

CAPÍTULO 8

O ESPECTROFOTÔMETRO E A RELEVÂNCIA DO ESTUDO DO ÁTOMO PARA A ANÁLISE QUÍMICA INSTRUMENTAL

Daniela de Paulo Lêdo Porto

RESUMO

Este estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica, de cunho qualitativo e quantitativo, voltada para artigos científicos, da área do Ensino de Química, sobre o estudo do átomo, para que se verifique o modo como este conteúdo vem sendo abordado nas salas de aula de Química e se houve menção sobre a relação deste conteúdo, aplicado na Educação Básica, com a Espectrofotometria; produção do Espectrofotômetro e a sua base de funcionamento, através dos conhecimentos dos níveis e orbitais eletrônicos; as propriedades ópticas da matéria, em torno da energia de transição, absorvida e emitida pelos elétrons e os avanços científicos que este instrumento proporcionou para a Análise Química Instrumental. O momento do levantamento de materiais transcorreu por meio do Google, devido à falta de trabalhos recentes relativos ao átomo em bancos de dados como: *Scielo*, *Arca* (Fiocruz) e *Google Scholar*. Tornou-se difícil a localização de estudos realizados nos últimos anos, sobre o átomo, emergindo uma preocupação em relação a este fato, pois este conteúdo é de extrema importância, tanto para a Educação Básica, quanto para o avanço científico, nas áreas da Química, Física e Ciências em geral.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de química. Estudo do átomo. Espectrofotômetro.

1. INTRODUÇÃO

A Química, geralmente, é apresentada aos estudantes, no Ensino Fundamental, a partir do nono ano, no qual é apresentada juntamente com a Física, compondo a disciplina de Ciências. Um dos primeiros materiais dirigidos aos estudantes, é o estudo do átomo, posteriormente aos conceitos de matéria, corpo, objeto, fenômenos físicos e químicos, substâncias simples e compostas. Este percurso se deve ao fato de que o estudante precisa ter consciência de que a Química é a Ciência da matéria.

A matéria é algo que intriga muitos estudiosos na atualidade, pois, acredita-se que ainda pode-se ir além, através do estudo da matéria. Existem propriedades inerentes aos átomos e às substâncias, que trouxeram muitos benefícios e avanços, tanto para a Química, quanto para a Ciência de forma geral.

A Análise Química Instrumental iniciou-se no momento em que as propriedades da matéria foram utilizadas para qualificar e quantificar elementos químicos e substâncias químicas em soluções, a partir das propriedades ópticas dos materiais.

A Química Instrumental surgiu para agregar procedimentos à Química Analítica, porém, não surgiu para desqualificar as análises químicas convencionais. Toda análise deve ser feita

em acordo com os meios, as possibilidades de realização, que permeiam desde o caráter econômico da experimentação, até a ausência de instrumentos.

A proposta desta pesquisa está em demonstrar a importância do estudo do átomo, e de conhecimentos em torno dos orbitais eletrônicos, as energias de transição, absorvidas e liberadas, pelos elétrons, quando estimulados, durante o deslocamento entre os níveis energéticos, abordados na Educação Básica, e que se relacionam com o aprimoramento da aparelhagem, emergindo, a partir da História da Ciência e da Química, a Análise Química Instrumental como veículo analítico nos laboratórios, tanto públicos, quanto privados.

Esta demonstração baseia-se na investigação sobre como este conteúdo está sendo apresentado em salas de aula de Química da Educação Básica, analisando-se se houve a preocupação em salientar-se a relevância do estudo do átomo desde os primeiros contatos dos estudantes com esta matéria, e, se foi demonstrada a relação deste conteúdo com a Espectrofotometria e com os avanços científicos e tecnológicos para a Análise Química Instrumental.

A relevância deste estudo encontra-se na observação do modo que os saberes, em torno do estudo do átomo, estão sendo apresentados aos estudantes da Educação Básica, identificando-os, e comparando-os com os saberes utilizados para que houvesse um avanço científico e tecnológico, e, deste modo, o surgimento do espectrofotômetro.

Partiu-se do levantamento de artigos científicos através das plataformas de buscas científicas mais utilizadas, como: *Scielo*, Arca (Fiocruz), *Google Scholar*. Infelizmente, não se obteve um retorno positivo na pesquisa sobre artigos científicos, publicados nos últimos anos, que versassem sobre o estudo do átomo, elaborados por profissionais da área da Educação, no Brasil.

A alternativa que ocorreu, foi uma investigação no mecanismo de pesquisa do *Google*, resultando na seleção de 10 trabalhos científicos para análise e discussão dos resultados obtidos, explorando-se os conhecimentos que os profissionais da área do Ensino de Química, estão apresentando nas salas de aula da atualidade aos estudantes da Educação Básica, para que sirvam de elementos análogos aos que compõem a construção e utilização do espectrofotômetro, unindo-se saberes básicos aos saberes mais aprofundados em torno do átomo, sob a premissa de que aqueles são pré-requisitos destes, demonstrando-se a importância de um bom desempenho na Educação Básica para que se atinja um patamar de conhecimento elevado de profissionais na área científica, principalmente na área da Química.

