

**UM ESTUDO COM ALUNOS DE 9º ANO SOBRE ENVOLVIMENTO E PRÁTICAS  
EPISTÉMICAS RECORRENDO A SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS**

**A STUDY WITH 9TH GRADE STUDENTS ON ENGAGEMENT AND EPISTEMIC PRACTICES USING  
COMPUTATIONAL SIMULATIONS**

**UN ESTUDIO CON ESTUDIANTES DE 9º GRADO SOBRE PARTICIPACIÓN Y PRÁCTICAS  
EPISTÉMICAS UTILIZANDO SIMULACIONES COMPUTACIONALES**

**Carla Alves<sup>1</sup>, Ana Edite Cunha<sup>1</sup>, Isabel Sousa<sup>1</sup>, Fátima Moura<sup>1</sup> & Nonato Medeiros<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Escola Secundária São Pedro, Portugal

<sup>2</sup>Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Portugal

carlavilelaalves@gmail.com; anaedite1@sapo.pt; isabelsousa@saopedro.pt; fatimacoelho@saopedro.pt;  
nonatojinior@escolar.ifrn.edu.br

**RESUMO** | Neste trabalho, pretende-se identificar e descrever as características das práticas epistémicas dos alunos e do seu envolvimento produtivo, durante o uso de simulações computacionais (SC). O estudo foi realizado com 140 alunos de nono ano de escolaridade em aulas de física e química com a utilização de SC. Foi feito o acompanhamento através de uma ficha experimental semiaberta. Os resultados permitem compreender como os alunos se envolvem produtivamente e as principais práticas epistémicas (PE) que emergem desta implementação. Verificou-se que apareceram PE de elevado nível, como: questionar conceptualmente; conceptualizar; manusear conceptualmente; avaliar criticamente; comunicar autonomamente, etc. O uso das SC no ensino das Ciências é uma mais-valia para explorar conteúdos que exigem uma abstração maior permitindo que os alunos se envolvam autonomamente e aprendam mais e melhor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Autonomia; Desenho da tarefa; Práticas de ensino; Aprendizagem, Conceptualizar.

**ABSTRACT** | In this work, we intend to identify and describe the characteristics of students' epistemic practices and their productive engagement, during the use of computer simulations (CS). The study was carried out with 140 ninth-year students in Physics and Chemistry classes using computer simulations. Monitoring was carried out using a semi-open experimental Task. The results allow us to understand how students engage productively, and the main epistemic practices that emerge from this implementation. It was found that high-level practices such as questioning conceptually, conceptualizing, handling conceptually, critically evaluating, communicating autonomously appeared. The use of CS in Science teaching is an asset for exploring content that requires greater abstraction, allowing students to engage autonomously and learn more and better.

**KEYWORDS:** Autonomy; Task design; Teaching practices; Learning, Conceptualize.

**RESUMEN** | En este trabajo pretendemos identificar y describir las características de las prácticas epistémicas de los estudiantes y su involucramiento, durante el uso de simulaciones por computadora (CS). El estudio se llevó a cabo con 140 estudiantes de nono grado de Física y Química mediante simulaciones por computadora. El seguimiento se realizó mediante un formulario experimental semiabierto. Los resultados nos permiten comprender cómo los estudiantes se involucran productivamente y las principales prácticas epistémicas que emergen de esta implementación. Se encontró que prácticas de alto nivel como Cuestionar conceptualmente, Conceptualizar, Manejar conceptualmente, evaluar críticamente, comunicar de forma autónoma, apareció. El uso de la informática en la enseñanza de las ciencias es una ventaja para explorar contenidos que requieren una mayor abstracción, permitiendo a los estudiantes participar de forma autónoma y aprender más y mejor.

**PALABRAS CLAVE:** Autonomia; Diseño de tareas; Prácticas de enseñanza; Aprender, Conceptualizar.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de tecnologias informáticas na sala de aula consubstanciada a plataformas autênticas e interativas tem-se tornado popular pelos impactos positivos no processo de ensino e aprendizagem (Pucholt, 2021). No ensino da física e da química o uso de simulações computacionais (SC) está associado à ativação de múltiplas práticas sistémicas em ciências, tais como, observar, medir, prever, controlar variáveis, formular hipóteses e interpretar resultados. Também estão descritos benefícios para os alunos ao promover mecanismos de metacognição, a reflexão sobre a sua aprendizagem e melhorar a motivação e o interesse pela aula (e disciplina) (Ouahi et al, 2023). Contudo, a eficácia das SC surge associada à forma e ao modo como são utilizadas na sala de aula, às estruturas de apoio desenvolvidas e ao alinhamento das atividades desenvolvidas em SC com o currículo previsto (Cravino, 2023). Estes factos sugerem que os professores assumem um papel crucial, uma vez que os meios de integrar as SC nas suas práticas pedagógicas podem variar e influenciar os resultados de aprendizagem previstos. As metodologias e estratégias de ensino devem ser intencionalmente planificadas atendendo à utilização de SC e priorizando a promoção de aprendizagens significativas. Compete, portanto, ao professor maximizar o potencial associado à utilização de SC no processo de ensino e da aprendizagem das ciências.

