

## A VISUALIZAÇÃO INTERPRETATIVA COMO AVALIAÇÃO DO ENSINO APRENDIZAGEM DOS MODELOS ATÔMICOS

Helen Clemes Cardoso e Tatiana da Silva

**RESUMO:** O ensino de ciências está pautado na abordagem de modelos que apresentam elevado grau de abstração, o que requer envolver os estudantes em atividades que os oriente para a compreensão desses modelos. Assim, diferentes ferramentas virtuais são desenvolvidas para subsidiar o processo de ensino por meio de experiências. Entretanto, sem uma perspectiva teórica voltada para as questões visuais, essas atividades acabam desempenhando um papel meramente ilustrativo. A visualização no ensino de ciências, trata justamente das experiências visuais a partir dos objetos de visualização, entendendo que a partir destes são construídas as visualizações interpretativas. O presente estudo está pautado na proposição e aplicação de uma sequência didática, ancorada na exploração de duas simulações virtuais baseada nos aspectos da visualização. O objetivo é conhecer qual a contribuição dos objetos de visualização, presentes na simulação, para a construção da visualização interpretativa externalizada pelos estudantes em seus diagramas apresentados na resolução das atividades.

**Palavras-chave:** visualização interpretativa, objetos de visualização, simulação no ensino, ensino de ciências

## INTRODUÇÃO

Ensinar ciências pressupõe envolver os estudantes em atividades que abarquem a discussão de modelos científicos, que carregam consigo pensamentos abstratos e concepções imateriais. Um modelo pode ser definido como uma construção imaginária (REIS, 2015 *apud* Guevara e Valdez, 2004). Assim, o principal objetivo de ensino, em um panorama geral, é envolver os estudantes em atividades que os auxiliem a compreender as explicações contidas nos modelos abordados, independente se em contexto escolar ou cotidiano. A aprendizagem de modelos científicos exige diferentes graus de abstração, o que faz com que as metodologias de abordagem e o desenvolvimento de atividades sejam construídos de modo particular para cada um deles. As explicações oferecidas por determinados modelos permeiam diferentes áreas e favorecem a construção de outros conceitos como, por exemplo, os modelos atômicos, abordados em áreas, como física e química, e se apresentam como importantes para a compreensão de outros conteúdos. Além de envolver os estudantes em um processo de compreensão que exige alta habilidade de abstração.

Dificuldades de ensino relacionadas aos modelos atômicos foram relatadas na literatura por diferentes autores. Em alguns casos essa situação se apresenta devido a abordagem realizada pelo professor como, por exemplo, quando os modelos atômicos são apresentados “[...] como representações não problemáticas da natureza, sem o reconhecimento explícito de que o que está sendo discutido são modelos. Frequentemente, o escopo, as limitações ou os papéis desses modelos não são apresentados aos alunos” (ADBO e TABER, 2009, p.758).

Entre as representações imagéticas mais utilizadas no ensino para abordar esse conteúdo, se destacam as imagens bidimensionais estáticas, simulações e vídeos, e analogias (NETZELL, 2014). Entretanto, a forma como estas abordagens são conduzidas, em um panorama dos resultados encontrados na literatura<sup>1</sup>, sugere que os objetivos almejados não estão sendo alcançados como o esperado. Estudos mostram que os estudantes, de modo geral, apresentam modelos atômicos híbridos, sem reconhecer os limites de cada modelo. Assim como, a concepção de que é possível enxergar o átomo por meio de microscópio, considerando que as figuras pictóricas construídas com o intuito de ensinar, são fiéis e apresentam as características do átomo ‘real’. “Os alunos pensam que os cientistas viram átomos, então sua atitude em relação aos diagramas gerados por especialistas e aos diagramas que eles veem nos livros didáticos, na sala de

---

<sup>1</sup> Os resultados aqui apresentados provem de revisão bibliográfica realizada como etapa da pesquisa de tese em andamento ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, assim como o estudo aqui apresentada.

aula, na TV e assim por diante, é tal que eles podem muito bem vê-los como ‘o coisa real’” (HARRISON E TREAGUST, 1996, p. 521). Essa percepção acarreta na construção do conceito de que os átomos possuem, de fato, as características apresentadas nos diagramas usados no ensino, como por exemplo, coloração a qual é utilizada para representá-lo, sendo que, o material formado pelo átomo representado apresentará sua coloração (NETZELL, 2014 *apud* ALBANESE E VINCENTINI, 1997).

