de explicações de algumas expressões por parte do professor. Sobre isso Santos (2001) nos fala que:

É comum o professor, ao longo de suas explicações, “reduzir” algumas expressões; no símbolo S_0 (S índice zero), geralmente, fala-se S zero, eliminando-se a palavra índice. Essa redução, na maioria das vezes, é irrelevante quando o aluno vê o símbolo escrito pelo professor no quadro-negro e associa com a expressão falada. No entanto, no caso do aluno cego a verbalização e o formalismo matemático precisam ser

mais cuidadosos, pois o aluno pode ter interpretações errôneas, o educando pode não identificar os símbolos utilizados pelo professor, e sentir dificuldades no aprendizado. (p. 84).

É muito comum encontrarmos aulas em que o docente se comunica por meio de referenciais visuais, o que caracteriza uma estrutura empírica da linguagem audiovisual interdependente. Esse modelo pode ser exemplificado em frases enunciados pelo professor como: “isso é igual a isso”, “como vemos no gráfico...”, “segundo a tabela do exercício...”, “observem que na imagem...”, etc.

Linguagens com tal estrutura não proporcionam a alunos cegos ou com baixa visão as mínimas condições de acessibilidade às informações veiculadas (CAMARGO, 2016). Nessa situação o aluno com deficiência visual fica excluído do conteúdo e da informação dentro de sala de aula, isso ocorre pelo fato de os códigos auditivos estarem associados a códigos visuais e ficarem desprovidos de significado.

Segundo Camargo (2012), o aluno nessa situação encontra-se em uma condição de estrangeiro em um país de língua desconhecida. Segundo o autor, o termo condição de estrangeiro caracteriza a presença de discentes com deficiência visual em sala de aula onde a veiculação de informações se dá por meio de linguagens de estrutura empírico audiovisual interdependente.

Perante a isso é muito importante que o professor saiba a condição visual do seu aluno, isto é, se o aluno é totalmente cego ou possui baixa visão. Se for totalmente cego, é necessário saber se a cegueira é de nascimento ou foi adquirida ao decorrer da vida e por quanto tempo o indivíduo enxergou e se ele possui algum resíduo visual. Por outro lado, é interessante que o professor tenha pelo menos alguma noção sobre o código Braille para uma melhor relação no que se refere à aprendizagem do aluno.

Camargo (2012, p. 38) cita algumas circunstâncias sobre a condição visual do discente e as possibilidades que esta gera para o trabalho do professor. Nas palavras do autor:

- Se o aluno não nasceu cego ou possui baixa visão, os significados indissociáveis de representação visuais lhe são potencialmente comunicáveis;
- Dependendo do resíduo visual do aluno, registros visuais ampliados podem ser utilizados nos processos de comunicação;
- Dependendo do resíduo visual, ele pode observar visualmente alguns fenômenos físicos (como o entortamento aparente de um lápis em copo com água, decorrente da refração dos raios de luz) ou registros visuais provenientes de simulações computacionais, vídeos, esquemas projetados ou desenhos.

Se o discente for cego de nascimento, este não possui o significado concreto de representações visuais como o de cores por exemplo. Segundo Vigotski, o tato e a audição nunca farão um cego ver (VIGOTSKI, 1997, p. 5). Esse tipo de significado não pode ser comunicado aos alunos cegos de nascimento, mas os significados de outras características podem e devem ser ensinados a esses alunos.

Algumas das maiores dificuldades dos alunos com deficiência visual para aprenderem Física são a pouca demanda de livros traduzidos para o Braille e o formalismo matemático que a disciplina utiliza. (Santos, 2001). Outro ponto é a presença de professores que não possuem pelo menos uma pequena noção de como trabalhar com esse público de maneira efetiva e a falta de estrutura por parte das escolas.

Barbosa-Lima, Catarino e Tato (2016), em seu artigo sobre reflexões sobre o Ensino de Física para pessoas com deficiência visual, chamam atenção para a importância da formação inicial de professores com um conhecimento mínimo para atuar neste cenário, do uso de uma linguagem verbal mais detalhada de modo a substituir informações visuais na medida do possível e do uso de experimentos adaptados para que ocorra uma real inclusão desse público em escolas regulares. Os autores ainda chamam atenção para o fato destes alunos possuírem uma habilidade háptica (relativa ao tato) mais aguçada do que os videntes.

Dentro desse contexto, cabe ao docente utilizar a língua portuguesa detalhada, evitando a linguagem gestual. (BARBOSA-LIMA; CATARINO, 2013).

Nesse raciocínio, podemos citar como exemplo a descrição oral detalhada de fenômenos, gráficos, tabelas, figuras, etc. Sendo sempre conveniente o uso de experimentos adaptados e maquetes onde o aluno possa utilizar seu tato. Por outro lado, a utilização de recursos visuais como lousa, *data-show* e retroprojeter não são necessariamente inconvenientes. Como afirma Camargo (2016, p. 43) citando Motta e Romeu Filho (2010), tais recursos podem ser utilizados em salas de aulas que contenham alunos com deficiência visual, desde que o elemento descrição oral detalhada ou áudio descrição seja explorado ao máximo.

Desse modo, é importante que o professor tenha o cuidado de descrever com detalhe cada fórmula, cada equação e cada cálculo em sua aula, caso exista algum aluno cego ou com baixa visão em sua turma, de maneira que este consiga compreendê-las. Normalmente essas informações são acessíveis em sua maior parte pela visão do quadro. (TATO, 2009).

Nessa perspectiva, a áudio descrição torna-se uma prática interessante. Tal ferramenta consiste em transformar imagens em palavras. De acordo com Lima e Tavares:

A áudio descrição é uma tecnologia assistiva que busca principalmente a inclusão e o empoderamento da pessoa com deficiência visual, contudo este recurso pode ampliar as possibilidades de inserção social e acesso à informação/comunicação às pessoas com deficiência intelectual, disléxicos e idosos em diversos contextos sociais: cinema, teatro, programas de televisão etc. Este gênero tradutório é um recurso que deve alargar as possibilidades de inclusão social para as pessoas que se encontram excluídas, total ou parcialmente da experiência audiovisual. (2010, p.4).

Tal proposta é uma poderosa ferramenta didática, podendo ser aplicada em imagens estáticas ou dinâmicas: filmes, shows, espetáculo de dança, teatro, entre outros. De acordo com Nunes, Fontana e Vanzin (2011):

Posto que os alunos cegos, como os demais estudantes, aprendem a partir de suas relações sociais, e que a visão não é determinante em sua limitação, mas as possibilidades de interação com seus colegas e professores, deve-se buscar eliminar as barreiras primárias que impedem que o cego se aproprie dos objetos e receba as primeiras informações sobre eles. As tecnologias assistivas, também chamadas tecnologias de apoio, podem fazer esse papel de mediadores entre o sujeito e o objeto. (p. 4).

Desta forma, a áudio descrição é essencial para a inclusão de pessoas com deficiência visual na sociedade e para permitir acessibilidade destas pessoas a acontecimentos e ações presentes em nossa vida cotidiana. Nesse contexto, ela se torna forte aliada à relação ensino e aprendizagem deste público, privilegiando a linguagem e a didática multissensorial, sendo uma fonte fecunda para a imaginação e a criação destes educandos.

Gostaríamos de reforçar que o ensino e a aprendizagem de Física fundamentado em diversas percepções não só é válido para alunos deficientes visuais como também para todos os alunos, uma vez que as explicações de conceitos físicos se aproximam da diversidade sensorial do ser humano. Promover o ensino de Física para alunos videntes e não videntes em condições igualitárias e adequadas melhora o ensino de todos os alunos. (TATO, 2016; CAMARGO, 2012).

Após termos explorados e discutidos questões sobre o Ensino de Física em uma perspectiva inclusiva para pessoas normovisuais e/ou com deficiência visual, na próxima sessão nos debruçaremos sobre a metodologia de pesquisa utilizada na presente dissertação.

6 METODOLOGIA

Os que se encantam com a prática sem a Ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.
Leonardo da Vinci

O pesquisador dispõe de diversos instrumentos metodológicos para alcançar o conhecimento sobre o seu objeto de pesquisa. Segundo GOLDENBERG (2004, p. 14), “o que determina como trabalhar é o problema que se quer trabalhar: só se escolhe o caminho quando se sabe aonde se quer chegar”. Desse modo, é importante ressaltar a importância da metodologia em uma pesquisa científica estar adequada com o foco e com os objetivos da investigação.

O presente trabalho possui uma perspectiva qualitativa conforme propõem Bogdan & Biklen (2010), uma vez que nos preocupamos mais com o processo do que com o resultado ou produto, visando compreender o significado das interações e acontecimentos durante a pesquisa científica. Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal.

Tendo em vista o objetivo da presente dissertação, escolheu-se a Revisão Sistemática da Literatura como uma metodologia criteriosa para selecionar e extrair dados dos estudos encontrados. Segundo Sampaio e Mancini (2007):

Uma revisão sistemática, assim como outros tipos de estudo de revisão, é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema. Esse tipo de investigação disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. (p. 84).

Como posto no fragmento acima, as revisões sistemáticas são estudos secundários desenhados para serem metódicos, explícitos e passíveis de reprodução. (ATALLAH e CASTRO,1998). Esse tipo de estudo serve para nortear o desenvolvimento de projetos, indicando novos rumos para futuras investigações e identificando quais métodos de pesquisa foram utilizados em uma área.

Uma revisão sistemática requer um planejamento prévio, onde deve existir uma pergunta clara, a definição de uma estratégia de busca (que pode ser denominada como protocolo neste tipo de intervenção), o estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão dos objetos de pesquisa e, acima de tudo, uma análise criteriosa da qualidade da literatura selecionada. A seguir discutiremos o protocolo de revisão sistemática de literatura utilizado.

6.1 O protocolo de Revisão Sistemática utilizado

O presente trabalho foi elaborado a partir de uma revisão sistemática de literatura nas bases de dados online: Scielo (<http://www.scielo.org>), Portal Capes (<http://www.periodicos.capes.gov.br>) e Google Scholar, também conhecido como Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br>).

