

**Pedro Reis**



Instituto de Educação da Universidade de  
Lisboa

[preis@ie.ulisboa.pt](mailto:preis@ie.ulisboa.pt)

**Mónica Baptista**



Instituto de Educação da Universidade de  
Lisboa

[mbaptista@ie.ulisboa.pt](mailto:mbaptista@ie.ulisboa.pt)

**Luís Tinoca**



Instituto de Educação da Universidade de  
Lisboa

[ltinoca@ie.ulisboa.pt](mailto:ltinoca@ie.ulisboa.pt)

**Elisabete Linhares**



Unidade de Investigação e Desenvolvimento  
em Educação

Instituto de Educação da Universidade de  
Lisboa (UIDEF)

[elisabete.Linhares@ese.ipsantarem.pt](mailto:elisabete.Linhares@ese.ipsantarem.pt)

## POTENCIALIDADES EDUCATIVAS DO DESENVOLVIMENTO PELOS ALUNOS DE EXPOSIÇÕES INTERATIVAS SOBRE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS

### RESUMO

Esta pesquisa quantitativa avalia o impacto das exposições desenvolvidas pelos alunos de ciências no âmbito do projeto IRRESISTIBLE – sobre as dimensões de Investigação e Inovação Responsáveis de controvérsias sociocientíficas – nas percepções dos alunos sobre as suas competências científicas e as aulas de ciências. Um questionário com pré e pós-teste foi desenvolvido, validado e aplicado a alunos de 10 países. A análise estatística indica que os alunos melhoraram as percepções sobre: 1) as suas competências de desenvolvimento de exposições como forma de conscientizar sobre temas relacionados à ciência, tecnologia e sociedade; 2) a relevância social das aulas de ciências. Como conclusão, discutem-se as potencialidades educativas desta estratégia educativa no ensino da Química.

**Palavras-chave:** Controvérsias sociocientíficas. Exposições interativas. Percepções dos alunos. Ativismo. Investigação e inovação responsáveis.

### EDUCATIONAL POTENTIALITIES OF STUDENTS- CURATED INTERACTIVE EXHIBITIONS ABOUT SOCIOCIENTIFIC ISSUES

### ABSTRACT

This quantitative research evaluates the impact of the exhibitions developed by science students under the scope of IRRESISTIBLE project – about the Responsible Research and Innovation dimensions of socioscientific issues – on the students' perceptions about their scientific competences and science classes. A pre- and post-test questionnaire was developed, validated and applied to students from 10 countries. Statistical analysis indicates that students improved perceptions about: 1) their skills in developing exhibitions as a way of raising awareness about topics related to science, technology and society; 2) the social relevance of science classes. As a conclusion, the educational potential of this educational strategy in the teaching of Chemistry is discussed.

**Keywords:** Socioscientific issues. Interactive exhibitions. Students' perceptions. Activism. Responsible research and innovation.

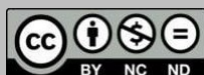
**Submetido em:** 11/10/2021

**Aceito em:** 11/10/2021

**Publicado em:** 30/11/2021



<https://doi.org/10.28998/2175-6600.2021v13nEsp2p1-21>



## 1 INTRODUÇÃO

A humanidade enfrenta muitos problemas graves como as alterações climáticas, a poluição causada pelos resíduos plásticos, a acidificação dos oceanos e a segurança alimentar, todos os quais podem ser tratados com processos de fabrico responsáveis (RATINEN *et al.*, 2018). É desejável que estes e outros temas de investigação de ponta controversos – controvérsias sociocientíficas – sejam discutidos nas aulas de química pelos professores. Contudo, introduzir estas controvérsias sociocientíficas na sala de aula obriga a uma dinâmica bem diferente de uma aula de química expositiva, implicando que o professor mude a sua própria forma de ensinar e quebre a rotina dos seus alunos (LOUGHRAN *et al.*, 2006; REIS, 2021). Assim, apesar dos benefícios da discussão destas questões, é importante compreender como os alunos lidam com esta forma de entender o processo de ensino-aprendizagem que obriga a quebrar com práticas rotineiras, com imagens do que é ser aluno e até com formas mais tradicionais de aprender (e.g., aprender conceitos de química reproduzindo-os).

Uma das formas de trabalhar estes temas com os alunos é a partir da realização de exposições interativas dos seus trabalhos, envolvendo-os em ações coletivas (LINHARES; REIS, 2017, 2019, 2020; REIS, 2014, 2020). A finalidade deste artigo é, pois, avaliar o impacto de exposições realizadas por alunos no quadro de um projeto europeu – IRRESISTIBLE – sobre as dimensões de Investigação e Inovação Responsáveis de temas de investigação de ponta (controvérsias sociocientíficas) – nas suas perceções relativamente às suas competências e às aulas de ciências. Os resultados mostram que os alunos pertencentes a diferentes países melhoraram as perceções sobre: 1) as suas competências de desenvolvimento de exposições como forma de conscientizar sobre temas relacionados com a ciência, tecnologia e sociedade; 2) a relevância social das aulas de ciências. Desta forma, a prática das exposições revelou ter potencialidades educativas para o ensino de controvérsias sociocientíficas que envolvem a química.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Projeto IRRESISTIBLE (FP7-SCIENCE-IN-SOCIETY-2013-1, Atividade 5.2.2; Bolsa n. 612367; mais pormenores em <http://www.irresistible-project.eu/index.php/en/>) teve como objetivo envolver professores, alunos e o público no processo de Investigação e Inovação Responsáveis (IIR), promovendo tanto a construção de conhecimentos sobre temas de investigação de ponta (e controversos) como a discussão acerca dos critérios que

estes processos de investigação e inovação devem respeitar para serem considerados responsáveis (APOTHEKER *et al.*, 2017).

Cada um dos doze parceiros (de dez países diferentes) desenvolveu uma Comunidade de Aprendizagem – incluindo professores de ciências, formadores de professores, cientistas de áreas científicas selecionadas e especialistas de centros e museus de ciências – com o objetivo de apoiar alunos e professores através de uma estratégia de Educação Científica Baseada em Investigação (do inglês *Inquiry-Based Science Education* - IBSE) centrada em controvérsias sociocientíficas de vanguarda. Estas estratégias IBSE – organizadas em conformidade com o modelo de ensino 5E (BYBEE, 2002): *Engage* (Envolver), *Explore* (Explorar), *Explain* (Explicar), *Elaborate* (Elaborar) e *Evaluate* (Avaliar) – permitiram aos alunos identificar as dimensões controversas de cada tópico de investigação, sensibilizar para a IIR e obter os conhecimentos necessários para o desenvolvimento de uma exposição científica interativa sobre esse tópico (um E extra – *Exchange* (Intercâmbio) – acrescentado pelo projeto IRRESISTIBLE ao modelo 5E) (BLONDER *et al.*, 2017).