Os estudos relacionados a esse conteúdo encontram ainda construções de diagramas, por parte dos estudantes, com as mesmas características, descrevendo os mesmos pontos pertencentes aos modelos. “Os átomos têm uma estrutura tridimensional redonda com grandes núcleos imóveis cercados por elétrons em movimento. Dentro do núcleo, encontramos prótons e nêutrons. Existem números iguais de prótons e elétrons para manter o átomo em equilíbrio.” (ADBO e TABER, 2009, p. 770), o que sugere que os estudantes raramente constroem diagramas pautados em conceitos e modelos mais complexos, como os modelos quânticos atuais.

Outro fator relevante, destacado em estudos, está no processo de transição entre as imagens que apresentam os diferentes modelos atômicos. É importante que haja a manutenção das analogias feitas para determinadas características que se apresentam nos distintos modelos como, por exemplo, a manutenção da coloração do próton. Esse aspecto é importante para que os estudantes possam compreender o que está sendo apresentado a ele, favorecendo o desenvolvimento da habilidade de transição entre os modelos e imagens (NETZELL, 2014). Ou seja, auxiliar no processo de construção conceitual e, também, na alfabetização visual do estudante. Entretanto, apesar da existência dessa ressalva, com base nos resultados de aprendizagem discutidos em estudos da área, referentes às metodologias até então implementadas, pode-se dizer que os estudos não superaram esse aspecto educacional negativo, considerando que, no geral, os diagramas dos estudantes ainda apresentam modelos híbridos reforçando as mesmas características. Assim, é necessário embasamento teórico que oriente a abordagem dos modelos atômicos que entenda a relevância das experiências visuais dos estudantes no ensino de ciências, assim como o processamento cognitivo desses momentos de ensino.

De modo geral, as experiências visuais no ensino têm sido favorecidas a partir de atividades virtuais, como simulações e animações, para explorar gama variada de modelos científicos. Essas atividades, foram empregadas no ensino com grande entusiasmo, com o intuito de auxiliar os estudantes a experienciar visualmente um dado conceito ou modelo

demasiadamente abstrato, que sem o auxílio da atividade não seria possível. Entretanto, há ressalvas quanto a esse entusiasmo, sugerindo cautela no uso de modo desorientado sob pena de não alcançar os objetivos esperados. Araújo e Veit (2008) salientam que em muitos casos, os professores, ao utilizarem atividades virtuais, partem do “[...] falso pressuposto que certas representações visuais ‘falam por si’ e que assim como somos capazes de enxergar os conteúdos físicos que as embasam, os alunos de pronto também o podem, bastando visualizá-las para que o entendimento do conteúdo emerja” (p.4). Ou seja, parece ser fundamental pensar de forma consciente os objetivos do uso da atividade virtual selecionada e considerar uma base teórica que oriente esse processo.

Neste contexto, a visualização no ensino de ciências, que busca compreender e entender o papel das experiências visuais com base em apresentações imagéticas e direcionar as práticas de ensino de ciências, se apresenta como suporte teórico capaz de auxiliar na construção de uma proposta didática. No cenário aqui exposto, pensar uma sequência didática (SD) voltada para a abordagem do conteúdo de modelos atômicos, pautado no uso de uma atividade virtual que favoreça a experiência visual dos estudantes, baseada nos preceitos da visualização, se mostra um estudo fundamental de contribuição à área. Considerando ainda, que a visualização é capaz de orientar a metodologia e sua respectiva avaliação, considerando as externalizações (visualização interpretativa) construídas pelos estudantes ao solucionarem problemas.