Ensinar na contemporaneidade, com a centralidade do processo de ensino e da aprendizagem no aluno e a promoção da capacitação digital dos alunos, constitui um desafio que os normativos legais que regulamentam o sistema de ensino português, têm colocado aos professores do ensino básico e secundário. Neste sentido, e com recurso à simulação PhET, projeto desenvolvido pela Universidade do Colorado (<http://phet.colorado.edu>) (Perkins et al., 2014) que se tem revelado eficaz no ensino das ciências (Pucholt, 2021), planificou-se uma sequência didática de química- Modelo atómico, no âmbito da disciplina de ciências físico químicas do nono ano de escolaridade. O desenvolvimento das aprendizagens essenciais: “Relacionar a constituição de átomos e seus isótopos e de iões monoatômicos com simbologia própria e interpretar a carga dos iões” (DGE, 2020, p. 9) privilegiou a utilização da simulação interativa PhET- Constrói um átomo. Foi, ainda, elaborada e disponibilizada aos alunos uma ficha experimental intencionalmente desenvolvida sob abordagem de ensino investigativo centrado no aluno e mobilizador de práticas epistémicas de elevado nível.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

A complexidade do mundo atual exige que na escola se desenvolva um currículo promotor do desenvolvimento das competências esperadas num cidadão do século XXI a quem corresponderá um futuro desafiante e imprevisível. O DL 55/2018, o Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO, 2017) e as Aprendizagens Essenciais (AE, 2018) são alguns dos documentos emanados do Ministério da Educação que outorgam às escolas e aos professores uma maior autonomia para a flexibilização e inovação no desenvolvimento do currículo assente em estratégias geradoras de ambientes e metodologias de aprendizagem que potenciem o desenvolvimento de diversas competências e a aquisição de múltiplas literacias (Alves et al., 2019). Esta nova forma de olhar a educação apresenta grandes implicações para a forma de encarar o professor e o aluno. Ser professor hoje, implica afastar-se da dimensão

eminentemente prescritiva do ato educativo, assente na premissa *magister dixit*, como que sendo o único detentor da verdade e do saber. Ao invés, pede-se ao professor que crie intencionalmente e, de forma sistemática, ambientes de aprendizagem em que os alunos são impelidos a produzir conhecimento, muitas vezes, a partir de problemáticas a serem resolvidas e/ou exploradas. O aluno é o agente protagonista, é ele o responsável pelo seu envolvimento direto, participativo e reflexivo nas etapas do processo de aprendizagem. Este processo envolverá a capacidade de pesquisar, analisar, sintetizar, elaborar, apresentar, questionar, entre outros (Moran, 2018).

As tecnologias digitais podem constituir-se como recursos estratégicos para desenhar e constituir espaços de aprendizagem inovadores, criar condições para a adoção de pedagogias ativas e melhorar as aprendizagens dos alunos (Agyei et al., 2019) contribuindo, portanto para desenvolver no aluno, o preconizado no PASEO. Mas, para que isso ocorra é necessário um bom planejamento da atividade por parte do professor, que deve assumir o papel de mediador entre o aluno e o computador. São vários os estudos que demonstram que o ensino de ciências, nomeadamente, o ensino de química, por vezes, com conteúdos abstratos, de difícil compreensão e visualização pelos estudantes potenciam a memorização de informações, fórmulas e conhecimentos, o que limita a qualidade das aprendizagens dos alunos, além de contribuírem para a desmotivação em aprender e estudar (Yamaguchi, 2021). O processo de ensino e da aprendizagem com uso de simulações interativas poderá contribuir para a planificação de aulas mais dinâmicas e interativas favorecendo a construção do conhecimento, com uma abordagem real do contexto social dos estudantes (Rahmawati et al., 2022). Têm sido também destacados os efeitos positivos da utilização das SC na promoção da interatividade e dinamismo, assim como, num maior envolvimento e autonomia dos alunos (Simó-López, & Sánchez, 2021).

O estudo que se apresenta foi desenvolvido num ambiente de aprendizagem por investigação com recurso a SC devido à pertinência da integração de simulações de computador e aprendizagem por investigação nas salas de aulas. Entre os softwares e programas educacionais, tem-se destacado software de simulação PhET (Physics Education Technology), desenvolvido pela Universidade de Colorado, permitindo o estudo de simulações virtuais de química, física, matemática e biologia.

A atividade de aprendizagem foi planificada por professoras de físico-química para alunos do nono ano de escolaridade, tendo como horizonte a promoção das competências previstas no PASEO e assentou em pressupostos como a centralidade do aluno no processo educativo, materializada na seleção de tarefas/atividades de ensino e de aprendizagem ativas e promotoras do envolvimento e participação dos alunos na construção do seu conhecimento (Salame & Makki, 2021).

### **3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO**

A experiência de ensino e aprendizagem que se apresenta foi desenvolvida numa Escola Secundária pública, no norte do país, com cerca de 1100 alunos. O projeto de intervenção foi planificado por professoras de física e química e aplicado em turmas do nono ano de escolaridade, tendo como horizonte a promoção das competências previstas no Perfil dos Alunos à saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO, 2017).

Assim, neste trabalho recorreu-se ao recurso digital, SC PhET- Constrói um átomo, que permite que os alunos recorrendo a representações de prótons, neutrões e eletrões construam representações de diferentes átomos e iões, explorando o Modelo Atómico.

