

A construção de exposições sobre controvérsias sociocientíficas: potencialidades educativas identificadas por alunos

The curation of exhibitions on socioscientific issues: educational potentialities identified by students

La construcción de exposiciones sobre controversias sociocientíficas: potencialidades educativas identificadas por alumnos

Pedro Reis

Universidade de Lisboa [ULisboa], Lisboa, Portugal

 <https://orcid.org/0000-0002-9549-2516>

Mónica Baptista

Universidade de Lisboa [ULisboa], Lisboa, Portugal

 <https://orcid.org/0000-0003-1609-5764>

Luís Tinoca

Universidade de Lisboa [ULisboa], Lisboa, Portugal

 <https://orcid.org/0000-0001-6950-3245>

Elisabete Linhares

Instituto Politécnico de Santarém/Universidade de Lisboa [ULisboa], Lisboa, Portugal

 <https://orcid.org/0000-0002-0532-4843>

Email de correspondência: preis@ie.ulisboa.pt

Recebido em: 30 nov 2021 • Aceito em: 17 mai 2022 • Publicado em: 28 jun 2022

DOI: 10.12957/impacto.2022.63823

Resumo

O Projeto IRRESISTIBLE teve como objetivo envolver professores, alunos e membros da comunidade na discussão sobre Investigação e Inovação Responsáveis (IIR), promovendo a construção de conhecimento sobre tópicos de investigação de ponta (e controversos) (Controvérsias Sociocientíficas - CSC) e a discussão sobre os critérios que os processos de investigação/inação devem respeitar para serem considerados responsáveis. Este artigo apresenta resultados sobre o potencial educacional das exposições IRRESISTIBLE construídas pelos alunos sobre CSC e as suas



dimensões de IIR. As exposições foram construídas pelos alunos em diferentes contextos - escolas, universidades, museus e locais públicos - e foram assumidas como uma estratégia de ativismo através da qual os alunos informaram a comunidade sobre a CSC que haviam investigado e desencadearam discussão sobre as condições necessárias para garantir práticas de IIR nessas áreas. Os dados foram obtidos por meio de entrevistas com alunos participantes de 10 países. Os resultados gerais indicam que os alunos melhoraram as suas percepções sobre as suas competências de desenvolvimento de exposições como forma de conscientizar sobre temas relacionados com ciência, tecnologia e sociedade. Esta atividade reforçou a percepção dos alunos de que nas aulas de ciências eles desenvolvem projetos socialmente relevantes e aprendem como influenciar as decisões de outros cidadãos sobre questões sociais relacionadas com ciência, tecnologia e ambiente, com o objetivo de garantir um futuro mais sustentável.

Palavras-chave: Questões sociocientíficas. Exposições construídas pelos alunos. Ativismo juvenil. Cidadania ativa. Desenvolvimento sustentável.

Abstract

The IRRESISTIBLE Project had the aim of involving teachers, students, and the public in the discussion on Responsible Research and Innovation (RRI), promoting both the construction of knowledge about cutting-edge (and controversial) research topics (Socioscientific Issues - SSI) and discussion about the criteria that research/innovation processes should respect to be considered as responsible. This article presents results on the educational potential of IRRESISTIBLE's student-curated exhibitions about SSI and their RRI dimensions. Student-curated exhibitions took place in different contexts - schools, universities, museums, and public places—and were assumed as an activism strategy through which students informed the community about the SSI they had researched, and triggered discussion about the necessary conditions to ensure RRI practices in those areas. Data were collected through interviews with participating students from 10 countries. Overall results indicate that students improved their perceptions regarding their competences in developing exhibitions as a way of creating awareness about topics relating to science, technology, and society. This activity reinforced students' perceptions that in science classes they develop socially relevant projects and learn how to influence other citizens' decisions about social issues related to science, technology, and the environment, with the aim of ensuring a more sustainable future.

Keywords: Socioscientific issues. Student-curated exhibitions. Youth activism. Active citizenship. Sustainable development.



