

Evolução conceitual de átomo por meio de atividades experimentais

Rodrigo Oliveira Lopes¹, Everton Lüdke²

¹Doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal de Santa Maria
Professor do Instituto Federal Farroupilha (IFFAR/Brasil)

²Doutor em Radioastronomia pela University of Manchester
Professor da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/Brasil)

Conceptual evolution of atom based on experimental activities

61

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Experimentação; Modelos de Aprendizagem; Processo de Ensino Aprendizagem.

Key words:

Educational experiments; Nuclear physics; spectroscopy.

E-mail:

rodrigo.lopes@iffarroupilha.edu.br



ABSTRACT

The conceptual profile model proposes that individuals can hold multiple understandings of a single concept, with each understanding corresponding to a specific zone within the subject's conceptual profile. Within this theoretical framework, learning involves the ability to mobilize the most appropriate zone according to the context, a process that entails the development of awareness. This study aimed to investigate the conceptual evolution regarding the concept of the atom among high school students. For this purpose, students responses were analyzed throughout a teaching sequence composed of four experiments focused on atomic models and spectroscopy. The results indicated that the activities fostered conceptual evolution, as students were able to employ scientific stages of atomic understanding when the questions activated these zones of their conceptual profiles. Nevertheless, the persistence of pre-scientific stages, such as the substantialist stage, emerged as a limitation, given that this zone is insufficient to explain certain phenomena. Thus, the challenge faced by the teacher working within this theoretical framework is to encourage students awareness through their mediation.

INTRODUÇÃO

O modelo do perfil conceitual, elaborado por Mortimer (2000), prevê que um indivíduo pode apresentar mais de uma concepção sobre um conceito, constituindo o perfil conceitual desta pessoa sobre o assunto. Dessa forma, estas diferentes visões podem ser mobilizadas em função da circunstância a que o sujeito for exposto, isto é, dependendo da situação, serão utilizadas cada uma das diferentes compreensões, chamadas zonas ou estágios do perfil. Neste modelo, as concepções coexistem e são apresentadas com diferentes intensidades e extensões, inclusive podendo ou não ser apresentada por cada sujeito, dependendo do seu conhecimento sobre o conceito gerador.

Um importante referencial para o perfil conceitual é a obra de Bachelard (1978), filósofo que defende a existência de um pluralismo cultural e filosófico que se reflete na consolidação de um perfil epistemológico, contendo os diversos entendimentos de um indivíduo para algum conhecimento. Embora o ponto de partida do perfil conceitual seja as ideias de Gaston Bachelard,

ambos modelos apresentam algumas diferenças importantes, como exemplo, enquanto o perfil conceitual trata todos os estágios com a mesma importância, valorizando a escolha do contexto adequado de utilização, o perfil epistemológico hierarquiza os estágios, supervalorizando as zonas científicas do pensamento (MORTIMER, 2000, P. 68).

Mortimer, Scott e El-Hani (2011) definem o perfil conceitual como as diferentes formas de ver ou representar o mundo que uma mesma pessoa pode possuir. À vista disso, neste estudo adotar-se-á o perfil conceitual como um referencial para a análise das aprendizagens de estudantes de Ensino Médio mediante uma proposta didática realizada a partir de experimentos que exploram a espectroscopia para o ensino de Modelos Atômicos. Neste sentido, esta pesquisa contempla a demanda exposta por Souza e Coelho (2021) quanto ao emprego deste modelo teórico no âmbito de sala de aula.

Sendo assim, o objetivo deste estudo é reconhecer a ocorrência da evolução conceitual sobre o átomo em estudantes concluintes do Ensino Médio mediante a participação em uma proposta didática fundamentada em atividades experimentais que abordaram aspectos espectroscópicos dos modelos atômicos. A adoção da noção de perfil conceitual enquanto referencial teórico se dá pela possibilidade de avaliar a aprendizagem do estudante sem desprezar as ideias alternativas utilizadas pelos estudantes durante o processo de aprendizagem ou evolução conceitual.

REFERENCIAL TEÓRICO

Sob o aporte do perfil conceitual, os indivíduos podem compreender de diferentes formas uma experiência vivida em função do contexto em que esta ocorre. Tal variedade de concepções será estruturada na forma de estágios do perfil conceitual. Já a formação deste perfil ocorre associada a três componentes, a saber: bases epistemológicas, ontológicas e axiológicas (SANTOS; SANTOS, 2023).

Os fundamentos epistemológicos dizem respeito à forma como o conhecimento é produzido e sobre quais bases é fundamentado, Bachelard (1991), ao discutir o modelo de perfil epistemológico, sugere que diferentes visões filosóficas devem coexistir em uma mesma pessoa, para o autor, é pelo perfil epistemológico que se poderia reconhecer o papel de cada filosofia sobre a formação do conhecimento, como exemplos pode-se apontar para as filosofias de fonte realista, empirista ou racionalista. A partir do exposto, Mortimer (2000) propõe algumas categorias de pensamento filosófico capazes de explicar a constituição dos estágios do perfil conceitual: o realismo ingênuo que consiste na visão filosófica do pensamento do senso comum; o empirismo, corrente que usa instrumentos de medida como meios para superação das formas racionais; o racionalismo clássico, segundo essa visão os conceitos passam a integrar o pensamento e o racionalismo contemporâneo que abarca os avanços mais recentes e complexos da ciência. Todos estes seriam fundamentos de ordem epistemológica que atuam na consolidação de estágios de um perfil.

Já os fundamentos ontológicos, segundo Bernardes (2022), configuram a essência, o ser do objeto, analisam aquilo que há de verdadeiro e perene no objeto. Permitindo assim que estes sejam classificados enquanto materiais, abstrações ou processos. Santos (2024) afirma que é legítimo o estudo dos aspectos da ontologia para a Química, pois os conceitos desta área possuem

diferentes raízes ontológicas, este autor evidencia que o pluralismo ontológico que permeia a formação dos conceitos químicos dificulta a compreensão e o ensino de alguns conceitos.