Entende-se que a visualização, especificamente, os objetos de visualização (OV), são capazes de orientar atividades virtuais de simulação que poderão apresentar construções imagéticas para uma compreensão sobre os modelos atômicos e consigam construir diagramas e explicações que sejam cientificamente corretas de acordo com as previsões de cada modelo.

Considerando todos as concepções destacadas na literatura, a relevância da construção de uma exploração de atividade virtual pautada em preceitos teóricos, e os direcionamentos cognitivos da visualização, questões centrais direcionam esse estudo: *Como os OV podem promover a visualização interpretativa dos modelos atômicos em estudantes no ensino médio? De que modo o uso da simulação para exploração dos OV pode ser abordado para promover a visualização interpretativa de modelos atômicos no ensino médio?*

## **VISUALIZAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Os processos cognitivos relacionados à abstração decorrente das experiências visuais, estão alicerçadas no conceito da visualização no ensino de ciências, que têm como foco estabelecer uma inter-relação entre as representações pictóricas concretas e o processo de abstração das mesmas, orientando as ações construídas e oferecidas aos estudantes que podem auxiliar no processo de ensino. Esse processo de visualizar, ou seja, de construir representações

imagéticas e significá-las, ocorre na cognição (domínio interno) a partir do mundo concreto onde estão as representações pictóricas (domínio externo). Essa relação entre domínio interno e externo (processo de abstração) pode ser entendida como aprendizagem (MNGUNI, 2014).

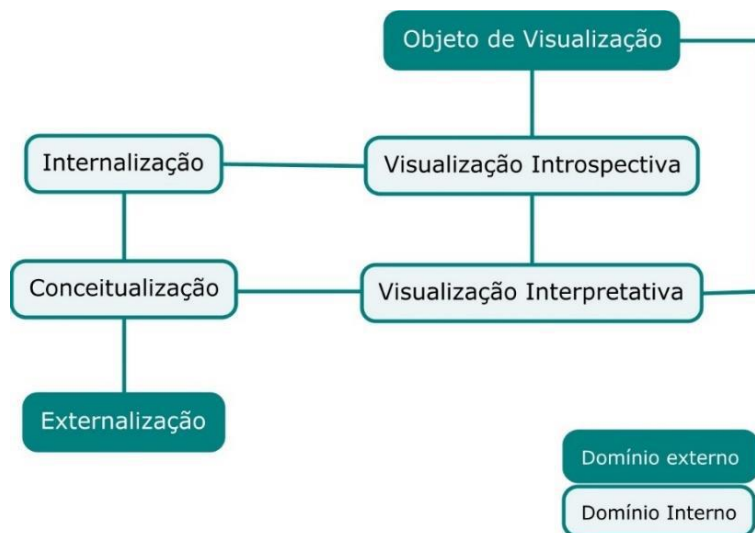
Considerando essa perspectiva, Mnguni (2014) destaca que o processamento de informações visuais se dá a partir de três momentos basilares: a internalização, a conceitualização e a externalização. A internalização e a conceitualização são etapas associadas ao domínio interno (a cognição), e despontam das experiências visuais dos estudantes, na qual o ensino de ciências interfere continuamente por meio das metodologias de exploração de diferentes ferramentas e atividades. Nesse cenário, a visualização destaca o papel, que são definidos como construções representacionais físicas que podem ser vistas e compreendidas “[...] por uma pessoa para o propósito de compreender outra coisa que não o próprio objeto” (PHILLIPS *et al.*, 2010, p. 26), ou seja, para compreensão de um dado conceito e modelo.

Esses objetos podem e devem ser explorados em atividades e ferramentas de ensino, com o intuito de orientar, favorecer e ampliar as experiências visuais oferecidas aos estudantes. Há uma gama de objetos de visualização, - Diagrama Esquemático (DE); Tabela (T); Gráfico(G); Informação Textual (IT); Simbólico Numérico (SN); Pictórico (P); Animação (ANI); Simulação (S); Analogia (ANA); Realista (R); Interatividade (I); Domínio de Validade (DV) -, o que possibilita a construção de diferentes metodologias de exploração, alinhadas aos objetivos de ensino. A partir desses objetos, os estudantes constroem suas visualizações introspectiva e interpretativa sobre o conceito/modelo, de forma individual (domínio interno) por meio de uma construção imagética (visualização introspectiva/internalização) relacionando a essa construção um significado (visualização interpretativa/conceitualização).

