

## REPRESENTAÇÕES VISUAIS DIGITAIS COMO MEDIADORES EPISTÉMICOS EM TAREFAS DE FÍSICA E QUÍMICA

DIGITAL VISUAL REPRESENTATIONS AS EPISTEMIC MEDIATORS IN TASKS IN PHYSICS AND  
CHEMISTRY

REPRESENTACIONES VISUALES DIGITALES COMO MEDIADORES EPISTÉMICOS EN TAREAS DE  
FÍSICA Y QUÍMICA

**Carla Vilela Alves<sup>1</sup>, Ana Edite Cunha<sup>1</sup>, Isabel Cristina Sousa<sup>1</sup> & Maria Fátima Moura<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Escola Secundaria São Pedro, Vila Real, Portugal

carlavilelaalves@gmail.com

**RESUMO** | Este estudo analisa o papel das representações visuais digitais como mediadores epistémicos na aprendizagem de Física e Química no ensino secundário. Parte da ideia de que estas representações não são apenas ilustrativas, mas instrumentos essenciais para a construção e validação do conhecimento científico. Foram implementadas tarefas com simulações PhET em três turmas, promovendo exploração e interpretação de fenómenos científicos, no âmbito de uma formação sobre abordagens investigativas. A análise baseia-se em Saraiva (2017) e numa tipologia das funções das representações visuais. Os dados incluíram fichas dos alunos, registos escritos e pré e pós-testes. Os resultados mostram que, com tarefas estruturadas e mediação docente intencional, as representações podem assumir estatuto epistémico, melhorando a interpretação, a articulação simbólica e o uso de evidências. Conclui-se que esse estatuto depende da articulação entre tarefa, mediação docente e ação dos alunos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Práticas epistémicas, Representações visuais digitais, Mediação do Professor, Construção conceptual, simulações PhET.

**ABSTRACT** | This study examines digital visual representations as epistemic mediators in secondary school Physics and Chemistry learning. It is based on the view that these representations are not merely illustrative, but essential tools for constructing and validating scientific knowledge. Tasks using PhET simulations were implemented in three classes, promoting exploration and interpretation of scientific phenomena within a teacher training context on inquiry-based approaches. The analysis draws on Saraiva (2017) and a typology of visual representation functions. Data included students' worksheets, written records, and pre- and post-tests. Results show that, when embedded in structured tasks with intentional teacher mediation, representations can acquire epistemic status, improving students' interpretation, symbolic integration, and use of evidence. It is concluded that this status depends on the interaction between task design, teacher mediation, and students' interpretative activity.

**KEYWORDS:** Epistemic practices, Digital visual representations, Teacher mediation, Conceptual construction, PhET simulations.

**RESUMEN** | Este estudio analiza las representaciones visuales digitales como mediadores epistémicos en el aprendizaje de Física y Química en secundaria. Parte de la idea de que no son solo ilustraciones, sino herramientas fundamentales para construir y validar conocimiento científico. Se aplicaron tareas con simulaciones PhET en tres clases, promoviendo la exploración e interpretación de fenómenos científicos en el marco de una formación sobre enfoques de indagación. El análisis se basa en Saraiva (2017) y en una tipología de funciones de las representaciones visuales. Los datos incluyeron fichas del alumnado, registros escritos y pruebas iniciales y finales. Los resultados muestran que, con tareas estructuradas y mediación docente intencional, las representaciones pueden adquirir estatuto epistémico, mejorando la interpretación, la integración simbólica y el uso de evidencias. Se concluye que este estatuto depende de la interacción entre tarea, mediación docente y actividad del alumnado.

**PALABRAS CLAVE:** Prácticas epistémicas, Representaciones visuales digitales, Mediación del profesorado, Construcción conceptual, Simulaciones PhET.