Por fim, os fundamentos axiológicos ditam os valores morais e a relação do sujeito com o mundo, para Lucas, Passos e Arruda (2013) a axiologia estuda os valores do objeto tendo como foco os critérios de valorização do objeto e os critérios que justificam as preferências da ação humana. Além disso, para estes autores, é consenso que os sistemas axiológicos impactam os processos de ensino-aprendizagem. Rodrigues (2025) define a axiologia como a teoria dos valores e sugere que valor seria a importância que o objeto tem para o ser humano.

Por outro lado, para se elaborar o perfil conceitual referente a um determinado assunto é necessário englobar os três domínios genéticos de Vygotski, isto é, o domínio sociocultural, que consiste na evolução do conceito ao longo da história, ontogenético, que diz respeito à aprendizagem do conceito e em geral é acessado por meio da literatura sobre concepções alternativas e, por fim, o domínio microgenético, que prevê a utilização do conceito em situações específicas, podendo ser reconhecido por meio de entrevistas, dados empíricos ou interações discursivas (SANTOS; SANTOS, 2024, p.177). Este modelo teórico enaltece as zonas que mais podem ser empregadas para explicar diversos fenômenos e o processo histórico de consolidação desse estágio do perfil. O critério usado para definir o nível de adequação de uma categoria do perfil é a forma como se dá a adaptação dessa ao contexto em que é adotada.

Diante do exposto, a aprendizagem é vista sob o âmbito deste referencial a partir de dois processos associados, o enriquecimento do perfil e a tomada de consciência sobre os diferentes modos de pensamento, além das formas de aplicação de cada diferente entendimento sobre o conceito (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2011, P.111). Ainda sobre a aprendizagem, Amaral (2004) a define como a ampliação de cada um dos estágios que formam o perfil do conhecimento a ser aprendido, assim como a utilização de cada um destes componentes do perfil em função do contexto apresentado.

Sabino e Amaral (2018) defendem que este referencial tem um grande potencial como aporte teórico para o planejamento didático, orientando os docentes sobre as diferentes formas de pensar a respeito dos assuntos discutidos em aula. Sendo assim, para o ensino sobre modelos atômicos adotou-se o modelo de perfil conceitual de átomo sugerido por Mortimer (2000), indicamos que este será o perfil conceitual que norteará todo o trabalho realizado em sala de aula, assim como o relato de pesquisa aqui apresentado. O Quadro 1 apresenta a descrição dos estágios sugeridos para átomo.

Quadro 1 - Estágios do perfil conceitual de átomo

Zona	Nome	Caracterização
Zona I	Sensorialista	Caracteriza-se pela negação ao conceito de átomo, a zona contínua do perfil tem como principal obstáculo para a evolução conceitual a negação da possibilidade da existência de espaços vazios na matéria. Esse obstáculo tem natureza ontológica, pois sua superação envolve a aceitação sobre a ideia de vácuo.
Zona II	Substancialista	Esta zona do perfil atribui as propriedades macroscópicas às propriedades das partículas, por exemplo, a fusão de uma substância é justificada pela mudança de estado físico das partículas.
Zona III	Clássica	Tem o átomo como unidade básica da constituição da matéria, que se conserva após as transformações químicas.
Zona IV	Quântica	Essa zona do perfil considera as aplicações da mecânica quântica na explicação do comportamento atômico, o modelo das órbitas estacionárias, saltos quânticos, dualidade do elétron. A quarta zona do perfil pertence a outra categoria ontológica.

Fonte: (Mortimer, 2000, p. 128-141).

A definição do perfil adotado se alinha ao que sugerem Santos e Santos (2023), que apresentam cinco diretrizes a serem consideradas para o emprego do perfil conceitual no planejamento didático, as diretrizes demarcam aspectos sobre os objetivos, conteúdos, metodologia, estratégias e avaliação para uma proposta de ensino, aspectos que foram contemplados por este estudo. Para os autores a definição do conteúdo a ser trabalhado exige a escolha e demarcação do perfil empregado no trabalho do pedagógico.

Sobre a experimentação para o ensino de Química, estratégia de ensino empregada durante a intervenção didática, Lisboa (2015), a partir de uma revisão bibliográfica, discute as produções da área de ensino de química identificando produções abordando experimentos investigativos, ilustrativos e atividades que buscam a reelaboração de conceitos, também observando a diminuta contribuição por parte de professores da Educação Básica entre as publicações investigadas. Mori e Curvelo (2017) refletem sobre a polissemia do termo experimentação, reconhecendo que este recurso acompanhou o desenvolvimento da Ciência e das perspectivas de ensino, desde a pedagogia tradicional até os tempos atuais em que as práticas experimentais se alinham às perspectivas de ensino mais centradas nos estudantes.

Neste trabalho, a estratégia de ensino adotada será a experimentação (ALVES; BEGO, 2020, p.83). Esta escolha se dá pelo potencial do experimento para propiciar a investigação de fenômenos relativos ao mundo natural, como exposto por Oliveira (2010), sendo assim a adoção de experimentos caracteriza-se como uma estratégia que pode gerar no aprendiz os conflitos necessários para que este possa, com o auxílio do professor, reconstruir suas concepções anteriores e ser o sujeito de sua aprendizagem

METODOLOGIA UTILIZADA

A proposta foi realizada com concluintes de Ensino Médio em uma escola particular da cidade de Santa Maria/RS, na qual o pesquisador atuava como docente de Química, a atividade foi realizada com turmas em que o pesquisador atuava como professor regente. A pesquisa foi realizada em quatro etapas, portanto, foram considerados na investigação somente os estudantes que participaram da integralidade da intervenção, totalizando 31 participantes. As atividades foram realizadas no âmbito de um projeto de Química, cujas atividades ocorreram, em geral, durante as aulas da disciplina, com exceção dos experimentos, que foram realizados no contraturno.

Os participantes cujos resultados foram considerados para a análise final, provém de três turmas de 3ª série do Ensino Médio da escola, sendo que a divisão destes alunos ocorre pela coordenação escolar de modo aleatório. Foram observados os aspectos éticos de pesquisa, diante disso, o pesquisador obteve autorização da escola para a realização da atividade, houve a assinatura de Termos de Consentimento Livre e Esclarecido para os maiores de 18 anos e para os menores de 18, ocorreu anuência dos responsáveis e a assinatura do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. O Quadro 2 descreve as etapas que constituíram a totalidade do projeto.