Posteriormente, esses processos cognitivos resultam na externalização, no formato de diagramas e explicações, construídos no momento em que os estudantes buscam soluções para atividades, o que oferece um espaço avaliativo sobre a habilidade visual dos mesmos, considerando o modo como estes exploram, em um dado grau de domínio explicativo, os objetos de visualização em sua resolução. A figura 1 apresenta a sistematização dos conceitos, suas relações e como os processos cognitivos da visualização podem ser compreendidos. É importante salientar que não é defendida uma linearidade nos acontecimentos, e sim que o ensino almeja explorar significativamente os objetos, para que os estudantes consigam passar por essas experiências e processos ao ponto de que os mesmos externalizem suas visualizações

interpretativas. A habilidade visual deve ser desenvolvida continuamente em diferentes atividades promovendo a alfabetização visual dos estudantes.

**Figura 1 - Esquema sobre a associação entre a visualização e suas etapas cognitivas com base em Phillips *et al.* (2010) e Mnguni (2014).**



**Fonte:** Elaborada pelas autoras.

Assim, alicerçados nos processos cognitivos da visualização, na necessidade de uma exploração de uma atividade virtual que supere o entusiasmo, e nas dificuldades apresentadas na literatura sobre os modelos atômicos, o presente estudo propõe uma SD, partindo da exploração de objetos de visualização de duas simulações virtuais, considerando a metodologia de aplicação e avaliação sob a ótica da visualização, em específico, a visualização interpretativa.

## **EXPLORAÇÃO DOS OBJETOS DE VISUALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA VISUALIZAÇÃO INTERPRETATIVA**

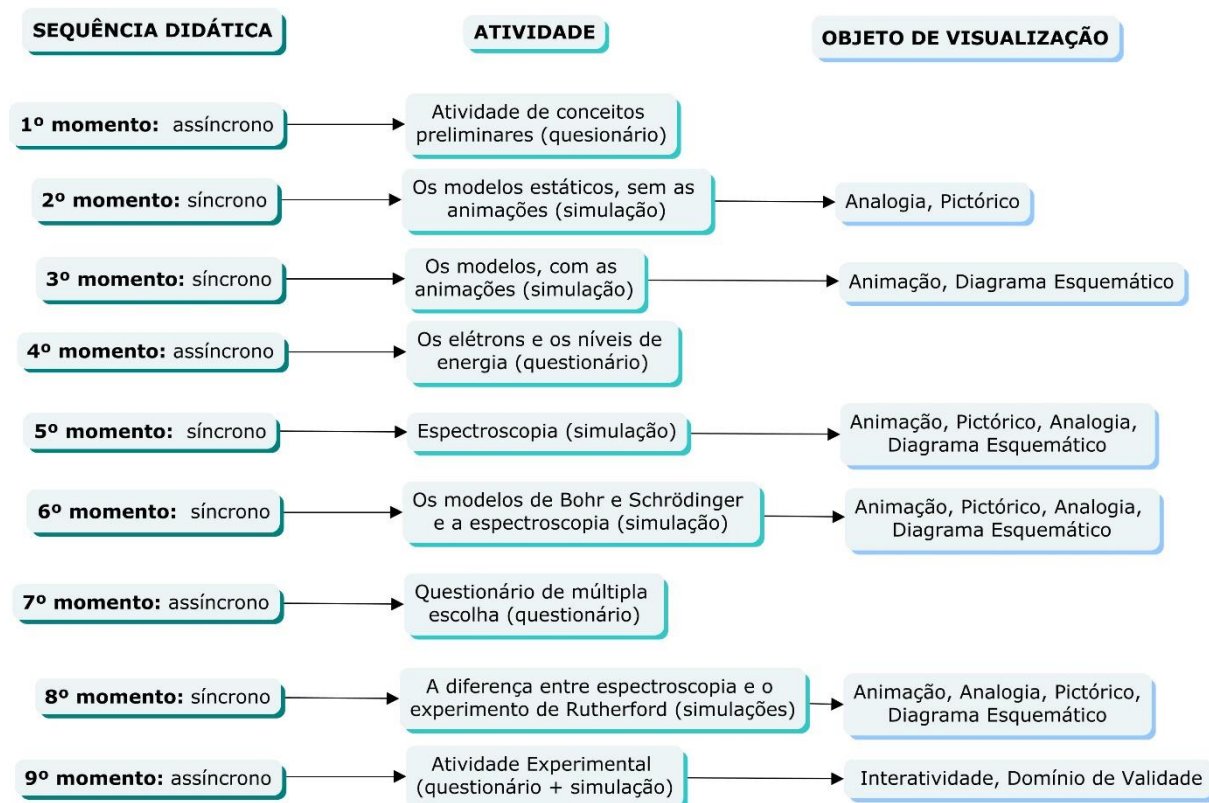
Para a construção da SD foram selecionadas duas simulações desenvolvidas e disponibilizadas gratuitamente pelo grupo PheET Interactive Simulation (University Colorado of Boulder), sendo a simulação Modelos do Átomo de Hidrogênio e Dispersão de Rutherford. A seleção dessas simulações foi pautada nas possibilidades de objetos de visualização presentes que abordam o tema de modelos atômicos, sendo que essas foram desenvolvidas justamente para o ensino considerando já a preocupação em oferecer uma simulação correta cientificamente e, também, voltada para barreiras de ensino relacionadas ao tema, que são de conhecimento do grupo desenvolvedor.