## 1. INTRODUÇÃO

No ensino das ciências, a aprendizagem de conceitos abstratos requer frequentemente o uso de representações que tornem visíveis fenómenos e relações não diretamente observáveis. Em Física e Química, modelos, esquemas, gráficos, animações e simulações apoiam a compreensão de fenómenos como a estrutura da matéria, mudanças de estado ou circuitos elétricos. No entanto, estas representações não geram compreensão por si só, dependendo do modo como são introduzidas e exploradas em tarefas que envolvem observação, comparação, inferência e justificação. Neste contexto, as representações visuais podem assumir um estatuto epistémico, funcionando como instrumentos de construção, transformação e validação do conhecimento, para além de recursos ilustrativos. O seu uso promove competências como explicação, argumentação e comunicação científica (Sandoval et al., 2000; Saraiva et al., 2015), apoiando também a mediação docente nos processos de orientação e regulação da aprendizagem (Saraiva, 2017; Saraiva, Lopes, & Cravino, 2018).

O modo como estas representações são introduzidas influencia diretamente o trabalho epistémico dos alunos (Reveles, Cordova, & Kelly, 2004), exigindo decisões pedagógicas informadas sobre a sua utilização (Saraiva, 2017; Kapon, Laherto, & Levrini, 2023).

A integração de tecnologias digitais ampliou o acesso a representações interativas, como simulações PhET, que permitem manipular variáveis e observar efeitos em tempo real. Quando usadas em tarefas estruturadas, estas simulações favorecem a exploração conceptual e o raciocínio visual (Rahmawati et al., 2022; Wieman, Adams, & Perkins, 2020). Contudo, o seu potencial depende da mediação pedagógica, uma vez que o uso não orientado pode não melhorar a aprendizagem e até reforçar conceções alternativas (Finkelstein et al., 2005; Rau, 2018). Estudos recentes reforçam que as simulações digitais têm maior potencial educativo quando usadas para construção de sentido, resolução de problemas e modelação, e não apenas como demonstrações visuais, promovendo compreensão epistémica e investigação produtiva (McLaughlin, 2025; Tong et al., 2024).

É neste enquadramento que se insere o presente estudo, desenvolvido em aulas de Física e Química do ensino secundário com recurso a simulações computacionais, no âmbito da ação de formação “Simulações Interativas do PhET nas Práticas de Ensino de Física por Abordagens Investigativas”, realizada na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e inspirado nos resultados da investigação desenvolvida por Saraiva (2017). O estudo visa compreender de que forma as representações visuais digitais, articuladas com a mediação docente e a participação ativa dos alunos, podem assumir um papel de mediadores epistémicos na construção do conhecimento conceptual. Neste sentido, o estudo orienta-se pelas seguintes questões:

- 1) De que modo as práticas de mediação apoiadas em representações visuais promovem a aprendizagem conceptual dos alunos em Ciências?
- 2) Que estatuto assumem as representações visuais no contexto da sala de aula de Física e Química quando integradas em tarefas de exploração com recurso a simulações?

## 2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

No presente estudo, este enquadramento orientou a planificação de tarefas de Física e Química no ensino secundário, alinhadas com o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (DGE, 2017). As atividades integraram representações visuais digitais como ferramentas de construção conceptual, articulando exploração em simulação, registo escrito, discussão orientada e, nos circuitos elétricos, confronto com a montagem experimental. A análise centra-se não na presença de imagens digitais, mas nas condições pedagógicas do seu estatuto epistémico: intencionalidade da tarefa, mediação docente e ação interpretativa dos alunos.

A literacia visual envolve reconhecer códigos gráficos, selecionar informação e interpretar convenções disciplinares (Avgerinou, 2009; Felten, 2008; Yore & Hand, 2010), sendo essencial em Física e Química devido à natureza não observável de muitos conceitos.

As representações visuais não são neutras, pois incorporam escolhas que influenciam a interpretação (Kress & van Leeuwen, 1996; Lemke, 2000). A falta de literacia visual pode gerar leituras superficiais, sobretudo entre níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2003).