Quadro 2: Descrição das etapas da proposta de ensino

Etapa	Recurso utilizado
Pré-teste	Problemas abertos sobre concepções da matéria.
Revisão sobre radiações eletromagnéticas	Aula expositiva apresentando os requisitos conceituais para a realização dos experimentos.
Atividades experimentais	Caderno de experimentos para orientação durante a realização da atividade experimental.
Pós-teste	Questionário com problemas fechados e análise dos registros dos estudantes nos cadernos de experimentos.

Fonte: Autores.

A íntegra deste trabalho é apresentada no trabalho de Lopes (2017), já neste artigo serão apresentadas e discutidas as atividades experimentais. Foram realizados quatro experimentos, selecionados para propiciar aos participantes discussões que potencializassem a evolução conceitual a respeito do conceito de átomo. A atividade foi conduzida em acordo com o exposto no caderno de experimentos, uma apostila entregue a cada participante contendo o roteiro das atividades realizadas. A Figura 1 apresenta uma parte da primeira página do caderno de experimentos.

Universidade Federal de Santa Maria
CCNE - Departamento de Física
Programa FIEX/PROLICEN 2016
Registro GAPCCNE Nº 039511

EXPERIMENTOS DE
ATOMÍSTICA

Nome: _____
Idade: _____ Gênero: [] M [] F [] LGBT
Data: ____/____/____

Experimento 1 - O teste da chama

Nesse experimento, vamos entender o fenômeno físico-químico chamado "teste da chama".

É uma experiência capaz de identificar elementos químicos presentes em uma amostra e também possibilita produzir fogo com cores diferentes, colocando sais de elementos químicos junto com o combustível ou diretamente ao fogo.

Lista de materiais:

destilação de materiais derivados de plantas e ricos em glicose, como cana-de-açúcar ou milho para o etanol e resíduos de madeira para o metanol. A temperatura da chama é consequência da liberação de energia térmica pela quebra de suas moléculas e a quantidade de energia por litro dessa substância depende principalmente das impurezas presentes. Na queima de metanol e etanol de alta pureza, verifica-se que possuem temperaturas máximas similares, sendo a temperatura de 1920 graus para o etanol e 1870 graus para o metanol.

Pelo fato do etanol se tornar vapor a uma temperatura um pouco maior que o metanol e pelo fato de poder ser produzido em maior quantidade a um custo bem menor, é escolhido para ser substituído da gasolina como combustível de veículos. A temperatura de volatilidade para o etanol é 14 graus centígrados. Assim, a a temperatura ambiente em um dia de inverno, precisamos iniciar a ignição do motor usado um pouco de gasolina que é armazenado em um reservatório em veículos com motor "FLEX" para aquecer as câmaras do motor para que o etanol vaporize formando uma mistura gasosa de oxigênio que pode sofrer ignição pelo centelhamento nas velas do motor. A temperatura mínima do etanol para que forme um gás que pode sofrer ignição espontânea sem a faísca da vela é bem mais baixa para o etanol que o metanol. Assim sendo, vapor de etanol pode sofrer ignição espontânea mesmo a temperatura ambiente.

Figura 1 - Caderno de Experimentos. **Fonte:** Autores.

Na versão empregada na sequência didática, o primeiro experimento, o teste de chama demonstra os espectros eletromagnéticos emitidos por cada sal testado, o que somente é possível a partir da utilização de redes de difração pelos participantes da aula, sendo assim é possibilitada a visualização dos espectros gerados a partir da queima de cada uma das amostras. Durante a atividade didática o professor realizou o experimento e coube aos alunos a observação dos espectros eletromagnéticos de emissão característicos dos sais usados como amostras.

O procedimento experimental foi realizado com o auxílio de vidros de relógio, nos quais foram colocados cada um dos sais por vez. Também foi utilizado metanol, que possibilitou a combustão. A escolha desse álcool ocorreu em função da chama incolor pela queima desta substância, possibilitando a visualização das cores emitidas pelas chamas de cada amostra.

Foram utilizados como amostras os sais, cloreto de potássio (KCl), cloreto de sódio (NaCl), cloreto de estrôncio (SrCl) e sulfato de cobre (CuSO₄). Durante a realização da atividade, os

participantes deveriam observar os espectros de emissão característicos de cada substância e marcar no caderno de experimentos as bandas formadoras do espectro eletromagnético (Figura 2).

Cátion	Cor da chama	bandas proeminentes
Sódio (Na^+)		VI AZ VE AM LA VM
Potássio (K^+)		VI AZ VE AM LA VM
Cobre (Cu^+)		VI AZ VE AM LA VM
Estrôncio (Sr^+)		VI AZ VE AM LA VM

Figura 2 - Registro das observações do Teste de Chama. **Fonte:** Autores.

Frente à observação da chama e dos espectros, os estudantes foram orientados a indicar a cor da chama e marcar na coluna à direita as bandas identificadas com maior destaque a partir da observação do espectro, permitindo a comparação entre os espectros dos quatro cátions investigados durante o experimento. Para a visualização das características espectrais dos cátions, cada estudante recebeu uma rede de difração, conforme apresentado na Figura 3.

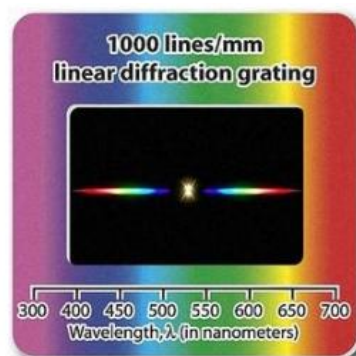


Figura 3 - Rede de Difração com 1000 linhas por milímetro. **Fonte:** Google Imagens.

O segundo experimento utilizado foi a decomposição da luz branca. Para a realização da atividade foi construído um aparato de madeira onde foram fixados o prisma e um circuito alimentado por uma pilha AA, que empregou uma lâmpada de filamento de tungstênio para gerar a luz branca para a decomposição. Já os participantes deveriam observar a luz através do prisma, como indicado para perceber o espectro eletromagnético da luz branca. O aparato em funcionamento é apresentado na Figura 4.



