

HISTÓRIA DA QUÍMICA NA SALA DE AULA PARA ENSINAR SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA: O EXEMPLO DA INTERDEPENDÊNCIA ENTRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Fátima Paixão

Instituto Politécnico de Castelo Branco & Centro de Investigação Didática e Tecnologia na
Formação de Formadores (CIDTFF), Universidade de Aveiro, Portugal
mfpaixao@ipcb.pt

Margarida Figueiredo

Instituição e/ou Centro de Investigação Departamento de Química da Universidade de Évora e
Centro de Investigação em Educação e Psicologia, Portugal
mtf@uevora.pt

Resumo

Na senda da investigação que valoriza um ensino e aprendizagem de Química promotor de literacia científica desenvolvemos, no âmbito do Projeto EANCYT (*Enseñanza y Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología*), uma sequência didática com o objetivo de melhorar a compreensão pelos alunos da Interdependência entre Ciência e Tecnologia através de um ensino explícito sobre a Natureza da Ciência. No desenho da sequência didática foram utilizados materiais que se enquadram no domínio da História da Ciência, ligados ao nome de Antoine Laurent Lavoisier, por muitos considerado o pai da Química. Os documentos usados ilustram um episódio marcante da evolução desta ciência experimental em que a conceção e a utilização de um complexo dispositivo tecnológico permitiu fazer a síntese da água a partir do hidrogénio e do oxigénio chegando às proporções em que sabemos, atualmente, que estes gases se combinam. São apresentados e analisados alguns resultados obtidos a partir das respostas a questões do COCTS (*Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*), utilizando uma metodologia investigativa com recurso a pré-teste/pós-teste e grupo de controlo para avaliar os alunos e a sequência didática.

Palavras-chave: Ensino de Química; Sequência Didática; Natureza da Ciência; Interdependência Ciência e Tecnologia; História da Ciência.



Abstract

In the wake of the research that values Chemistry teaching and learning promoter of scientific literacy we developed under the EANCYT Project (*Enseñanza y Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología*) a didactic sequence in order to improve students' understanding of the interdependence between Science and Technology through explicit teaching about the nature of science. In the design of the didactic sequence were used materials framed in the sphere of the History of Science, linked to the name of Antoine Laurent Lavoisier, frequently considered as the father of Chemistry. These documents illustrate a remarkable episode in the evolution of this experimental science, in which the design and use of a complex technological device allowed the synthesis of water from hydrogen and oxygen reaching the proportions in which we now know that these gases combine. Some results obtained from the answers to some questions of COCTS (*Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*) are analyzed and presented, using a research methodology with pre-test/post-test and control group to evaluate both students and the didactic sequence.

Keywords: Chemistry Teaching; Didactic Sequence; Nature of Science; Science and Technology Interdependence; History of Science.

Introdução

A Química está presente nos mais diversos contextos e em tudo o que conhecemos, nas atividades humanas ou nos fenômenos e ocorrências naturais. Contudo, em geral, os alunos do ensino básico (13-15 anos) consideram-na um assunto árido e incompreensível não a valorizando como construção humana e como matéria indispensável para compreender o mundo em que vivemos. Deste modo, é necessário ensinar a estes jovens que a química faz parte do nosso envolvente e da nossa vida e é essencial que a aproximação a esta ciência se faça de forma clara e acessível (González et al., 2013, p. 7) e também de forma estimulante.

Os currículos de Química atuais (os que seguem as orientações internacionais para o ensino das ciências) colocam a necessidade de trabalhar para a literacia científica de modo a desenvolver uma adequada compreensão da Natureza da

Ciência e da Tecnologia (NdCeT) que contribua para desenvolver uma consciência das complexas relações da ciência com a tecnologia e com a sociedade. É neste quadro que se devem criar intencionalmente as condições capazes de proporcionar o pensamento indispensável para a participação crítica e responsável na tomada de decisões pessoais e sociais sobre problemas locais e globais bem como para desfrutar da ciência e da tecnologia como cultura e como propiciadora de uma vida com o desejável nível de conforto. Para alcançar essa literacia científica, a investigação em didática reconhece a relevância dos princípios associados ao movimento ciência-tecnologia-sociedade (CTS) e à linha que se centra na valorização da história da ciência. A educação para a literacia científica implica igualmente que se promovam atitudes positivas em relação à ciência (Vázquez e Manassero, 1997; Acevedo, Acevedo, Manassero, Paixão e Vázquez, 2004)

É neste enquadramento que a investigação em didática incentiva o desenvolvimento de sequências didáticas que apresentem boas propostas de estratégias e de atividades de ensino e aprendizagem que contemplem o ensino explícito da NdCeT, passando-as pelo teste da aplicação em sala de aula de modo a considerar-se validada a sua relevância para a compreensão desse amplo conceito, mesmo que não diretamente generalizáveis.

O estudo aqui apresentado integra-se no Projeto Ibero-americano EANCYT (*Enseñanza y Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología: Una investigación experimental y longitudinal*) que integra investigadores de sete países diferentes – Espanha, Portugal, Brasil, Panamá, México, Colombia e Argentina. Este Projeto apresenta como objetivo melhorar a compreensão da NdCeT de alunos e professores, através da construção e aplicação de instrumentos de intervenção educativa e de avaliação, concebidos e implementados em diferentes contextos. A sequência didática a que chamámos «Existe dependência entre a ciência e a tecnologia? “E fez-se água!”», para o 9º ano de escolaridade, é um exemplo desses instrumentos, usando recursos da História da Ciência/Química centrados no episódio da síntese da água, protagonizado por Lavoisier, tendo concebido e utilizado um aparelho tecnológico altamente sofisticado, para a sua época.