Estas representações apoiam a aprendizagem ao permitir acesso a fenómenos não observáveis, organização da informação e articulação entre linguagens (Prain & Waldrip, 2006; Ainsworth & Scheiter, 2018), mas dependem do modo de exploração. Podem ser ilustrativas ou epistémicas quando mobilizadas para formular hipóteses, analisar dados e justificar explicações (Sandoval et al., 2000; Saraiva, Lopes, & Cravino, 2018).

A integração digital amplia estas possibilidades, mas exige enquadramento pedagógico. As simulações permitem manipular variáveis e visualizar processos, mas não garantem aprendizagem sem tarefas estruturadas (Finkelstein et al., 2005; Rau, 2018). A sua eficácia depende da articulação entre problema, ação e discussão, com mediação docente intencional (Ainsworth et al., 2011; Saraiva, 2017; Wieman et al., 2020).

As simulações PhET, desenvolvidas pela University of Colorado Boulder, permitem explorar modelos dinâmicos e múltiplas representações (PhET Interactive Simulations, 2024; Wieman, Adams, & Perkins, 2020), representando processos não observáveis como fenómenos microscópicos ou circuitos elétricos. O seu potencial depende de objetivos conceptuais claros, transformação de observações em evidências e discussão fundamentada, podendo apoiar modelação, inferência e validação quando bem integradas.

## 3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

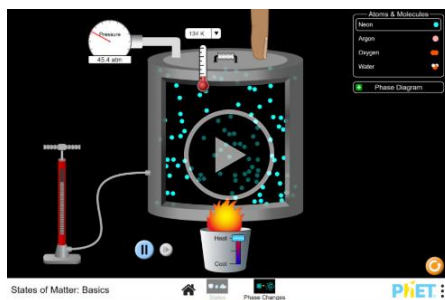
As práticas educativas desenvolvidas neste estudo foram implementadas no ensino secundário da disciplina de Física e Química, envolvendo uma turma do 2.º ano de um curso profissional e duas turmas do 10.º ano do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. Ambas as intervenções foram concebidas à luz do enquadramento teórico apresentado, assumindo as representações visuais digitais como mediadores do trabalho epistémico dos alunos e integrando-as em tarefas estruturadas de exploração.

No 2.º ano do curso profissional, a atividade incidiu sobre as mudanças de estado da matéria, partindo da questão-problema:

“O sol brilhava intensamente numa tarde de verão. Nas mãos de Maria, o gelado começou a derreter-se rapidamente. De que depende o decorrer dos diferentes estados físicos do gelado da Maria?”

Esta situação inicial procurou promover a necessidade de explicação científica e a mobilização de representações visuais como instrumentos de construção conceptual.

Recorreu-se à simulação States of Matter: Basics (PhET Interactive Simulations, 2024), cuja interface pode ser observada na Figura 1, que ilustra o ambiente digital explorado pelos alunos.



**Figura 1** Interface simulação States of Matter (PhET, 2024)

Após um momento inicial de exploração livre, os alunos manipularam a variável temperatura e observaram as transformações ao nível microscópico. A representação visual apresentada na Figura 1 foi utilizada como objeto de análise, permitindo interpretar, comparar e traduzir os fenómenos observados em linguagem científica. O guião de trabalho (ficha experimental) orientou o registo de observações, capturas de ecrã e justificações escritas, enquanto a mediação docente incidiu na clarificação conceptual e na sustentação argumentativa.

No 10.º ano do Curso Científico-Humanístico, a atividade centrou-se nos circuitos elétricos, iniciando-se com duas questões-problema:

“Quando se carrega no interruptor, acendem-se várias lâmpadas. Se uma fundir, as outras continuam acesas?” e “Construa um circuito com uma bateria, um interruptor e uma resistência. Qual a expressão da diferença de potencial em função das grandezas elétricas?”

A exploração conceptual foi realizada com recurso à simulação Circuit Construction Kit: DC – Virtual Lab (PhET Interactive Simulations, 2024), cuja interface é apresentada na Figura 2, representando o ambiente de modelação dos circuitos elétricos.