Figura 4 - Decomposição da luz branca por prisma de quartzo. **Fonte:** Autores.

O terceiro experimento realizado durante a atividade visou demonstrar o espectro característico do gás hidrogênio utilizando um tubo de Geissler, uma lâmpada que ioniza o gás presente no sistema por meio de uma alta tensão elétrica, inventada em 1858 pelo físico alemão Johannes Heinrich Geissler. Estes aparatos são ótimas formas de identificação das características espectrais das substâncias presentes no sistema. Na figura 5, pode-se observar um esquema sobre o funcionamento de um tubo de Geissler.



Figura 5 - Experimento Tubo de Geissler. **Fonte:** Autores.

Para facilitar a visualização do espectro e tornar o experimento mais seguro construiu-se uma caixa de madeira com o devido isolamento acerca da energia elétrica para abrigar o tubo de Geissler. Esta caixa apresenta uma fenda que tem fixada uma rede de difração, sendo assim, os alunos poderiam visualizar através da fenda o espectro eletromagnético de emissão do hidrogênio, como demonstra a Figura 6.

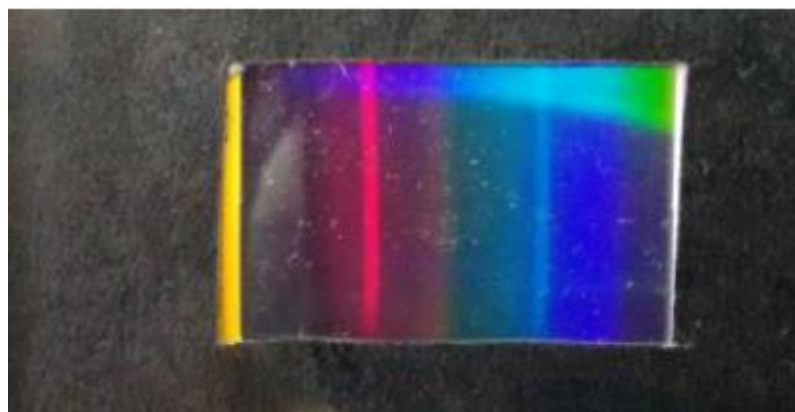


Figura 6 - Espectro eletromagnético do Hidrogênio demonstrado no segundo Experimento.

Fonte: Autores.

O quarto experimento explora o funcionamento da lâmpada de vapor de sódio e a visualização do espectro emitido pelo gás deste cátion. A operação dessa lâmpada tem início a partir de um reator que gera uma tensão em torno de 2,3 kV, esta tensão será responsável por evaporar o mercúrio contido na lâmpada e esse gás fará o sódio ser ionizado, se deve a esse processo a demora, em torno de três minutos, para que a lâmpada alcance a máxima

luminosidade. Na Figura 7 é possível visualizar um esquema apresentando as partes que compõem a lâmpada.

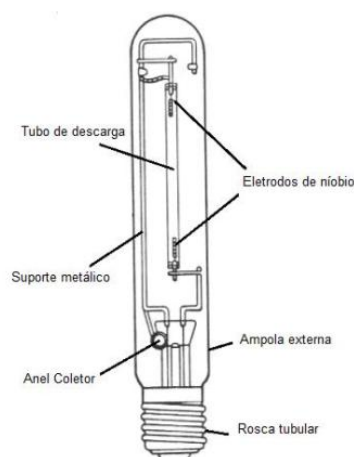


Figura 7 - Esquema da lâmpada de vapor de sódio. **Fonte:** Autores.

Com o auxílio da rede de difração de 1000mm cada estudante pôde visualizar o espectro característico do sódio a partir da observação da lâmpada de vapor de sódio. Para além da visualização do espectro, o caderno de experimentos explicava o funcionamento do aparato e o papel do mercúrio no funcionamento da lâmpada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro passo para a análise dos resultados foi a realização da transcrição das respostas dos participantes aos questionamentos contidos no caderno de experimentos, neste processo cada estudante foi identificado por três letras, sendo a primeira referente à turma, podendo assim ser turma A, B ou C. Já as duas últimas letras do código foram estabelecidas com base nas iniciais de nome e sobrenome do participante.

A categorização das respostas foi realizada com base no reconhecimento do emprego, pelo participante, de cada uma das quatro concepções que constituem o perfil conceitual de átomo, também foi considerado que a resposta poderia ser elaborada sem mobilizar nenhum estágio do perfil considerado na pesquisa. Sepulveda (2010) destaca a importância de reconhecer os modos de expressão recorrentes de cada estágio de um perfil e as formas típicas de enunciados, permitindo assim a classificação das respostas quanto à emergência dos estágios do perfil abordado.

Para fins efetivação da análise foi adotado o modelo sugerido por Silva (2006), que propõe uma forma binária de expressão das zonas do perfil conceitual, quando o estudante expõe em sua resposta os modos de expressão característicos de um estágio, a este é atribuído valor (1), já quando a resposta não emprega nenhuma ideia associada à determinada zona, a esta é dada o valor (0). Cabe destacar que, em uma mesma resposta, o participante pode expressar mais de um estágio do perfil analisado. Para exemplificar o processo de categorização, são apresentadas algumas respostas dos estudantes para a primeira pergunta proposta no caderno de experimentos sobre o experimento do teste de chama (Quadro 3):

Quadro 3 - Respostas dos participantes às questões sobre o teste de chama

Q1.1 – “Você já observou que muitos controles remotos e ponteiros de relógios, quando em ambientes escuros, apresentam como característica a propriedade de emitir luz. Como você explica esse fenômeno?”

BAP: “O elétron recebe energia e salta para a camada mais externa e quando volta emite luz”.

CCS: “Devido aos saltos quânticos do modelo de Bohr”.

CET: “Transferência de ondas eletromagnéticas, a luz negra excita os elétrons e quando volta a seu nível emite luz”.

AGP: “Depende da substância/material que são feitos os controles remotos e ponteiros de relógios”.

Fonte: Autores.