O protocolo de revisão sistemática de literatura desenvolvido para a realização da presente pesquisa encontra-se no apêndice deste trabalho. Nele estão descritos aspectos importantes que nortearam a metodologia empregada na investigação proposta neste trabalho de revisão, tais como: tema, objetivos, locais de busca, palavras chaves utilizadas, tipos de trabalhos pesquisados e critérios de inclusão e exclusão.

O foco da busca foram artigos completos publicados em periódicos. Foi utilizado como critério de seleção a busca por trabalhos escritos em português, espanhol ou inglês e publicados em periódicos de acesso livre nos últimos dez anos, ou seja, entre 2010 e 2019. Tal escolha temporal se deve ao objetivo de realizar uma revisão bibliográfica atualizada, de modo a investigar o que se tem feito na área de interesse desta pesquisa na última década.

Tendo em vista a temática deste trabalho, a visão como obstáculo epistemológico para a aprendizagem de modelos atômicos, a palavra chave utilizada nas buscas foi “modelos atômicos”. As pesquisas nas bases de dados online utilizadas no presente estudo aconteceram no ano de 2019 (do mês de janeiro até o mês de outubro).

As buscas com a palavra-chave “modelos atômicos” apresentaram 182 artigos na plataforma Scielo, 126 artigos no Portal Capes de Periódicos e 941 artigos no Google Acadêmico. Nesta última base de dados, após uma busca avançada, na qual, por questões logísticas de investigação em uma dissertação de mestrado, se optou por apenas pesquisar artigos com a palavra chave “modelos atômicos” no título, onde se chegou a 98 artigos.

Desse modo, somando-se todas as bases de dados, o presente trabalho analisou 406 artigos científicos. Cabe ressaltar que nesse quantitativo há a observação sobre a repetição de artigos em mais de uma plataforma de dados online.

Na presente dissertação a seleção inicial de estudos baseou-se no sugerido por DYBA, DINGSOYR e HANSSEN (2007) apud Toledo (2007), o que envolveu as seguintes etapas, ilustradas pela figura 9:

- 1 Identificação dos estudos relevantes, após busca em bases de dados eletrônicas;**
- 2 Exclusão dos estudos com base no título;**
- 3 Exclusão dos estudos com base no resumo (*abstracts*);**
- 4 Obtenção dos estudos primários para avaliá-los criticamente, após serem lidos integralmente.**

Figura 9 - Estratégia de Seleção Inicial dos Estudos.

Fonte: DYBA, DINGSOYR e HANSSEN (2007) apud Toledo (2017).

O primeiro critério de exclusão ou seleção foi a leitura dos títulos dos artigos. Foram selecionados os artigos que apresentavam em seus títulos uma possível correlação do assunto “modelos atômicos” com os temas: “dificuldades de ensino”, “obstáculos epistemológicos”, “recursos visuais” e/ou “deficiência visual”. Após essa etapa, foram selecionados 22 artigos. O passo seguinte foi a exclusão de trabalhos repetidos que existiam nesta amostra e a leitura dos resumos destes artigos.

Feito isso, foram excluídos, através da leitura do resumo, aqueles que não tinham uma real correlação com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Após a análise dos critérios elencados acima, chegou-se à

amostra de 10 artigos que preenchem os critérios inicialmente propostos. Desse modo, esses trabalhos foram lidos e analisados na íntegra. Após a leitura integral desta amostra, todos esses artigos foram considerados aptos com a proposta desta pesquisa. A tabela 1 apresenta os resultados da busca nas bases de dados e a seleção de artigos em conformidade com os critérios pré-estabelecidos da presente investigação.

Tabela 1- Artigos encontrados na pesquisa.

Fonte: Elaboração própria.

Base de dados	Artigos encontrados	Artigos selecionados pelo título	Artigos selecionados pelo resumo
Scielo	182	4	0
Periódicos Capes	126	5	4
Google Acadêmico	98	13	6
Total	406	22	10

Na próxima sessão deste trabalho fazemos uma síntese dos dez artigos selecionados conforme os critérios aqui explicitados. E apresentamos outros dados como autoria, periódico no qual foi publicado e ano de publicação. Cabe ainda ressaltar que, mesmo sendo um estudo de revisão bibliográfica, a presente pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Fundação Oswaldo Cruz, tendo o número de parecer 3.203.802 e CAAE 08780119.7.0000.5248.

7 RESULTADOS

Grão a grão, enche a galinha o papo.
Fernando Pessoa

A seguir fazemos um relatório sobre os dez artigos selecionados por meio da revisão sistemática de literatura proposta neste trabalho. Estes trabalhos foram lidos e analisados na íntegra. Por facilidade de análises e discussões, os categorizamos de forma aleatória em uma sequência numérica, conforme apresentado a seguir.

7.1 Apresentação e síntese dos artigos

Nesta seção apresentamos os artigos selecionados com uma síntese do conteúdo de cada trabalho. Optamos por não utilizar o resumo “oficial” de cada artigo, uma vez que nos preocupamos em analisar cada trabalho com um olhar voltado para a investigação desta dissertação. Também trazemos dados como o nome do(s) autor(es), título do artigo, revista em qual foi publicado, onde podemos encontrá-los e o ano de publicação em formato de referência padrão ABNT.

Apresentamos também as palavras chaves contidas nas publicações conforme a própria formulação dos autores, o periódico no qual foi publicado e o seu Qualis de acordo com a avaliação 2013-2016 da Plataforma Sucupira (<https://sucupira.capes.gov.br>), a filiação institucional dos autores e o ano de publicação.

Os artigos selecionados são:

I) FREITAS-REIS, I. et al. Adaptações táteis de modelos atômicos para um ensino de química acessível a cegos. **Enseñanza de las Ciencias**⁶, Núm. Extra

⁶ O presente artigo foi apresentado no X Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias que ocorreu entre 5 e 8 de setembro de 2007 em Sevilha (Espanha) e foi organizado pela revista Enseñanza de las Ciencias.

(2017), p. 4015-4020. Disponível em: <<http://ddd.uab.cat/record/183780>>. Acesso em: 5 out. 2019.

Síntese do artigo:

O trabalho é um relato de experiência e tem como objetivo apresentar materiais didáticos adaptados sobre a temática modelos atômicos a estudantes cegos ou de baixa visão matriculados na educação básica em contexto inclusivo. O trabalho foi realizado por um grupo de pesquisa em Ensino de Química da Universidade Federal de Juiz de Fora e contou com a participação de um aluno cego para validação dos materiais confeccionados. Os resultados mostraram que a aprendizagem do tema modelos atômicos foi facilitada com a utilização de maquetes táteis. O trabalho também discute sobre o fato de tais intervenções possibilitarem um ensino satisfatório de Química para cegos e pessoas com baixa visão, assim como alunos normovisuais.

Palavras chaves: Cegos, Inclusão, Modelos atômicos.

Periódico no qual foi publicado: Enseñanza de las Ciencias (Qualis A1 em Ensino)

Filiação institucional dos autores: UFJF

Ano de publicação: 2017

II) GARRETO, M. do S. E.; MACHADO, C. C. Uso de protótipos para o ensino de modelos atômicos e estrutura molecular para deficientes visuais: uma simulação com alunos vendados. **INFINITUM: REVISTA MULTIDISCIPLINAR**, São Bernardo - MA, v. 1, n. 1, p.109-124, jul/dez. 2018. Disponível em: <<http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/infinitem/article/view/10219>>. Acesso em: 5 out. 2019.

Síntese do artigo:

O trabalho propõe o emprego de maquetes táteis de modelos atômicos como ferramenta eficaz para o ensino de alunos com deficiência visual matriculados em turmas inclusivas do ensino médio. A pesquisa foi realizada em uma escola no Maranhão que não possuía nenhum aluno com deficiência visual. Desse modo, alguns alunos de uma turma de 1ª série foram vendados durante as práticas realizadas durante a pesquisa. Todas as práticas foram realizadas por todos os alunos desta turma. Os resultados apontaram para a possibilidade de acesso a novos conhecimentos através do uso de materiais simples que estimulam o potencial do aluno com deficiência visual e favorecem sua aprendizagem. Perante ao exposto no trabalho, o uso de maquetes táteis pode ser algo vantajoso para todos os alunos e ser um fator motivador para a construção de aulas mais atraentes.

Palavras chaves: Deficiência visual. Educação Inclusiva. Ensino de Química

Periódico no qual foi publicado: INFINITUM REVISTA MULTIDISCIPLINAR (Sem Qualis no quadriênio atual da Plataforma Sucupira)

Filiação institucional dos autores: UFMA

Ano de publicação: 2018

III) SILVA, G. S.; BRAIBANTE, M. E. F. Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 159-182, mai/ago 2013. Disponível em: <<http://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4266>>. Acesso em: 5 out. 2019.

Síntese do artigo:

O trabalho ao ressaltar a importância e o destaque do livro didático no cenário educacional brasileiro, tem por objetivo analisar as representações visuais relacionadas ao conteúdo de modelos atômicos dos livros textos de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012. Essa análise busca compreender o objetivo didático de tais representações e sua influência na aprendizagem dos estudantes. Os autores se pautaram em categorias e subcategorias (por exemplo: sequência didática, funcionalidade, etc.) pré-identificadas para executar a pesquisa das representações visuais nos livros didáticos analisados. Os resultados do trabalho indicam que há uma diversidade de maneiras como as imagens são apresentadas em cada livro e que deve haver cuidado com a qualidade das imagens e textos relacionados a elas. Segundo os autores, o uso de representações influencia na construção do conceito de átomo e daí a necessidade do cuidado, pois sua utilização equivocada pode vir a gerar obstáculos na construção do conhecimento.

Palavras Chaves: Livro didático. Recursos visuais. Modelos atômicos.

Periódico no qual foi publicado: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (Qualis A2 em Ensino)

Filiação institucional dos autores: UFSM

Ano de publicação: 2013

IV) FERNANDES, J. M.; FRANCO-PATROCÍNIO, S.; FREITAS-REIS, I. O químico e físico inglês Willian Crookes (1832-1919) e os raios catódicos: uma adaptação tátil do tubo para o ensino de modelos atômicos para aprendizes cegos. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 17, p. 67-80, jun. 2018. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/33650>>. Acesso em: 05 out. 2019.