Toda matéria é constituída por átomos, que, por suas propriedades periódicas, como o tamanho do átomo, raio atômico, eletropositividade, eletronegatividade, potencial de ionização, e outras, apresentam diferentes comportamentos quando estimulados por fontes externas, como a energia luminosa, sendo possível identificá-los a partir destes comportamentos característicos, e, ainda, quantificá-los.

Os estudantes da Educação Básica necessitam possuir consciência da amplitude que se pode atingir a partir do estudo do átomo, mesmo que muitos modelos atômicos tenham sido substituídos por outros mais evoluídos, por meio do método científico, o átomo sempre foi considerado a menor porção de matéria possível, sendo de difícil acesso.

A representação e a modelagem são recursos metodológicos de ensino, a partir do momento que, além de construir o modelo do átomo, transportando-o para o nível macroscópico, o estudante pode compreender, concretamente, quais os componentes atômicos, e quais as suas funções, construindo uma representação mental, sendo necessário salientar-se que os elétrons são responsáveis por inúmeras propriedades dos diversos átomos de cada elemento químico.

O modelo atômico atualmente aceito pela comunidade científica da área do Ensino de Química é o de *Rutherford-Bohr*, que descreve o átomo como um objeto divisível, possuindo um núcleo e uma eletrosfera. Na eletrosfera encontram-se os orbitais eletrônicos, que são locais em que há grande probabilidade de serem encontrados os elétrons, e, estes elétrons transitam entre orbitais de níveis energéticos mais internos e níveis energéticos mais externos.

Estes conhecimentos são trabalhados no primeiro ano do Ensino Médio, mas não são entendidos como algo relevante e que proporcionou avanços científicos e tecnológicos para a Química, em especial, para a Análise Química Instrumental. A energia de transição foi um fator imprescindível para a criação do espectrofotômetro, pois, no momento em que o átomo é estimulado, recebe energia, atingindo um nível eletrônico mais externo, e ao retornar para o seu nível eletrônico original, emite um feixe de luz no momento em que libera a energia recebida.

Esta emissão de feixes de luz varia de átomo para átomo, sendo caráter de diferenciação dos elementos químicos que compõem a tabela periódica. A utilização desta técnica vai desde a identificação até a quantificação de substâncias (ANVISA, 2010 *apud* ARAÚJO, 2019, p. 26) pelas emissões de energia de seus elétrons, de um nível energético a outro, e, ao mesmo tempo se quantifica a energia necessária para que haja este deslocamento, em átomos diversos, ainda pode-se quantificar o relativo material atômico contido no plano experimental.

A partir do surgimento do espectrofotômetro, surge a possibilidade de operar-se instrumentalmente na Química Analítica, os laboratórios recebem aparelhos capazes de realizar análises e facilitarem o trabalho dos químicos, mas o custo destes estudos, pode tornar-se oneroso e, portanto, inviável em determinados momentos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 O átomo

O átomo é a menor porção conhecida da matéria, com partículas subatômicas que o constituem, habitando em *locus* diferentes, externando-se a divisibilidade atômica, através do núcleo e da eletrosfera.

Na Educação Básica, o átomo é abordado a partir do nono ano do Ensino Fundamental, na disciplina de Ciências, e no primeiro ano do Ensino Médio, em Química. As escolas estaduais de Ensino Médio recebem algumas opções de coleções de livros didáticos para utilizarem no ensino. Nem sempre a coleção escolhida pelo docente é a que o Ministério da Educação (MEC) envia para a escola e uso deste profissional.

O MEC comunica-se com algumas editoras e a coleção enviada, é aquela que se tornou viável economicamente para o governo federal. Em entrevista com um docente da Educação Básica, do Ensino Médio, obteve-se estas informações, bem como, que, na última escolha de materiais didáticos, que ocorre de dois em dois anos, a coleção enviada pelo referido Ministério, foi aquela escolhida pelo profissional da área do Ensino de Química que se entrevistou.

A disciplina de Química é apresentada nos materiais didáticos como Ciência da Natureza, juntamente com a Física e a Biologia. Algumas modificações surgiram no ano letivo de 2022, nas escolas de Ensino Médio, da rede pública, oportunizando aos estudantes, a escolha da grande área na qual preferem dedicar maiores esforços, por terem maior aptidão nesta e por definirem esta área para perseguir profissionalmente.