Os participantes BAP, CCS e CET expressaram a zona quântica do perfil conceitual de átomo para responder a Q1.1. Em sua resposta, o participante CCS chega a citar o modelo de Bohr, que neste estudo será considerado como átomo quântico, pois segundo Parente, Santos e Tort (2013), o átomo de Bohr é uma ruptura com o mundo clássico, podendo ser considerado, pelo ponto de vista teórico, como um híbrido entre o clássico e o quântico.

Já o estudante AGP expressou ideias substancialistas para a mesma pergunta por desconsiderar o processo de transição eletrônica envolvido no fenômeno. Sua resposta associou a luminescência exclusivamente ao tipo material, o que corrobora com o que Menezes (2019) nomeia de zona empírica do perfil de átomo, nesta percepção o átomo não é entendido como um modelo, mas sim como uma porção de matéria. Segundo Bachelard (1996), o espírito científico não pode estar satisfeito com a descrição de um fenômeno sem que se estabeleça relações entre o observado e uma teoria ou modelo.

Em geral, pode-se dizer que o experimento do teste de chama foi capaz de potencializar a evolução conceitual dos participantes da pesquisa sobre a noção de átomo. Já que a concepção quântica, o estágio cientificamente mais aceito do perfil de átomo, se apresentou de maneira mais frequente nas resoluções dos problemas propostos no caderno de experimentos. A não adoção, em termos consideráveis, da zona sensorialista também pode ser considerado um indício da evolução conceitual nos participantes da pesquisa. Embora o referencial adotado não imponha uma hierarquia entre os diferentes estágios da compreensão sobre átomo, Mortimer, Scott e El-Hani (2011) enfatizam a necessidade da demarcação entre os diferentes modos de pensamento e, principalmente, a escolha do contexto correto de aplicação de cada compreensão, portanto frente às questões apresentadas aos participantes entende-se que os estágios pré-científicos não fossem os mais adequados para as respostas.

A maior incidência da zona quântica do perfil e a não utilização da zona sensorial, não indica diretamente a ocorrência da evolução conceitual, para que se possa afirmar isso, é necessário discutir também a questão da tomada de consciência. Para Vigotsky (2010) a tomada de consciência significa a transferência de uma determinada operação mental para o âmbito da linguagem, para que o indivíduo possa se expressar por meio de palavras. Cabral et al. (2015) se

apropriada das ideias da teoria histórico-cultural para indicar que, quando ocorre a tomada de consciência o indivíduo amplia seu conhecimento.

Por exemplo, para a questão Q1.5 “Que cátions metálicos da lista estão presentes na substância-problema, dentre os listados na tabela?”, não foram obtidas muitas respostas que adotassem o estágio quântico do átomo. Considerando o fato de que esta pergunta não exigia a adoção dessa zona do perfil conceitual, pode-se inferir que a tomada de consciência ocorreu na maioria dos alunos.

Contudo, a adoção recorrente da concepção substancialista para explicar a questão Q1.3 “Por que a chama da substância-problema apresenta uma cor diferente daquela dos grãos azuis colocados na chama?” deve servir de alerta para que os participantes possam ter uma seleção mais adequada quanto à zona a ser mobilizada para responder este questionamento. Bachelard (1996) alerta que o pensamento pré-científico sempre trata de substancializar compreensões, enquanto o pensamento científico percebe relações indiretas, assim é preciso permitir e incentivar os estudantes a refletirem sem a busca por uma resposta direta ou absoluta.

O experimento intitulado “A decomposição da luz branca por prisma de quartzo”, segundo da atividade didática em discussão, foi analisado seguindo o mesmo processo adotado no experimento do teste de chama, ou seja, a investigação de todos os experimentos iniciou-se com a transcrição das respostas dos estudantes para as questões propostas no caderno de experimentos e foi seguida pela categorização dessas respostas. Tem-se como exemplo algumas respostas dos alunos para as questões no Quadro 4.

Quadro 4 - Respostas dos participantes às questões sobre a decomposição da luz branca

Q.2.2 - “Como você poderia usar o espectrômetro para determinar a natureza dos cátions com mais precisão que o simples teste de chama feito no experimento anterior?”
 BPF: “Cada substância possui seu espectro”.
 CTS: “O espectrômetro mostra o espectro específico de cada substância”.
 Q.2.4 – “Utilizando seu conhecimento sobre os modelos atômicos, produção de ondas eletromagnéticas e o conceito de potencial de ionização, explique as emissões de cor observadas durante os testes de chama”.
 BLC: “Quando em chamas, o elétron vai para uma camada mais externa, nessas idas, vão formando-se as cores”.
 AGP: “As emissões de cores vistas no teste anterior dependem de cada substância colocada em cada chama e também da quantidade de cátions e íons”.

Fonte: Autores.

As respostas dos participantes para a Q2.2 expressaram tanto os estágios substancialista quanto o quântico, BPF e CTS, associam o espectro como uma característica que deriva da substância, sem associar esta formação às transições eletrônicas que ocorrem durante o teste de chama. Em paralelo, a adoção do espectro de emissão como meio para resolver o problema indica a mobilização da zona quântica do perfil conceitual de átomo. Tenfen e Tenfen (2017) afirmam que o modelo de Bohr é capaz de prever com propriedade os espectros de emissão de átomos com um elétron e que, apesar das limitações, consegue estimar parcialmente espectros de átomos com poucos elétrons.

No que se refere à Q.2.4, a resposta do participante BLC expressou as concepções substancialista e quântica, a primeira pois a resposta atribuiu à formação de cores ao fato do elétron estar em chamas, Carvalho e Aguiar (2024) afirmam que o pensamento substancialista emerge da caracterização intuitiva do fenômeno, também destacando que este estágio pode configurar um obstáculo epistemológico para o desenvolvimento dos estágios científicos do perfil. Já a concepção quântica foi indicada na referência que o participante fez às transições eletrônicas. A resposta do participante AGP para a Q2.4, expressou a zona substancialista, pois não relacionou a emissão de cores à liberação de energia e a zona clássica, por atribuir esse fenômeno à formação de íons. Videira (1993) trata o átomo clássico como produto da interpretação dos cientistas sob a óptica da física clássica, na qual o objeto de estudo é a partícula material, uma entidade física dotada de massa.