Os alunos formularam hipóteses, manipularam variáveis no ambiente virtual e analisaram as representações esquemáticas do circuito, visíveis na Figura 2, incluindo o fluxo de carga, o brilho das lâmpadas e os valores das grandezas elétricas. Estas representações funcionaram como mediadores simbólicos e operacionais, permitindo inferir, testar previsões e validar relações conceptuais. A posterior montagem de circuitos reais reforçou o confronto entre representação e evidência empírica, consolidando a construção conceptual.



**Figura 2** Interface simulação Circuit Construction Kit: DC – Virtual Lab (PhET, 2024)

As simulações assumiram um estatuto epistémico claro, integradas numa sequência estruturada que incluiu diagnóstico inicial, exploração, registo, discussão de evidências e avaliação final. As tarefas promoveram práticas epistémicas como questionar, interpretar, conceptualizar, justificar e validar ideias com base em representações, em coerência com o enquadramento teórico do estudo.

### **3.1 Estatuto atribuído às representações visuais digitais usadas pelos alunos**

A avaliação da implementação centrou-se na análise do estatuto assumido pelas representações visuais digitais no desenvolvimento das tarefas de física e química e na evolução conceptual evidenciada pelos alunos. Para orientar esta análise, mobilizou-se a tipologia de funções das representações visuais proposta por Saraiva (2017), sistematizada na Tabela 1. Esta foi construída como instrumento de análise, permitindo relacionar cada função da representação com o seu propósito didático e com o respetivo impacto cognitivo e pedagógico. Assim, as funções referencial, comunicacional, de transmutação intersemiótica, infográfica e epistémica foram assumidas como categorias para interpretar os episódios observados na prática letiva.

Numa fase inicial, as simulações assumiram função predominantemente referencial, ao representarem fenómenos não diretamente observáveis. Tal verificou-se na exploração da organização microscópica da matéria com a simulação *States of Matter: Basics* e na análise de circuitos elétricos com *Circuit Construction Kit: DC - Virtual Lab*. À medida que as tarefas exigiram interpretação e justificação, as representações passaram a desempenhar função de transmutação intersemiótica, traduzindo constructos teóricos em visualizações manipuláveis. Quando os alunos relacionaram temperatura e comportamento das partículas ou inferiram relações entre resistência, corrente e diferença de potencial, as representações sustentaram inferências e validação conceptual, assumindo estatuto epistémico como mediadores simbólicos e, nos circuitos, também operacionais.

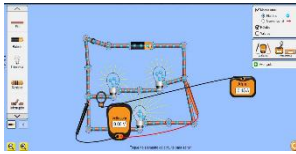
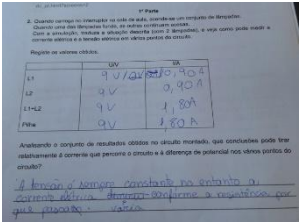
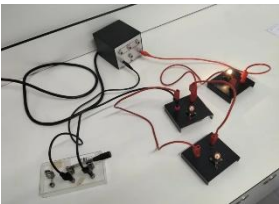
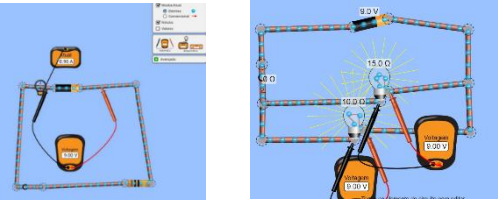
**Tabela 1- Funções das representações visuais associadas às intenções do emissor (adaptado de Saraiva, 2017).**


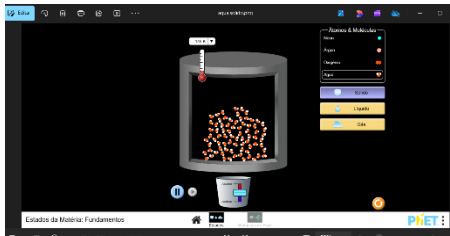
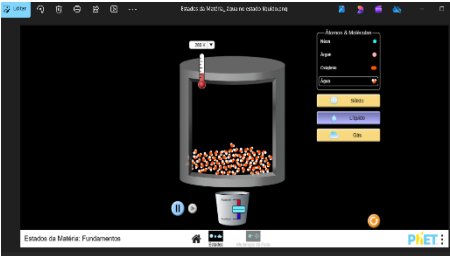