Este recurso foi utilizado com 140 alunos e, como anteriormente referido, trabalhada a aprendizagem essencial (AE): “Relacionar a constituição de átomos e seus isótopos e de iões monoatômicos com simbologia própria e interpretar a carga dos iões” (DGE, 2020, p. 9).

A utilização da simulação interativa como recurso central na aprendizagem, por parte dos alunos, teve como suporte uma ficha experimental, disponibilizada pelas professoras e, intencionalmente desenvolvida sob abordagem de ensino investigativo centrado no aluno, mobilizador de diversas práticas epistémicas e priorizando áreas de competência do PASEO, (2017, p. 19) como “raciocínio e resolução de problemas, pensamento crítico e pensamento criativo, saber científico, técnico e tecnológico e desenvolvimento pessoal e autonomia”. Para desenvolvimento das AE definidas a ficha experimental incluiu recursos como, texto documental, vídeos temáticos e o manual adotado.

Antes de iniciar o estudo do Modelo Atómico, com recurso ao simulador interativo do PhET, foi proposto aos alunos, primeira sessão, responderem a um conjunto de questões (pré-teste) de modo a identificar os conhecimentos daqueles sobre o tema a explorar. A ficha de avaliação de conhecimentos aplicada aos alunos versava sobre os conteúdos, partículas constituintes do átomo, massa e carga dos átomos; número atómico e número de massa; elemento químico (símbolo químico), representação átomos/isótopos e iões monoatômicos através do símbolo do elemento químico e atendendo ao número atómico e número de massa; isótopos e iões.

O desenvolvimento e cumprimento da ficha experimental foi precedida de uma (curta) tarefa de exploração livre e individual da simulação interativa de modo a permitir que os alunos se familiarizassem com aquela (Figura1).

#### INDICAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE:

1. Utilize o simulador indicado e siga as instruções do guião, registando as respostas nos locais adequados.

[https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom\\_pt.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom_pt.html)

##### Constrói um átomo



- ▶ Clique em  a fim de poder realizar as diversas atividades propostas.  
(Nota: o simulador também pode ser descarregado de forma gratuita para o computador pessoal!)

2. Crie um documento digital de modo a guardar as capturas do ecrã das tarefas realizadas.  
Nota: Podes fazer a captura do ecrã

**Figura 1** Adaptado da ficha experimental de suporte à atividade

A tarefa desenvolveu-se em seis aulas de 50 minutos, de forma individual, com recurso a computador portátil e (internet). A exploração dos conteúdos supracitados estava organizada

em três problemas e uma tabela para registo da informação. A partir dos registos efetuados, os alunos procederam à sistematização e, posteriormente, responderam a um exercício de aplicação das aprendizagens. Foi opção das professoras disponibilizar aos alunos o Problema 2 quando todos os alunos tivessem concluído o Problema 1, este procedimento foi adotado para todas as atividades da ficha experimental. A seguir apresentam-se, a título de exemplo, duas atividades presentes na ficha experimental:

[...] **Problema 2:** Como sabes, hoje é possível saber a idade das múmias do Egito!

O carbono-14 é um isótopo instável que se forma na atmosfera por ação dos raios cósmicos, sendo incorporados nos organismos vivos. Quando um ser vivo morre, deixa de incorporar carbono-14, que se vai transformando noutros isótopos. Medindo a quantidade de carbono-14, pode saber-se a data da morte do organismo”.

O que caracteriza um isótopo?

**Para Saberes Mais:** Datação por Carbono-14 <https://www.youtube.com/watch?v=AIJlfGbJIDc>

### **Atividade**

[...] Propõe um percurso de pesquisa para que possas responder aos problemas apresentados.

Sugestões: (anota as ideias que pretendes verificar; explicita as “experiências a realizadas com a simulação” que pretendes fazer para verificar as tuas ideias e responder a cada problema). [...]

Por último, os alunos tiveram oportunidade de regressar à aplicação para, com um jogo, validar as suas aprendizagens.

Durante quatro sessões, os alunos foram respondendo autonomamente às atividades apresentadas na ficha experimental com mediação/orientação do professor. A mediação ocorreu, por via de ações e linguagem, no sentido de promover PE, ajudando os alunos a relacionar a sua prática e explicação dos fenómenos com o modelo teórico. Ainda que a opção tenha sido pelo trabalho individual, houve espaço para a troca de ideias e colaboração entre alunos e, sempre que necessário e oportuno, houve discussão em grande grupo. Foi estratégia das professoras, realizar o visionamento dos materiais de suporte à atividade- vídeos, no grupo turma, contribuindo para uma melhor gestão do tempo e criando momentos para recentrar o foco de todos os alunos no cumprimento da atividade.

Na aula número seis (e última) foi aplicado aos alunos o mesmo conjunto de questões, apresentadas antes da lecionação dos conteúdos em estudo, para verificar o que cada aluno foi capaz de aprender quando o professor interveio estrategicamente, mas de forma muito pontual. O cumprimento desta tarefa de controle foi previamente acordado com os alunos e constituiu um instrumento com fins classificatórios para a disciplina.