A compreensão da existência de uma faixa visível entre as demais que compõem o espectro eletromagnético tem grande relevância no entendimento do modelo atômico de Bohr, logo, foi necessário que os alunos pudessem realizar esse experimento e que a partir das observações discutissem e adquirissem maior amparo conceitual para aperfeiçoar suas concepções para o átomo. Foi salientado aos participantes que o espectro gerado a partir da dispersão da luz é um espectro contínuo, pois apresentava todos os comprimentos de onda dentro da faixa visível.

O terceiro experimento realizado durante a atividade didática baseada em experimentos foi a ionização de gases em tubo de Geissler, no qual, com o auxílio do aparato construído, foi possível observar o espectro eletromagnético de emissão do hidrogênio. A seguir (Quadro 5) são apresentadas algumas respostas dos alunos relativas aos problemas propostos no caderno de experimentos:

Quadro 5 - Respostas às questões sobre a ionização de gases em tubo de Geissler Q3.2

Q3.2 – “Como o espectro do hidrogênio se compara com o espectro da luz branca da lâmpada incandescente?”

BAP: “Espectro do hidrogênio é descontínuo. Espectro da luz é contínuo”.

AGP: “A luz de hidrogênio emite várias cores e entre elas duas predominantes, azul e vermelha, e a outra luz emite só uma, a branca”.

Fonte: Autores.

A resposta do participante BAP indica que este reconheceu a principal característica que difere o espectro do hidrogênio e o espectro da luz branca, evidenciando a expressão da zona quântica do perfil. Já o participante AGP demonstrou a concepção substancialista ao responder a Q3.2., nesta resposta o estudante explica que a formação do espectro se dá pela capacidade do hidrogênio em emitir luzes azul e vermelha, apresentando a noção da existência da substância hidrogênio e ao mesmo tempo reconhecendo que esta tem a capacidade de emitir determinadas luzes, o que segundo Silva e Amaral (2013) seria uma expressão de substancialismo.

A partir dos resultados obtidos na análise das respostas para as questões do experimento a ionização de gases em tubo de Geissler, foi possível realizar uma série de reflexões, as quais serão apresentadas, a seguir. Quanto aos resultados da Q3.2, pode-se afirmar que apresentaram fortes indícios da evolução conceitual dos perfis sobre o átomo dos respondentes. Essa afirmação é

apoiada na frequência em que foram expressas concepções quânticas para responder estas questões. Além disso, corrobora com essa afirmação, a baixa incidência com que as concepções não científicas foram utilizadas.

Já a análise das Q3.4, Q3.5 e Q3.6 demonstrou incidências consideráveis de expressão da zona quântica, analisando as respostas dadas às questões por parte dos estudantes fica nítido que embora tenhamos indícios da evolução conceitual ainda são mobilizados, por parte dos participantes, estágios menos sofisticados do perfil de átomo para responder algumas das questões propostas no caderno para o terceiro experimento (Quadro 6):

Quadro 6 - Respostas às questões sobre a ionização de gases em tubo de Geissler

Q3.4: “Use o modelo atômico de Bohr para explicar a natureza das diferenças de cores entre as linhas espectrais observadas”.

BVS: A cor muda de acordo com a frequência das radiações.

CCS: Se o salto for mais forte a luz será de maior intensidade.

Q3.5: “Como são produzidas as linhas H α e H β pelo hidrogênio quando sofre uma descarga elétrica a baixa pressão? Pense no modelo atômico de Bohr que foi feito exclusivamente para esse átomo”.

CTS: Espectro formado a partir da transição eletrônica.

BFM: No hidrogênio, ao sofrer uma descarga elétrica, o elétron volta para camada mais interna.

Q3.6: “Explique, com suas palavras, como se dá a formação do espectro que foi observado para o hidrogênio neste experimento a partir da aplicação da energia elétrica do tubo”.

BAP: A formação do espectro do hidrogênio se dá a partir da saída e da volta do elétron das camadas.

CCS: Com a energia elétrica irá impulsionar os elétrons para realização dos saltos quânticos.

Fonte: Autores.

A leitura das questões evidencia que as respostas a essas questões deveriam englobar concepções, principalmente, pertencentes ao estágio quântico do perfil de átomo, não devendo ser consideradas adequadas respostas que fogem às concepções científicas como por muitas vezes foram apontadas nos resultados. Portanto, são necessárias algumas ressalvas, entre as respostas à questão Q.3.4, cabe o destaque para a resposta do participante CCS, que atribui ao elétron aspectos animistas, Lopes (1992) nos alerta que é comum que aspectos vitalistas sejam usados de maneira que extrapolem os seus domínios, porém é importante que se tenha em mente que este processo configura um importante obstáculo à aprendizagem científica. Silva (2024) entende o animismo como o compromisso que valoriza o que é produzido por algo vivo ou é dotado de vida, gerando um desprezo pelas entidades não vivas. Neste sentido, o animismo pode ser originado tanto de um compromisso ontológico, quanto epistemológico.

Por outro lado, para responder à questão Q 3.5 a participante CTS emprega uma explicação associada à zona quântica do perfil, o mesmo também pode ser observado para a resposta de CCS para a Q3.6. Em primeiro plano, a evolução conceitual é um processo reconhecidamente demorado, logo é aceitável que, de início, os participantes tenham dificuldades em expressar as concepções mais aprimoradas do perfil, mesmo que tenham tido oportunidade de tornar estas mais consolidadas e que tenham desenvolvido seus perfis sobre o átomo.

Também é importante considerar que a linguagem utilizada nas respostas analisadas explicita em diversos momentos o formalismo científico, o qual os participantes, embora

concluintes de Ensino Médio, não estavam tão acostumados a adotar. Por fim, é possível inferir que a evolução tenha demonstrado certa fragilidade, a partir destes resultados.

A realização deste experimento buscava propiciar ao estudante elementos para que ele, enquanto sujeito da aprendizagem, estabelecesse relações entre os espectros eletromagnéticos observados e os modelos atômicos. Contudo nesse experimento, por meio das respostas obtidas, foi possível evidenciar que essa relação não foi demonstrada pelos participantes.