Síntese do artigo:

O trabalho é um relato de experiência da utilização de maquetes táteis inclusivas de baixo custo utilizadas em aulas sobre o conteúdo modelos atômicos com um aluno cego. Para tal, os autores debatem a importância de assuntos como a História da Ciência e a importância de adaptações para a inclusão de alunos com deficiência visual. Os modelos táteis foram desenvolvidos por pesquisadores da Universidade Federal de Juiz de Fora com o auxílio de voluntários. Desse modo, foram criadas maquetes táteis apresentadas no trabalho. Todo material criado foi analisado e validado por um aluno cego. Todas abordagens foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas e analisadas a partir de uma abordagem qualitativa. Após as abordagens, o aluno cego relatou que a utilização de materiais táteis trouxe para ele uma completude do abstrato e a real sensação de inclusão. Nesse contexto, os autores salientam a importância da utilização de materiais adaptados.

Palavras Chaves: Educação Inclusiva. Deficiência Visual. História da Química

Periódico no qual foi publicado: História da Ciência e Ensino – Construindo Interfaces (Qualis B4 em Ensino)

Filiação institucional dos autores: UFJF

Ano de publicação: 2018

V) MARANHÃO, J. da C.; DAXENBERGER, A. C. S.; SANTOS, M. B. H. O ensino de química em uma perspectiva inclusiva: proposta de adaptação curricular para o ensino da evolução dos modelos atômicos. **Revista Eletrônica Científica Interdisciplinar**. Mossoró, v. 4, n. 12, p. 568-587, nov. 2018. Disponível em <<http://periodicos.uern.br/index.php/RECEI/article/view/2894>>. Acesso em 5 de out. 2019.

Síntese do artigo:

Ao discutir questões relacionadas à Educação Inclusiva e às especificidades do aluno com deficiência visual, o trabalho tem como objetivo avaliar uma proposta de adaptação do conteúdo modelos atômicos utilizando maquetes táteis inclusivas de baixo custo. A pesquisa de caráter qualitativa (conforme designação dos próprios autores) foi realizada em uma escola pública de Campina Grande (PB) onde utilizou-se como instrumento de dados dois modelos de avaliação e observação. As abordagens ocorreram em uma turma inclusiva, tendo a participação de um aluno cego e um outro com baixa visão. Os resultados da pesquisa apontam que o uso de materiais adaptados referentes à temática modelos atômicos foi capaz de contribuir nos processos de ensino e de aprendizagem de todos os alunos. Nesse sentido, os autores reforçam o fato de que pessoas com deficiência quando atendidas em suas necessidades podem desenvolver as mesmas habilidades que os demais estudantes.

Palavras Chaves: Recursos Adaptados. Química para cegos. Inclusão Escolar.

Periódico no qual foi publicado: Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar (Qualis B1 em Ensino)

Filiação institucional dos autores: UFPB

Ano de publicação: 2018

VI) JESUS, R. L.; KALHIL, J. B. O ensino de modelos atômicos a estudantes com deficiência visual da Educação de Jovens e Adultos EJA, de uma escola pública de Manaus através da utilização de maquetes didáticas. **Latin American Journal of Science Education**, v. 2, n. 1, 12057, mai 2015. Disponível em: <http://www.lajse.org/may15/12057_Raine.pdf>. Acesso em: 5 outubro 2019.

Síntese do artigo:

Ao destacar os tímidos números de pesquisas voltadas para o Ensino de Química para pessoas com deficiência visual, o trabalho busca identificar as contribuições do uso de maquetes didáticas para o Ensino de Ciência/Química, em especial, no que se refere ao assunto modelos atômicos em uma sala de aula do curso da Educação de Jovens Adultos (EJA) de uma escola pública de Manaus (AM). Foram realizadas abordagens em formato de oficinas com a utilização de maquetes táteis em uma perspectiva inclusiva e entrevistas com alunos cegos e normovisuais sobre a utilização destes recursos em sala de aula. A pesquisa de caráter qualitativo apontou como resultados que a utilização de materiais adaptados e inclusivos podem ser úteis ou não, como subsídios que auxiliem o aperfeiçoamento do atual ensino para pessoas com deficiência visual, uma vez que o sucesso da utilização de tais recursos dependerá das intervenções realizadas pelos docentes.

Palavras Chaves: Educação Inclusiva. Deficiência Visual. Ensino de Química.

Periódico no qual foi publicado: Latin American Journal of Science Education (Qualis B3 em Ensino)

Filiação institucional dos autores: UEA

Ano de publicação: 2015

VII) RAZUCK, R. C. de S. R.; GUIMARÃES, L. B. O desafio de ensinar modelos atômicos a alunos cegos e o processo de formação de professores. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 27, n. 48, p. 141-154, jan./abr. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/4384>>. Acesso em: 05 out. 2019.

Síntese do artigo:

Ao discutir questões relacionadas à inclusão, especificidades de alunos com deficiência visual e o apelo visual normalmente utilizado nas aulas de Química, o trabalho propõe a discussão sobre a importância de se utilizar recursos didáticos táteis que possibilitem a pessoas com deficiência visual o entendimento do conteúdo “modelos atômicos”. A pesquisa de caráter qualitativo configurou-se por meio de um trabalho de conclusão de curso. Inicialmente foram criadas maquetes táteis dos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Posteriormente tais recursos foram experimentados por um aluno cego em uma escola pública de Brasília. O encontro foi gravado e transcrito. Os resultados do trabalho apontam que os desenhos presentes em livros didáticos, mesmo que transcritos para o Braille, não foram suficientes para um entendimento eficiente por parte do aluno. Por outro lado, a utilização de maquetes táteis contribuiu para que este “visualizasse” os modelos a ele apresentado.

Palavras Chaves: Ensino de Química. Inclusão. Modelos Atômicos.

Periódico no qual foi publicado: Revista Educação Especial (Qualis A2 em Ensino)

Filiação institucional dos autores: UnB

Ano de publicação: 2014

VIII) SILVEIRA, F. A. et al. Investigação dos obstáculos epistemológicos no ensino de química: uma abordagem no tópico modelos atômicos. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Santo Ângelo (RS), v. 9, n. 1, p. 31-46, jan./abr. 2019. Disponível em: <<http://srvapp2s.urisan.tche.br/seer/index.php/encitec/article/view/2253>>. Acesso em: 5 out. 2019.

Síntese do artigo:

Ao discutir sobre a possibilidade de ocorrência de obstáculos epistemológicos no processo de ensino e aprendizagem, o trabalho tem por objetivo identificar possíveis obstáculos epistemológicos sob a visão de Bachelard no Ensino de Química referente à evolução dos modelos atômicos. A pesquisa de abordagem qualitativa utilizou um questionário como instrumento de coleta de dados e foi realizada em uma turma de 1ª série de uma escola pública de Fortaleza (CE). Participaram da investigação nove alunos e não há relato no trabalho que estes possuíam algum tipo de deficiência ou necessidade educacional especial. Os resultados do trabalho apontam que distorções conceituais em torno de figuras e analogias dificultam o entendimento do conhecimento científico, gerando concepções errôneas e equivocadas no estudo do tema “modelos atômicos”.

Palavras Chaves: Obstáculos Epistemológicos. Ensino e aprendizagem. Bachelard.

Periódico no qual foi publicado: Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista (Qualis B1 em Ensino)

Filiação institucional dos autores: UFCE

Ano de publicação: 2019

IX) MELO, M. R.; NETO, E. G. de L. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química Nova Escola**, v. 36, n. 2, p. 112-122, mai. 2013. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf >. Acesso em: 5 out. 2019.

Síntese do artigo:

Ao abordar o fato de a Química trabalhar com diversos modelos, o trabalho discute o fato de muitos alunos elaborarem modelos mentais que podem ou não se aproximar dos modelos científicos. O objetivo geral da pesquisa foi

tentar entender avanços e dificuldades envolvidos no processo de ensino e aprendizagem de modelos atômicos a partir de abordagens propostas por licenciados de Química em uma escola pública de Aracaju (SE). A investigação teve caráter qualitativo e teve a participação de 32 alunos matriculados na 1ª série do Ensino Médio. Não há relato no trabalho da participação de alunos com algum tipo de deficiência. Os resultados indicam a percepção dos alunos do átomo como uma unidade sólida e real e não como uma construção científica. Outro dado do trabalho é que ao questionar-se os alunos participantes do estudo sobre o seu modelo mental de átomo, o que prevaleceu foi o modelo atômico de Dalton.

Palavras Chaves: Modelos Atômicos. Formação de Professores. Discursos do Professor.

Periódico no qual foi publicado: Química Nova Escola (Qualis B1 em Ensino)

Filiação institucional dos autores: USP e UFS

Ano de publicação: 2013

x) STADLER, J. P. et al. Análise de obstáculos epistemológicos em livros didáticos de química do ensino médio do PNLD 2012. **HOLOS**, [S.l.], v. 2, p. 234-243, maio 2012. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/863>>. Acesso em: 5 out. 2019.

Síntese do artigo:

Ao destacar a importância do livro didático no cenário educacional brasileiro e discutir a concepção de obstáculos epistemológicos segundo a teoria de Bachelard, o artigo tem como objetivo avaliar cinco livros de Química indicados pelo PNLD 2012. Porém só foram avaliados nestas obras os volumes

destinados à 1ª série do Ensino Médio. O foco da investigação foi observar a existência de obstáculos epistemológicos segundo a teoria de Bachelard. A pesquisa teve uma abordagem qualitativa e ocorreu através de duas avaliações distintas em cada obra que se complementaram na metodologia utilizada pelos autores. Os resultados do trabalho apontam que todos os livros apresentaram obstáculos epistemológicos. Nesse contexto, os autores chamam atenção para a necessidades de pesquisas desta natureza para minimizar e até mesmo eliminar possíveis obstáculos epistemológicos em livros didáticos.

Palavras chaves: Livro Didático. PNLD 2012. Bachelard. Obstáculo Epistemológico.