A análise das ações dos alunos no envolvimento produtivo foi elaborada adaptando as tabelas de Cunha A. E. (2015). As dimensões de análise foram determinadas face : (a) à iniciativa dos alunos para se envolverem nas tarefas; (b) ao envolvimento dos alunos na disciplina; (c) aos indicadores de produtividade dos alunos. A partir de cada ficha experimental/pintscreen

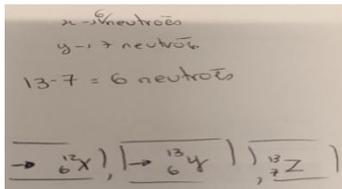
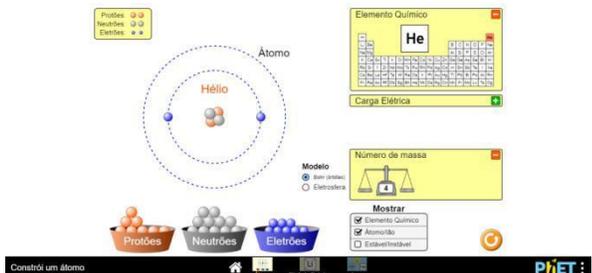
identificaram-se variáveis relativas às evidências do envolvimento dos alunos durante a execução da tarefa na aula usando a Simulação Computacional e dos indicadores da produção dos alunos. A partir do mesmo documento foram identificadas variáveis relativas às evidências de PE dos alunos durante a execução da tarefa e adotada por Cunha A.E. (2015). A cada aluno (A) e turma (T) foi atribuído um número diferente.

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

Durante a realização da atividade, a generalidade dos alunos esteve empenhada, interessada e interventiva. Conseguiram cumprir com os objetivos propostos e responderam de forma correta às atividades da ficha experimental tendo concluído autonomamente a tarefa. Foram também validadas formalmente as aprendizagens efetuadas pelos alunos com a aplicação do pós - teste.

A mediação do professor, atendendo à intencionalidade assumida para esta tarefa, priorizou dar iniciativa aos alunos, reservando ao professor o reforço, junto dos alunos, na motivação, no seu envolvimento e provocando a reflexão, incentivando-os a comparar as previsões teóricas com os resultados obtidos com a SC. Assim, na Tabela 1 apresentam-se alguns exemplos, para cada variável dicotômica, evidenciando a existência de envolvimento e este ser produtivo.

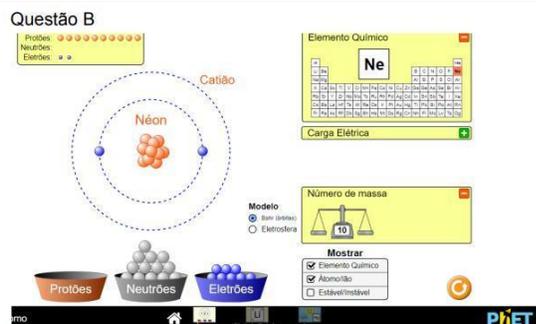
**Tabela 1** - Variáveis dicotômicas sobre o envolvimento e produção, breve definição e exemplos Adaptado de Cunha (2015)

Definições	Exemplos
Tomar a iniciativa das suas ações como por exemplo, questionando, fazendo ou propondo algo, etc.	 <p style="text-align: center;"><b>A1, T1</b></p>
Envolver-se na tarefa através de diálogo, do registo de informação, visualização de imagens, realização de atividade recorrendo ao uso da SC, etc.	<p>[...] Primeiro começamos por adicionar dois prótons e dois eletrões na simulação e observamos que a massa do átomo era dois, em seguida adicionamos dois prótons e reparamos que a massa se tinha alterado para quatro. Podemos dizer que a massa depende da soma dos neutrões e dos prótons. [...]</p>  <p style="text-align: center;"><b>A2, T2</b></p>

## Definições

## Exemplos

Mostrar sinais de não estarem mobilizados na execução da tarefa, e.g., distraídos, conversarem com os colegas, não estarem a entender o que se pretende, ou porque já realizaram a tarefa, etc.



[...] Os alunos não se envolveram, fizeram ao acaso, criando uma partícula que não existe. [...]

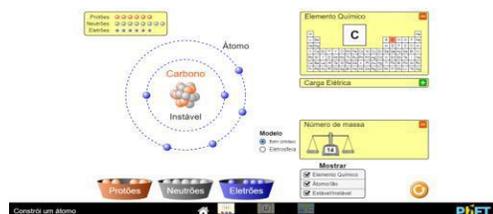
**A3, T4**

O produto da tarefa realizada pelos alunos é apresentado sobre a forma escrita, como por exemplo, execução de cálculos, textos, diagramas, descrições, etc.

[...] Primeiro comecei por colocar 1 protão, 1 eletrão, 1 neutrão e verifiquei qual foi o elemento químico que se formou, depois adicionei neutrões e vi se havia alterações; de seguida, coloquei 2 protões, 2 eletrões e 2 neutrões e registei a carga elétrica; retirei 1 eletrão e vi a carga elétrica. [...]

**A4, T7**

O produto da tarefa é algo observável numa forma não verbal tal como manusear a SC, escolher os modos de operar a SC, etc.