Pode ser observado que a linguagem utilizada pelos estudantes nas respostas analisadas apresentou várias características da utilização de zonas científicas do perfil conceitual de átomo. Por exemplo, palavras como “níveis energéticos”, “subníveis”, “espectro de absorção” são fortes indícios do emprego da zona quântica do átomo para explicar as situações propostas. O uso destes termos pode ser compreendido como um exemplo do uso do conteúdo na forma de uma explicação (SEPULVEDA, 2010, p.386). Entretanto, o emprego da linguagem característica da concepção quântica do átomo, não garante a plena ocorrência da evolução conceitual. A análise das respostas indicou que em alguns casos os estudantes não chegaram a articular as respostas de forma cientificamente aceita. Uma inferência que é prevista por Mortimer (2000) em cenários em que os estudantes não tomam consciência sobre seus próprios perfis conceituais.

Sobre o quarto experimento, chamado “O estudo de uma lâmpada de vapor de sódio”, o caderno de experimentos contou com dez questões, entre estas dar-se-á ênfase para as Q4.6, Q4.7, Q4.9 e Q4.10, que poderão auxiliar a investigação sobre a evolução conceitual sobre o átomo, como pode ser visualizado no Quadro 7. As questões que não foram transcritas aqui, embora importantes para problematizar a realização do experimento, não são tão pertinentes para a análise sobre a evolução conceitual dos perfis do átomo, por isso, não foram analisadas neste momento.

Quadro 7 - Respostas às questões sobre o estudo da lâmpada de vapor de sódio

Q4.6 - O comprimento de ondas das linhas depende dos níveis energéticos ou dos subníveis ou de ambos? Por quê?

CGS: Dos níveis energéticos. O comprimento de ondas equivale à frequência.

CCS: Torna ele mais forte, ela vai depender dos subníveis.

Q4.7 - Após a realização do experimento com a lâmpada de sódio, classifique o espectro gerado como um espectro de absorção ou de emissão. Justifique.

CIB: De absorção, pois mostra um local negro, mostrando assim que a cor foi absorvida no decorrer.

CGJ: Espectro de emissão, pois é gerado por luz branca.

Fonte: Autores.

Observa-se, que à sua maneira, cada respondente buscou caracterizar os espectros eletromagnéticos de absorção e de emissão, mesmo que sem conseguir justificar plenamente a formação de cada um deles de acordo com os conhecimentos cientificamente aceitos. A resposta do participante CGS à questão Q4.6 se fundamenta no estágio quântico de átomo.

O desafio dos estudantes em expandir o estágio quântico de átomo é algo previsto na literatura da área, Cunha (2022) aponta para a dificuldade de estudantes quanto à compreensão do átomo quântico, para este a superação para tal limitação não dependeria somente dos estudantes, sendo um desafio da área de ensino de Química. Além disso, o autor também afirma

que muitos dos problemas aos quais os estudantes são apresentados podem ser resolvidos empregando a chamada teoria molecular popular, um conjunto informal de conceitos e regras semiempíricas, o que de certa forma seria um impeditivo para o desenvolvimento de aspectos da teoria quântica em sala de aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa pode ser visualizada como uma aproximação entre o modelo dos perfis conceituais e a sala de aula, uma contribuição no sentido de divulgar aos professores de Educação Básica a importância do trabalho docente realizado à luz de um referencial consolidado que oriente suas práticas. O objetivo estabelecido foi investigar como as atividades didáticas baseadas em experimentos podem potencializar a evolução conceitual sobre o assunto dos modelos atômicos.

Para possibilitar a reflexão sobre a ocorrência da evolução conceitual foi necessário avaliar os resultados sob a perspectiva do modelo de perfil conceitual. Nesse sentido, buscou-se detectar, indícios que pudessem demonstrar o desenvolvimento de zonas mais sofisticadas para o perfil conceitual de átomo, como a zona clássica e a zona quântica, além do desenvolvimento da tomada de consciência, isto é, a utilização da concepção adequada para cada situação ou contexto.

As respostas dos estudantes demonstram a ocorrência da evolução conceitual em vistas da alta frequência em que foi mobilizado o estágio quântico, entretanto há que se fazer a ressalva do grau de utilização da concepção substancialista, por parte dos alunos, para explicar os fenômenos observados durante a atividade experimental, um indício de que os alunos não abandonaram tal concepção mesmo após a intervenção didática. Diante destes resultados, pode-se afirmar que a consolidação das zonas mais avançadas de um perfil conceitual não implica em um abandono automático das zonas pré-científicas do perfil. Acredita-se que aqui reside uma das principais contribuições desta investigação, pois esta manutenção dos diferentes estágios é uma expectativa do referencial aqui adotado.

Destaca-se também a importância do professor neste tipo de proposta, a experimentação por si só não potencializará a evolução das concepções dos estudantes, cabe ao docente mediar o processo de aprendizagem, orientando, dando ênfase àquilo que deve ser observado, respondendo questões e dúvidas dos alunos. Nesse contexto, o professor tem o papel de possibilitar aos alunos a tomada de consciência, isto é, demonstrar aos sujeitos da aprendizagem que as diferentes concepções sobre conceitos científicos podem ser utilizadas desde que nos contextos adequados. Aqui encontra-se uma das maiores dificuldades neste trabalho, propiciar a tomada de consciência, já que os resultados indicaram que os estudantes, por vezes, têm dificuldade em saber quais concepções utilizar para explicar diferentes fenômenos.

Referências

AMARAL, E. M. R. **Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações químicas**: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do Ensino Médio. 2004. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2004.

BACHELARD, G. **A filosofia do não**. São Paulo: Abril Cultural (Coleção Os Pensadores), 1978.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento.** Tradução Estela dos Santos Abreu. 1.ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BERNARDES, A. H. Ontologia e epistemologia, o que é isso? Discussões Geográficas. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 20–3, p. 427–444, 2022.

CABRAL, D. et al. Vygotsky e Freire: os conceitos de consciência e conscientização. **Pesquisas e Práticas Psicossociais**, v. 10, n. 2, p. 1–11, 2015.

CARVALHO, J. B.; AGUIAR, J. V. de S. Obstáculos epistemológicos e a Educação Ambiental Transformadora, **Revista Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 19, n. 1, 2024.