A SD está estruturada para aplicação na modalidade *online*, contemplando momentos síncronos e assíncronos para as atividades e está direcionada a estudantes de primeiro ano do



ensino médio na disciplina de química, no qual curricularmente o conteúdo já está previsto<sup>2</sup>. No entanto, a sequência pode ser aplicada também em outros níveis de ensino e disciplinas, adequações podem ser feitas pelo professor. Em linhas gerais, a SD proposta nesse estudo está pautada em dois aspectos centrais que norteiam as decisões metodológicas, sendo: (i) a exploração dos objetos de visualização de forma gradual, assim como das funções presentes na simulação, para evitar a sobrecarga de informação para os estudantes e poder direcionar ao foco principal da experiência visual desejada; e (ii) avaliar continuamente o desenvolvimento conceitual e visual dos aprendizes durante a abordagem do conteúdo por meio de suas externalizações nas atividades (questionários mistos). Na figura 2 são destacados os nove momentos de ensino (síncronos e assíncronos), quais atividades serão desenvolvidas e quais objetos de visualização são explorados em cada um desses momentos.

**Figura 2 – Estrutura da sequência didática.**



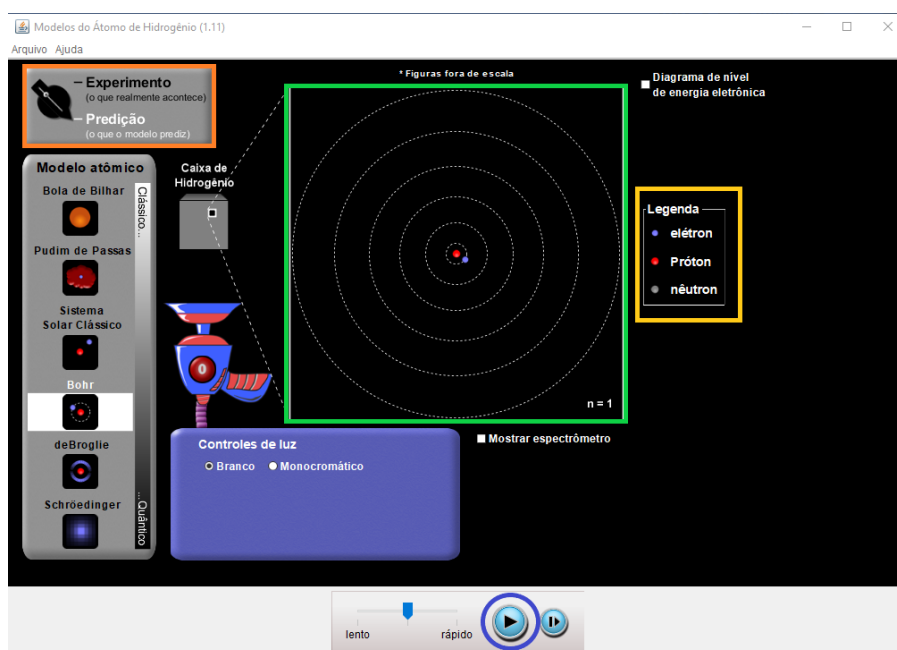
Fonte: Elaborada pelas autoras.