Periódico no qual foi publicado: HOLOS (Qualis B5 em Ensino)

Filiação institucional dos autores: UFERSA e UTFPR

Ano de publicação: 2012

No capítulo seguinte, discutiremos os resultados encontrados, com base nos autores dos artigos analisados em diálogo com nossos referenciais teóricos. Também apresentaremos uma análise descritiva dos dez artigos aqui sintetizados.

8 DISCUSSÕES

Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.
Paulo Freire

Nesta sessão discutiremos os resultados encontrados nos dez artigos analisados na íntegra seguindo o protocolo da revisão sistemática de literatura que norteou a presente dissertação. Em consonância a isso, levantaremos dados e correlacionaremos os trabalhos entre si. Para facilidade de leitura nos referiremos aos artigos pela numeração apresentada na sessão “Resultados” deste trabalho.

8.1 Análise descritiva dos artigos analisados

Inicialmente cabe reforçar que a revisão bibliográfica apenas garimpou artigos publicados em revistas científicas online e de acesso livre, presentes nas plataformas de busca Portal Capes, Scielo e Google Acadêmico. Sobre os dez artigos analisados, dois (arts. I e VI) foram publicados em revistas internacionais e os oito demais em revistas nacionais. A figura 10 apresenta um gráfico sobre essa relação em porcentagem.



Figura 10 - Periódicos nos quais os artigos analisados foram publicados.

Fonte: Elaboração própria.

Pela análise do gráfico presente na figura 10, podemos observar a predominância de publicações sobre a temática da presente revisão bibliográfica em revistas científicas nacionais. Sobre a nacionalidade dos periódicos estrangeiros, o art. I foi publicado em uma revista espanhola e o art. VI em uma revista mexicana. Cabe lembrar aqui, que durante as buscas nas bases de dados utilizamos filtros para trabalhos em português, espanhol e inglês.

Sobre o Qualis de cada revista, que vem a ser um conjunto de procedimentos utilizados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) para estratificação da qualidade da produção intelectual de um periódico científico, encontramos estudos classificados desde A1 até B5. Na figura 11 podemos observar a porcentagem no que se refere ao Qualis das revistas dos artigos analisados.

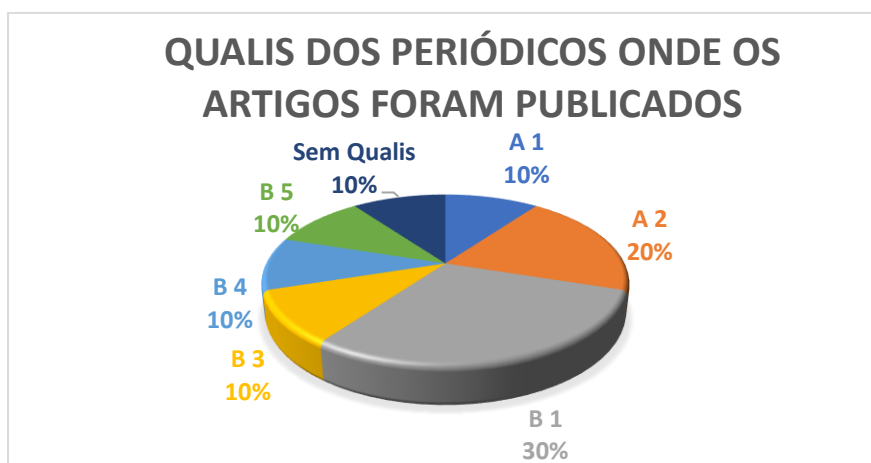


Figura 11 - Qualis dos periódicos onde os artigos foram publicados.

Fonte: Elaboração própria.

Pela análise do gráfico podemos observar que a maior incidência de publicações foi em periódicos de Qualis B 1 (art. V, VIII e IX). Sobre a fatia de artigos sem Qualis, ela se refere ao artigo II, publicado na Revista Infinitum da UFMA. Tal revista teve sua primeira publicação no ano de 2018 e por sua vez a avaliação atual da CAPES se refere ao período 2013-2016.

Sobre os anos de publicações dos artigos selecionados na lacuna temporal de dez anos utilizada em nossa revisão bibliográfica, podemos

observar publicações desde 2012 até o presente ano de 2019. A figura 12 apresenta um gráfico sobre a frequência de publicações de artigos relacionados à temática deste trabalho na última década.



Figura 12- Número de artigos analisados em relação ao seu ano de publicação.

Fonte: Elaboração própria.

Pela análise do gráfico presente na figura 12 podemos observar que nos anos de 2010, 2011 e 2016 não houve publicação em periódicos de artigos relacionados com o tema de investigação deste trabalho. Em contrapartida, o ano de 2018 se destacou por ter tido três publicações. Também pela análise do gráfico podemos observar que nos anos de 2012, 2014, 2015, 2017 e 2019 ocorreu apenas uma publicação.

Como já dito anteriormente neste trabalho, as pesquisas nas plataformas de busca ocorreram de janeiro até outubro de 2019. O leitor mais criterioso poderá observar que os artigos apresentados na seção “Resultados” estão todos com a data de acesso em outubro de 2019. Isso se deve ao fato de que neste citado mês realizamos uma varredura nos endereços dos links de acesso a estes trabalhos, para assim confirmá-los e dessa forma registrá-los na presente dissertação.

Sobre a ocorrência de publicações relacionadas ao tema obstáculos epistemológicos no ensino de modelos atômicos tanto para alunos normovisuais quanto alunos com deficiência visual, percebemos a baixa frequência de publicações de artigos com alguma relação a esta temática. Podemos imaginar

tal ocorrência por esta pesquisa investigar um conteúdo específico do Ensino de Ciências (modelos atômicos). Contudo, como afirma Camargo (2016), ainda são discretos os trabalhos relacionados ao Ensino de Física para pessoas com deficiência visual.

No que se refere aos autores dos artigos analisados, foram catalogados vinte e oito autores, dos quais dezoito são mulheres e dez são homens. O gráfico presente na figura 8 apresenta esses dados em caráter percentual.



Figura 13- Autores em relação aos seus sexos.

Fonte: Elaboração própria.

Deste modo fica evidente a presença feminina na produção científica, sendo encontrado em nossa amostra analisada quase o dobro de autoras mulheres em relação ao número de autores homens.

No que se refere à filiação dos autores dos artigos analisados, nesta revisão bibliográfica, encontramos onze universidades. Em comum temos que todas são instituições públicas, sendo nove instituições federais e duas estaduais. Esses dados refletem a importância das universidades e centros de pesquisa públicos para a educação e a pesquisa nacional. Na figura 14 apresentamos a divisão das onze universidades observadas por regiões do Brasil.

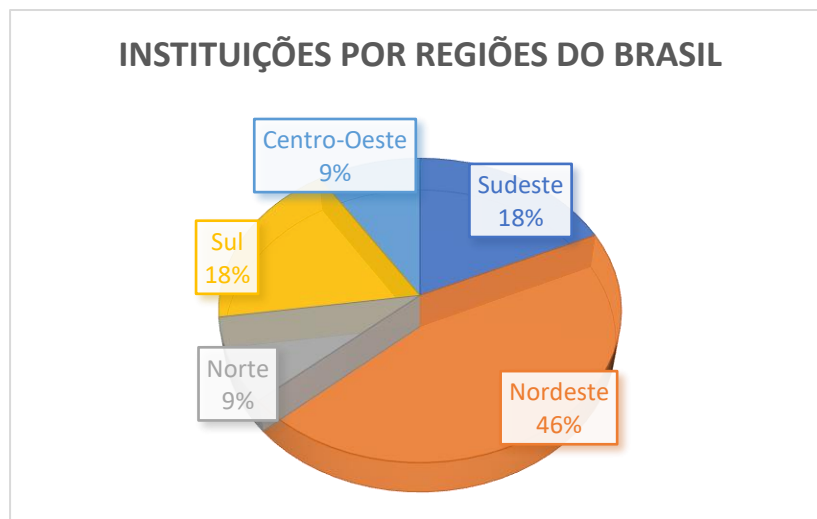


Figura 14 - Filiação institucional dos autores por regiões do Brasil.

Fonte: Elaboração própria.

Pela análise do gráfico presente na figura 14 podemos perceber que quase metade dos artigos analisados foram publicados por autores filiados a instituições da região Nordeste. Cabe ainda ressaltar que esta análise se refere aos dados presentes nos trabalhos analisados, sendo fora do contexto da presente investigação saber se os autores se mantêm vinculados a estas universidades até o presente momento.

8.2 Análise dos artigos com base nos objetivos deste trabalho

Ao analisarmos os dez artigos selecionados após a revisão sistemática de literatura, podemos observar que todos trabalhos possuem um vínculo com a disciplina Química e estão relacionados com o Ensino Médio. Imaginamos que tal fato ocorra devido ao Plano Curricular Nacional do Ensino Médio (PCNEM). Segundo tal documento, o conteúdo “modelos atômicos” é apresentado aos estudantes brasileiros na primeira série do Ensino Médio na disciplina Química. (BRASIL/MEC, 1999).

Ainda no PCNEM podemos observar a indicação de estudo dos modelos atômicos dos antigos gregos, de Dalton, de Thompson e de Bohr. Desse modo, tais modelos são aqueles que demandam maior atenção na presente pesquisa, uma vez que nosso foco está voltado para o ensino médio. Entretanto,

ressaltamos que outros modelos vieram a ser apresentados ao decorrer da História, como discutido no resgate histórico apresentado no capítulo 3 deste trabalho. Ao leitor desta pesquisa, ressaltamos a relevância desses modelos posteriores no Ensino de Física, uma vez que a evolução da teoria atômica teve a participação de célebres físicos, além do conceito de átomo ser fundamental para a Teoria Quântica.

Sobre o tipo de intervenções observadas nos artigos analisados, dois trabalhos são relatos de experiência (artigos I e IV) e os demais são pesquisas com ênfase qualitativa. Nesse sentido, podemos identificar que a abordagem qualitativa constitui-se em uma maneira de explorar e, assim, compreender as concepções atribuídas a um problema social ou humano por indivíduos ou grupos. (Creswell, 2010).