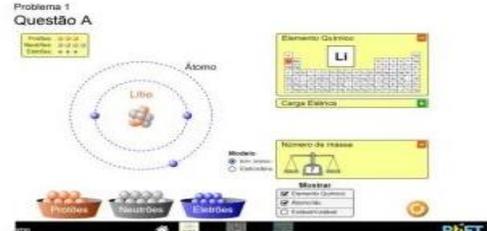
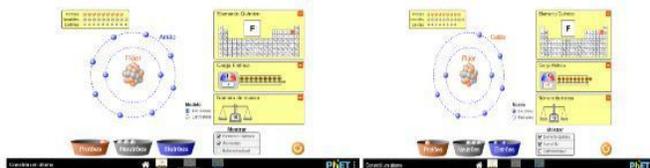
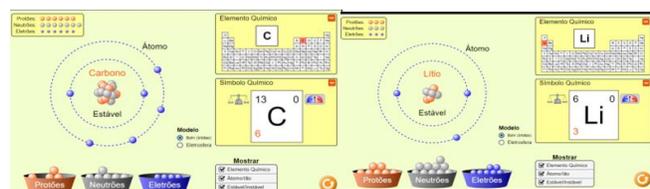
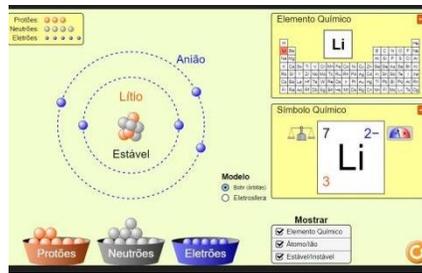


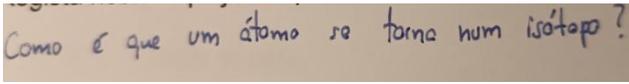
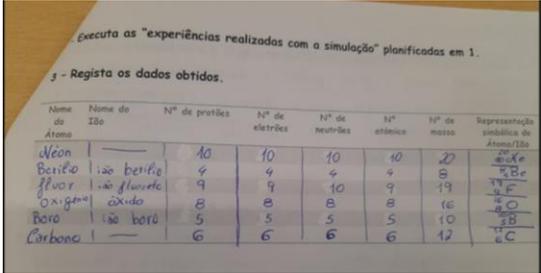
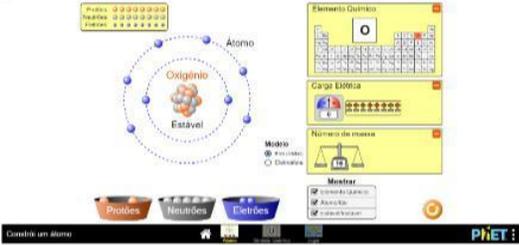
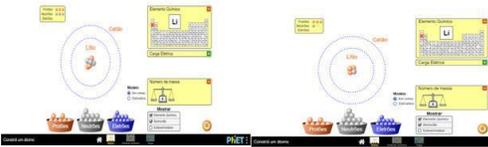
[...] Primeiramente adicionámos seis protões para dar o elemento químico carbono e seis eletrões; para formar o isótopo carbono-14 adicionamos oito neutrões para a massa deste dar catorze e para ficar instável, e observamos que isótopos têm o mesmo número de protões e diferente número que neutrões. [...]

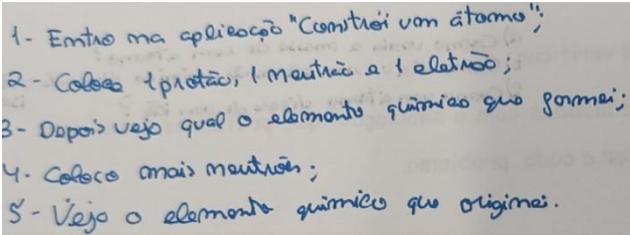
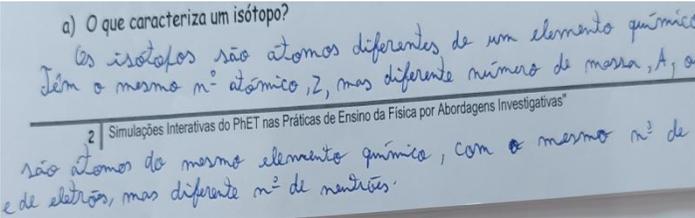
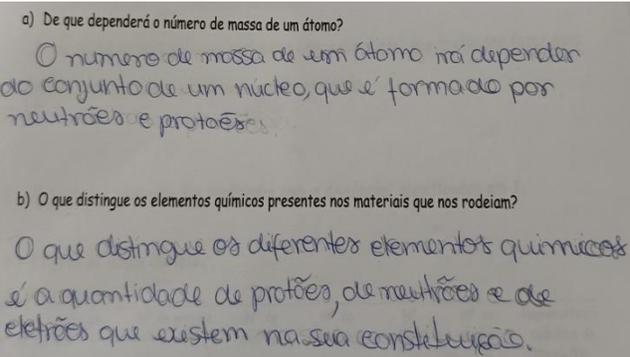
**A1, T1**