A reflexão sobre as dimensões de IIR de cada tópico de investigação de ponta foi orientada pelos aspetos definidos por Hilary Sutcliffe no seu relatório sobre Investigação e Inovação Responsáveis (SUTCLIFFE, 2011): a) Envolvimento – participação conjunta de investigadores, indústria e sociedade civil no processo de investigação e inovação; b) Igualdade de género – envolvimento igual de homens e mulheres; c) Educação científica – educação criativa para promover as necessidades futuras da sociedade; d) Ética – a necessidade de respeitar os direitos fundamentais e os mais elevados padrões éticos; e) Acesso aberto – assegurar o acesso livre aos resultados da investigação financiada com fundos públicos; f) Governança – a responsabilidade dos decisores políticos de desenvolverem modelos harmoniosos para a IIR. Vários destes aspetos representam uma forte contribuição não só para a IIR mas também para um futuro melhor e mais sustentável para todos, permitindo abordar alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (RIECKMANN, 2017; NAÇÕES UNIDAS, 2015): Objetivo 4 – Educação de qualidade como requisito para equipar os cidadãos com os instrumentos necessários para desenvolver e discutir soluções inovadoras para os maiores problemas do mundo; Objetivo 5 – Igualdade de género como um direito humano fundamental assegurando a participação das mulheres e moças em todos os níveis da sociedade; Objetivo 9 – Tecnologia e inovação, orientadas pela responsabilidade, são a base do desenvolvimento; Objetivo 13 – Ação climática requer

investigação e inovação responsáveis orientadas para as energias renováveis e para uma economia com baixo teor de carbono.

De acordo com o Plano de Ação Ciência e Sociedade (COMISSÃO EUROPEIA, 2002), a participação conjunta e inclusiva de todos os atores sociais é uma condição fundamental para assegurar a compatibilidade entre os processos e produtos da investigação e inovação e, os valores, necessidades e expectativas da sociedade europeia. Devido ao financiamento público de muitos programas de investigação, assume-se que os governos e outras entidades têm a responsabilidade moral de permitir (e promover) o envolvimento dos seus cidadãos nos processos de tomada de decisões sobre o significado e o objetivo da investigação e da inovação.

As exposições desenvolvidas pelos alunos foram realizadas em diferentes contextos – escolas, universidades, centros de ciência, museus e locais públicos – e foram assumidas como uma estratégia de ativismo. Através destas exposições, os alunos informaram e alertaram a comunidade sobre as controvérsias sociocientíficas que investigaram, e desencadearam a discussão sobre as condições necessárias para assegurar práticas responsáveis de investigação e inovação nessas áreas. As exposições realizaram-se como ações coletivas de resolução democrática de problemas, capacitando os alunos como críticos e produtores de conhecimento, em vez de os colocar no simples papel de consumidores de conhecimento (LINHARES; REIS, 2017; REIS, 2014, 2020; REIS; MARQUES, 2016; MARQUES; REIS, 2017).

As controvérsias sociocientíficas podem ser definidas como “ciência quente”, centrada na simetria entre vários interesses e perspetivas relacionados com questões controversas (DELICADO, 2009; KELLY, 2010; MEYER, 2010). As exposições sobre controvérsias sociocientíficas constituem uma consequência da mudança do significado da alfabetização científica de (1) compreensão dos produtos e processos da ciência para (2) uma compreensão das complexas interações entre ciência, tecnologia e sociedade que permite a análise crítica dos cidadãos e o seu envolvimento em controvérsias sociocientíficas e processos de tomada de decisão (HENRIKSEN; FROYLAND, 2000; HODSON, 1998; KOSTER, 2010; RENNIE; STOCKLMAYER, 2003; ROBERTS, 2007). Estas exposições representam um desafio para os envolvidos no seu desenvolvimento (CAMERON, 2012). A sua ênfase na compreensão de questões complexas e em competências de tomada de decisão requer exposições que questionem os impactos sociais, económicos, políticos e éticos das propostas científicas e tecnológicas na vida quotidiana dos visitantes e que apresentem as opiniões dos diferentes atores sociais sobre as mesmas (RODARI; MERZAGORA, 2007). Os visitantes são convidados a participar

ativamente no desenvolvimento das suas próprias perspetivas críticas e desafiados a participar em ações coletivas (BANDELLI; KONIJN, 2015; CAMERON, 2012; CHRISTENSEN *et al.*, 2016; MEYER, 2010; PEDRETTI, 2002, 2004). Este tipo de exposição não fornece respostas corretas; suscita questões, discussão aprofundada e pensamento crítico (CHRISTENSEN *et al.*, 2016; MEYER, 2010; PEDRETTI, 2004; QUISTGAARD; KAHR-HOJLAND, 2010). Representa um contexto e um pretexto para discussão entre os autores, os visitantes e outros intervenientes sociais, transformando-os a todos em aprendizes (BRAUND; REISS, 2004).

Pedir aos alunos para realizarem uma exposição sobre uma controvérsia sociocientífica pode ser particularmente útil para: a) aprender sobre os conteúdos, os processos e a natureza da ciência e tecnologia (HAMMERICH, 2000; KOLSTØ, 2001); b) destacar uma ciência limite, controversa, preliminar, incerta e em debate (LEVINSON, 2006); c) desenvolver as competências dos alunos em matéria de investigação, questionamento, discussão, colaboração, autonomia, criatividade, comunicação, gestão de projetos e produção de objetos multimedia (KAMPSCHULTE; PARCHMANN, 2015; SLEEPER; STERLING, 2004); d) promover o desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos alunos (KOLSTØ, 2001; MILLAR, 1997; SADLER, 2004); e) criar uma oportunidade para os alunos participarem em (e instigarem) ação comunitária sobre controvérsias sociocientíficas (LINHARES; REIS, 2017) – uma dimensão importante da alfabetização científica (HODSON, 1998; ROTH, 2003); f) passar de uma avaliação centrada em produtos para uma avaliação centrada nos processos (BLONDER, 2018; LINHARES; REIS, 2017).