Os encontros síncronos contemplam o uso das simulações selecionadas, cada encontro está centrado na exploração de objetos de visualização selecionados de acordo com o objetivo

<sup>2</sup> A sequência será aplicada no mês de Maio/2021, e já passou por avaliação e aprovação no comitê da Universidade Federal de Santa Catarina, ao qual esta pesquisa está associada.

da aula. Durante a abordagem esses objetos serão destacados através da fala do professor, fazendo com que os estudantes direcionem suas experiências visuais para o objeto desejado. Esse processo auxilia também na exploração das funções da simulação utilizada, evitando a dispersão no uso e a não compreensão da ferramenta. No primeiro momento, os estudantes terão de responder à atividade sobre conceitos preliminares, sem qualquer contato com a simulação. No segundo momento, o objetivo é falar das características gerais dos modelos atômicos na simulação como, por exemplo, as cores para representar as partículas subatômicas através do OV analogia (retângulo amarelo da figura 3) e a forma representacional para cada modelo estudado (OV pictórico, quadrado verde da figura 3), oferecendo uma percepção histórica e conceitual. Nesse momento a função *play* (círculo azul da figura 3) da animação não será ativada, para evitar sobrecarga de informações visuais. Um exemplo da exploração da simulação do segundo momento da sequência pode ser visto na Figura 3.