Nesse sentido, Silva e Menezes (2005) nos falam que a pesquisa qualitativa considera uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, sendo indissociável o vínculo entre a objetividade do mundo e a subjetividade do sujeito. Tal perspectiva vem ao encontro da situação de um estudante, com ou sem deficiência, frente ao estudo da teoria atômica e a evolução de seus modelos.

Seguindo nossa discussão, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão presentes no protocolo de revisão sistemática de literatura que orientou a presente pesquisa, criamos três categorias para um melhor enquadramento dos trabalhos: **ensino de modelos atômicos para pessoas com deficiência visual, recursos visuais na abordagem de modelos atômicos e obstáculos no ensino de modelos atômicos.**

Na categoria ensino de modelos atômicos para pessoas com deficiência visual se enquadraram os artigos I, II, IV, V, VI e VII. Podemos observar nesses trabalhos a proposta da utilização de materiais adaptados, tais como maquetes táteis, para a promoção de uma relação ensino/aprendizagem em uma perspectiva inclusiva. Verifica-se nessas obras a defesa por parte dos autores de que o uso de materiais adaptados em turmas inclusivas auxilia não só na aprendizagem de alunos cegos ou com baixa visão, mas também na construção do conhecimento por todos os alunos. (Freitas-Reis et al, 2017; Garreto e

Machado, 2018; Fernandes, Franco-Patrocínio e Freitas-Reis, 2018; Maranhão, Daxenberguer e Santos, 2018; Jesus e Kalhil, 2015; Razuck e Guimarães, 2014).

Tal concepção inclusiva alinha-se ao que Camargo (2016) e Tato (2016) nos falam, ao defenderem que a proposição de um Ensino de Física em uma perspectiva inclusiva beneficia não só alunos com deficiência visual, mas todos os outros dentro de sala de aula. Além disso, a utilização de maquetes táteis atua em consonância com a didática multissensorial, na qual a utilização de outros sentidos além da visão, possibilitam a acessibilidade de informação. (SOLER, 1999).

Na categoria recursos visuais na abordagem de modelos atômicos, podemos observar o enquadramento do artigo III. Nesse sentido podemos ressaltar a abstração que envolve a relação ensino e aprendizagem de modelos atômicos. Segundo Pozo (2001) e França, Marcondes e Carmo (2009), os estudantes encontram dificuldades em realizar a transição entre o microscópico, macroscópico e o simbólico. Interessante ressaltar que no estudo da estrutura atômica não há ser humano que enxergue a olho nu um átomo, tendo ele deficiência visual ou não. Dessa maneira, ambos possuem igualdades de condições, ou seja, ambos estão na condição de cegueira.

Nesse sentido, em um primeiro momento a imagem pode ser um facilitador, porém o seu uso inadequado pode se constituir um obstáculo à construção do conhecimento científico. (Bachelard, 1996). Já PERALES (2006) enfatiza que a utilização de imagens não substitui experiências sensoriais. Por outro lado, na perspectiva inclusiva a utilização de recursos visuais (como por exemplo lousa e *data show*) não é inconveniente, porém requer extrema atenção e carece de recursos, como por exemplo uma áudio descrição cuidadosa e detalhada. (BARBOSA-LIMA e CATARINO, 2013).

Na categoria obstáculos no ensino de modelos atômicos, podemos enquadrar os artigos VIII, IX e X. Sendo que o primeiro e o último estão diretamente fundamentados na investigação de obstáculos epistemológicos bachelardianos no ensino do tema modelos atômicos. Os trabalhos têm em comum a defesa da necessidade de superação de obstáculos epistemológicos para a construção do conhecimento científico por parte do aluno. (SILVEIRA;

VASCONCELOS; ALMEIDA, 2019; STADLER et al, 2012). Tal concepção vem ao encontro da visão de Bachelard (1996), pois segundo o autor, a superação de tais obstáculos é fundamental para a formação de um verdadeiro espírito científico.

Esses trabalhos também apontam algumas dificuldades na aprendizagem do conteúdo modelos atômicos, tais como as distorções conceituais em torno de figuras e analogias. Bachelard (1996) nos alerta sobre o uso inadequado de analogias e metáforas no Ensino de Ciências. O autor vai além e chama atenção para a necessidade de se ter cuidado com imagens e analogias, de modo que não sejam consideradas a explicação completa do fenômeno em estudo. Ou seja, não esteja desvinculado ao conhecimento científico e se limitando a comparação. (SILVEIRA, VASCONCELOS e ALMEIDA, 2019).

Como já dito neste trabalho o estudo de modelos atômicos rompe com o cotidiano do aluno, uma vez que o indivíduo não consegue com o seu sentido visual observar por si próprio um átomo. Nesse sentido o uso de metáforas e analogias devem ser um auxílio à construção do conhecimento e não o alicerce principal. Como posto por Gomes e Oliveira (2007), devem ser abordadas após a teoria, de maneira que promovam uma melhor compreensão do tema em questão.

8.3 Discussões gerais: Uma busca pela resposta norteadora da pesquisa

Como posto neste trabalho, é realidade a presença de pessoas com deficiência visual em nossa sociedade. Desta forma, é algo natural e esperado a presença de alunos com tal característica matriculados em classes regulares, haja vista o contexto legal e o contexto inclusivo aqui discutido. Nessa vertente, tais educandos precisam ser atendidos e ensinados nos mesmos níveis dos alunos normovisuais.

Porém, como denunciam Perovano, Pontaka e Mendes (2016), a realidade atual não condiz com a nossa legislação, que garante a inclusão escolar e o atendimento educacional com qualidade para todos. Segundo os

autores, contribuem para esse cenário problemas como a falta de capacitação docente e a ausência de materiais e de metodologias adequadas.

No que se refere ao Ensino de Física, Química e Biologia, Jesus e Kalhil (2015) salientam que o Ensino de Ciências muitas vezes se pauta em livros recheados de figuras, gráficos e tabelas. Por exemplo, para se facilitar a compreensão dos modelos atômicos nos livros de Química, há a utilização de uma série de imagens. (GARRETO e MACHADO, 2018).

Perante o cenário exposto, fica claro que ensinar o tema modelos atômicos para alunos cegos e com baixa visão é um desafio. Diante disso, a utilização de recursos adaptados é de suma importância para que de fato ocorra uma real inclusão e aprendizagem. Como nos fala Santos (2007) é preciso adequar às práticas educacionais as especificidades dos alunos com deficiência visual por meio de vias alternativas. Sobre esses processos alternativos, Vigotski (1989, p. 74), ao falar da visão como sendo apenas o defeito de um órgão, salienta que:

A cegueira, ao criar uma formação peculiar de personalidade, reanima novas forças, altera as direções normais das funções e, de uma forma criadora e orgânica, refaz e forma a psique da pessoa. Portanto a cegueira não é somente um defeito, uma debilidade, senão também, em certo sentido, uma fonte de manifestação das capacidades, uma força (por estranho e paradoxal que seja!).

Nesse sentido é importante reforçar a importância que Vigotski (1997) atribui à linguagem no que o autor chama de caminhos alternativos à deficiência visual. Segundo o autor a linguagem corrobora para a experiência social do indivíduo na qual se manifestarão suas capacidades como uma fonte de compensação à cegueira.

Tendo em vista que a deficiência visual é a ausência de um sentido humano e por si própria não afeta a capacidade intelectual ou cognitiva do indivíduo, Campos, Sá e Silva (2007) entendem que os discentes cegos possuem a mesma capacidade de aquisição de conhecimento, podendo até apresentar um desenvolvimento escolar semelhante ou superior a alunos normovisuais, isto é, mediante a recursos e condições adequadas.

Nesse sentido Tato (2016) nos fala que “existe a possibilidade de um aluno apresentar alguma deficiência, mas não possuir necessidades educacionais diferentes dos outros alunos em uma aula de Ciências.” (p. 12). Nessa mesma perspectiva, Camargo (2008) chama atenção para casos de similaridade de concepções entre alunos cegos e normovisuais. Segundo o autor, isso indica a possibilidade de barreiras educacionais comuns a ambos.

Tal possibilidade de barreiras comuns é perfeitamente ilustrada no que se refere à aprendizagem de modelos atômicos, uma vez que o estudo da teoria atômica no ensino médio rompe com o cotidiano do aluno. Tal rompimento pode favorecer a construção de obstáculos epistemológicos. (BACHELARD, 1996). No mundo atômico, todos, sem distinção estão na condição de cegueira, pois ninguém consegue observar um átomo a olho nu.

No ensino médio estudamos criações humanas de modelos de átomo e a evolução dessas teorias ao decorrer da História. Nesse sentido, Melo e Neto (2013) entendem que os modelos científicos são abstrações da realidade. Onde tais abstrações estão relacionadas com a translação microscópica para a macroscópica e levam à formação de modelos mentais por parte dos alunos. Sendo possível a assimilação de conceitos errados por parte de todos, pois como nos fala Silva, Braibante e Pazinato (2013) “[...] o entendimento do conceito de átomo, que pode exigir certo nível de abstração, não é uma tarefa trivial para os estudantes do ensino médio.” (p. 160).

Nesse contexto, ao voltarmos à pergunta de investigação norteadora do presente trabalho: “O que apontam as pesquisas publicadas em periódicos nos últimos dez anos sobre a temática visão e obstáculos epistemológicos na aprendizagem de modelos atômicos tanto para alunos normovisuais quanto para alunos com deficiência visual?”, podemos pensar em uma associação direta entre a visão e o uso de imagens. Onde sem dúvida a imagem é uma forma de linguagem.

Lopes (1996) nos fala que na concepção de Bachelard a visão pode ser uma fonte enganadora, nas palavras da autora:

Na ciência, não trabalhamos com o que se encontra visível na homogeneidade panorâmica. Ao contrário, precisamos ultrapassar as aparências, pois o aparente é sempre fonte de enganos, de erros, e o

conhecimento científico se estrutura através da superação desses erros, em um constante processo de ruptura com o que se pensava conhecido. [...] para Bachelard a ciência não capta ou captura o real, ela indica a direção e a organização intelectual, segundo as quais nos asseguramos que nos aproximamos do real. É no caminho do verdadeiro que o pensamento encontra o real; a realidade do mundo está sempre para ser retomada, sob responsabilidade da razão. (p. 259).