Durante os últimos vinte anos, são vários os estudos que se têm centrado em como desenvolver exposições baseadas em controvérsias sociocientíficas, sugerindo algumas orientações ou princípios de desenho, tais como estimular a curiosidade, apresentar uma narrativa interessante, desafiar os visitantes e estimular a sua participação (COOKS, 1998; KELLY, 2010; PEDRETTI, 2002, 2004; SKYDSGAARD *et al.*, 2016). No âmbito do projeto IRRESISTIBLE, e tendo em mente a novidade do desenvolvimento de exposições para a maioria dos parceiros, foi criado um guia através de uma abordagem de investigação baseada em desenho. Esta metodologia foi utilizada com o objetivo de desenvolver uma ferramenta que pudesse ajudar a melhorar as práticas educativas, através de análise iterativa, conceção, desenvolvimento e implementação, baseada na colaboração entre investigadores e profissionais – os membros do projeto – em cenários do mundo real (WANG; HANNAFIN, 2005). Ao longo deste processo, uma sequência de várias iterações – análise de literatura; testagem e avaliação dos diferentes cenários interativos, propostos

no protótipo do guia, durante um workshop com formadores de professores, professores de ciências e peritos de museus de ciências dos diferentes países envolvidos no projeto; teste e avaliação do protótipo do guia por todos os parceiros IRRESISTIBLE – permitiu a evolução do protótipo até à versão final do guia. Cada iteração permitiu recolher *feedback* e sugestões de melhoramento. A versão final – disponibilizada em vários formatos: pdf, revista eletrónica e *e-book* – foi organizada em torno das secções seguintes: 1) Potencial de exposições sobre Investigação e Inovação Responsáveis; 2) Diferentes fases no desenvolvimento de uma exposição; 3) Características de uma exposição interativa e de um objeto interativo; 4) Possíveis cenários de interatividade para exposições; 5) Orientações gerais para todos os cenários; 6) Avaliação do impacto de exposições IRRESISTIBLE em professores, alunos e visitantes.

O conceito de interatividade utilizado neste projeto não requer, necessariamente, a presença de tecnologia, mas, em vez disso, requer necessariamente a interação entre os visitantes dentro da exposição e entre estes e os objetos que estão a ser expostos (HEATH *et al.*, 2005; TSITOURA, 2010; WAGENSBERG, 2001). Esta interação não requer qualquer movimento físico – a interação entre o visitante e o objeto existe mesmo que o visitante esteja apenas a pensar e a refletir sobre o estímulo do objeto (BILDA; EDMONDS, 2008; HINDMARSH *et al.*, 2005).

### 3 METODOLOGIA

Esta investigação quantitativa teve como objetivo avaliar o impacto do desenvolvimento das exposições IRRESISTIBLE – sobre as dimensões de IIR de temas de investigação de ponta (controvérsias sociocientíficas) – nas perceções dos alunos relativamente às suas competências e às aulas de ciências. Um questionário *on-line* foi desenvolvido, validado e aplicado aos alunos participantes no projeto antes e após a realização da exposição. O questionário foi respondido por um total de 3368 alunos no pré-teste (aplicado antes do desenvolvimento das exposições pelos alunos) e 2433 no pós-teste (aplicado após todo o processo de desenvolvimento das exposições pelos alunos) (ver Tabela 1), de um total de 7340 alunos envolvidos no IRRESISTIBLE. Turquia, Polónia e Grécia foram os países mais representados, mas Itália e Portugal também tiveram mais de 500 inquiridos cada um.

**Tabela 1: Número de questionários respondidos em cada país participante.**

País	Pré-teste	Pós-teste	Total por país
Finlândia	277	90	367
Alemanha	226	206	432
Grécia	617	483	1100
Israel	153	59	212
Itália	513	185	698
Holanda	36	85	121
Polónia	607	501	1108
Portugal	269	276	545
Roménia	47	43	90
Turquia	623	505	1128
<b>Total</b>	<b>3368</b>	<b>2433</b>	<b>5801</b>

Fonte: Tabela elaborada pelos autores do artigo.

Os participantes distribuíram-se por todos os grupos etários, como é ilustrado pela Tabela 2, tendo a maioria 15 ou 16 anos.

**Tabela 2: Distribuição dos participantes por país/grupo etário.**

País	Idade										
	8-	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18+
Finlândia	0	0	20	121	173	34	0	0	0	2	4
Alemanha	0	0	0	0	0	15	67	57	110	106	75
Grécia	0	0	1	256	176	76	95	203	156	100	8
Israel	0	0	0	0	0	10	2	30	118	31	0
Itália	0	0	0	0	0	0	19	211	120	137	196
Holanda	0	0	0	0	0	0	23	47	14	26	5
Polónia	0	0	0	0	7	88	199	183	230	234	100
Portugal	41	7	30	14	3	104	83	142	93	12	1
Roménia	0	0	0	0	0	0	0	3	39	16	28
Turquia	0	0	8	116	310	217	132	150	124	64	7
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>7</b>	<b>59</b>	<b>507</b>	<b>669</b>	<b>544</b>	<b>620</b>	<b>1026</b>	<b>1007</b>	<b>728</b>	<b>424</b>

Fonte: Tabela elaborada pelos autores do artigo.

O questionário on-line (pré e pós-teste) incluía 16 itens, a serem avaliados pelos alunos através de uma escala de cinco pontos de tipo Likert (variando entre concordar totalmente e discordar totalmente):

1. Sou capaz de planear e construir uma exposição científica sobre um tema científico atual e relevante.
2. Planear e construir uma exposição científica motiva-me.
3. O desenvolvimento de uma exposição científica sobre um determinado assunto permite-me aprender mais sobre esse assunto.
4. A construção de exposições científicas melhora as relações entre os alunos.
5. A construção de exposições científicas melhora a relação entre os alunos e o professor.