<b>Função</b>	<b>Definição e Propósito</b>	<b>Impacto Cognitivo e Pedagógico</b>
<b>Comunicacional</b>	Mobilização da atenção através de recursos estéticos, afetivos ou de impacto visual.	Potencia o <i>engagement</i> e direciona o foco do observador para aspetos específicos da mensagem.
<b>Referencial</b>	Substituição da realidade física por representações (fotos, ilustrações) para suprir a ausência do objeto real.	Otimiza recursos e tempo, mantendo a proximidade visual com o referente e facilitando a contextualização.
<b>Infográfica</b>	Organização simbólica de dados e factos em sistemas multimodais (gráficos, diagramas).	Promove a economia percetiva e a memorização através de uma leitura global e não-linear da informação.
<b>Intersemiótica</b>	Transmutação de conceitos teóricos para linguagens visuais (esquemas, modelos).	Auxilia a inteligibilidade e a conceptualização ao converter abstrações em estruturas espaciais organizadas.
<b>Epistémica<sup>1</sup></b>	Utilização da imagem como ferramenta mediadora para a construção e exploração de novo saber.	Permite a interação e a realização de operações mentais sobre o conhecimento, agindo como artefacto cognitivo.

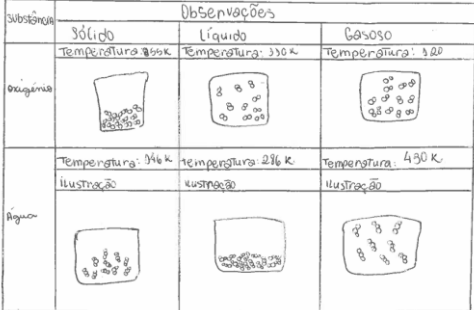
<sup>1A</sup> função epistémica pode acumular com qualquer das anteriores, tendo em conta o modo como uma dada representação é usada.

Para aprofundar esta análise, a Tabela 2 apresenta situações didáticas selecionadas a partir de excertos dos registos nas fichas experimentais, nas quais foram mobilizadas representações visuais digitais e registos produzidos pelos alunos. A seleção das situações teve como critério a diversidade de usos das representações: organização de dados, manipulação de variáveis, comparação entre simulação e experiência real, comunicação de resultados e construção de inferências. Assim, não se pretende apenas descrever episódios, mas evidenciar como uma mesma representação pode assumir diferentes funções didáticas consoante a intencionalidade da tarefa, a mediação docente e a ação dos alunos. A análise foi realizada com base na tipologia apresentada na Tabela 1, em particular nas funções infográfica, intersemiótica, comunicacional e epistémica.

**Tabela 2- Função Epistémica das Representações Visuais no Ensino da Física: Análise de Contextos Didáticos (adaptado de Saraiva, 2017).**

Excerto dos registos na ficha experimental	Descrição da Situação Didática	Função da Representação	Classificação do Estatuto
<p><b>10º Ano Turma A:</b> A Professora inseriu a tarefa colocando a questão: Há outro tipo de circuitos em que se fundir uma lâmpada todas as outras funcionam. Com a simulação repita o procedimento da questão anterior. Registe os dados obtidos numa tabela e relacione-os.</p>   <p>Construíram o circuito elétrico real e comparam os dados entre o real e o simulado [...]</p> 	<p>Utilização de tabela para organização de dados provenientes de simulação de circuitos elétricos, seguida de validação experimental com circuito real, permitindo estabelecer relações entre d.d.p. e intensidade da corrente.</p>	<p>Organização, comparação e validação de dados; suporte à inferência causal.</p>	<p>Evolução de mediador simbólico → operacional → epistémico</p>
<p><b>10º Ano Turmas A e D:</b> [...] “Este grupo está a ir bem? – Questiona a professora ao grupo. A Aluna disse que sim e mostrou os <i>print screens</i> do seu grupo. Figuras da simulação:</p> 	<p>Exploração de simulações com representações esquemáticas de circuitos, permitindo manipulação de variáveis (R, d.d.p., corrente) e análise de efeitos decorrentes de diferentes configurações.</p>	<p>Exploração de variáveis, interpretação simbólica e construção de relações conceptuais.</p>	<p>Mediador simbólico e operacional com progressão para epistémico</p>