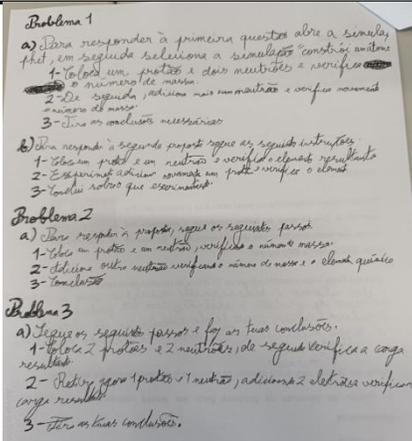
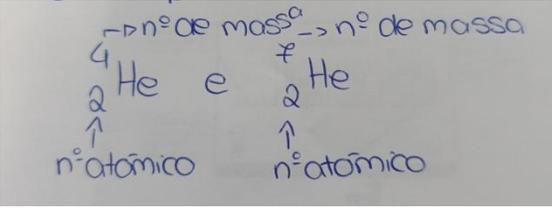
Seguidamente, também a partir de cada ficha experimental identificaram-se variáveis relativas às evidências de PE dos alunos durante a execução da tarefa na aula (uso da SC) (Tabela 2). Através das evidências é feita a primeira tentativa de codificação. Cada codificação recebe uma designação sucinta, bem como a respetiva definição.

**Tabela 2 - Práticas Epistêmicas (PE): Emergência de categorias - Adaptado de Cunha (2015)**

Prática epistêmica dos alunos	Definição de cada variável	Exemplos
Observar	Os alunos de <i>per se</i> ou orientado pelo professor, observam e descrevem imagens, esquemas, montagens experimentais, etc.	 <p>A2, T1</p>
Interpretar	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, interpretam imagens, esquemas, diagramas, objetos, resultados experimentais, etc, usando o conhecimento científico.	 <p>Nestes prints percebemos que quando um átomo ganha elétrons fica com carga elétrica negativa, designados por ânions, enquanto que se perder elétrons fica com carga elétrica positiva, designados por cátions.</p> <p>A3, T3</p>
Apresentar ideia mobilizadora	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, mobilizam conhecimento prévio para adiantar um possível caminho para resolver o problema	<p>[...] Vou construir na aplicação o carbono-12 e o carbono-13 e ver o que os diferencia; também vou construir um átomo e um íon e ver o que acontece. [...]</p> <p>A4, T4</p>
Identificar condições empíricas	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, reconhecem ou referem as condições da situação física em que o fenômeno(s) ocorre.	 <p>A5, T5</p>
Manusear factualmente	Os alunos manipulam equipamento seguindo instruções do professor, ou tentativamente sem serem guiados pelo conhecimento.	 <p>A6, T5</p>

Prática epistêmica dos alunos	Definição de cada variável	Exemplos
Questionar factualmente	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, questionam para clarificar termos, observações ou aspetos relacionados com as condições empíricas do fenómeno.	 <p style="text-align: center;"><b>A7, T6</b></p>
Organizar informação	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, procura informação, regista, classifica ou organiza a recolha dos dados	 <p style="text-align: center;"><b>A8, T1</b></p>
Estabelecer relações	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, estabelecem relações entre dados, variáveis e/ou conceitos em diferentes situações.	 <p data-bbox="789 1146 1425 1220">Adicionamos 8 prótons e eletrões, vimos que o número de massa é 16, e que o número atómico é 8 e então subtraímos o número de massa com o número atómico para saber número de neutrões e deu 10.</p> <p style="text-align: center;"><b>A9/A10, T3</b></p>
Questionar conceptualmente	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, formulam questões e problemas baseados em conhecimento para obterem novas compreensões do fenómeno, conceitos, modelos.	<p data-bbox="773 1304 1438 1367">[...] o que é um isótopo instável? Como é que o carbono-14 se vai transformando noutros isótopos? [...]</p> <p style="text-align: center;"><b>A11, T2</b></p>
Conceptualizar	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, fazem a representação simbólica do fenómeno.	 <p data-bbox="829 1707 1409 1745">Nestes prints estão presentes isótopos, pois para serem isótopos, é necessário que o elemento químico tenha o mesmo número atómico, ou seja, número de prótons, mas diferente número de massa.</p> <p style="text-align: center;"><b>A12, T3</b></p>

Prática epistêmica dos alunos	Definição de cada variável	Exemplos
Manusear conceitualmente	Os alunos de <i>per se</i> manuseiam equipamento guiados pelo seu conhecimento.	 <p style="text-align: center;"><b>A13, T2</b></p>
Comunicar não autonomamente	Os alunos apresentam as suas ideias, ou resultados, fortemente relacionados com as sugestões ou solicitações do professor.	 <p style="text-align: center;"><b>A14, T3</b></p>
Avaliar criticamente	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, analisam e argumentam, fazendo avaliação crítica de hipóteses, recursos, resultados, uso de linguagem, etc.	<p>[...] No Problema 3 analisamos a diferença entre um átomo e um ião; um ião é um átomo que ganha ou perde elétrons; (...) quando é retirado elétrons o ião fica positivo, quando acrescentamos elétrons fica negativo; através da tabela 4 aprendemos a fazer a representação simbólica dos átomos, identificando os prótons (elétrons), número de massa e neutrões. [...]</p> <p style="text-align: center;"><b>A15, T3</b></p>
Validar	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, validam a construção de conhecimento através: teste experimental; teste conceptual; discussão entre pares e o professor.	<p>[...] Verifiquei que o número de massa depende do número de prótons e neutrões sendo a soma destes; que o elemento químico depende do número atômico e que nenhum tem o mesmo n<sup>o</sup> atômico. [...]</p> <p style="text-align: center;"><b>A16, T7</b></p>
Fazer previsões	Os alunos fazem uma declaração sobre possíveis resultados experimentais ou teóricos tendo em conta a explicação de parâmetros e condições em que o raciocínio assenta.	 <p style="text-align: center;"><b>A17, T2</b></p>