A questão problema que impulsionou o desenvolvimento do estudo apresentado ancorou-se na perceção do valor da sequência didática desenhada e implementada para a compreensão da interdependência entre ciência e tecnologia.

Outros estudos já realizados com a aplicação deste tipo de sequências didáticas



apresentaram resultados animadores, tendo conduzido a uma melhoria significativa nos domínios analisados (por exemplo, Figueiredo e Paixão, 2012; Paixão e Figueiredo, 2014; Zárate, Drewes e Porro, 2014).

Fundamentação Teórica

Literacia científica

A Ciência e a Tecnologia estão hoje presentes em todas as dimensões da vida social, de forma bastante evidente. As suas repercussões fazem-se sentir em sectores como a política, a economia, a cultura e a educação. Em consequência dessa realidade torna-se imprescindível que todos os cidadãos tenham acesso a conhecimentos básicos sobre Ciência e Tecnologia de modo a intervirem de forma ativa na Sociedade. Do mesmo modo que se aceita como fundamental que todos os cidadãos necessitam de um nível adequado de literacia relativa ao uso da língua e da matemática, as exigências atuais da vida em sociedade tornam também indispensável que seja facultada, a todos os cidadãos, formação científica e tecnológica identificada com literacia neste domínio.

A importância da literacia científica é, de facto, amplamente reconhecida pelos especialistas em Educação em Ciência. No entanto, diversos estudos realizados sobre este tema revelam que ainda existem dificuldades na compreensão da Natureza da Ciência, aspeto central que a enforma (Abell, Martini e George, 2001; Figueiredo e Paixão, 2011; Lederman, 1992; Manassero, Vázquez e Acevedo, 2004; Moss, Abrams e Robb, 2001; Ryan e Aikenhead, 1992; Vázquez, Manassero e Acevedo, 2006a).

A literacia científica é um conceito que embora multifacetado, “móvel no espaço e evolutivo no tempo” (Martins, 2006, p.25), faz convergir muitos autores para aspetos comuns do seu entendimento. Já na década de 60 do século passado a *National Science Teachers Association* (NSTA, 1971 in DeBoer, 2000, p. 588) definia como cientificamente literato um cidadão que “usa os conceitos científicos, competências processuais e valores para tomar decisões do dia-a-dia, ao interagir com outras pessoas e com o seu ambiente e compreende a inter-relação entre Ciência, Tecnologia e outras facetas da sociedade, incluindo o desenvolvimento social e económico”. Após a conclusão do processo do PISA 2006 (*Programme for International Students Assessment*), o GAVE (2007, p. 7) aponta que a literacia científica passou a referir-se, entre outros aspetos, “à compreensão das características

próprias da ciência enquanto forma de conhecimento e de investigação; à consciência do modo como a Ciência e a Tecnologia influenciam os ambientes material, intelectual e cultural das sociedades; e à vontade de envolvimento em questões relacionadas com Ciência e com conhecimento científico, enquanto cidadãos conscientes”. Neste envolvente, as quatro dimensões da literacia científica identificam-se com conteúdos, processos, contextos e atitudes. As duas últimas dimensões referem-se às situações que envolvam Ciência e Tecnologia e não limitadas ao contexto escolar e à relação da literacia científica com a reação dos indivíduos face à Ciência e à Tecnologia em geral. Ou seja, uma e a outra dimensão dão relevo à compreensão de um aspeto que compõe a Natureza da Ciência – Interdependência entre Ciência e Tecnologia.

Uma habitual justificação para ensinar desde muito cedo e a todas as crianças e jovens a Ciência numa perspetiva de literacia científica prende-se com a necessidade de contribuir para que todas as pessoas tenham uma melhor compreensão da Ciência e da Tecnologia. Esta perspetiva é amplamente subscrita e opõe-se à ideia de simples instrução que se identifica exclusivamente com a certificação do saber escolar com vista ao prosseguimento de estudos, como aponta Acevedo (2004, referindo Aikenhead, 2003).

De facto, a compreensão da inter-relação entre a ciência e a tecnologia é fundamental para atingir níveis de literacia que implicam a compreensão funcional das grandes ideias da ciência pelo seu entrosamento e repercussões relevantes para a vida quotidiana individual e social (Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins, 2011). Ou seja, a educação em ciências deve, em primeiro lugar, ser canalizada para a promoção da literacia científica e a educação básica, no seu conjunto (6-15 anos), deve ser o tempo privilegiado para a formação dessa literacia a par de outras em diferentes áreas do saber.

CTS para o ensino de ciências

A perceção da relevância da Ciência e da Tecnologia na vida individual e social criou um amplo consenso em torno da tese de que todas as crianças e jovens devem aprender ciências ao longo da escolaridade básica e inscreve-se, entre outros argumentos, na importância e no valor do conhecimento científico na satisfação da curiosidade sobre o mundo natural. O outro argumento, a que já aludimos, prende-se com o seu valor para a tomada de decisões informadas, no plano pessoal e social sobre assuntos que têm uma componente científica e técnica ou tecnológica e na



realização de atividades profissionais que envolvem estas áreas. Nesta perspetiva, “nenhum cidadão pode alhear-se da Ciência e da Tecnologia e da relevância do conhecimento científico e tecnológico para a compreensão dos problemas do mundo e para a construção de propostas de resolução que permitam minorá-los” (Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins, 2011; p. 7). É preciso ganhar consciência de que “as grandes descobertas/invenções/ inovações da ciência e da tecnologia são imparáveis e mudam vertiginosamente a realidade social e ambiental e, portanto, o próprio estilo de vida das pessoas, para o bem e para o mal” (Martins e Paixão, 2011, p. 144).