Desse modo, o visual para Bachelard (1996) pode fornecer interpretações equivocadas, sendo um obstáculo epistemológico à aprendizagem. O autor reforça a necessidade de ruptura com o aparente. Segundo o autor “[...] a imagem tão clara pode, quando aplicada, ficar mais confusa e complicada”. (p. 95). Nesse contexto Andrade, Zylbersztajn e Ferrari (2002) apud Silveira e colaboradores (2019) nos dizem que tal fenômeno está relacionado com o obstáculo verbalista, podendo “acontecer quando há uma associação entre uma palavra concreta e uma abstrata, sendo que, ela pode funcionar como uma imagem ocupando o lugar de uma explicação vaga sem aporte teórico [...]” (p. 35).

Nesse sentido a imagem pode até fazer sentido dentro da realidade do estudante, contudo o problema está na possibilidade de termos uma imagem autoexplicativa sucedida pela falta de problematização para o entendimento daquilo que é estudado, no nosso caso os modelos atômicos.

Outra possibilidade da visão como barreira para a aprendizagem está relacionada ao obstáculo da experiência primeira, quando por exemplo em uma aula experimental existe uma explosão. Tal estímulo visual pode colocar o conteúdo científico em segundo plano.

Como posto no fragmento acima, o encantamento por uma primeira imagem ou até mesmo uma maquete tátil, pode inibir o senso crítico do aluno, o que compromete a formação de um real espírito científico. Tal situação é cabível de acontecer no estudo da evolução dos modelos atômicos, podendo o visual mascarar o caráter científico de uma modelagem, sendo configurado como um obstáculo epistemológico.

Outra possibilidade é a ocorrência do obstáculo substancialista promovido pelo uso de imagens que podem impedir uma visão abstrata do fenômeno, como

por exemplo no uso de analogias e metáforas clássicas no ensino de modelos atômicos, como a comparação: do modelo de Dalton com uma bola de bilhar, do modelo de Thomson com um pudim de passas e do modelo de Bohr com o sistema solar.

Tais substancializações podem permitir uma explanação breve e básica com a utilização de analogias a imagens familiares. Entretanto para Bachelard (1996, p. 93) ao falar sobre esse assunto: “[...] o acúmulo de imagens prejudica evidentemente a razão, no qual o lado concreto, apresentado sem prudência, impede a visão abstrata e nítida dos problemas reais”. Desse modo, o uso sem criticidade do concreto apoiado no visual, pode tolher a abstração por parte do aluno, capacidade essa, fundamental para o estudo da evolução dos modelos atômicos.

Dessa forma, como base no discutido até o momento, a visão pode possibilitar a ocorrência de obstáculos epistemológicos segundo a concepção de Gaston Bachelard na relação ensino/aprendizagem de modelos atômicos. Sendo necessária uma adequada utilização de recursos visuais por parte do professor, onde é indispensável a este uma postura problematizadora junto aos seus alunos. Nesse sentido, é interessante observarmos a visão como uma possível barreira comum a alunos normovisuais e com deficiência visual. Sendo para os primeiros uma questão epistemológica e para os segundos em um primeiro momento uma questão física.

No que se refere a barreiras comuns a alunos com e sem deficiência visual, sobre o uso de metáforas e analogias, como já discutido anteriormente neste trabalho, elas devem ser uma ferramenta auxiliadora para a abstração e compreensão do tema modelos atômicos, devendo ser utilizadas após a apresentação da teoria. (GOMES e OLIVEIRA, 2007). Pois uma vez que tenham seu uso inadequado, constituirão barreiras para a construção do conhecimento por parte de todos os alunos, independentemente de sua condição visual.

Reforçando o que já foi dito acima, é necessária a problematização do conteúdo modelos atômicos por parte dos professores no uso de imagens, analogias e metáforas, sendo cabível a reflexão com base em aspectos

históricos e filosóficos na evolução da teoria atômica. (REIS, KIOURANIS e SILVEIRA, 2017).

No que concerne à utilização de aspectos históricos e filosóficos na abordagem da evolução dos modelos atômicos, destacamos sua importância para o entendimento da Ciência como uma construção humana e não linear. Onde torna-se necessário uma ponte com a ideia da utilização de modelos no Ensino de Ciências como uma construção científica para a descrição de um determinado conceito. Onde a busca pelo aperfeiçoamento de um modelo advém de sua incapacidade para explicar determinado fenômeno. (MELO e NETO, 2013).

Nesse sentido, os professores devem assumir uma postura investigativa e reflexiva na sua prática docente (SHÖN, 2000). No que tange especificamente ao ensino de modelos atômicos nessa perspectiva, podemos citar Bachelard (1996, p. 18): “[...] 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”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem muitas hipóteses em Ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas.
Carl Sagan

A revisão sistemática de literatura feita neste trabalho teve como propósito a construção de uma contextualização para a investigação da visão como um obstáculo epistemológico no estudo de modelos atômicos segundo a concepção de Gaston Bachelard. Assim como permitir estabelecer relações entre produções escritas, identificar temáticas recorrentes e apontar novas perspectivas.

Entretanto, os obstáculos e entraves que foram detectados, não devem ser compreendidos apenas como algo falho ou como aspectos pontuais de alunos com dificuldades; eles são importantes à aprendizagem e para que esta ocorra satisfatoriamente é necessário que haja, além de questionamentos e críticas, ruptura entre conhecimento comum e científico. Ou seja, tais barreiras fazem parte do processo de aprendizagem.

Nesse sentido é importante o papel do professor. Cabe ao docente uma constante reflexão sobre a forma pela qual aborda o conteúdo modelos atômicos, tendo responsabilidade com a utilização de imagens, analogias e metáforas, uma vez que o uso inadequado dessas ferramentas poderá contribuir para a construção de obstáculos epistemológicos. O professor é um contínuo estudante, que sempre deve estar aberto a uma formação constante e atualizada.

Nessa perspectiva ressalta-se a importância da necessidade de abordagens do contexto histórico e epistemológico não só no trabalho com o conteúdo modelos atômicos, mas também no Ensino de Ciências em geral, tanto na formação de professores quanto na Educação Básica. É importante uma atuação docente no sentido da problematização do conceito de átomo e de modelos atômicos, de modo que os estudantes entendam criticamente como a Ciência se constrói de forma dinâmica e não linear, sendo impactada por diversos fatores, como interesses sociais e econômicos por exemplo.

No que se refere à inclusão, chamamos atenção para a importância do papel do professor, pois é seu papel adaptar suas aulas de acordo com as características de seus estudantes, não só aqueles com deficiência visual, mas sim, todos, para que haja uma real Educação Inclusiva. Entendemos que tal tarefa não é fácil e necessita não só de esforço do docente, mas de todos aqueles envolvidos no contexto escolar, incluindo o poder público e a família do indivíduo. Indo muito além do compromisso de cumprir a legislação, onde ressaltamos o compromisso social do educador na busca por uma formação cidadã.

Como apontado nesse trabalho, pessoas com deficiência visual, quando atendidas em suas necessidades, podem ter um desenvolvimento igual ao dos demais alunos. Nesse contexto, ressalta-se como base no discutido neste trabalho, que a promoção do Ensino de modelos atômicos, assim como outro e qualquer conteúdo, em uma perspectiva inclusiva é vantajosa para todos os alunos em uma sala de aula, tenham eles algum tipo de deficiência ou não. Assim chamamos atenção para a potencialidade da didática multissensorial e a utilização de matérias adaptáveis como maquetes táteis na relação ensino/aprendizagem de alunos com deficiência visual.

Tais propostas de Educação podem ser utilizadas como caminhos alternativos em relação ao ensino tradicional na busca pela construção do conhecimento por parte dos educandos. O manuseio de um material tátil possibilita ao cego enxergar através de seus dedos, onde esse material funciona como um referencial para a construção de um modelo mental. Nesse sentido, ressaltamos a importância de conhecermos a condição e o histórico visual deste aluno, seu conhecimento prévio sobre o assunto abordado e a utilização da áudio descrição. Nessa perspectiva trocamos a palavra deficiência por eficiência!

Nessa vertente é necessária a atenção com a possível construção de possíveis obstáculos epistemológicos. O uso de maquetes táteis, assim como o de imagens, influenciam na construção do conceito de átomo e no entendimento da evolução dos modelos atômicos. Uma vez que o aparente se configura como uma possível fonte de erro como apontado por Gaston Bachelard. Onde tais barreiras são passíveis a alunos com e sem deficiência visual.

Sobre isso salienta-se que os estudos de modelos atômicos pelos alunos matriculados em classes do ensino médio rompem com o cotidiano de todos os alunos, independentemente de ter ou não deficiência visual. Uma vez que não conseguimos enxergar um átomo a olho nu. Sendo necessário a representação através de modelos científicos construídos por homens onde é requisitada a abstração. Tal cenário retrata a possibilidade da construção de obstáculos epistemológicos. Porém tais barreiras ou entraves devem ser superados para a construção do que Bachelard chama de um verdadeiro espírito científico em relação ao senso comum.

No que se refere ao presente trabalho, temos ciência de suas limitações, uma vez que somente foram pesquisados periódicos de livre acesso publicados nos últimos dez anos durante nossa revisão bibliográfica. Não sendo esta busca estendida a dissertações e teses por exemplo. Tal proposta de trabalho não contempla um estado da arte sobre o tema de pesquisa, contudo foi planejado em conformidade com a logística da realização de uma pesquisa de mestrado.

Por outro lado, defendemos a relevância do estudo, pois a presente pesquisa aborda a construção de obstáculos epistemológicos no estudo de modelos atômicos, um tema de interesse tanto à Física quanto à Química. Em consonância a isto, acreditamos que o presente trabalho tem o potencial para fomentar reflexões de igual natureza com outros conteúdos estudados por essas duas ciências. Haja vista que em ambas podemos lidar com fenômenos microscópicos ou que fogem à rotina de um estudante matriculado no ensino médio.