Prática epistémica dos alunos	Definição de cada variável	Exemplos																								
Formular hipótese	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, fazem uma declaração baseada em conhecimento prévio para guiar o trabalho epistémico.	 <p style="text-align: center;"><b>A18, T1</b></p>																								
Comunicar autonomamente	Os alunos de <i>per se</i> , ou orientados pelo professor, apresentam as suas ideias, resultados, ou conclusões sobre o seu trabalho epistémico.	<p>[...] O fazer estas experiências pode comparar as respostas que dei aso problemas, Verifiquei que o número de massa depende do número de prótons e neutrões sendo a soma destes; que o elemento químico depende do número atómico e que nenhum tem o mesmo nº atómico; averigui que isótopos são átomos cujo núcleo tem o mesmo nº de prótons ( carbono-12 e carbono-13);por fim, verifiquei que se retirar eletrões ao átomo ele trona-se um ião negativo, se acrescentar torna-se num ião positivo. [...]</p> <p style="text-align: center;"><b>A19, T7</b></p>																								
Usar artefacto	Os alunos usam, ou mostram como usar, o artefacto para melhorar a sua compreensão.	<p>[...] A professora verifica que os alunos estavam a trabalhar com a simulação. [...]</p> <p style="text-align: center;"><b>Todos os alunos</b></p>																								
Introduzir representação	Os alunos introduzem uma representação com que eles podem trabalhar (e.g. equação, imagem, tabela, ...) através da sua manipulação, melhorando a sua compreensão.	<table border="1" data-bbox="771 1291 1453 1386"> <thead> <tr> <th>Nome do Átomo</th> <th>Nome do Ião</th> <th>Nº de prótons</th> <th>Nº de eletrões</th> <th>Nº de neutrões</th> <th>Nº atómico (Z)</th> <th>Nº de massa (A)</th> <th>Representação simbólica do Átomo/Ião</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hidrogénio</td> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>He</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>A4, T4</b></p>	Nome do Átomo	Nome do Ião	Nº de prótons	Nº de eletrões	Nº de neutrões	Nº atómico (Z)	Nº de massa (A)	Representação simbólica do Átomo/Ião	Hidrogénio		1	1	1	1	2	H			2	2	2	2	4	He
Nome do Átomo	Nome do Ião	Nº de prótons	Nº de eletrões	Nº de neutrões	Nº atómico (Z)	Nº de massa (A)	Representação simbólica do Átomo/Ião																			
Hidrogénio		1	1	1	1	2	H																			
		2	2	2	2	4	He																			
Usar representação	Os alunos usam, ou mostram como usar, a representação para melhorar a sua compreensão.	 <p style="text-align: center;"><b>A20, T2</b></p>																								

Como apontado anteriormente, as professoras apresentaram a tarefa como desafio e envolveram os alunos na tarefa, incentivando-os a assumir uma atitude de iniciativa e dando-lhes

autoridade para a executarem sozinhos. Em resposta a estas solicitações, os alunos envolvem-se efetivamente na tarefa, mostrando iniciativa e produção escrita e oral, verbalizando a sua aprendizagem através da execução da tarefa e registando na ficha experimental os resultados da aprendizagem efetuada.

Relativamente às práticas epistémicas, os resultados apontam que também nesta situação, ou seja, utilizando a tarefa como desafio e o professor (mediador) potenciou a exposição a uma maior variedade de práticas epistémicas dos alunos. Os alunos observaram o ecrã do computador ou interpretam os resultados obtidos com a SC. Inicialmente, os alunos manuseiam o artefacto (SC) factualmente, mas depois de ficarem mais familiarizados, passam a manusear conceptualmente, por exemplo. Os resultados apontam que as atividades propostas permitiram aos alunos a oportunidade de mobilizar práticas epistémicas descritas à utilização de SC, como interpretar, questionar, prever, relacionar, entre outras (Barbot, et al., 2017).

Os resultados evidenciam que a tarefa experimental promoveu o envolvimento e a frequência de PE dos alunos. Estas evidências surgem em dois aspetos: (a) os desafios para os alunos são mais claros (situação física mais descritiva e desafio mais bem formulado), e (b) mais aberto (questionar os alunos é um maior compromisso para realizar a tarefa). Ou seja, a formulação e implementação da tarefa teve um efeito importante para fazer emergir PE e envolvimento produtivo dos alunos.

A utilização da SC gerou interesse e aumentou a participação ativa dos alunos o que está em linha com o relatado nos vários estudos referenciados neste trabalho.

## **5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES**

A mediação adotada pelo professor, priorizando a iniciativa dos alunos e intervindo oportunamente, com promoção de momentos de reflexão, individuais e/ou em grupo, reorientando a ação do aluno, contribui para uma maior motivação e envolvimento dos alunos. Se os alunos estão envolvidos produtivamente têm práticas epistémicas em simultâneo, isto porque os esforços do professor provocam o aparecimento de PE e de envolvimento. O desenvolvimento da tarefa com recurso a uma ficha de atividade permite, ainda, o desenvolvimento de mais e melhores PE dos alunos (frequência, diversidade, equilíbrio de práticas epistémicas por tipo) e, cumulativamente mais produtivo é o envolvimento. A ligação entre o envolvimento dos alunos e as características de mediação de professores com as PE é bastante forte.