Ninguém pode ser indiferente ao desenvolvimento e à exaustiva utilização de produtos da ciência e da tecnologia, podendo nós identificar uma sociedade da ciência e da tecnologia, que infelizmente nem sempre é acessível a todos as pessoas e que nem sempre tem o seu significado associado ao desenvolvimento e ao progresso civilizacional. Daí que, também o ensino das ciências nem sempre seja entendido, nem oficialmente incentivado ou determinado, da mesma forma e segundo os mesmos princípios de contributo para a literacia científica.

A educação CTS tem vindo a afirmar-se como campo de conhecimento, congregando investigadores e professores de todos os níveis e em todos os continentes e as suas ideias espelham-se em currículos, recursos didáticos e estratégias de ensino (Martins e Paixão, 2011, p. 145). De facto, os estudos CTS na área da educação preconizam uma nova imagem da ciência e da tecnologia nas suas relações com a sociedade e também com relevo para o ambiente. Acevedo, Vázquez e Manassero (2003) sistematizaram os objetivos da educação CTS pondo à cabeça aumentar a literacia científica e criar maior interesse pela ciência e pela tecnologia.

Quanto à sua orientação, torna-se evidente que o ensino CTS abandona os modelos de ensino por transmissão e por descoberta e os modelos exclusivamente internalistas de mudança conceptual para se direccionar para modelos de base construtivista de cariz social, identificados com ensino por pesquisa, assumindo-se conscientemente a intenção de preparar os jovens para viverem e assumirem papéis de cidadania ativa em sociedades complexas de elevada influência científica e tecnológica (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002; Martins e Paixão, 2011).

História da Ciência

O desenvolvimento que a Ciência e a Tecnologia atingiram nos últimos séculos, mas principalmente nas últimas décadas que já incluíram a transição do século XX

para o XXI, transformou-as em marcas relevantes e identitárias da sociedade atual que com elas interatua, influenciando-se reciprocamente. De facto, a Ciência e a Tecnologia têm, reconhecidamente, um impacto muito elevado na vida e na cultura quotidiana, e têm-no tido noutros tempos, como revela a História da Ciência quando entrosada na História da Civilização Humana.

A compreensão da interdependência entre Ciência e Tecnologia cria uma visão integradora, evidenciando-as como atividades humanas dinâmicas e permite desenvolver uma ideia mais realista e completa da ciência e do trabalho dos cientistas (Matthews, 1994; Cachapuz, Praia e Jorge, 2002). É inevitável estabelecer-se essa ligação da História da Ciência à História da Civilização Humana o que permite compreender a interdependência entre Ciência e Tecnologia e a implicação no progresso mútuo, bem como compreender melhor o papel dos cientistas na sociedade e a influência desta no desenvolvimento conjugado daquelas.

Do que atrás se disse, evidencia-se que o recurso à História da Ciência no ensino tem potencial para promover o desenvolvimento de competências no domínio científico e tecnológico com ênfase para a compreensão da Natureza da Ciência. Permite um ensino mais contextualizado no campo das aplicações da Ciência e da Tecnologia, o que, em geral, entusiasma mais os jovens do que a Ciência apresentada como conhecimento retificado pelo tempo. Ir ao contexto da descoberta no ensino é um ponto fulcral para o entendimento da Natureza da Ciência. Daí o reconhecimento do valor da História da Ciência para aprendizagem sobre Ciência (Matthews, 1994; Paixão, 1998; Kim e Irving, 2010; Viana e Porto, 2010; entre outros).

Embora não esteja muito vulgarizado o ensino centrado na História da Ciência, a perspetiva histórica tem sido escolhida por vários investigadores do campo da Didática das Ciências (por exemplo, Stinner e Williams, 1993; Paixão, 1998) para contextualizar e desenvolver sequências didáticas que incluem estratégias de cariz CTS facilitadores do ensino explícito da NdCeT a par do ensino de conceitos científicos e de teorias da Ciência. Nestas sequências didáticas, frequentemente, emergem problemas cuja resolução conduz a uma aprendizagem mais significativa e mais relevante como contributo para a literacia científica. Outro aspeto a ter em conta são os recursos históricos de Ciência ou de Tecnologia, de que são exemplos: excertos de textos originais; biografias de cientistas; objetos alusivos (quadros, fotografias, filmes...), originais ou réplicas; episódios da história da ciência recriados; artefactos científicos ou tecnológicos de outros tempos (Paixão, 2011) ou até locais



associados ao desenvolvimento da ciência ou à utilização de tecnologia, como sejam Museus de Ciência e, particularmente, os de arqueologia industrial (Ortigão e Paixão, 2014).

A sequência didática apresentada neste estudo recorre a um texto proveniente de uma fonte histórica primária, concretamente, das Obras de Lavoisier, incluindo o seu *Traité Élémentaire de Chimie*, que a *Imprimerie Impériale* editou em Paris no ano de 1864, com vista à divulgação e difusão da nova Química e também a uma imagem do quadro intitulado “Retrato de Lavoisier e sua esposa” pintado, em vida do casal, pelo pintor francês David, o qual exhibe um curioso conjunto de instrumentos científicos.

Metodologia

A sequência didática (SD) desenvolvida baseou-se no pressuposto de que o recurso a episódios concretos da História da Ciência pode constituir um meio apropriado para melhorar a compreensão, por parte dos alunos, sobre a Interdependência entre a Ciência e a Tecnologia.