Pretendemos em futuras pesquisas, quiçá em um trabalho de doutorado, investigar a questão da visão como obstáculo para a aprendizagem de modelos atômicos, tanto para alunos normovisuais e com deficiência visual, através de uma investigação dentro de sala de aula. Com tal proposta pretendemos uma pesquisa prática sobre o tema após o trabalho de revisão de literatura que aqui fizemos.

Por fim, mas não menos importante, acreditamos na importância de pesquisas e discussões relacionadas ao Ensino de Ciências para pessoas não só com deficiência visual, mas com qualquer outro tipo de necessidade

educacional especial, uma vez que esse público é uma realidade em nossa sociedade e sua inclusão escolar é assegurada por lei. Sendo além disso, compromisso do professor a formação para a cidadania de todos os seus alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIEM, T. M., ROCHA, M. A. & RODRIGUES, A. A. A pessoa com deficiência visual In: SALA, E. & AMADEI, G. K. A. A. (orgs). **Educação inclusiva: aspectos políticos-sociais e práticos**. Jundiaí/São Paulo: Paco, 2013.

ALVES, B. C. et al. A pedagogia multissensorial com crianças cegas ou com baixa visão. **Benjamin Constant**, Ed. 60 v. 2, 2019. Disponível em: <http://www.ibr.gov.br/images/conteudo/revistas/benjamin_constant/2019/BC60_2_2019-4.pdf>. Acesso em 15 out. 2019.

ALVES, B. C.; BARBOSA-LIMA, M. da C. de A.; CATARINO, G. F. de C. Formação Inicial de Professores de Física Inclusivistas. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, Florianópolis. **Anais do XI ENPEC** - Florianópolis, Abrapec, 2017.

AMALDI, U. **Imagens da Física**. São Paulo: Scipione, 2006.

AMARALIAN, M.L.T.M. **Deficiência visual: perspectivas na contemporaneidade**. São Paulo: Vetor, 2009.

ANDRADE, T. E. G; OLIVEIRA, T. C. S; PEREIRA, C. S; et al. Conhecer para preservar: o uso de modelos táteis no ensino de Biologia para deficientes visuais na Associação de Cegos do Piauí. **Educação Ambiental em Ação**, n. 60, ano XVI, jun/ago, 2017. Disponível em: <<http://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=2729>>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **ENSAIO: pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v. e, p 1-1, 2002.

ATALLAH, A. N.; CASTRO A. A. **Revisão sistemática e metanálises. In: Evidências para melhores decisões clínicas**. São Paulo: Lemos Editorial, 1998. Disponível em <<https://goo.gl/B1pNd3>>. Acesso em: 15 out. 2019.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Tradução Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: ContraPonto, 1996.

BALLESTERO-ÁLVAREZ, J. A. **Multissensorialidade no ensino de desenhos a cegos**. 2002. 121 p. Dissertação (Mestrado em Artes). Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27131/tde-21032005-213811/>. Acesso em: 13 fevereiro 2019.

BARBOSA-LIMA, M. C. de A.; CATARINO, G. F. C.; TATO, A. REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA PARA DEFICIENTES VISUAIS. **Ciência em Tela**, v. 9, p. 1-11, 2016.

BARBOSA-LIMA, M. C. de A.; CATARINO, G. F. C.; HALLAIS, S. C. **Os obstáculos em ensinar óptica e eletromagnetismo para alunos deficientes visuais**. Projeto de pesquisa submetido à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, 2015.

BARBOSA-LIMA, M. C. de A.; CATARINO, G. F. de C. Formação de professores de Física inclusivistas: interdisciplinaridade por si... In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, IX, Águas de Lindóia, 2013. **Anais do IX ENPEC** - CD-Rom. Florianópolis, Abrapec, 2013.

BASBAUM, S. R. **Sinestesia e percepção digital**. Subtle Technologies Festival, Toronto [s.n.] 2003. p.1-20.

BERTOCHÉ, G. A percepção da teoria quântica por um filósofo da década de 20. In: Encontro Nacional de PÓS-GRADUANDOS EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA, 3, Mariana, 2014, **Anais...** Mariana, 2014.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: Uma Introdução à Teoria e aos Métodos**. Porto: Porto Editora, 2010.

BORISSEVITCH, I. E.; GONÇALVES, P. J.; SCHABERLE, F. A. **Fundamentos da Espectroscopia de Absorções Óptica**. 1ª. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BULCÃO, M. **O racionalismo da ciência contemporânea: introdução ao pensamento de Gaston Bachelard**. Aparecida: Ideias & Letras, 2009.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Modelagem e ensino de física. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, 2008.

BRASIL. **Decreto nº 7.611, de 17 de novembro de 2011.** Dispõe sobre a educação especial, o atendimento educacional especializado e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7611.htm>. Acesso em: 23 abr. 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, 1988.** Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 23 abr. 2019.

BRASIL. **Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, 2015.** Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 23 abr. 2019.

BRASIL. **Lei nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.** Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em: 23 abr. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.** LDBEN. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>. Acesso em: 23 abr. 2019.

BRASIL/MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BUNGE, M. **La investigación científica.** Barcelona: Ariel, 1976.

CAMARGO, E. P. **Inclusão e necessidade especial: compreendendo identidade e diferença por meio do ensino de física e da deficiência visual.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

CAMARGO, E. P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física.** São Paulo: Editora UNESP, 2012.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. Planejamento de atividades de ensino de física para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas. **Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 378-401, 2008. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART9_Vol6_N2.pdf>. Acesso em 30 jul. 2019.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; VERASZTO, E. V. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica [Versão eletrônica]. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, 2008.

CAMPOS, I. M.; SÁ, E. D.; SILVA, M. B. C. **Atendimento Educacional Especializado** – Formação Continuada a Distância de Professores para o Atendimento Educacional Especializado. Deficiência Visual. SEESP / SEED / MEC. Brasília. 2007.

CASTILHO, C. M. C. de. Quando e Como o Homem Começou a “Ver” os Átomos! **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 4, p. 664 – 373, 2003.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRUZ-HASTENREITER, R. S. da. Das Palavras aos Quantas: Analogia como Elemento do Pensamento e Ferramenta Didática em Aulas de Física Quântica na Educação Básica. 2015. 338 f. **Tese** (Doutorado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

DINIZ, N. P.; FURLANI, J. M. S. A História da Ciência no Estudo dos Modelos Atômicos: análise da abordagem historiográfica nos anais do XIII ao XVII ENEQ. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 18., 2016. **Anais do XVIII ENEQ**, Florianópolis: UFSC, 2016. Disponível em: <<http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0375-1.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2019.

EICHLER, M. L. Acerca dos possíveis compromissos entre as obras de Gaston Bachelard e de Jean Piaget. **Ciência & Cognição**, v. 14. N. 1. P. 171-194, 2009. Disponível em: <<http://www.cienciaecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/32/36>>. Acesso em 11 out. 2019.

FARIAS, G. C. de. Intervenção precoce: reflexões sobre o desenvolvimento da criança cega até dois anos de idade. **Pensar a Prática** 7: 85-102, Mar. – 2004.

FERREIRA, A. C.; DICKMAN, A. G. Ensino de física a estudantes cegos na perspectiva dos professores. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VI, Florianópolis, 2007. **Anais do VI ENPEC** - CD-Rom. Florianópolis, Abrapec, 2007.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. do. Estrutura atômica e formação de íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio. **Química Nova Escola**, v. 31, n.4, p. 275-282, 2009.

GLAT, R & BLANCO, Educação especial no contexto de uma educação inclusiva in: org. GLAT, R. **Educação Inclusiva: cultura e cotidiano escolar**. Rio de Janeiro: 7 Letras, 2007.

GOLDENBERG, M. A arte de pesquisar: **Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. 8 ed. Rio de Janeiro: Record, 2004

GOMES, R. R. O MODELO PADRÃO NO ENSINO MÉDIO: Um Tratamento Elementar. 2017. 152 f. **Dissertação** (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba-SP, 2017.

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciência & Cognição**, v. 2, p. 96-109, nov. 2007.

JESUS, R. L.; KALHIL, J. B. O ensino de modelos atômicos a estudantes com deficiência visual da Educação de Jovens e Adultos EJA, de uma escola pública de Manaus através da utilização de maquetes didáticas. **Latin American Journal of Science Education**, v. 2, n. 1, 12057, mai 2015. Disponível em: < http://www.lajse.org/may15/12057_Raine.pdf>. Acesso em: 5 outubro 2019.

JÚNIOR, J. T. et al. **Ciências, natureza & cotidiano: criatividade, pesquisa, conhecimento**. São Paulo: FTD, 2009.

LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, vol. 13, n. 3, p. 248-273, dez. 1996.

LOPES, A. R. C. Livro didático: Obstáculo ao Aprendizado da Ciência – Obstáculos Animista e Realista. **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 254-261, mar., 1992.

MACHADO, L. M.; LABEGALINI, A. C. F. B. **A Educação inclusiva na legislação de ensino**, Marília/SP: M3T, 2007.

MARQUES, D. M.; CALUZZI, J. J. A experiência de Ernest Rutherford sobre a estrutura da matéria: Uma visita aos textos originais. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 13., 2006, Campinas. **Anais do XIII ENEQ** - Campinas: UNICAMP, 2006.

MARTINS, J. B. **A história do átomo - de Demócrito aos quarks**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2001.

MEDEIROS, C. E.; RODRIGUEZ, R. de C. M. C.; SILVEIRA, D. N. **Ensino de Química: superando obstáculos epistemológicos**. Curitiba: Appris, 2016.

MELLO, C. O Início do Obscurantismo. **RicardoOrlandini.net**, 27 abril 2011. Disponível em: <<http://www.ricardoorlandini.net/colunistas/ver/47/29831/415-o-inicio-do-obscurantismo/>>. Acesso em 30 jul. 2019.

MELO, M. R.; NETO, E. G. L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química Nova Escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, maio 2013.

MENDES, E. G. A radicalização do debate sobre inclusão escolar no Brasil. **Revista Brasileira de Educação**, v. 11, n. 33, set./dez. 2006.