CUNHA, S. G. da. **A estrutura eletrônica do átomo: um estudo sobre o conhecimento de química quântica no ensino superior.** 2022. 128 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 37, p. 198–202, 2015. Disponível em: https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_especial_2/16-EEQ-100-15.pdf

LOPES, A. C. Livros didáticos: Obstáculos ao aprendizado da ciência química I–Obstáculos animistas e realistas. **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 254-261, 1992.

LOPES, R. O. **A evolução do perfil conceitual de átomo por meio de atividades experimentais espectroscópicas.** Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2017.

LUCAS, L. B.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. DE M. Axiologia e o processo de formação inicial de professores de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p. 645–665, 2013.

MENEZES, V. M. S. **Perfil conceitual a respeito da concepção atomística para os estados físicos da matéria de um grupo de alunos da Educação de Jovens e Adultos – EJA.** 2019. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

MORI, R. C.; CURVELO, A. A. da S. A polissemia da palavra “Experimentação” e a Educação em Ciências. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 3, p. 291–304, 2017.

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

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. **TED: Tecnê, Episteme y Didaxis**, n. 30, 2011.

OLIVEIRA, M. M. L. de. **O papel da experimentação no ensino pela pesquisa em física.** 2010. 216 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F. dos; TORT, A. C. Os 100 anos do átomo de Bohr. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 4, dez. 2013.

RODRIGUES, V. F. Filosofia da Educação como axiologia: aproximações introdutórias. **Problemata-Revista internacional de Filosofia**, v.16, n.1, p.50-59, 2025.

SABINO, J. D, AMARAL, E. M. R. Utilização do perfil conceitual de substância no planejamento do ensino e na análise do processo de aprendizagem. **Investigações em Ensino de Ciências**, n.23, v.1, 2018.

SANTOS, J. P. M. DOS; SANTOS, B. F. dos. Diretrizes Para Planejamento Do Ensino De Ciências Baseado Na Teoria Dos Perfis Conceituais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 25, p. 1–16, 2023.

SANTOS, J. P. M. DOS; SANTOS, B. F. dos. Emergência das zonas do perfil conceitual de substância no conteúdo de funções orgânicas em um livro didático de Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, n.10, v.3, p.174-191, 2024.

SANTOS, S. de Q. V. B. Problemas Ontológicos dos Conceitos Químicos: uma revisão bibliográfica. **Revista**



da Sociedade Brasileira de Ensino de Química, Brasília, v.5, n.1, p. 1–29, 2024.

SEPULVEDA, C. A. **Perfil conceitual de adaptação: uma ferramenta para a análise de discurso em salas de aula de biologia em contextos de ensino de evolução.** 2010. 447f. (Tese de Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

SILVA, F. A. R. e. **O perfil conceitual de vida: ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação.** 2006. 161 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006

SILVA, J. R. R. T. DA; AMARAL, E. M. R. DO. Proposta de um Perfil Conceitual para Substância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 53–72, 2013.

SILVA, K. N. da. **Análise da compreensão de estudantes sobre elemento químico a partir de relações identificadas com zonas do perfil conceitual de átomo.** 2024. 116f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2024.

SOUSA, M. das D. M de; COELHO, M. N. Perfil conceitual no ensino de ciências: estado do conhecimento. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**. Mossoró, v. 7, n. 24, 2021.

TENFEN, D. N.; TENFEN, W. O modelo atômico de Bohr e as suas limitações na interpretação do espectro do átomo de hélio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.34, n.1, p.216-235, 2017.

VIDEIRA, A. A. P. Algumas observações históricas e epistemológicas sobre o conceito de átomo clássico. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n. 10, p. 13–20, 1993.

VYGOTSKY, L. **A construção do pensamento e da linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 2010.

RESUMO

O modelo de perfil conceitual define que um indivíduo pode apresentar diferentes compreensões sobre um conceito e que cada um destes entendimentos formará uma das zonas do perfil do assunto. Sob este referencial, a aprendizagem seria a utilização da zona adequada a cada contexto, a tomada de consciência. O objetivo do estudo foi investigar a evolução conceitual sobre o átomo em estudantes do Ensino Médio, assim foram analisadas as produções dos participantes durante uma sequência de ensino com quatro experimentos, que abordaram os modelos atômicos e a espectroscopia. Como resultado foi observado que a realização das atividades propiciou a evolução conceitual, haja vista que os estudantes empregaram os estágios científicos de átomo quando as questões mobilizaram estas zonas do perfil, porém a emergência de estágios pré-científicos, como o estágio substancialista, foi uma limitação, pois trata-se de uma zona insuficiente para explicar algumas das situações. Sendo assim, o desafio que cabe ao professor que trabalha com este referencial é, por meio de sua mediação, propiciar a tomada de consciência dos estudantes.

Palavras-chave: Experimentação; Modelos de Aprendizagem; Processo de Ensino Aprendizagem.

RESUMEN

El modelo de perfil conceptual establece que un individuo puede tener diferentes comprensiones sobre un concepto y que cada una de estas comprensiones formará una de las zonas del perfil del tema. Según este enfoque, el aprendizaje consistiría en la utilización de la zona adecuada para cada contexto, lo que implica una toma de conciencia. El objetivo del estudio fue investigar la evolución conceptual sobre el átomo en estudiantes de la Enseñanza Secundaria. Para ello, se analizaron las producciones de los participantes durante una secuencia didáctica que incluyó cuatro experimentos relacionados con los modelos atómicos y la espectroscopia. Como resultado, se observó que la realización de las actividades propició una evolución conceptual, ya que los estudiantes emplearon las etapas científicas del concepto de átomo cuando las cuestiones activaron estas zonas del perfil. Sin embargo, la aparición de etapas pre-científicas, como la etapa sustancialista, representó una limitación, ya que esta zona resulta insuficiente para explicar algunas situaciones. De este modo, el desafío que corresponde al docente que trabaja con este referencial es, a través de su mediación, propiciar la toma de conciencia de los estudiantes.

Palabras clave: Experimentación; Modelos de Aprendizaje; Proceso de Enseñanza-Aprendizaje.