O instrumento de avaliação utilizado foi construído a partir das questões do questionário COCTS (*Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*), diretamente relacionadas com o tema em estudo e que melhor podiam fornecer resultados para avaliar em que medida os objetivos da Sequência Didática desenvolvida eram alcançados. A metodologia seguida baseou-se na aplicação de um pré-teste e pós-teste a um grupo experimental (GE) e a um grupo de controlo (GC). Os dois testes foram aplicados aos dois grupos na mesma altura, tendo sido desenvolvida a SD, entre os dois momentos de aplicação, no caso do Grupo Experimental. Tanto o GE (62 alunos) como o GC (26 alunos) eram constituídos por alunos do 9º ano de escolaridade, com idades compreendidas entre os 15 e os 16 anos e tinham o mesmo professor na disciplina de Ciências Físico-Químicas.

Foram incluídas no pré-teste e pós-teste as questões 10411 (Figura 1) e 10421 (Figura 2) do *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad* desenvolvido no âmbito do *Projeto Ibero-Americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade* (COCTS – PIEARCTS Forma 1 e Forma 2 © M.A. Manassero, Á. Vázquez, J. A. Acevedo e M. F. Paixão).

10411 A ciência e a tecnologia estão estreitamente relacionadas entre si:

- A. porque a ciência é a base dos avanços tecnológicos, mas é difícil ver como é que a tecnologia poderia ajudar a ciência.
- B. porque a investigação científica conduz a aplicações práticas tecnológicas, e as aplicações tecnológicas aumentam a capacidade para fazer investigação científica.
- C. porque apesar de serem diferentes, actualmente estão tão estreitamente unidas que é difícil separá-las.
- D. porque a tecnologia é a base de todos os avanços científicos, ainda que seja difícil ver como é que a ciência pode ajudar a tecnologia.
- E. Ciência e tecnologia são mais ou menos a mesma coisa.

Figura 1 – Questão F1_10411 do Questionário COCTS

10421 Para melhorar a qualidade de vida do país, seria melhor gastar dinheiro em investigação tecnológica EM VEZ DE em investigação científica.

- A. Investir em investigação tecnológica porque melhorará a produção, o crescimento económico e o emprego. Tudo isto é muito mais importante que qualquer coisa que ofereça a investigação científica.
Investir em ambas:
- B. porque não há realmente diferenças entre ciência e tecnologia.
- C. porque o conhecimento científico é necessário para fazer avanços tecnológicos.
- D. porque ambas inter-actúan e se complementam entre si, por igual. A ciência dá à tecnologia tanto como a tecnologia dá à ciência.
- E. porque cada uma à sua maneira oferece vantagens à sociedade. Por exemplo, a ciência proporciona avanços médicos e no meio ambiente, enquanto que a tecnologia dá maior eficiência e comodidade.
- F. Investir em investigação científica, isto é, investigação médica ou sobre o meio ambiente, porque estas são mais importantes que fazer melhores aplicações, computadores ou outros produtos da investigação tecnológica.
- G. Investir em investigação científica porque melhora a qualidade de vida (por exemplo, curas médicas, respostas a problemas de contaminação e aumento do conhecimento). A investigação tecnológica, por outro lado, piorou a qualidade de vida (por exemplo bombas atómicas, contaminação e automatização).
- H. Não investir em nenhuma. A qualidade de vida não melhorará com os avanços na ciência e na tecnologia, mas apenas com investimentos noutros sectores da sociedade (por exemplo, bem estar social, educação, criação de emprego, artes, cultura e ajudas de outros países).

Figura 2 – Questão F2_10421 do Questionário COCTS

A formulação das questões baseia-se num Modelo de Respostas Múltiplas que permite maximizar a informação disponível em cada questão (Vázquez e Manassero, 1999; Vázquez, Manassero e Acevedo, 2006a; Manassero, Vázquez e Acevedo, 2001). As Frases incluídas em cada uma das questões foram classificadas por especialistas, em três categorias (Adequadas, Plausíveis e Ingénuas), conforme traduzem concepções adequadas, aceitáveis ou inadequadas acerca da interdependência entre a Ciência e a Tecnologia. Para as Questões utilizadas neste estudo a classificação das frases encontra-se registada na Tabela 1.



Tabela 1 – Questões do questionário COCTS incluídas no pré-teste e pós-teste e respetiva categoria.

Tema	Sub-tema	Questões	Categoria
Ciência e Tecnologia	Interdependência	F1_10411A	Ingénua
		F1_10411B	Adequada
		F1_10411C	Adequada
		F1_10411D	Ingénua
		F1_10411E	Plausível
		F2_10421A	Ingénua
		F2_10421B	Plausível
		F2_10421C	Plausível
		F2_10421D	Adequada
		F2_10421E	Ingénua
		F2_10421F	Ingénua
		F2_10421G	Ingénua
		F2_10421H	Ingénua

O cálculo de índices atitudinais normalizados entre [-1,+1], a partir da pontuação obtida na escala direta (1 a 9), foi feita de acordo com a correspondência apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Correspondência entre a pontuação das respostas e o índice atitudinal normalizado entre -1 e +1 em função da categoria das afirmações.

Pontuações diretas das respostas									
Grau de acordo	Nulo	Quase nulo	Baixo	Parcial baixo	Parcial	Parcial alto	Alto	Quase total	Total
Escala direta	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice Atitudinal normalizado									
Categoria									
Adequada	-1	-0,75	-0,5	-0,25	0	+0,25	+0,5	+0,75	+1
Plausível	-1	-0,5	0	+0,5	1	+0,5	0	-0,5	-1
Ingénua	+1	+0,75	+0,5	+0,25	0	-0,25	-0,5	-0,75	-1

Sobre a Sequência Didática

Na sequência didática apresentada propõe-se a análise de dois documentos:

O primeiro Documento é um texto intitulado “Da combustão do gás hidrogénio e da formação da água”, no qual, através de excertos do ponto § V da obra de Antoine Laurent Lavoisier, *Traité Élémentaire de Chimie*, se descrevem as suas experiências, realizadas com a colaboração de Meusnier, que culminaram na síntese da água e que ficaram célebres, não só pelos avanços científicos conclusivos que permitiram alcançar mas também pelo instrumento tecnológico sofisticado que envolveram e que o texto também descreve pormenorizadamente.