A coleção selecionada pelo docente foi a da Editora FTD S.A., Multiversos, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, e a seção de Química no livro didático, é de autoria de Leandro Godoy, Rosana Maria Dell’Agnolo e Wolney C. Melo, no total de seis livros, que serão utilizados dois a cada ano letivo do Ensino Médio, ou seja, dois livros no primeiro ano, dois livros no segundo ano e dois livros no terceiro ano.

As outras duas coleções ofertadas pelo MEC foram a da Editora Scipione S.A., na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, livros de Eduardo Mortimer *et al.*, e a coleção da

Editora Moderna LTDA., livros de José Mariano Amabis *et al.*, que não foram escolhidas pelo docente atuante em escola pública estadual de Ensino Médio que se entrevistou. As coleções utilizadas nas escolas públicas do Brasil, também estão disponíveis no site do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD).

No material escolhido pelo profissional da Educação, salienta-se que, no momento do Ensino, um dos recursos didáticos utilizados pelos docentes, é a representação dos objetos de estudo, e o átomo é apresentado através de representações, pelos modelos atômicos, ao longo da História da Ciência e da evolução científica. Surge, também, o experimento de *Rutherford* e seus colaboradores, com a folha de ouro, submetida a radioatividade do Polônio, que emitiu partículas alfa na folha de ouro, e grande parte destas partículas atravessaram o material e uma pequena parte encontrou um obstáculo, momento em que o cientista percebe que o átomo possui espaços vazios, e este espaço foi denominado de eletrosfera, ocupada pelos elétrons; e também é constituído de um núcleo de carga positiva, que se tornou uma barreira para as partículas alfa, também, de carga positiva.

A demonstração do experimento de *Rutherford* torna-se suficiente para que o docente dialogue com os estudantes, expondo que, o fato de que a matéria pode interagir com formas de energia, proporcionou avanços científicos, principalmente para a Análise Química Instrumental, com a criação de aparelhos e métodos eficientes em análises laboratoriais. A seletividade e sensibilidade destes métodos são dependentes da concentração da amostra assim como da estrutura química e intensidade ou frequência de energia utilizada (GIL, 2007 *apud* ARAÚJO, 2019, p. 26).

O material didático da Editora FTD S.A., apresenta o teste de chamas e as propriedades dos átomos, e o espectro visível, mas não é mencionada a relevância deste conhecimento para o progresso científico e para a criação do espectrofotômetro, bem como, as análises químicas não são lembradas neste momento, o que tornaria os conhecimentos iniciais sobre a disciplina de Química, muito importantes e, ainda, poderia ter sido um momento de incentivo aos estudantes para se interessarem por esta disciplina e por este conteúdo.

[...] o ensino da espectrofotometria no ensino médio pode, além de levar a experimentação às salas de aula, estimular o interesse dos estudantes pela química. O estudo desse tema também pode mostrar a utilização prática dos princípios de interação da luz com a matéria (OLIVEIRA; LEITE, 2016, p. 181 *apud* FERREIRA, 2019, p. 46).

O espectro visível é apresentado apenas para a demonstração daquilo que pode ser visto pelo olho humano, e para ser relacionado com o teste de chamas, mas a respeito do átomo,

provavelmente, ainda restam lacunas na aprendizagem, nas representações mentais sobre esta entidade, tanto relativas à sua estrutura, quanto em relação a sua localização, ou seja, em que locais são encontrados, pois, ao falar-se de elementos químicos, tem-se que relacioná-los às substâncias, para que os estudantes consigam perceber que, ora os átomos estarão constituindo materiais na sua forma elementar, ora, na forma de substâncias, conseguindo-se distinguir a presença de átomos em uma porta de ferro, e relacionando ao elemento Ferro (Fe), e nos materiais poliméricos, como por exemplo, os plásticos.

Portanto, é fundamental que os profissionais da Educação em Química, identifiquem mais pontos relevantes que devem estar presentes nesta introdução à Química, inserindo exemplos sobre as propriedades dos átomos, utilizados no cotidiano das populações.

2.1.1 A energia de transição e o espectrofotômetro como instrumento de análise

Os elétrons transitam na eletrosfera, entre camadas mais externas, que possuem maior nível energético, e camadas mais internas, que possuem menor nível energético, concluindo-se que um elétron deve receber energia para haver um deslocamento a uma camada mais externa, e deve liberar energia para que se desloque a uma camada mais interna. As transições fazem com que os elétrons migrem de orbitais moleculares ocupados para orbitais de energia superiores (ANVISA, 2010 *apud* ARAÚJO, 2019, p. 27).

A energia possui dificuldades em ser conceituada, definida, pois não se pode vê-la, mas se pode senti-la, demonstrando-se a importância da energia para a vida na Terra e para a sua manutenção. A matéria mineral não é considerada viva, mas a observação da energia dos metais proporcionou muitos avanços científicos e tecnológicos, não sendo possível separar os elementos químicos, constituintes da tabela periódica, da energia que possuem.