6. As TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) são grandes ferramentas para apoiar o desenvolvimento das exposições científicas.
7. Sou capaz de criar exposições de ciência como forma de sensibilizar a comunidade para as controvérsias científicas atuais e relevantes.
8. Através do desenvolvimento de exposições científicas posso influenciar as decisões e comportamentos de outros cidadãos relacionados com questões sociais sobre ciência, tecnologia e ambiente.
9. Nas minhas aulas de ciências discuto sobre problemas atuais e como eles afetam a minha vida.
10. Nas minhas aulas de ciências, desenvolvo competências que me permitem ter um papel mais ativo na sociedade.
11. Nas minhas aulas de ciências, sou encorajado a fazer perguntas.
12. Nas minhas aulas de ciências, realizo projetos que considero importantes e socialmente relevantes.
13. Nas minhas aulas de ciências aprendo a agir de uma forma socialmente responsável.
14. Nas minhas aulas de ciências, aprendo a respeitar as opiniões dos meus colegas.
15. Nas minhas aulas de ciências aprendo sobre formas de influenciar as decisões de outras pessoas sobre questões sociais relacionadas com ciência, tecnologia e sociedade.
16. Nas minhas aulas de ciências sou responsável por iniciativas que me permitem influenciar as decisões de outras pessoas sobre questões sociais relacionadas com ciência, tecnologia e sociedade.

O questionário foi organizado em duas secções, cada uma delas com oito perguntas: a primeira secção sobre as exposições desenvolvidas pelos alunos (itens 1 a 8); a segunda secção sobre as aulas de ciências dos alunos (itens 9 a 16). A fim de validar as secções desenvolvidas, foi calculado o índice alfa de Cronbach para ambas. Os valores atingidos para o Alpha de Cronbach nas secções foram respetivamente .853 e .876, indicando que a consistência interna de ambos os tópicos era elevada (Alpha de Cronbach maior que .8), ilustrando a fiabilidade dos tópicos propostos.

A progressão global da amostra foi calculada – teste ANOVA – a fim de detetar diferenças estatisticamente significativas entre as perceções dos alunos antes e depois da participação no projeto.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 As exposições interativas realizadas pelos alunos

No espaço de três anos do projeto IRRESISTIBLE foram desenvolvidas 218 exposições pelos parceiros, centradas em diferentes tópicos de investigação de ponta (e controversos): a) nanotecnologia (N=131); b) poluição plástica nos oceanos (N=32); c) hidratos de carbono no leite materno (N=21); d) alterações climáticas (N=13); e) oceanografia (N=7); f) ciência polar (N=7); g) geoengenharia climática (N=6); h) extensão da plataforma continental portuguesa (N=1). Estas exposições tiveram lugar, principalmente em escolas e centros de ciência: a) escola (N=139); b) centro/museu de ciência (N=70); c) universidade (N=3); d) outros (N=5). Um total de 7340 alunos estiveram envolvidos no desenvolvimento das exposições.

Relativamente ao tipo de exposição, e tendo também em conta os cenários de interatividade apresentados no Guião para o Desenvolvimento de Exposições IRRESISTIBLE que foi utilizado por todos os parceiros, foi produzida uma grande variedade de artefactos. Algumas exposições foram mais homogéneas relativamente ao tipo de artefactos; outras mais ecléticas. A Tabela 3 apresenta o tipo de artefactos produzidos nas 218 exposições desenvolvidas.

**Tabela 3: Ocorrências de tipos de artefactos no âmbito das 218 exposições.**

Tipo de artefacto		Número de exposições com este tipo de artefacto	% De exposições com este tipo de artefacto
Jogo	Físico (por exemplo, jogo de tabuleiro com cartas e dados, mesa de futebol)	66	38
	Digital (e.g., questionários on-line)	14	8
Poster	Físico	67	39
	Físico, mas 3D (cubos, objetos...)	37	22
	Digital	13	8
Apresentações multimédia (por exemplo, vídeos, áudio)		37	22
Exposição na Internet /página Web/Blogue		10	6
Cartoons (digitais ou impressos)		6	3
Modelos		32	19
Experiências/demonstrações/simulações		32	19
Aplicação digital		3	2
Jornal		1	1
Livro		6	3
Play		1	1
Holograma		1	1
Protótipo		1	1
Estante IKEA (sistema EXPOneer)		31	18

Fonte: Tabela elaborada pelos autores do artigo.

Como podemos ver na Tabela 3, é clara a prevalência de cartazes, jogos, apresentações multimédia e modelos como os principais tipos de artefactos apresentados nas exposições. O tipo de artefacto mais frequente produzido nas exposições IRRESISTIBLE foi o cartaz (no seu formato físico – 2D – e também 3D). Quando pensamos num cartaz, o que nos vem à mente é algo estático, que não implica a manipulação pelo leitor, cheio de texto, com algumas imagens – pensar num cartaz como algo interativo é, talvez, uma tarefa difícil. No entanto, com a ajuda do Guia de Desenvolvimento de Exposições IRRESISTIBLE em combinação com a notável criatividade dos alunos, os cartazes desenvolvidos no âmbito das exposições IRRESISTIBLE foram, de facto, interativos e cumpriram o objetivo de envolver ativamente os visitantes. De facto, estes cartazes assumiram vários formatos e exigiram do visitante respostas diferentes (por exemplo, escrever opiniões/comentários, organizar imagens e frases em grupos).

A opção para desenvolver jogos físicos foi escolhida por muitos alunos envolvidos no desenvolvimento das exposições interativas. Efetivamente, os jogos podem ser uma estratégia muito poderosa para estimular a participação dos visitantes, permitindo a sua interação e criando uma atmosfera em que a discussão e reflexão sobre questões importantes podem ser realizadas de uma forma mais lúdica.

As apresentações multimédia, tais como vídeos ou outras apresentações foram também escolhidas por muitos alunos envolvidos no projeto. Embora este tipo de artefactos exija um dispositivo (ecrã de computador, *tablet* ou outro) para a sua visualização (e que pode não ser uma opção válida para algumas escolas), o seu desenvolvimento é normalmente sentido pelos alunos como uma tarefa muito agradável, contribuindo para a sua motivação para a produção da exposição.

O desenvolvimento de modelos foi outra opção popular para alguns alunos, especialmente quando as suas exposições se centraram em conceitos e fenómenos físicos e químicos.

#### 4.2 O impacto do desenvolvimento das exposições nas perceções dos alunos relativamente às suas competências e às aulas de ciências

O impacto do desenvolvimento das exposições nas perceções dos alunos relativamente às suas competências e às aulas de ciências foi calculado, comparando as respostas dos alunos ao pré e ao pós-teste.