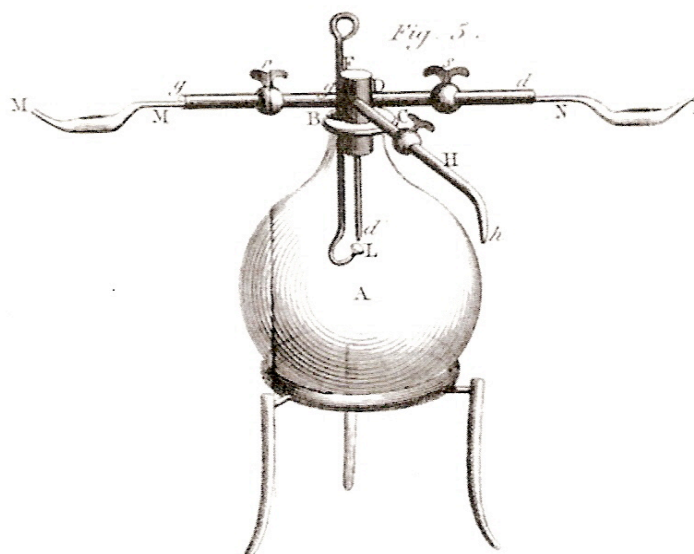
§ V.

Da combustão do gás hidrogénio e da formação da água

O que a formação da água tem de particular é que as duas substâncias que para tal concorrem, o oxigénio e o hidrogénio, estão uma e a outra no estado aeriforme antes da combustão, e que uma e a outra se transformam, como resultado desta operação, numa substância líquida, que é a água.

Esta combustão seria muito simples e não exigiria aparelhos muito complicados, se fosse possível procurar-se os gases oxigénio e hidrogénio perfeitamente puros e que não deixassem restos.

Podíamos então operar em recipientes muito pequenos; e fornecendo continuamente os dois gases na proporção conveniente, continuaríamos indefinidamente a combustão. Mas, até aqui, os químicos ainda não usaram oxigénio que não estivesse misturado com gás azoto. O que acontece é que não conseguiram manter mais do que durante um tempo limitado e muito curto a combustão do gás hidrogénio em recipiente fechado: com efeito, o resíduo de gás azoto aumentava continuamente, a chama enfraquecia e acabava por se extinguir. Este inconveniente é tanto maior quanto o gás oxigénio usado é menos puro: é então necessário, ou terminar a combustão e operar apenas sobre quantidades pequenas, ou refazer o vazio para se desembaraçar do gás azoto: mas neste último caso, vaporiza-se uma porção de água que é formada, e resulta um erro muito perigoso, que não temos meios seguros para o poder apreciar.



Aparelho utilizado por Lavoisier para a síntese da água

(Desenho de Anne-Marie Paulze Lavoisier)

(...) eis o aparelho que usámos, M. Meusnier e eu, para a combustão do gás hidrogénio. Não haverá nada a alterar assim que pudermos procurar os gases puros. (...)

Para operar com este aparelho, começa-se por fazer o vazio no balão A por meio da bomba pneumática adaptada ao tubo Fhh; após o que se introduz gás oxigénio, rodando a torneira r do tubo gg. O indicador de nível do gasómetro, observado antes e depois da introdução do gás, indica a quantidade que entrou no balão. Abre-se em seguida a torneira s do tubo dDd' a fim de fazer chegar o gás hidrogénio; e rapidamente, seja com uma máquina elétrica, seja com uma garrafa de Leyde, faz-se passar uma faísca da bola L para a extremidade d' do tubo pelo qual se faz o escoamento do gás hidrogénio, e ele inflama-se imediatamente. Para que a combustão não seja nem muito lenta nem muito rápida, é necessário que o gas hidrogénio chegue com uma pressão de 1 polegada 1/2 a 2 de água, e que o gás oxigénio não chegue, pelo contrário, com menos de três polegadas, ou mais, de pressão.

A combustão assim iniciada, continua-se, mas enfraquecendo à medida que a quantidade de gás azoto que resta da combustão dos dois gases aumenta. Chega enfim um momento em que a porção de gás azoto se torna tal que a combustão não pode mais ter lugar e a chama extingue-se. É necessário prevenir esta extinção espontânea, porque no momento em que a pressão seja mais forte no reservatório do gás hidrogénio que no do gás oxigénio, faz-se uma

mistura dos dois no balão, e esta mistura passaria em seguida para o reservatório do gás oxigénio. É assim necessário terminar a combustão fechando a torneira do tubo dDd', logo que nos apercebamos que a chama enfraquece a um certo ponto, e ter uma grande atenção para não se deixar surpreender.

A uma primeira combustão assim feita podemos fazer suceder uma segunda, uma terceira, etc. Refaz-se o vazio como da primeira vez, enche-se o balão de gás oxigénio, abre-se a torneira do tubo pelo qual se introduz o gás hidrogénio, e inflama-se pela faísca elétrica.

Durante todas estas operações, a água que se forma condensa sobre as paredes do balão e escorre juntando no fundo e é fácil determinar o peso quando conhecemos o do balão. Nós daremos conta um dia, M. Meusnier e eu, dos detalhes da experiência que fizemos com este aparelho, nos meses de Janeiro e Fevereiro de 1785, na presença de uma grande parte dos membros da Academia. Nós multiplicamos tanto as precauções, que a considerámos exata. Do resultado que obtivemos, 100 partes em peso, de água, são compostos por 85 partes de oxigénio e de 15 de hidrogénio.