Cientistas começaram a explorar matéria e energia, evoluindo para um patamar que proporcionou, à humanidade e à vida terrestre, muitas conquistas, através de aparelhos de comunicação, de uso pessoal ou coletivo; de eletrodomésticos e eletroeletrônicos que, na atualidade, nem se sabe como se conseguiu viver sem o uso destes.

A luz pode ser considerada como uma forma de energia radiante propagada como ondas transversas, ou seja, uma forma de radiação eletromagnética que possui características de onda e partículas (fótons), e essas radiações eletromagnéticas com comprimento de onda entre 380 e 780 nm é visível ao olho humano (KASVI, 2018 *apud* FERREIRA, 2019, p. 20).

Na Análise Química Instrumental, não foi diferente, pois as conquistas existiram, e foram avançando a partir da busca pelo entendimento mais apurado sobre o átomo e a sua relação com a energia. O espectrofotômetro surge como instrumento de análise, mas a Química

Instrumental não substitui a Química Convencional, pois nem sempre a instrumentalização é possível de ser utilizada, tanto devido às análises serem mais onerosas, quanto pela falta de equipamentos.

A base de funcionamento do espectrofotômetro é o contato e a interação entre os átomos e a energia luminosa, que, a partir da convenção de um padrão experimental que identifica átomos diversos, cada um possuindo características em relação às intervenções de fontes energéticas, que são demonstradas em forma de emissão de feixes de luz, com colorações e intensidades diferentes, permitindo que sejam identificados e quantificados.

A classificação dos métodos de espectrofotometria atômica é baseada na forma como a amostra é atomizada (MUSTRA, 2009, p. 9).

Quadro 1: Classificação dos métodos de Espectrofotometria Atômica.

Método de Atomização	Temperatura de atomização (°C)	Base do método	Nome comum do método e abreviatura (português/inglês)
Chama	1700–3150	Absorção	Espectrofotometria de absorção atômica (EAA) / <i>Atomic absorption spectroscopy (AAS)</i>
		Emissão	Espectrofotometria de emissão atômica (EEA) / <i>Atomic emission spectroscopy (AES)</i>
		Fluorescência	Espectrofotometria de fluorescência atômica (EFA) / <i>Atomic fluorescence spectroscopy (AFS)</i>
Eletrotérmico	1200-3000	Absorção	Espectrofotometria eletrotérmica de absorção atômica (EEAA) / <i>Electrothermal atomic absorption spectroscopy (ETAAS)</i>
		Fluorescência	Espectrofotometria eletrotérmica de fluorescência atômica (EEFA) / <i>Electrothermal atomic fluorescence spectroscopy (ETAFS)</i>
Plasma Acoplado Indutivamente	6000-8000	Emissão	Espectrofotometria de emissão com fonte de plasma acoplado indutivamente / <i>Inductively coupled plasma emission spectroscopy (ICPAES)</i>
		Fluorescência	Espectrofotometria de fluorescência com fonte de plasma acoplado indutivamente / <i>Inductively coupled plasma fluorescence spectroscopy (ICPAFS)</i>
Plasma de Corrente contínua	6000-10000	Emissão	Espectrofotometria de emissão com fonte de plasma de corrente contínua / <i>Direct current plasma spectroscopy (DCP)</i>
Arco Elétrico	4000-5000	Emissão	Espectrofotometria de emissão com fonte de arco elétrico / <i>Arc-source emission spectroscopy</i>
Faixa	40000 – (?)	Emissão	Espectrofotometria de emissão com fonte de faísca elétrica / <i>Spark-source emission spectroscopy</i>

Fonte: Adaptado de Mustra (2009, p. 9).

A espectrofotometria é fundamentada na Lei de *Lambert-Beer*, que é a base matemática para medidas de absorção (A) de radiação por amostras no estado sólido, líquido ou gasoso, nas regiões ultravioleta, visível e infravermelho do espectro eletromagnético (ROCHA; TEIXEIRA, 2004 *apud* ARAÚJO, 2019, p. 27):

O cálculo da transmissão (T) é realizado utilizando a seguinte equação:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

Onde, I_0 é a intensidade da radiação incidente e I é intensidade da radiação transmitida.

$$A = -\log \log \frac{I}{I_0} \quad (2)$$

A relação direta entre a concentração da substância e a quantidade de luz absorvida (Lei de Beer), é o princípio fundamental para a análise espectrofotométrica quantitativa.

Equação de Beer:

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad (3)$$

Onde, A é a absorbância, logaritmo do inverso da transmitância ($A = -\log T$); ε a absorvidade molar ($L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$), c a concentração ($mol \cdot L^{-1}$), b o caminho óptico (cm) e T a transmitância.