Mesmo que os professores não consigam efetivamente integrar todos os esforços de promoção de PE nas suas aulas, em geral, quanto mais esforços conseguem integrar nas suas práticas de mediação, maior é a possibilidade de promover nos seus alunos PE de elevado nível e, conseqüentemente mais aprendizagens de qualidade.

O desenvolvimento deste estudo parece corroborar que o uso estruturado de SC fomenta a criação de ambiente de sala de aula centrados no aluno, potenciando o envolvimento produtivo dos alunos e promove PE de alto nível, contribuindo para a qualidade das aprendizagens dos alunos. Pode ser, portanto, um recurso didático promotor do perfil do aluno descrito no PASEO e como tal, deve ser adotado para as salas de aulas.

## REFERÊNCIAS

- Alves, S., Madanelo, O., & Martins, M. (2019). Autonomia e flexibilidade curricular: caminhos e desafios na ação educativa. *Gestão E Desenvolvimento*, (27), 337-362. <https://doi.org/10.7559/gestaoedesenvolvimento.2019.38>
- Agyei, E. D., Jita, T., & Jita, L.C. (2019). Examining the effectiveness of simulations-based lessons in improving the teaching of high school physics: Ghanaian pre-service teachers' experiences. *Journal of Baltic Science Education*, 18 (6), 816-832. <http://oaji.net/articles/2019/987-1576224886.pdf>
- Barbot, A., Pinto, A., Viegas, C., Santos, C.A., & Lopes, J.B. (2017). Ensino de Ciências Utilizando Simulações Computacionais – Estudo em Contexto de Formação de Professores do Ensino Básico. *Revista Sensos-e*. (2). <http://sensos-e.esse.ipp.pt/?p=7839>
- Cunha, A. E. (2015). Construção de práticas de referências no ensino da Física para o Ensino Secundário. [Tese de Doutoramento]. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Disponível em: <https://catalogo.biblioteca.utad.pt/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=68909>
- Cunha, A. E., Lopes, J.B., Cravino, J. P., & Santos, C.A. (2012). Envolver os alunos na realização de trabalho experimental de forma produtiva: o caso de um professor experiente em busca de boas práticas. *Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 635-659.
- Cravino, J.P. (2023). Simulações Computacionais no Ensino de Ciências e Tecnologia. [Provas de Agregação em Didática de Ciências e Tecnologia]. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Disponível em: <https://repositorio.utad.pt/server/api/core/bitstreams/03fc27e0-ca2e-4d04-951b-44bde06cd02f/content>
- Decreto-Lei n.º 55/2018 de 6 de julho da Presidência de Conselho de Ministros. (2018). Diário da República nº 129/2018, Série I de 2028-07-06, páginas 2928-2943.
- DGE (2020). *Aprendizagens Essenciais de Física e Química, Cursos Profissionais*. Lisboa: Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência.
- DGE (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Lisboa: Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência.
- Lopes, J.B., Cunha, A. E., Santos, C.A., Saraiva, E., & Cravino, J. P., Dinis, F. (2012). Envolver os alunos produtivamente em aulas de física e química durante uso de simulações computacionais: Dois professores com mediações distintas e uso distinto das simulações. *Revista Sensos*, 2 (2). <http://hdl.handle.net/10400.22/6305>
- Moran, J. (2013). Educação híbrida: Um conceito-chave para a educação. En T. N. Bacich (Org.), *Ensino híbrido: Personalização e tecnologia na educação* (pp. 28-45). Penso
- Ouahi, M. B., Mohamed, A. H., Hassouni, T., Abdesselam, A., & Ibrahim, El. (2023). The Effect of Using Computer Simulation on Students' Performance in Teaching and Learning Physics: Are There Any Gender and Area Gaps? *Hindawi. Education Research International*. Volume 2021, 10 pages. <https://doi.org/10.1155/2021/6646017>
- Pucholt, Z. (2021). Effectiveness of simulations versus traditional approach in teaching physics. *European Journal of Physics*. 42(1). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6404/abb4ba>
- Salame, I. I., & Makki, J. (2021). Examining the use of PhET simulations on students' attitudes and learning in general chemistry II. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17 (4). <https://doi.org/10.21601/ijese/10966>
- Simó-López, Y., & Sánchez, D. F., (2021). Análisis del uso de un simulador de colisiones para resolver un accidente de tráfico. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 39-3, 51-70. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3330>
- Rahmawati, Y., Hartanto, O., Falani, I., & Iriyadi, D. (2022). Students' Conceptual Understanding in Chemistry Learning Using PhET Interactive Simulations. *Journal of Technology and Science Education*, 12(2), 303-326. <https://doi.org/10.3926/jotse.1597>
- Yamaguchi, K. K. de L. (2021). Ensino da Química Inorgânica mediada pelo uso das tecnologias digitais no período de ensino remoto. *Revista Prática Docente*, 6 (2). <http://dx.doi.org/10.23926/RPD.2021.v6.n2.e041.id998>