(Tradução livre e adaptação do *Traité Élémentaire de Chimie*. In *Ouvres de Lavoisier*, 1864, Paris: Imprimerie Impériale, pp. 354 a 357)

Após a leitura, propõe-se aos alunos que façam uma análise do texto de modo a dar resposta às seguintes questões:

1. Quais as principais conclusões da experiência descrita no texto e que foi realizada por Lavoisier e Meusnier?
2. O aparelho usado para a síntese da água é muito sofisticado para a época. Evidencia alguns aspetos que evidenciem esta afirmação.
3. Que problemas tiveram que ser resolvidos para concretizar o teste experimental que evidencia a composição da água?
4. Explicita aspetos do texto que clarifiquem a relação entre a ciência e a tecnologia.

O segundo Documento é a Figura 3, sobre a qual os alunos devem elaborar um texto onde interpretem a pintura de David, no século XVIII, intitulada “Retrato de Lavoisier e sua esposa” com destaque para a presença de dispositivos científicos e/ou tecnológicos.

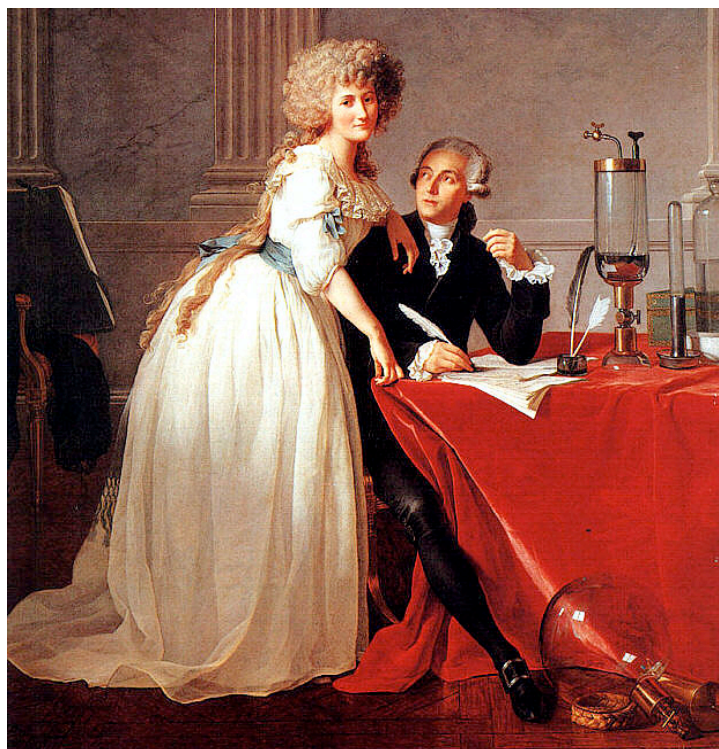


Figura 3 – “Retrato de Lavoisier e sua esposa”. Pintura de David, 1787. *Metropolitan Museum of Art. New York, USA.*

A sequência didática inclui a partilha das respostas às questões e dos textos interpretativos do retrato do químico francês e sua esposa Anne-Marie Paulze Lavoisier. No início e no final, os alunos responderam às questões selecionadas do COCTS, como pré-teste e pós-teste.

Resultados

Um dos resultados alcançados, embora difícil de quantificar é bastante significativo, foi o interesse e a curiosidade que os alunos demonstraram durante a análise dos documentos fornecidos.

Na vertente quantitativa, os resultados foram analisados através do cálculo do Índice Atitudinal Médio (IAM) nas respostas dos dois grupos de alunos a cada uma das frases das duas questões que integravam o pré-teste e o pós-teste.

No gráfico da Figura 4 estão representados os valores do IAM, obtidos no pré teste e no pós-teste para os dois grupos, em cada uma das frases da Questão F1_10411.

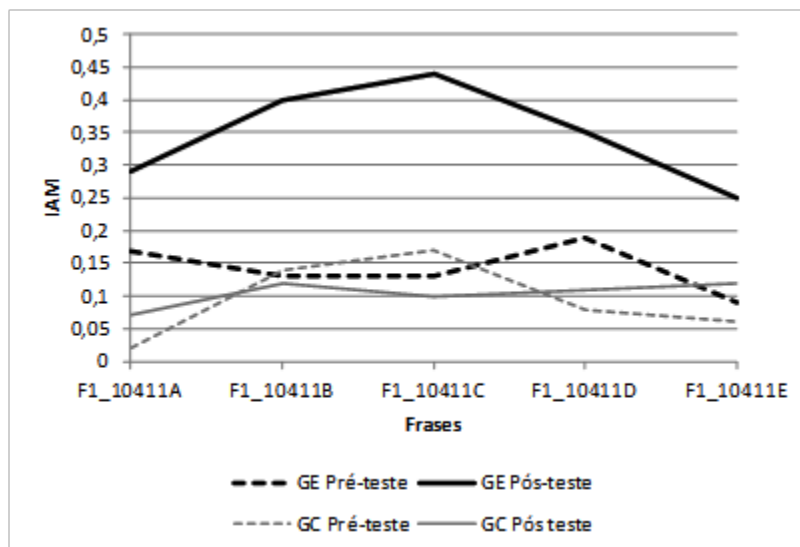


Figura 4 – Índice Atitudinal Médio obtido nas frases da questão F1_10411 do COCTS, relativa à Interdependência entre a Ciência e a Tecnologia.

Como se pode verificar, os valores do IAM, obtidos no pós-teste são bastante mais positivos para o GE do que para o GC, em todas as frases.