Sabendo que a transmitância (T) é o quociente entre a intensidade da radiação transmitida pela solução (I_0) e a intensidade da radiação incidente (I), temos:

$$\log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right) = \varepsilon \cdot b \cdot c$$

A energia de transição nos átomos permite que estes emitam sinais de que seus elétrons estão se deslocando entre orbitais de diferentes níveis energéticos, demonstrando que a matéria reage aos estímulos da energia e, como a matéria reage a estes mesmos estímulos.

Ao fornecer energia para um átomo, os elétrons de camadas mais externas, irão migrar para níveis de maior energia, pois, já que foram estimulados, não conseguem permanecer nos seus níveis eletrônicos originais. Nesta passagem, de um nível de menor energia para um nível de maior energia, o elétron absorve energia da fonte que o estimulou, e, ao retornar ao seu nível energético original, emite esta energia, ou seja, libera, devolve a energia para o meio experimental, em forma de feixes luminosos, que possuem colorações diferentes, de um

elemento químico para outro, identificadas no espectro eletromagnético visível, apresentado aos estudantes nos materiais didáticos da Educação Básica.

3. METODOLOGIA

Este estudo teve como ponto de partida a delimitação e definição do tema a ser trabalhado, no intuito de relacionar a área do Ensino de Química, com a área da Análise Química Instrumental, apontando-se, seguramente, para os conhecimentos em torno do átomo.

Em seguida, efetuou-se o levantamento bibliográfico, de trabalhos científicos dirigidos ao estudo do átomo na Educação Básica. Esta seção da pesquisa demonstrou-se bastante difícil, pois, após a definição clara a respeito do objeto de estudo, e quais os elementos necessários para seguir adiante, não foi satisfatório o número de artigos científicos sobre o estudo do átomo, no Brasil e nos últimos anos, obtidos nas principais fontes virtuais de busca, como a *Scielo*, *ARCA* e *Google Scholar*, surgindo um momento de falta de entusiasmo.

Utilizou-se no *locus* de busca algumas proposições, como: estudo do átomo; estrutura atômica; modelos atômicos. Na sequência, a fonte de pesquisa foi o próprio *Google*, ainda assim, surgiram poucos materiais, e foram selecionados dez artigos científicos sobre o conteúdo “Estudo do Átomo”.

Após a leitura e interpretação destes materiais, surgiu a necessidade de investigar-se como o conteúdo sobre o estudo do átomo vinha sendo exposto nos livros didáticos utilizados no Ensino Médio, pela rede de escolas públicas do Brasil, pela orientação do Ministério da Educação (MEC), para que se verificasse os tópicos que estão atingindo os estudantes em relação a este tópico, na atualidade, para que surgissem elementos para se compararem com aqueles presentes nos artigos científicos selecionados para este estudo.

Finalmente, procedeu-se a análise e discussão dos resultados obtidos e com as considerações finais deste estudo.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O Estudo do Átomo é imprescindível para que haja progresso no estudo da Química e para que se entenda o processo evolutivo dos conhecimentos aceitos pela Ciência, na atualidade, entendendo-se também, que o átomo não sofreu alterações de Dalton até *Rutherford-Bohr* e sim, foi sendo descoberto de forma mais próxima ao que realmente o é. Portanto, se faz necessário dialogar com os estudantes sobre esta proposta de que a Química e a Ciência em

geral, evolui, pode ser aprimorada, não havendo um ponto final, uma verdade absoluta, pois, uma nova descoberta poderá surgir a qualquer momento.

Seguindo a teoria de Rutherford, supomos que os átomos dos elementos são formados por um núcleo carregado positivamente rodeado por um enxame de elétrons. No núcleo está concentrada a parte essencial da massa do átomo, sendo as suas dimensões lineares extremamente pequenas em comparação com as distâncias entre os elétrons que o rodeiam. [...] Postularemos que os elétrons estão dispostos em intervalos angulares iguais, rodando sobre anéis coaxiais em torno do núcleo. Com o fim de determinar a frequência e dimensões dos anéis empregaremos a hipótese principal do primeiro artigo, ou seja: que, no estado permanente de um átomo, o momento angular de cada elétron em torno do centro da sua órbita é igual ao valor universal $h/2\pi$, sendo h a constante de Planck (BOHR, 1963, p. 133 *apud* MELZER; AIRES, 2015, p. 75).

A nova descoberta sobre a estrutura atômica foi de extrema importância para que se desencadeasse o processo evolutivo da Análise Química Instrumental. Segundo Melzer e Aires, (2015, p. 75), com base nesta estrutura, Bohr estabeleceu que as emissões em séries de espectros fossem em decorrência da mudança e movimentos de elétrons de camadas mais externas para mais internas, seguindo um conjunto de regras postuladas ao final da trilogia de 1913.