A progressão global da amostra foi calculada. O Quadro 1 mostra a pontuação média e o desvio padrão para cada uma das questões analisadas (tanto pré como pós-teste), bem como os resultados da ANOVA indicando se existe uma diferença significativa entre os resultados do pré e do pós-teste. Como pode ser ilustrado por este quadro, quase todas as perguntas (com exceção das perguntas número 3 e 6) apresentaram um aumento significativo nas suas pontuações favorecendo os resultados do pós-teste (considerando  $p < ,05$ ). Os resultados dos itens 3 e 6 no pré e pós-teste não foram estatisticamente diferentes porque a pontuação média foi muito elevada em ambos os testes. Na realidade, estes dois itens obtiveram as pontuações médias mais elevadas de todos os itens, mostrando uma perceção muito elevada dos alunos relativamente: a) ao impacto positivo do desenvolvimento das exposições na sua aprendizagem sobre tópicos científicos; e b) à importância das ferramentas TIC no desenvolvimento das exposições.

Quadro 1: Resultados de pré e pós-testes para toda a amostra com ANOVA.

Itens	Pré-teste			Pós-teste			F	Sig.
	N	Média	Desvio padrão	N	Média	Desvio padrão		
1. Sou capaz de planear e construir uma exposição científica sobre um tema científico atual e relevante.	3117	3,41	1,128	2283	3,90	1,020	269,261	,000*
2. Planear e construir uma exposição científica motiva-me.	3128	3,824	1,0980	2281	3,952	1,0762	18,208	,000*
3. O desenvolvimento de uma exposição científica sobre um determinado assunto permite-me aprender mais sobre esse assunto.	3110	4,225	,9714	2270	4,254	,9806	1,129	,282
4. A construção de exposições científicas melhora as relações entre os alunos.	3120	3,874	1,0693	2272	4,015	1,0631	23,196	,000*
5. A construção de exposições científicas melhora a relação entre os alunos e o professor.	3119	3,916	1,0428	2272	4,033	1,0560	16,464	,000*
6. As TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) são boas ferramentas para apoiar o desenvolvimento das exposições científicas.	3106	4,101	,9583	2268	4,116	,9508	,351	,554
7. Sou capaz de criar exposições de ciência como forma de sensibilizar a comunidade para as controvérsias científicas atuais e relevantes.	3105	3,455	1,1143	2268	3,784	1,0510	119,516	,000*
8. Através do desenvolvimento de exposições científicas posso influenciar as decisões e comportamentos de outros cidadãos relacionados com questões sociais sobre ciência, tecnologia e ambiente.	3112	3,545	1,0697	2267	3,732	1,0468	40,732	,000*
9. Nas minhas aulas de ciências discuto sobre problemas atuais e como eles afetam a minha vida.	3100	3,345	1,1853	2259	3,534	1,1504	34,343	,000*
10. Nas minhas aulas de ciências, desenvolvo competências que me permitem ter um papel mais ativo na sociedade.	3106	3,496	1,1282	2264	3,652	1,0830	25,790	,000*
11. Nas minhas aulas de ciências, sou encorajado a fazer perguntas.	3097	3,628	1,1600	2264	3,738	1,1238	12,059	,001*
12. Nas minhas aulas de ciências, realizo projetos que considero importantes e socialmente relevantes.	3097	3,265	1,1768	2258	3,561	1,1281	85,368	,000*
13. Nas minhas aulas de ciências aprendo a agir de uma forma socialmente responsável.	3089	3,604	1,1470	2259	3,796	1,0756	38,639	,000*
14. Nas minhas aulas de ciências, aprendo a respeitar as opiniões dos meus colegas.	3097	3,931	1,1201	2256	4,015	1,0414	7,877	,005*
15. Nas minhas aulas de ciências aprendo sobre formas de influenciar as decisões de outras pessoas sobre questões sociais relacionadas com ciência, tecnologia e sociedade.	3093	3,405	1,1073	2261	3,632	1,0717	56,354	,000*
16. Nas minhas aulas de ciências sou responsável por iniciativas que me permitem influenciar as decisões de outras pessoas sobre questões sociais relacionadas com ciência, tecnologia e sociedade.	3089	3,340	1,1462	2260	3,565	1,0854	52,798	,000*

\* Diferenças significativas entre os resultados do pré-teste e do pós-teste

Fonte: Quadro elaborado pelos autores do artigo.

Os resultados globais indicam que os alunos melhoraram as suas perceções no que diz respeito aos seguintes aspetos:

a) Nas suas competências para desenvolver exposições nas aulas de ciências como forma de sensibilização sobre temas relacionados com ciência-tecnologia-sociedade-ambiente: no final do projeto, sentem-se capazes de atingir este objetivo;

b) No forte impacto motivacional das exposições desenvolvidas pelos alunos;

c) No impacto positivo das exposições realizadas pelos alunos nas relações entre eles e entre eles e os professores;

d) Nas suas competências para influenciar as decisões e os comportamentos de outros cidadãos sobre questões relacionadas com a ciência, tecnologia e ambiente, através do desenvolvimento de exposições científicas.

Relativamente às suas aulas de ciências, o projeto contribuiu para um reforço da perceção por parte dos alunos de que, nesse contexto:

a) Discutem questões atuais e refletem sobre o impacto que estas têm nas suas vidas;

b) Desenvolvem projetos importantes e socialmente relevantes;

c) São encorajados a fazer perguntas e a respeitar as opiniões dos seus colegas;

d) Estão empoderados para um papel mais ativo e responsável na sociedade, através do desenvolvimento de iniciativas que permitam influenciar as decisões de outros cidadãos sobre questões sociais relacionadas com a ciência, a tecnologia e o ambiente.

Foi também realizada uma análise por país, a fim de identificar possíveis diferenças. A Tabela 4 resume os resultados da ANOVA para cada país identificando as questões em que houve uma diferença significativa entre o pré e o pós-teste ( $p < ,05$ ).