Essa diferença poderá atribuir-se aos efeitos da implementação da Sequência Didática, pois também se verifica através dos valores representados no Gráfico que os valores de IAM obtidos no pré-teste são muito semelhantes nos dois grupos.

No que respeita à questão F1_10411, verifica-se que, do pré-teste para o pós-teste, o aumento mais significativo no IAM para o GE, se verificou nas frases F1_10411B e F1_10411C, ambas classificadas como Adequadas.

Estas frases referem-se às diferenças entre Ciência e Tecnologia, conceito trabalhado de forma explícita quando se solicita aos alunos que respondam à questão 4, sobre o texto “Da combustão do gás hidrogénio e da formação da água”, em que é pedido que explicitem aspetos do texto que clarifiquem a relação entre Ciência e Tecnologia.

Há ainda a observar que as frases F2_10411A (da categoria Ingénua) e F2_10421E (da categoria Plausível) são aquelas em que se verificam diferenças menores nas respostas quando se comparam os resultados do pré-teste e do pós-teste.

No gráfico da Figura 5 estão representados os valores do IAM, obtidos no pré-teste e no pós-teste para os dois grupos, em cada uma das frases da Questão

F2_10421.

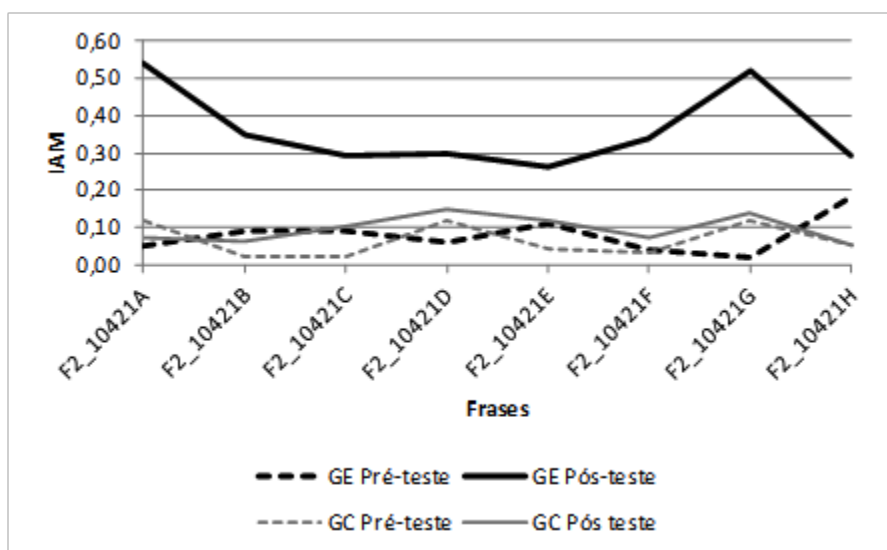


Figura 5 – Índice Atitudinal Médio obtido nas frases da questão F2_10421 do COCTS, relativa à Interdependência entre a Ciência e a Tecnologia

Tal como na questão anterior, os valores do IAM obtidos no pós-teste são bastante mais positivos para o GE do que para o GC, em todas as frases, verificando-se resultados muito semelhantes no pré-teste, para os dois grupos. Pode ainda verificar-se que as frases F2_10421A e F2_10421G, ambas classificadas na categoria Ingénua, são aquelas em que os alunos apresentam uma maior diferença nas suas respostas. Quanto à frase F2_10421D, classificada como Adequada, verifica-se uma menor diferença nas respostas obtidas no pré-teste e pós-teste.

Conclusões

Em conclusão, os resultados obtidos no pós-teste apontam para uma melhoria da compreensão da Interdependência entre a Ciência e a Tecnologia, por parte dos alunos que constituíam o Grupo Experimental, após a aplicação da Sequência Didática, relativamente às pontuações obtidas no pré-teste e às pontuações obtidas pelos alunos que constituíram o Grupo de Controlo. A inclusão nos currículos deste tipo de sequências didáticas, mostra assim ser um recurso com grandes potencialidades para melhorar a compreensão sobre as questões relacionadas com a Ciência e a Tecnologia e com a sua Interdependência.

Para além disso, os resultados obtidos e o modo interessado como os alunos

reagiram às atividades propostas vêm reforçar a importância da utilização de episódios marcantes da História da Ciência enquanto estratégia e recurso para desencadear o interesse dos alunos pela aprendizagem da Ciência e da Tecnologia e para aumentar a sua compreensão da Natureza da Ciência, domínio indispensável para desenvolver a literacia científica.

Como reflexão final, fica a ideia de que a literacia científica é, de facto, uma meta exigente, mas é imprescindível que seja tomada como a finalidade da educação em ciências no final do que os sistemas educativos consideram, de modo geral, como a educação básica (apesar de esta fase de escolaridade assumir designações muito variadas em diferentes países). Contudo, ela fica, naturalmente, muito dependente da qualidade do ensino de ciências proporcionado às crianças e aos jovens e, assim sendo, incentiva-se que a investigação em didática continue a ter como uma das suas prioridades o desenho e a validação de sequências didáticas para o ensino explícito da Natureza da Ciência.