Para se aplicarem os resultados obtidos por Planck é, portanto, necessário introduzir novas hipóteses sobre a emissão e absorção de radiação por um sistema atômico (BOHR, 1963, p. 195 *apud* MELZER; AIRES, 2015, p. 75).

Nos artigos científicos selecionados para este estudo, não houve a preocupação em relação ao processo evolutivo do estudo do átomo, para que o aluno perceba que o átomo foi sendo descoberto, não se observou a evolução do átomo e sim da Ciência.

No material didático escolhido por um professor de Ensino Médio, juntamente ao estudo do átomo, aborda-se o espectro visível e as cores emitidas nesta escala, mas não há menção da importância deste estudo para a Análise Química Instrumental e para a criação do Espectrofotômetro, nem sequer mencionou-se a Espectrofotometria neste material didático, relacionando o conhecimento sobre o átomo e o espectro visível, apenas com o teste de chamas, um modo de identificação por meio de análise química convencional.

Selecionou-se os temas que são considerados relevantes para este estudo, principalmente a metodologia e a técnica de ensino utilizada pelos profissionais da área de Química, no momento da exposição do conteúdo “Estudo do Átomo”, e estão demonstrados na tabela a seguir, alguns estando presentes nos materiais didáticos e outros critérios foram determinados por verificar-se a sua relação e importância ao conteúdo, confrontando-os com os que aparecem em cada artigo científico analisado.

Quadro 2: Metodologias e técnicas de ensino utilizadas por profissionais da área da Química no momento do estudo do átomo.

Objetos de Estudo	Representações do átomo a partir da modelização ou atividade lúdica	Propriedades dos átomos	Teste de chamas	História da Ciência e/ou História da Química	Relação do Estudo do Átomo com a Espectroscopia	Aula com exposição de conceitos e/ou avaliação prévia e/ou posterior de conceitos
Artigo 1	x			x		x
Artigo 2	x			x		x
Artigo 3	x			x		x
Artigo 4	x					
Artigo 5	x		x	x	x	
Artigo 6	x			x		x
Artigo 7				x		
Artigo 8	x					
Artigo 9	x			x		
Artigo 10	x					x

Fonte: Autoria própria (2022).

A História da Ciência e da Química foi mencionada em oito dos dez artigos científicos examinados, demonstrando que há uma ligação da evolução dos conhecimentos sobre o átomo e o processo histórico, portanto, com o passar do tempo. A ciência é pouca explorada nos livros didáticos, valorizando mais os internalistas, nos seus aspectos como datas de nascimento e morte (DEL PINO, 2006 *apud* DANTAS *et al.* 2018, p. 2).

As representações, através da construção de modelos atômicos, continuam sendo um recurso muito utilizado em sala de aula, mas não possuem um efeito totalmente positivo na aprendizagem, quando não são associadas à existência do átomo na matéria, ou seja, onde o átomo é encontrado.

Não é suficiente que o material didático apresente conteúdos senão o estudante seria um autodidata, e sim, é necessária uma intervenção maior do docente no processo de ensino-aprendizagem, como intermediário entre o conhecimento e o estudante. A modelização e a contextualização, são recursos didático-pedagógicos de extrema importância na área da Química, principalmente nos primeiros contatos dos estudantes com esta Ciência.

[...] os modelos científicos se constroem mediante a ação conjunta de uma comunidade científica, que tem a disposição de seus membros ferramentas poderosas para representar aspectos da realidade (MELO; NETO, 2012 *apud* DANTAS *et al.*, 2018, p. 5).

No momento em que o estudo do átomo se relaciona com a Óptica, nos livros didáticos utilizados nas escolas do Brasil, inclusive nos materiais oferecidos pelo Ministério da Educação, há descaso ao não ser exposto nos artigos científicos analisados e, por consequência,

em algumas salas de aula de Química pelo Brasil afora. Este poderia ser o momento em que o docente deveria tornar o conteúdo mais atrativo ao estudante, podendo relacioná-lo com a Espectrofotometria, salientando-se a relevância desta matéria. Apenas um trabalho fez menção ao uso da radiação para interagir com a matéria, mas foi feito uso do termo Espectroscopia, termo que se utilizou de modo *lato sensu* distanciando-se do instrumento de análise química, o espectrofotômetro.