MOREIRA, M. A. O Modelo Padrão da Física de Partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre - RS, v. 31, n. 01, abril 2009.

MONTILHA, R. de C. I. et al. Percepções de escolares com deficiência visual em relação ao seu processo de escolarização. **Paideia**, v. 19, n. 44, p. 333-339, set.-dez. 2009.

NUNES, Elton Vergara; FONTANA, Marcus Vinícius Liessem; VANZIN, Tarcísio. Audiodescrição no ensino para pessoas cegas. In: CONGRESSO NACIONAL DE AMBIENTES HIPERMÍDIA PARA APRENDIZAGEM, 5., 2011, Porto Alegre. **Anais do Congresso** - Porto Alegre: Ufsm, 2011. p. 1 - 10. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/alemdavisao/publica/PDF/Nunes_Fontana.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2016.

NUNES, S.; LOMÔNACO, J. F. B. O aluno cego: preconceitos e potencialidades. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

OCHAÍTA, E.; ESPINOSA, M. À. **Desenvolvimento psicológico e educação/ organizado por César Coll, Álvaro Marchesi e Jesús Palacios**. Tradução Fátima Murad. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

ORRICO, H. CANEJO, E. & FOGLI, B. Uma reflexão sobre o cotidiano escolar de alunos com deficiência visual em classes regulares, in: GLAT, R. (org.) **Educação Inclusiva: cultura e cotidiano escolar** Rio de Janeiro: 7 Letras, 2007.

PERALES, F. J. Uso (y abuso) de la imagen em la enseñanza de las Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, p. 13-30, 2006.

PEROVANO, L. P.; PONTARA, A. B.; MENDES, A. N. F. Diagramas de Distribuição eletrônica adaptados: ferramentas de inclusão para o ensino de química. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO INCLUSIVA, 2., 2016, Campina Grande. **Anais eletrônicos do Congresso** - Campina Grande: CEMEP, 2016. Disponível em: <http://editorarealize.com.br/revistas/cintedi/trabalhos/TRABALHO_EV060_MD1_SA6_ID35_13102016083117.pdf>. Acesso em 20 set. 2019.

PIAI, D. Hipóteses Sobre a Combustão Entre Alunos do Ensino Médio: A epistemologia de Gaston Bachelard. 2007. 136 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

PIRES, A. S. T.; CARVALHO, R. P. **Por dentro do Átomo**. 1ª. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

POZO, J.I.; CRESPO, M.A.G. **A aprendizagem e o ensino de ciências – do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

POZO, R. M. Prospect teacher`s ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. **International Journal of Science Education**, v. 23, n. 4, p. 353-371, 2001.

REIS, J. M. C. do; KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P. da. Um olhar para o Conceito de Átomo: Contribuições da Epistemologia de Bachelard. **ALEXANDRIA: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 3-26, maio 2017.

ROCHA, J. F. M. et al. **Origens e Evolução das Ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2011.

ROJAS-CABALLERO, Gabriela Beatriz. El obstáculo epistemológico y el pensamiento crítico. **Rev. Int. Investig. Cienc. Soc.**, Asunción, v. 13, n. 2, p. 305-320, dez. 2017. Disponível em: <http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2226-40002017000200305&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 Set. 2019.

SALA, E.; AMADEI, G.K.A.A. (orgs) **Educação inclusiva: aspecto políticas-sociais e práticos**. Jundiaí/São Paulo: Paco, 2013.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de Revisão Sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SANTOS, M. J. A escolarização do aluno com deficiência visual e sua experiência educacional. 2007. 115 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação) – Universidade Federal da Bahia: Salvador, 2007.

SANTOS, A. C. K. ModelCiências: Características do Desenvolvimento de um Portal para o Projeto Modelagem Computacional Semiquantitativa e Quantitativa na Educação em Ciências do Plano Sul de Pesquisa e Pós-Graduação do CNPq. In: **Anais do IV Seminário Sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino–Aprendizagem** - Vitória 2002. ES.

SANTOS, C. A. **Experimento da gota de óleo de Millikan**. 2012. Disponível em: < <https://www.if.ufrgs.br/historia/millikan.html>>. Acesso em 3 de jul. 2019.

SANTOS, L. T. O olhar do toque: Aprendendo com o aluno cego a Tecer o Ensino de Física. 2001. 252 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SCHÖN, D.A. **Educando o Profissional Reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Trad. Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SILVA, T., & FRIEDERICHS, M. A utilização de recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de ciências de alunos com deficiência visual. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, São Cristóvão, v.13, n 1, p. 32-47. 2014.

SILVA, G. S.; BRAIBANTE, M. E. F.; MAZINATO, M. S. Os recursos visuais utilizados na abordagem de modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 159-182, 2013. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/download/2470/1870>>. Acesso em 15 set 2019.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em: <<https://goo.gl/cFGNnK>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

SILVEIRA, F. A. et al. INVESTIGAÇÃO DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA ABORDAGEM NO TÓPICO MODELOS ATÔMICOS. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Santo Ângelo (RS), v. 9, n. 1, p. 31-46, jan./abr. 2019. Disponível em: <<http://srvapp2s.urisan.tche.br/seer/index.php/encitec/article/view/2253>>. Acesso em: 5 out. 2019.

SOLER, M. A. **Didáctica multisensorial de las ciencias**. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1999.

STADLER, J. P. et al. ANÁLISE DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO DO PNLD 2012. **HOLOS**, [S.l.], v. 2, p. 234-243, maio 2012. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/863>>. Acesso em: 5 out. 2019.

TALEB, A. et al. **As Condições de Saúde Ocular no Brasil - 2012**. Disponível em: <<http://http://www.cbo.com.br/novo/medico/pdf/01-cegueira.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

TATO, A. L. Atividades Multissensoriais para o Ensino de Física. 2016. 167 f. **Tese** (Doutorado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

TATO, A. L. MATERIAL DE EQUACIONAMENTO TÁTIL PARA USUÁRIOS DO SISTEMA BRAILLE. 2009. 100 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2009.

TOLEDO, J. B. de. ENSINO DE QUÍMICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: UM ESTUDO POR MEIO DA REVISÃO SISTEMÁTICA. 2017. 267 f. **Tese** (Doutorado em Ciências), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2017.

UNESCO **Declaração de Salamanca sobre Princípios, Políticas e Práticas na Área das Necessidades Educativas Especiais**, Salamanca, 1994. Disponível em: < <http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2016.

UNESCO. **Declaração mundial sobre educação para todos. Plano de ação para satisfazer as necessidades básicas de aprendizagem**. Tailândia, 1990.

VIGOTSKY, L. S. **La defectologia y la teoria del desarrollo y la educacion del ninho anormal**. Obras escogidas - Tomo V: Fundamentos de defectologia. Madrid: Machado Grupo de Distribución, 2012.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Ridendo Castigat Mores, 2005.

VIGOTSKI, L. S. **Obras completas**. tomo 5 La Habana: Pueblo y Educación, 1997.

VITALIANO, C. R. (Org). **Formação de professores para inclusão de alunos com necessidades educacionais especiais**. Londrina: EDUEL, 2010.

YOSHIKAWA, R. C. dos S. Possibilidades de aprendizagem na elaboração de materiais didáticos de Biologia com educandos deficientes visuais. 2010. 149 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

APÊNDICE

Na tabela 2 é apresentado o protocolo de revisão sistemática de literatura utilizado como instrumento metodológico para a coleta de dados no presente estudo.

Tabela 2- Protocolo de condução de Revisão Sistemática para investigação da visão como obstáculo epistemológico para a aprendizagem de modelos atômicos.

Fonte: Elaboração própria.

Título	Revisão Sistemática acerca da visão como obstáculo epistemológico na aprendizagem de modelos atômicos
Pesquisadores	Bernardo Copello Alves e Maria da Conceição de Almeida Barbosa Lima
Descrição	Levantamento de artigos publicados em periódicos correlacionados a temática da pesquisa nos últimos dez anos (2010-2019)
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">- Conhecer o que foi publicado em periódicos na última década no que se refere a temática deste trabalho- Descrever os artigos encontrados- Investigar a visão como obstáculo epistemológico para a aprendizagem de modelos atômicos tanto para alunos normovisuais quanto para alunos com deficiência visual
Pergunta principal	O que apontam as pesquisas publicadas em periódicos nos últimos dez anos sobre a temática visão e obstáculos epistemológicos na aprendizagem de modelos atômicos tanto para alunos normovisuais quanto para alunos com deficiência visual?
Locais de busca	Portal Capes, Scielo e Google Acadêmico
Palavras chaves	Modelos atômicos
Tipos de trabalhos pesquisados	Artigos relacionados com a temática desta pesquisa publicados em periódicos nos últimos dez anos
Idiomas	Português, Inglês e Espanhol
Critérios de inclusão (I) e exclusão (E)	(I1) O trabalho analisado ser um artigo publicado em um periódico (I2) O artigo estar relacionado com a temática obstáculos epistemológicos bachelardianos na aprendizagem de modelos atômicos

	<p>(I3) O artigo estar relacionado com o ensino de modelos atômicos para pessoas com deficiência visual</p> <p>(I4) O artigo estar relacionado com a utilização de recursos visuais na aprendizagem de modelos atômicos</p> <p>(E1) O artigo não ter relação com a temática deficiência visual ou a utilização de recursos visuais</p> <p>(E2) O artigo ser um trabalho de revisão bibliográfica, uma vez que apenas nos interessa fontes primárias neste estudo</p> <p>(E3) O artigo não estar escrito em português, inglês ou espanhol</p> <p>(E4) O artigo não ter sido publicado entre 2010 e 2019</p>
Análise dos artigos selecionados	Síntese da leitura de cada artigo a caracterização de dados do trabalho e seu(s) autor(es)
Relatório	Sumarização e discussão da coleta de dados
Conclusão	<ul style="list-style-type: none"> - Busca pela resposta à pergunta norteadora da revisão sistemática de literatura - Reconhecer o que já foi feito na área de pesquisa - Estabelecer relação entre as ideias dos autores - Comentar sobre perspectivas futuras