Excerto dos registos na ficha experimental	Descrição da Situação Didática	Função da Representação	Classificação do Estatuto
<p><b>2º Ano Ensino Profissional:</b></p> <p>A Professora propôs tarefa desafio utilizando a simulação PhET.</p> <p>Seguidamente pede aos alunos para relacionarem os dados obtidos e, assim construírem conhecimento científico.</p> <p>Atividade prática:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crie um documento digital de modo a guardar as capturas do ecrã.</li> <li>2. Utilize o simulador indicado e explore a simulação.</li> </ol>	<p>Utilização de representação visual e tabelas para análise da entropia e da Segunda Lei da Termodinâmica, com base em dados simulados e interpretação de fenómenos físicos.</p>	<p>Organização de dados e suporte à construção de inferências sobre espontaneidade de processos.</p>	<p>Mediador simbólico com transição para epistémico</p>
 <p><a href="https://phet.colorado.edu/pt/simulations/states-of-matter-basics">https://phet.colorado.edu/pt/simulations/states-of-matter-basics</a></p>			
			
			
<p>Porque é que um cubo de gelo derrete espontaneamente à temperatura ambiente, mas a água líquida não se congela espontaneamente? (Use os conceitos de entropia e Segunda Lei da Termodinâmica na sua resposta).</p> <p>Apesar de haver igualmente conservação de energia, a Segunda Lei da Termodinâmica seria violada, uma vez que a entropia iria diminuir (quando a temperatura diminui as partículas ficam menos agitadas, diminuindo a desordem). Assim, verifica-se que a energia mais quente transita do corpo para o mais frio.</p> <p>Os Fundos Europeus mais próximos de si até ao atingido o equilíbrio térmico, para se verificar o aumento de entropia do sistema.</p> 			

Excerto dos registos na ficha experimental	Descrição da Situação Didática	Função da Representação	Classificação do Estatuto
<p><b>2º Ano Ensino Profissional:</b></p> <p>Tabela de registo de observações realizadas pelos alunos para comunicar as observações e fazer a síntese do trabalho desenvolvido:</p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/pt/simulations/states-of-matter-basics">https://phet.colorado.edu/pt/simulations/states-of-matter-basics</a></p>  <p>The image shows a hand-drawn table with two main rows: 'Oxigénio' and 'Água'. Each row has three columns for 'Sólido', 'Líquido', and 'Gásoso'. Above the columns is the heading 'Observações'. Each cell contains a temperature value and a hand-drawn illustration of particles. For 'Oxigénio': Sólido (300K, particles in a container), Líquido (330K, particles in a container), Gásoso (360K, particles in a container). For 'Água': Sólido (246K, particles in a container), Líquido (276K, particles in a container), Gásoso (430K, particles in a container). The word 'Ilustração' is written below the temperature values in each column.</p>	<p>Construção e partilha de tabelas pelos alunos, promovendo interação, confronto de ideias e validação colaborativa de resultados.</p>	<p>Comunicação, argumentação e validação coletiva do conhecimento.</p>	<p>Mediador simbólico com consolidação como epistémico</p>

A Tabela 2 mostra que o estatuto das representações visuais digitais não é fixo nem depende apenas do recurso utilizado. Nas situações relativas aos circuitos elétricos, por exemplo, as tabelas de registo começam por desempenhar uma função infográfica, ao organizarem valores de diferença de potencial, intensidade da corrente e resistência. Contudo, quando esses dados são comparados entre a simulação e o circuito real, a representação passa a sustentar inferências causais e validação experimental, adquirindo estatuto epistémico.