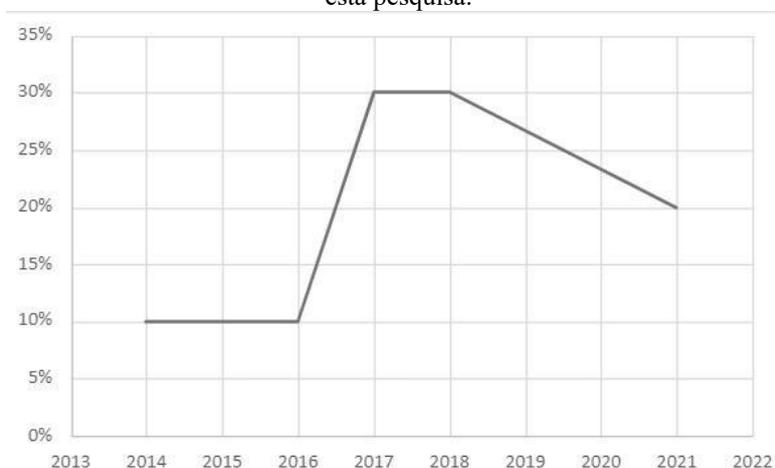
É necessário estimular o estudante, mesmo na atualidade, devido ao acesso fácil e rápido ao conhecimento, através das plataformas digitais, e, este pressuposto, pode deixar lacunas no processo ensino-aprendizagem, substituindo-se a pesquisa pela resposta de questões que poderiam ser respondidas pelo próprio raciocínio do estudante, com suas próprias descrições, representações escritas ou orais das representações mentais interiorizadas em si.

Com tanta informação disponível, encontrar uma ponte motivadora para que o aluno desperte e saia do estado passivo, de espectador, e desenvolva habilidades e competências, induz professores e profissionais da educação a pensar e conhecer sobre como se produz uma aprendizagem significativa e como se constrói o conhecimento (PINTO; BUENO, 2014, p. 78 *apud* DUTRA, 2019, p. 14).

A percepção das cores, que formam o espectro eletromagnético, pelos olhos humanos, estão associadas ao teste de chamas nos materiais didáticos, mas o teste de chamas, apesar de ser bastante acessível às escolas, não marcou presença significativa nas intervenções pedagógicas dos artigos científicos examinados, apenas um trabalho baseou-se no teste de chamas.

Ainda, considerando-se as dificuldades no momento inicial desta pesquisa, em relação ao levantamento bibliográfico de materiais, segue, abaixo, uma demonstração gráfica, dentre os artigos científicos selecionados, do número de trabalhos publicados de 2014 a 2021.

Gráfico 1: Demonstração do número de estudos publicados de 2014 a 2021 dentre os estudos selecionados para esta pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2022).

Com base nesta representação, pode-se verificar que houve um crescimento significativo no número de trabalhos publicados sobre o estudo do átomo, entre 2016 e 2017, e, houve defasagem na publicação de trabalhos científicos, de 2014 a 2016.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu uma transposição sobre as atividades pedagógicas desenvolvidas por licenciandos em Química e profissionais da área da Química, nas salas de aulas de algumas escolas, que, de modo geral, utilizaram modelos atômicos, construídos com materiais acessíveis, por pesquisadores e por estudantes, para que houvesse uma aproximação entre a representação do átomo, e a proposta científica estabelecida atualmente, sendo necessários mais esclarecimentos sobre o porquê ter sido construído desta forma e os materiais e modos que mais se aproximam do conhecimento científico utilizado no momento da realização da prática.

O material teórico se faz necessário, tanto antecedendo a demonstração representacional, quanto posteriormente, para reforçar a aprendizagem. Questionamentos sobre o átomo surgiram em algumas sequências didáticas, com o intuito de relacionar o estudo do átomo com a Química, e verificar-se a percepção dos estudantes relativa a propostas conceituais.

A evolução do estudo do átomo e, por consequência, dos modelos atômicos, é um conteúdo que surge para demonstrar a importância da caminhada científica, que é gradativa, com extrema dedicação e estudo dos cientistas envolvidos, sendo remetido à História da Ciência e à História da Química. Apenas um dos estudos selecionados, mencionou a relação do estudo do átomo com a Espectroscopia, resultado que deveria ser diferente, pois, talvez, se os docentes demonstrassem a importância deste conteúdo, apresentado na Educação Básica, para os estudantes, até mesmo com algumas exemplificações da sua utilização científica e tecnológica, e os avanços que este estudo proporcionou, tanto para a Química, quanto para outros eixos da Ciência, poderia haver maior demonstração de interesse por parte dos estudantes, em relação a disciplina de Química e aos estudo do átomo.

Considera-se que para haver aprendizagem sobre o estudo do átomo, é necessário que haja mais diálogo em sala de aula, para que seja demonstrada a existência do átomo de diversos materiais, como a realização do teste de chama que se utilizou em apenas um dos trabalhos selecionados. Com o teste, as chamas possuem colorações diferentes, devido à presença predominante de átomos de elementos químicos diferentes, e, neste momento, há de se chamar a atenção do estudante para o início da experimentação, para as substâncias que foram utilizadas

no teste de chamas, e salientar-se que os átomos são constituintes de todo e qualquer material, em sua forma elementar ou apresentando-se em substâncias.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. R. de. **Validação de método espectrofotométrico UV-VIS e espectrofluorimétrico para determinação de corante vermelho de origem biotecnológica associado a nanocarreadores.** 74 páginas. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos, Departamento de Bioprocessos e Biotecnologias, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, S.P., 2019.