**Tabela 4: Resultados significativos da ANOVA para todos os países participantes (apenas são apresentados resultados estatisticamente significativos).**

Itens	Finlândia	Alemanha	Grécia	Israel	Itália	Holanda	Polónia	Portugal	Roménia	Turquia	Total
1. Sou capaz de planear e construir uma exposição científica sobre um tema científico atual e relevante.	,001	,000	,000	,000	,043		,000	,001	,000	,000	<b>9</b>
2. Planear e construir uma exposição científica motiva-me.		,000	,000						,000	,000	<b>4</b>
3. O desenvolvimento de uma exposição científica sobre um determinado assunto permite-me aprender mais sobre esse assunto.	,002						,010	,000	,000		<b>4</b>
4. A construção de exposições científicas melhora as relações entre os alunos.			,008	,004					,000	,000	<b>4</b>
5. A construção de exposições científicas melhora a relação entre os alunos e o professor.		,001	,000	,001					,003	,012	<b>5</b>
6. As TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) são boas ferramentas para apoiar o desenvolvimento das exposições científicas.			,031						,013		<b>2</b>
7. Sou capaz de criar exposições de ciência como forma de sensibilizar a comunidade para as controvérsias científicas atuais e relevantes.		,000	,010	,002	,003		,000	,038	,000	,000	<b>8</b>
8. Através do desenvolvimento de exposições científicas posso influenciar as decisões e comportamentos de outros cidadãos relacionados com questões sociais sobre ciência, tecnologia e ambiente.		,018		,003					,000	,002	<b>4</b>
9. Nas minhas aulas de ciências discuto sobre problemas atuais e como eles afetam a minha vida.	,013	,033	,009	,011			,021	,000	,000	,000	<b>8</b>
10. Nas minhas aulas de ciências, desenvolvo competências que me permitem ter um papel mais ativo na sociedade.		,017		,000					,000	,000	<b>4</b>
11. Nas minhas aulas de ciências, sou encorajado a fazer perguntas.									,000	,004	<b>2</b>
12. Nas minhas aulas de ciências, realizo projetos que considero importantes e socialmente relevantes.			,002	,002			,005	,002	,000	,000	<b>6</b>
13. Nas minhas aulas de ciências aprendo a agir de uma forma socialmente responsável.				,000		,005			,000	,000	<b>4</b>
14. Nas minhas aulas de ciências, aprendo a respeitar as opiniões dos meus colegas.	,024			,000					,000	,000	<b>4</b>
15. Nas minhas aulas de ciências aprendo sobre formas de influenciar as decisões de outras pessoas sobre questões sociais relacionadas com ciência, tecnologia e sociedade.			,027	,000			,001	,038	,000	,000	<b>6</b>
16. Nas minhas aulas de ciências sou responsável por iniciativas que me permitem influenciar as decisões de outras pessoas sobre questões sociais relacionadas com ciência, tecnologia e sociedade.			,020	,000				,000	,000	,000	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	

Fonte: Tabela elaborada pelos autores do artigo.

Torna-se claro a partir desta análise, por país, que os participantes de diferentes contextos tinham perceções diversas relativamente aos tópicos abrangidos pelo questionário. Roménia, Israel e Turquia foram visivelmente os que apresentaram diferenças mais significativas (16-14 dos 16 tópicos possíveis). Grécia, Portugal, Alemanha e Polónia também apresentaram várias questões com diferenças significativas (9-6). Holanda, Itália e Finlândia foram os países com diferenças menos significativas (1-4). Estes resultados indicam reações diferentes ao desenvolvimento de exposições científicas, sugerindo que este tipo de atividade – apesar da avaliação global positiva pelos alunos – não constituiu uma inovação completa para os alunos de alguns países. Possivelmente, o impacto na perceção dos alunos foi baixo nos países, onde esta atividade não representou uma novidade.

Da análise da Tabela 4 torna-se também claro que as perguntas 1, 7 e 9 foram as que apresentaram diferenças estatísticas mais significativas neste grupo de países (9-8 de um total de 10). As perguntas 5, 12, 15 e 16 também tiveram um número importante de países com diferenças estatísticas (5-6 de um total de 10). As perguntas 6 e 11 foram as que apresentaram o menor número de diferenças (apenas 2 países cada). Assim, o maior impacto partilhado pelos países IRRESISTIBLE foi percebido: a) na competência de planear e desenvolver uma exposição científica sobre um tema científico atual e relevante que possa sensibilizar a comunidade relativamente a essa questão; e b) no reconhecimento por parte dos alunos de que nas aulas de ciências discutem questões atuais e as formas como estas têm impacto nas suas vidas.

## 5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de exposições pelos alunos sobre questões sociocientíficas representou um desafio e uma oportunidade de aprendizagem para muitos dos professores e alunos envolvidos no projeto IRRESISTIBLE, especialmente no que diz respeito à gestão do tempo, à novidade do tema científico e das dimensões da IIR, à gestão do trabalho em grupo e ao planeamento e construção de exposições (MARQUES; REIS, 2018). Com a ajuda do Guia de Desenvolvimento de Exposições IRRESISTIBLE, os alunos foram bastante competentes no desenvolvimento de exposições interativas que cumpriram o objetivo de envolver ativamente os visitantes, tal como proposto pela literatura (BILDA; EDMONDS, 2008; HINDMARSH *et al.*, 2005). As exposições desenvolvidas no âmbito do

IRRESISTIBLE confirmaram que a interatividade não requer, necessariamente, a presença de tecnologia. Vários artefactos, como cartazes físicos, jogos de mesa e modelos, foram bastante eficazes na promoção da interação entre os visitantes da exposição e entre estes e os objetos expostos – aspetos fundamentais de uma exposição interativa segundo Heath, vom Lehn e Osborne (2005), Tsitoura (2010) e Wagensberg (2001).

De acordo com os alunos envolvidos no IRRESISTIBLE, a sua participação no desenvolvimento de uma exposição sobre uma controvérsia sociocientífica foi particularmente útil para reforçar: a) o seu conhecimento sobre essas questões e como elas afetam as suas vidas; b) as suas relações com outros alunos e com os professores; e c) as suas perceções sobre a relevância social das aulas de ciências, permitindo a discussão de questões importantes atuais.