**Figura 3 – Simulação Modelos do Átomo de Hidrogênio (OV pictórico e analogia).**

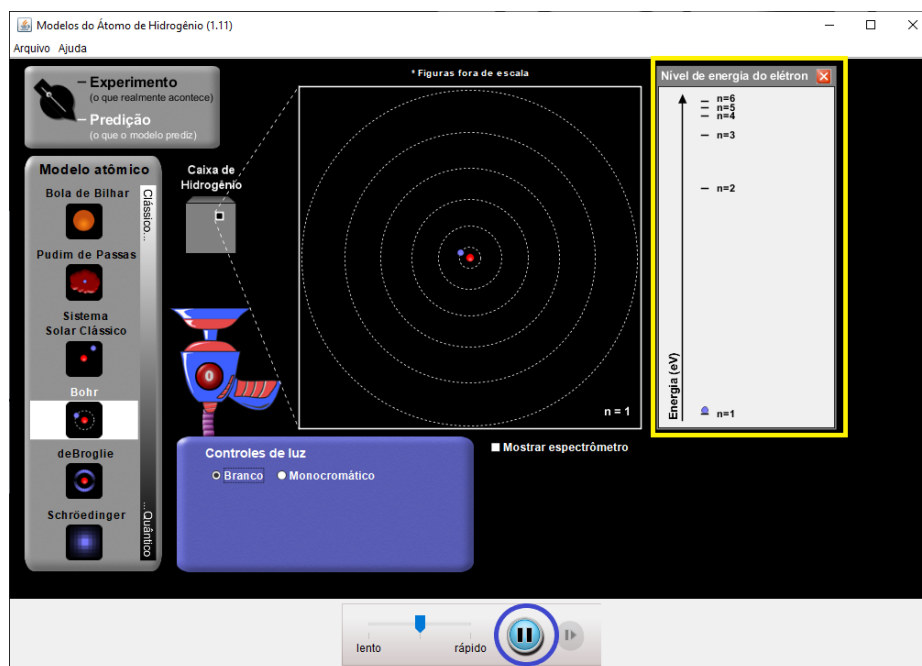


**Fonte:** Imagem estática da simulação editada pelas autoras.

No terceiro momento, a função *play* será ativada, oferecendo o OV animação por meio do movimento do elétron. O objetivo é abordar a modificação na compreensão do movimento do elétron ao longo do tempo e relacioná-lo ao conceito de níveis de energia, por meio da opção de diagrama de níveis de energia (OV diagrama esquemático, retângulo amarelo da figura 4) que será mostrada, como podemos ver na Figura 4, e anteriormente havia sido deixada desativada.



Figura 4 – Simulação Modelos do Átomo de Hidrogênio (OV animação e diagrama esquemático).



Fonte: Imagem estática da simulação editada pelas autoras.

Essa exploração gradual dos objetos de visualização é pensada com o intuito de orientar a experiência visual dos estudantes, sem sobrecarregá-los com informações desnecessárias em cada etapa. Cada OV foi selecionado pensando em uma abordagem gradual dos modelos, assim como da própria simulação, ultrapassando a utilização baseada no entusiasmo.

Em quatro momentos assíncronos, os estudantes irão solucionar quatro diferentes atividades (questionários) nas quais terão que construir explicações (externalizações) por meio de diagramas e texto. Essas respostas serão avaliadas sob a perspectiva da visualização, com o intuito de acompanhar o desenvolvimento das habilidades visuais e de construção cientificamente corretas dos conceitos. Ao final da sequência (nono momento) os estudantes terão de responder às questões do primeiro questionário e, ainda, uma questão na qual terão de utilizar a simulação (exploração dos OV interatividade e domínio de validade que está relacionado aos limites de explicação do modelo). A avaliação central está na visualização interpretativa inferida a partir da comparação das externalizações construídas pelos estudantes no primeiro questionário e no último (respectivamente primeiro e nono momento). Os outros dois questionários ajudam a balisar essa análise, e oferecem espaços de reflexão sobre os modelos atômicos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visualização é um alicerce teórico indispensável para se pensar as experiências visuais que desempenham papel fundamental na aprendizagem de ciências. Os objetos de visualização oferecem vastas possibilidades metodológicas com diferentes combinações de exploração, principalmente, no que tange abordagens pautadas em atividades virtuais. E, para além de um norteador metodológico, os processos cognitivos (internalização, conceitualização e externalização) balisam também a avaliação de aprendizagem quando entendemos que os objetos de visualização se fazem presentes em externalizações dos estudantes (visualização interpretativa). Esse cenário, se torna ainda mais benéfico quando seus preceitos embasam desde os objetivos de ensino até as atividades avaliativas exploradas.

## REFERÊNCIAS

ADBO, K.; TABER, K. S. Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter: A study of 16-year-old Swedish science students. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 6, p. 757-786. 2009.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Interatividade em recursos computacionais aplicados ao ensino-aprendizagem de física. *In: Anais da 14ª Jornada Nacional de Educação*. Santa Maria: Editora da Unifra. SN, p. 1-10. 2008.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry. **Science Education**, v. 80, n. 5, p. 509-534. 1996.

MNGUNI, The theoretical cognitive process of visualization for science education. **SpringerPlus**, v.3, n.184, p. 1-9. 2014.

NETZELL, E. **Using models and representations in learning and teaching about the atom: A systematic literature review**. 2014. 70p. Projeto básico de graduação (Graduação em Física) – Departamento de Física, Química e Biologia, Universidade de Linköpings, Linköpings, 2014.

PHILLIPS, L. M.; NORRIS, S. P.; MACNAB, J. N. **Visualization in Mathematics, reading and science education**. Ed CIDADE Springer, 2010. *E-book* 120p. DOI 10.1007/978-90-481-8816-1. Disponível em: <https://www.springer.com/gp/book/9789048188154>. Acesso em: 13 mar. 2021.

REIS, J. M. C. **Obstáculos epistemológicos: Implicações na aprendizagem do conceito de átomo**. 2015. 175p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.