CHAVES, J. V. *et al.* O átomo: investigação das concepções dos estudantes e o planejamento de proposta didática no contexto do PIBID. *In: Encontro de Debates sobre o Ensino de Química*, 37°, 2017, FURG. Anais. Disponível em: <<https://edeq.furg.br/images/arquivos/trabalhoscompletos/s15/ficha-180.pdf>>. Acessado em: Dez. 2022.

CORREA, C.; LOPES, C. Ensino de modelos atômicos usando episódios da História da Ciência. *In: Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias*, X, 2017, Sevilla. Anais. Enseñanza de las ciencias, 2017. p. 5145-5150. Disponível em: <<https://ddd.uab.cat/record/183176>>. Acessado em: Dez. 2022.

DANTAS, T. R. *et al.* A evolução dos modelos atômicos e a dificuldade dos alunos. *In: CONEDU*, V, Congresso Nacional de Educação, 2018. Editora realize, 2018. ISSN: 2358-8829. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/45745>>. Acessado em: Dez. 2022.

DUTRA, A. A. **O ensino de modelos atômicos por meio de metodologias ativas.** 2019. 148 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

FERREIRA, A. P. **Ensino de Química Experimental de Nível Médio com auxílio de um Espectrofotômetro alternativo na região do visível.** 62 f. Monografia, Curso de Licenciatura em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus João Pessoa, PB, 2019.

FERREIRA, L. M.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma proposta textual frente a problemas referentes à história do átomo no ensino de química. *In: Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro*, v. 7, n. 2, p. 261-278, jul/ dez, 2014. Disponível em: <https://www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=1961>. Acessado em: Dez. 2022.

GIACOMET, L.; CASTRO, B. J. de. O ensino de modelos atômicos na educação básica: uma análise dos trabalhos publicados do ENEQ. *In: Química Conceitos e Fundamentos, capítulo 9, p. 114-127, jul., 2021.* Disponível em: <https://doi.10.37885/210303637>. Acessado em: Dez. 2022.

MELZER, E. E. M.; AIRES, J. A. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. In: **Amazônia, Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v.11 (22), p. 62-77, Jan-Jun 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/2137>>. Acessado em: Dez. 2022.

MESSEDER, J. C.; SANTOS, R. L. de L. dos; CASTRO, D. L. de. Variações de ensaios de chamas como propostas experimentais para o ensino de Química. In: **Revista Chemical Education in Point of View, Unila**, v. 2, n. 1, 2018, ISSN: 2527-0915. Disponível em: <<https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/1132>>. Acessado em: Dez. 2022.

MOREIRA, A. C. L. *et al.* Modelos atômicos: correlações entre aspectos representacionais e a essência realista do conhecimento. In: **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 7(1), p. 186-200, 2021. Disponível em: <<https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/3382>>. Acessado em: Dez. 2022.

MUSTRA, C. de J. G. de O. **Aplicação da técnica de espectrofotometria de absorção atômica na análise de metais e metaloides em amostras biológicas**. 143 f. Dissertação de Mestrado em Medicina e Técnicas Forenses, Faculdade de Medicina de Lisboa, Universidade de Lisboa, 2009.

PEREIRA, L. S.; SILVA, J. L. P. B. Uma História do Antiatomismo: Possibilidades para o Ensino de Química. In: **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, SP, BR, v. 40, n. 1, p. 19-24, fev., 2018. Disponível em: <http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc40_1/05-HQ-28-17.pdf>. Acessado em: Dez. 2022.

POLANCZKY, C.; WENZEL, J. S.; VENZKE, T. R. F. Contextualizando a química nas aulas de ciências no ensino Fundamental: modelizando o átomo. In: **CCNEXT, Revista de Extensão**, Santa Maria, v. 3, n. Ed. Especial, XII EIE, Encontro sobre Investigação na Escola, 2016, p. 959– 965 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas, UFSM. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/revistacne/index.php/ccnext/article/viewFile/1115/839>>. Acessado em: Dez. 2022.

REIS, J. M. C. dos; KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P. da. Um olhar para o conceito de átomo: contribuições da epistemologia de Bachelard. In: **Alexandria, Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, Florianópolis, SC, v. 10, n. 1, p. 3-26, maio, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2017v10n1p3>. Acessado em: Dez. 2022.

SILVA, T. R. da. *et al.* Modelização didática no Ensino de Química: construindo representações mentais sobre as estruturas dos átomos. In: **Revista Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 23, n. 2, p. 187-207. Jul / dez, 2018. Disponível em: <https://ppg.revistas.uema.br/index.php/PESQUISA_EM_FOCO/article/view/1830> Acessado em: Dez. 2022.