Do mesmo modo, os *print screens* e esquemas das simulações não funcionam apenas como imagens ilustrativas. Quando os alunos os utilizam para manipular variáveis, justificar respostas e discutir os efeitos de diferentes configurações de circuitos, estas representações assumem uma função operacional e conceptual. A sua função deixa de ser meramente simbólica e passa a apoiar a construção de relações entre grandezas físicas.

Nas situações do Ensino Profissional, as tabelas e representações visuais associadas à simulação PhET permitem organizar observações, relacionar dados e construir interpretações sobre entropia e espontaneidade dos processos. A partilha dessas tabelas entre alunos acrescenta ainda uma dimensão comunicacional e argumentativa, pois os registos são usados para confrontar ideias e validar coletivamente conclusões.

Deste modo, a análise das situações da Tabela 2 sustenta a afirmação de que representações visualmente semelhantes podem assumir funções distintas. Uma tabela pode ser apenas um instrumento de registo, mas pode também tornar-se mediadora da construção de conhecimento quando é usada para comparar, justificar, inferir e validar. Esta constatação reforça a importância da intencionalidade didática no desenho de tarefas, nomeadamente na definição do grau de manipulação, das questões orientadoras e das oportunidades de explicitação conceptual.

Identificaram-se também momentos em que a representação permaneceu ao nível referencial, sobretudo em explorações mais diretivas, confirmando que o estatuto epistémico

não é intrínseco ao artefacto digital, mas resulta da articulação entre tarefa, mediação docente e ação dos alunos.

#### 4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A comparação entre os dados dos questionários de pré e pós-teste, aplicados antes e após a intervenção, evidenciou progressos na interpretação de representações, na articulação entre sistemas simbólicos e na fundamentação das explicações dos alunos. Inicialmente, observavam-se dificuldades na relação entre temperatura e mudanças de estado, na distinção entre organização e agitação das partículas e no uso explicativo das representações. Após a intervenção, verificou-se maior precisão conceptual, integrando organização microscópica, movimento das partículas e variação de energia, bem como maior rigor na análise de relações entre grandezas elétricas, com evidências de transferência para novas situações. Os resultados indicam que as representações visuais digitais funcionaram como mediadores da construção de conhecimento quando integradas em tarefas estruturadas e acompanhadas de mediação docente intencional. O seu estatuto epistémico constrói-se na interação pedagógica, em coerência com o enquadramento teórico do estudo.

#### 5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

O estatuto epistémico das representações visuais tende a ser definido desde a introdução da tarefa e é fortemente condicionado pela mediação docente. O modo como o professor apresenta e mobiliza a representação influencia a interpretação, utilização e justificação dos alunos. A análise das interações em sala de aula mostrou que práticas de manipulação, problematização e explicitação conceptual favorecem a transição das representações de função ilustrativa para função epistémica.

Os resultados confirmam que o estatuto epistémico das representações não é inerente ao artefacto digital, mas construído na interação pedagógica. Esta conclusão é sustentada pelas interações em aula e pelos testes, que evidenciaram progressos na interpretação de representações, na articulação entre dados e conceitos e na fundamentação das respostas.

Representações visualmente semelhantes podem assumir funções distintas consoante o contexto didático. Tabelas, *print screens* e esquemas de simulação foram utilizados para organizar dados, explorar variáveis, validar resultados e construir inferências. Estes resultados reforçam a importância do desenho intencional das tarefas e da mediação intencional no desenvolvimento do potencial epistémico das representações visuais digitais.