O desenvolvimento de exposições foi assumido pelos alunos como uma estratégia de ativismo, permitindo-lhes ter um papel mais ativo e responsável na sociedade, influenciando as decisões e comportamentos de outros cidadãos sobre controvérsias relacionadas com a ciência, a tecnologia e o ambiente, que são relevantes para a sociedade. Os resultados obtidos, apoiam o poder das exposições desenvolvidas pelos alunos sobre temas de investigação de ponta (e controversos) como contexto para o empoderamento dos alunos como decisores e ativistas relativamente ao processo de Investigação e Inovação Responsáveis. Através destas exposições, os alunos sentiram-se mais competentes em (1) informar outros cidadãos sobre a controvérsia sociocientífica que investigaram, (2) envolvê-los na discussão sobre as condições necessárias para assegurar práticas responsáveis de investigação e inovação nessas áreas, e mesmo (3) desafiar-los a participar em ações coletivas destinadas a promover essas práticas responsáveis. Desta forma, as exposições IRRESISTIBLE, desenvolvidas pelos alunos, constituíram uma oportunidade para os alunos participarem em (e instigarem) a ação comunitária sobre controvérsias sociocientíficas – uma característica importante das exposições sobre controvérsias (BANDELLI; KONIJN, 2015; CAMERON, 2012; CHRISTENSEN *et al.*, 2016; MEYER, 2010; PEDRETTI, 2002, 2004) e uma dimensão importante da alfabetização científica (ALSOP; BENCZE, 2014; HODSON, 1998; REIS, 2014, 2020; ROTH, 2003).

Estes resultados evidenciam que o desenvolvimento das exposições desempenha um papel importante em tornar a aprendizagem da química mais relevante aos olhos dos alunos. Estas experiências educativas permitem um ensino de química mais contextualizado, baseado em controvérsias sociocientíficas que aproximam os alunos dos problemas reais da sociedade, permitindo-lhes compreender a importância de mobilizar conhecimento científico para os resolver, e dotando-os de várias competências essenciais



para a ação fundamentada em ciência. De facto, os alunos aprendem química com uma finalidade prática e aprendem a encarar o conhecimento científico como algo que deve ser discutido e que é suscetível de servir diferentes interesses. É esta compreensão da ciência que alguns autores referem ser essencial para o cidadão fazer intervenções fundamentadas na sociedade (COLUCCI-GRAY; CAMINO, 2011).

As exposições de educação estudantil desenvolvidas no âmbito do projeto IRRESISTIBLE representam uma abordagem educacional adequada à promoção do desenvolvimento sustentável, permitindo aos alunos compreender (e lidar com) as complexidades e incertezas das controvérsias sociocientíficas (MULÀ *et al.*, 2017; TILBURY; WORTMAN, 2004). Contribuem também para a reflexão dos alunos sobre as suas responsabilidades pessoais relativamente a uma investigação e inovação responsáveis, tornando-os capazes de assegurarem um desenvolvimento sustentável e um futuro igualmente sustentável.

O projeto IRRESISTIBLE foi financiado pela União Europeia como projeto FP-7 número 612367; mais detalhes em <http://www.irresistible-project.eu/index.php/en/>

## REFERÊNCIAS

ALSOP, S.; BENCZE, L. (Eds.) **Activism in science and technology education**. London: Springer, 2014.

APOTHEKER, J.; BLONDER, R.; AKAYGUN, S.; REIS, P.; KAMPSCHULTE, L.; LAHERTO, A. Responsible Research and Innovation in secondary school science classrooms: experiences from the project Irresistible. **Pure and Applied Chemistry**. v. 89 n. 2, 2017, p.211-219.

BANDELLI, A.; KONIJN, E. Public participation and scientific citizenship in the science museum in London: Visitors' perceptions of the museum as a broker. **Visitor Studies**. v. 18, n. 2, 2015, p.131-149.

BILDA, Z.; EDMONDS, E. Design for Creative Engagement. **Design Studies**. v. 29, 2008, p. 525-540.

BLONDER, R. Student-Curated Exhibitions: Alternative Assessment in Chemistry Education in Israel. *In*: COX, C.; SCHATZBERG, W.E. (Org.). **International Perspectives on Chemistry Education Research and Practice**. Washington DC: American Chemical Society, 2018.

BLONDER, R.; ROSENFELD, S.; RAP, S.; APOTHEKER, J.; AKAYGUN, S.; REIS, P.; KAMPSCHULTE, L.; LAHERTO, A. Introducing Responsible Research and Innovation (RRI) into the Secondary School Chemistry Classroom: The Irresistible Project. **Daruna**. v. 44, 2017, p.36-43.

BRAUND, M.; REISS, M. (Org.). **Learning science outside the classroom**. London: Routledge Falmer, 2004.

BYBEE, R. Scientific Inquiry, Student Learning, and the Science Curriculum. *In*: BYBEE, R. W. (Org.). **Learning science and the science of learning**. Arlington, VA: NSTA Press, 2002.

CAMERON, F. Climate change, agencies and the museum and science centre sector. **Museum Management and Curatorship**. v. 27, n. 4, 2012, p.317-339.

CHRISTENSEN, J.; BONNELYCKE, J.; MYGIND, L.; BENTSEN, P. Museums and science centers for health: from scientific literacy to health promotion. **Museum Management and Curatorship**. v. 31, n. 1, 2016, p.17-47.

COLUCCI-GRAY, L.; & CAMINO, E. Environmental crisis and scientific thinking: which science education for sustainability? **Journal for activism in science & technology education**. v. 3, n.1, 2011, p. 80-92.

COOKS, R. Is there a way to make controversial exhibits that work? **Journal of Museum Education**. v. 23, n. 3, 1998, p.18-20.

DELICADO, A. Scientific controversies in museums: notes from a semi-peripheral country. **Public Understanding of Science**. v. 18, n. 6, 2009, p.759-767.

EUROPEAN COMMISSION. **Science and Society Action Plan**. Luxembourg: Office for official publications of the European Communities, 2002.

HAMMERICH, P. Confronting students' conceptions of the nature of science with cooperative controversy. *In*: MCCOMAS, W. (Org.). **The nature of science in science education: Rationales and strategies**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

HEATH, C.; VOM LEHM, D.; OSBORNE, J. Interaction and interactives: collaboration and participation with computer- based exhibits. **Public Understanding of Science**. v. 14, n. 1, 2005, p.91–101.

HENRIKSEN, E.; FROYLAND, M. The contribution of museums to scientific literacy: Views from audience and museum professionals. **Public Understanding of Science**. v. 9, 2000, p.393-415.

HINDMARSH, J.; HEATH, C.; VOM LEHN, D.; J. CLEVERLY. Creating Assemblies in Public Environments: Social interaction, interactive exhibits and CSCW. **Journal of Computer Supported Collaborative Work**. v. 14, n. 1, 2005, p.1-41.