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias al Proyecto de Investigación EDU2010-16553 financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

Referências Bibliográficas

- Abell, S., Martini, M. e George, M. (2001). That's what scientists have to do: preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science during a moon investigation. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1095-1109.
- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista EUREKA sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
- Acevedo, J. A.; Vázquez, A. e Manassero, M. A. (2003). Papel de la Educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111.
- Acevedo, J. A.; Vázquez, A.; Acevedo, P.; Manassero, M. A.; Oliva, J. M e Paixão, F. (2004). Naturaleza de la ciencia, didáctica de las ciencias, práctica docente y toma de decisiones tecnocientíficas. In I. Martins; Paixão, F. e R. M. Vieira (Org.) *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em*



- Ciência*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Cachapuz, A; Praia, J. e Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: IIE - Ministério da Educação.
- DeBoer, G. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- Figueiredo, M. e Paixão, F. (2011). Opiniões sobre a Natureza da Ciência e da tecnologia de estudantes portugueses do ensino superior. In A. Bennássar Roig; Vázquez, A.; Manassero, M.A. e García-Carmona, A. (Coord.) *Ciencia, Tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología* (pp. 75-85). Madrid: OEI.
- Figueiredo, M. e Paixão, F. (2012). “As Minas de São Domingos”, um recurso didático para melhorar a compreensão sobre a Interação CTS. In *Actas do VII Seminário Ibérico/III Seminário Ibero-americano CTS no ensino das Ciências - Ciência, Tecnologia e Sociedade no futuro do ensino das ciências* (pp. 243-251). Madrid.
- GAVE (2007). *PISA 2006 – Competências científicas dos alunos portugueses*. Lisboa: GAVE. Ministério da Educação. Consultado em http://www.gave.min-edu.pt/np3content/?newsId=33efileName=relatoio_nacional_pisa_2006.pdf.
- González, M. E (Coord.) e outros (2013). *84 experimentos de química cotidiana en secundaria*. Barcelona: Graó (Biblioteca de Alambique).
- Grapí, P. (2013). La necessitat d'acoblar la història, la naturalesa de la ciencia i l'educació científica. Propostes des de la història de la química. *EduQ - Educació Química*, 16, 4-9
- Hugo, D.; Farias, N. e Calabrese, A. (2014). Tecnología: Mucho más que aparatos. In A. Vázquez, Manassero, M.A. e Bennássar (Comp.). *Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología*. Palma de Mallorca: Autor (CD). Unidad Didáctica 102.
- Kim, S. Y. e Irving, K. E (2010). History of Science as an instrumental context: Student learning in genetics and nature of science. *Science e Education*, 19: 187-215.
- Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Manassero, M.A.; Vázquez, A. e Acevedo, J.A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

- Manassero, M.A., Vázquez, A. e Acevedo, J.A. (2004). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 299-312.
- Martins, I. P. (2006). Educação em Ciência, Cultura e Desenvolvimento. In M. F. Paixão, *Educação em Ciência, Cultura e Cidadania. Encontros em Castelo Branco* (pp: 9-30). Coimbra: Alma Azul.
- Martins, I. P. e F. Paixão, M. F. (2011). Perspectivas atuais Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino e na investigação em educação em ciências. In W. P. Santos e D. Auler, (Org.) *CTS e Educação Científica. Desafios, tendências e resultados de pesquisa* (pp. 135-160). Brasília: UnB.
- Matthews, M. R. (1994). History, philosophy and science. The present rapprochement. *Science & Education*, 1, 11-47.
- Moss, D. M., Abrams, E. D. e Robb, J. (2001) Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 23(8), 771-790.
- Ortigão, M. e Paixão, F. (2014). Ensino de Química entre a sala de aula e o Museu do papel. *EduQ - Educació Química*, 17, 45-54.
- Paixão, F. e Figueiredo, M. (2014). Existe dependencia entre la ciencia y la tecnologia? "Y no habia agua!". In A. Vázquez, Manassero, M.A. e Bennàssar (Comp.). *Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología*. Palma de Mallorca: Autor (CD). Unidad Didáctica 104.
- Paixão, F. (1998). *Da construção do conhecimento didático na formação de de professores de ciências. Conservação da massa nas reações químicas: um estudo de natureza epistemológica*. Aveiro: Universidade de Aveiro (Tese de Doutoramento).
- Paixão, F. (2011). *Integração da história da Ciência na Educação em Ciência. Fundamentos e Propostas*. Lição apresentada em Provas de Agregação. Universidade de Aveiro.
- Pedrinaci, E. (Coord.) e outros (2012). *11 Ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Ryan, A. G. e Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of Science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Stinner, A. e Williams, H. (1993). Conceptual Change, History of Science Stories. *Interchange*, 24(1-2), 87-103.
- Vázquez Alonso, A. e Manassero, M. A. (1997). Una evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 199-213.



- Vázquez Alonso, A. e Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274-292.
- Vázquez, A. e Manassero, M.A. (1999). Response and scoring models for the 'Views on Science-Technology-Society' Instrument. *International Journal of Science Education*, 21(3), 231-247.
- Vázquez, A., Manassero, M. A. e Acevedo, J. A. (2006a). An Analysis of Complex Multiple Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90(4), 681-706.
- Vázquez, A., Manassero, M.A. e Acevedo, J.A. (2006b). Aplicación del cuestionario de opiniones CTS con una nueva metodología en la evaluación de un curso de formación CTS del profesorado. *Tarbiya*, 37, 31-66.
- Viana, H. E. B. e Porto, P. A. (2010). Development of Dalton's Atomic Theory as a Case Study in the History of Science: reflections for Educators in Chemistry. *Science & Education*, 19, 75-90.
- Vieira, R.; Tenreiro-Vieira, C. e Martins, I.P. (2011). *A Educação em Ciências com orientação CTS. Atividades para o ensino básico*. Porto: Areal Editores.
- Zárate, A.; Drewes, A. e Porro, S. (2014). Un aporte a la enseñanza de la conservación de la masa basado en el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad sobre ejes históricos en una escuela secundaria de la provincia de Buenos Aires. *Revista Uni-Pluri/Versidad*, 14(2), 428-431.