#### REFERÊNCIAS

- Ainsworth, S., & Scheiter, K. (2018). Learning by generating visualizations: Mechanisms and consequences. In J. Dunlosky & K. Rawson (Eds.), *The Cambridge handbook of cognition and education* (pp. 450–486). Cambridge University Press.
- Almadrones, A. M., & Tadifa, C. A. (2024). Developing visual literacy in digital environments: A review. *International Journal of Educational Technology*, 15 (1), 101–115. <https://doi.org/10.1080/1051144X.2026.2627846>

- Avgerinou, M. D. (2009). Re-viewing visual literacy in the “bain d’images” era. *TechTrends*, 53(2), 28–34. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0264-z>
- Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K–12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 1(1), 010103.
- Kapon, S., Laherto, A., & Levrini, O. (2023). Promoting epistemic practices through representational work in physics education. *Science Education*, 107(1), 55–82. [https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5)
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (1996). *Reading images: The grammar of visual design*. Routledge.
- Lemke, J. L. (2000). Multimedia literacy demands of the scientific curriculum. *Linguistics and Education*, 10(3), 247–271.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1993). *Construção do conhecimento científico nas crianças: Representações e estruturas conceituais*. Dom Quixote.
- Lopes, B. (2004). *A construção do conhecimento em física nas aulas do ensino básico* [Dissertação de mestrado, Universidade do Minho]. <https://hdl.handle.net/1822/45377>
- Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Camilo, J. L., Silva, L., ... & Rodrigues, S. (2017). Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória. Ministério da Educação – DGE. <https://www.dge.mec.pt/perfil-dos-alunos>
- McLaughlin, G., & Farris, A. V. (2025). Toward an Epistemology of Simulation: Preservice Elementary Teachers’ Perspectives on Educational Simulations and Epistemic Agency in Science and Engineering. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 3123–3151. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10572-9>
- PhET Interactive Simulations. (2024). *States of matter: Basics*. University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu>
- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers’ and students’ use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843–1866.
- Pranata, G. (2023). Promoting conceptual understanding through interactive simulations: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 38, 100515. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100515>
- Rau, M. A. (2018). Conditions for learning with multiple visual representations: A review of research in STEM domains. *Educational Psychology Review*, 30(1), 1–38. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9431-3>
- Revels, J. M., Cordova, R., & Kelly, G. J. (2004). Science literacy and academic identity: A framework for understanding the academic and disciplinary identities of science learners. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3–18.
- Salame, I. I., & Makki, J. (2021). Using inquiry-based learning in chemistry to develop critical thinking skills. *Journal of Chemical Education*, 98(1), 43–49. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01364>
- Sandoval, W. A., Bell, P., Coleman, E., Enyedy, N., & Suthers, D. (2000). Designing knowledge representations for epistemic practices in science learning. *Cognition and Instruction*, 18(4), 347–398.
- Saraiva, E., Lopes, J. B., Cravino, J. P., Santos, C. A., & Cunha, A. E. (2015). Teacher mediation of students learning using visual representations displayed by computer simulations. In L. G. Chova, A. L. Martínez & C. Torres (Eds.), *INTED2015 Proceedings - 9th International Technology, Education and Development Conference* (pp. 4996-5005). IATED Academy.
- Saraiva, E. (2017). Estudo do papel da representação visual no contexto da mediação dos professores de ciências físicas. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real. <http://hdl.handle.net/10400.24/917>

- Saraiva, M., Lopes, B., & Cravino, J. (2018). As representações visuais na construção do conhecimento científico em sala de aula. *Indagatio Didactica*, 10 (4), 147–163. <https://doi.org/10.34624/id.v10i4.11185>
- McLaughlin, G. (2025). *Toward an epistemology of simulation: Preservice elementary teachers' perspectives on educational simulations and epistemic agency in science and engineering*. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10572-9>
- Tong, Y., Chen, G., & Chan, C. K. K. (2024). *A visual learning analytics approach for knowledge building: Impact on students' epistemic understanding of discourse, productive inquiry, and domain knowledge*. *British Journal of Educational Technology*, 55(2), 617–636. <https://doi.org/10.1111/bjet.13409>
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353–1368.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2020). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 368(6494), 344–345. <https://doi.org/10.1126/science.aba7354>
- Yore, L. D., & Hand, B. (2010). Epistemic agency, instrumentation, and distributed cognition in the learning and teaching of science. *International Journal of Science Education*, 32(1), 1–11.