HODSON, D. **Teaching and learning science: Towards a personalized approach**. Buckingham: Open University Press, 1998.

KAMPSCHULTE, L.; PARCHMANN, I. The student-Curated Exhibition – A new approach to getting in touch with science. **LUMAT**. v. 3, n. 4, 2015, p.462–482.

KELLY, L. Engaging Museum Visitors in Difficult Topics through Socio-Cultural Learning and Narrative. *In*: CAMERON, F.; KELLY, L. (Org.), **Hot Topics, Public Culture, Museums**. Cambridge Scholars Publishing, 2010

KOLSTØ, S. Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. **Science Education**. v. 85, n. 3, 2001, p.291-310.

KOSTER, E. Evolution of purpose in science museums and science centers. *In*: CAMERON, F.; KELLY, L. (Org.). **Hot Topics, Public Culture, Museums**. Cambridge Scholars Publishing, 2010.

LEVINSON, R. Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. **International Journal of Science Education**. v. 28, n.10, 2006, p.1201–1224.

LINHARES, E. F.; REIS, P. Interactive exhibition on climate geoengineering: empowering future teachers for sociopolitical action. **Sisyphus – Journal of Education**. v. 5, n. 3, 2017, p.85-106.

LINHARES, E. F.; REIS, P. Capacitação de Futuros Professores para a Ação Sociopolítica através de Exposições Interativas. **Linhas Críticas**. n. 24, 2019, p.304-325.

LINHARES, E. F.; REIS, P. Initiatives d´activisme en formation initiale de professeurs: préparer à l´action et à la transformation. **Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies**. n. 21, 2020, p.193-211.

LOUGHRAN, J.; BERRY, A.; MULHALL, P. **Understanding and developing science teachers. Pedagogical content knowledge**. Monash University, Clayton: Sense Publishers, 2006.

MARQUES, A. R.; REIS, P. Producción y difusión de vídeos digitales sobre contaminación ambiental. Estudio de caso: Activismo colectivo basado en la investigación. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. v. 14, n. 1, 2017, p.215-226.

MARQUES, A. R.; REIS, P. O Desenvolvimento de Exposições Científicas Como Estratégia de Ativismo em Contexto Escolar. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Ed.). **Questões Sócio-Científicas: Fundamentos, Propostas de Ensino e Perspectivas Para Ações Sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018.

MEYER, M. From cold science to hot research: the texture of controversy. *In*: CAMERON, F.; KELLY, L. (Org.). **Hot Topics, Public Culture, Museums**. Cambridge Scholars Publishing, 2010.

MILLAR, R. Science education for democracy: What can the school curriculum achieve? *In*: LEVINSON, R.; THOMAS, J. (Org.). **Science today: Problem or crisis?** London: Routledge, 1997.

PEDRETTI, E. T. Kuhn meets T. Rex: Critical Conversations and New Directions in Science Centers and Science Museum. **Studies in Science Education**, v. 37, n. 1, 2002, p.1-41.

PEDRETTI, E. Perspectives on Learning through Research on Critical Issues-Based Science Center Exhibition. **Science Education**. v. 88, n. 1, 2004, p.34-47.

QUISTGAARD, N.; KAHR-HOJLAND, A. New and innovative exhibition concepts at science centres using communication technologies. **Museum Management and Curatorship**. v. 25, n. 4, 2010, 423-436.

RATINEN, I., KÄHKÖNEN, A.-L.; LINDELL, A. Pupils' Understanding about Responsible Research and Innovation. **International Journal of Environmental and Science Education**. v. 13, n. 2, 2018, p.143-154.

REIS, P. Promoting students' collective socio-scientific activism: Teacher's perspectives. *In*: ALSOP, S.; BENCZE, L. (Org.). **Activism in science and technology education**. London: Springer, 2014.

REIS, P. Environmental Citizenship & Youth Activism. *In*: HADJICHAMBIS, A. C.; REIS, P.; PARASKEVA-HADJICHAMBI, D.; ČINCERA, J.; BOEVE-DE PAUW, J.; GERICKE, N.; KNIPPELS, M.-C. (Org.). **Conceptualizing Environmental Citizenship for 21st Century Education**. Series "Environmental discourses in Science Education". Cham: Springer, 2020.

REIS, P. Desafios à Educação em Ciências em Tempos Conturbados. **Ciência & Educação, Bauru**. v. 27, e21000, 2021.

REIS, P.; MARQUES, A. R. (Org.). **As exposições como estratégia de ação sociopolítica: cenários do projeto IRRESISTIBLE**. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, 2016.

RENNIE, L.; STOCKLMAYER, S. The communication of science and technology: past, present and future agendas. **International Journal of Science Education**. v. 25, n. 6, 2003, p.759-773.

RIECKMANN, M. **Education for sustainable development goals: Learning objectives**. Paris: UNESCO, 2017.

ROBERTS, D. Scientific Literacy/Science Literacy. *In*: ABELL, S.; LEDERMAN, N. (Org.). **Handbook of Research on Science Education**. London: Routledge, 2007.

RODARI, P.; MERZAGORA, M. The role of science centers and museums in the dialogue between science and society. **Journal of Science Communication**. v. 6, n. 2, 2007, p.1-2.

ROTH, W.-M. Scientific literacy as an emergent feature of collective human praxis. **Journal of Curriculum Studies**. v. 35, n. 1, 2003, p.9-23.

SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 41, n. 5, 2004, p.513-536.

SKYDSGAARD, M.; ANDERSEN, H.; KING, H. Designing museum exhibits that facilitate visitor reflection and discussion. **Museum Management and Curatorship**. v. 31, n. 1, 2016, p.48-68.

SLEEPER, M.; STERLING, R. The in-class science exhibition. **Science Scope**. v. 27, n. 6, 2004, p.49-52.

SUTCLIFFE, H. **A report on responsible research and innovation**. Brussels: Matter, 2011.

TILBURY, D.; WORTMAN, D. **Engaging People in Sustainability**. Commission on Education and Communication, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 2004.

TSITOURA, A. Socio-cultural visions of Interactivity within Museums. **Cadernos de Sociomuseologia**. v. 38, 2010, p.89-102.

UNITED NATIONS. **Transforming our World**: The 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: United Nations, 2015.

WAGENSBERG, J. Principios fundamentales de la museología científica moderna. **Cuaderno Central**. v. 55, 2001, p.22-24.