Resumem

El Proyecto IRRESISTIBLE tuvo como objetivo involucrar a docentes, estudiantes y elementos de la comunidad en la discusión sobre Investigación e Innovación Responsables (IIR), promoviendo la construcción de conocimiento sobre temas de investigación de punta (y controvertidos) (Controvérsias Sociocientíficas - CSC) y la discusión sobre los criterios que deben respetar los procesos de investigación/innovación para que puedan ser considerados responsables. Este artículo presenta resultados sobre el potencial educativo de las exposiciones IRRESISTIBLE construidas por alumnos sobre CSC y sus dimensiones de IIR. Las exposiciones fueron desarrolladas por alumnos en diferentes contextos (escuelas, universidades, museos y lugares públicos) y se asumieron como una estrategia de activismo a través de la cual los alumnos informaron a la comunidad sobre la CSC que habían investigado y desencadenaron discusión sobre las condiciones necesarias para garantizar prácticas de IIR en esas áreas. Los datos se recopilaron a través de entrevistas realizadas a alumnos participantes de 10 países. Los resultados globales indican que los alumnos mejoraron sus percepciones sobre sus competencias en el desarrollo de exposiciones como una forma de crear conciencia sobre temas relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad. Esta actividad reforzó la percepción de los alumnos de que en las clases de ciencias desarrollan proyectos socialmente relevantes y aprenden a influir en las decisiones de otros ciudadanos sobre cuestiones sociales relacionadas con la ciencia, la tecnología y el ambiente, con el objetivo de asegurar un futuro más sostenible.

Palabras-clave: Controversias sociocientíficas. Exposiciones desarrolladas por alumnos. Activismo juvenil. Ciudadanía activa. Desarrollo sostenible

Introdução

O principal objetivo do Projeto IRRESISTIBLE (FP7, Grant 612367) era promover a participação dos alunos e da comunidade no processo de Investigação e Inovação Responsáveis (IIR) (APOTHEKER et al., 2017; BLONDER et al., 2017). Cada parceiro IRRESISTIBLE organizou uma Comunidade de Aprendentes (CdA) - formada por alunos, professores de ciências, educadores de ciências, cientistas e especialistas em museus de ciências - com o objetivo de apoiar os alunos no desenvolvimento de exposições abordando tópicos de pesquisa de ponta (e polêmicos) (Controvérsias Sociocientíficas - CSC) e discutir os critérios que os processos de investigação e inovação devem respeitar para serem considerados responsáveis. A reflexão sobre as dimensões da IIR de cada CSC



foi norteadas pelas propostas por Sutcliffe (2011): (a) engajamento - participação da sociedade civil junto aos investigadores e à indústria no processo de investigação e inovação; (b) igualdade de gênero - envolvimento igual de mulheres e homens; (c) educação científica - educação de qualidade capaz de atender às necessidades futuras da sociedade; (d) ética - o respeito pelos direitos fundamentais e pelos mais elevados padrões éticos; (e) acesso aberto - acesso online gratuito aos resultados de investigação com financiamento público; (f) governança - a responsabilidade dos formuladores de políticas no desenvolvimento de modelos harmoniosos para IIR. As CSC foram selecionadas pelos alunos, organizados em grupos.

O processo de desenvolvimento da exposição foi precedido por uma fase de investigação onde os alunos pesquisaram tanto a CSC selecionada quanto as dimensões de IIR dessa controvérsia. Após a pesquisa de informações, os alunos foram apoiados pela CdA no desenvolvimento da exposição, o que implicou na seleção e apresentação das informações de forma a chamar a atenção dos visitantes e desencadear a sua reflexão e discussão sobre os temas. Com as informações selecionadas, os alunos construíram diferentes módulos para a exposição: jogos de mesa, questionários, pôsteres, histórias em quadrinhos, modelos, apresentações multimídia, experiências e demonstrações e aplicativos digitais (APOTHEKER et al., 2017). As exposições foram desenvolvidas pelos alunos em diferentes contextos: escolas, universidades, museus e locais públicos. O processo de desenvolvimento das exposições proposto pelo projeto IRRESISTIBLE exigia que os alunos comunicassem os seus conhecimentos baseados em investigação com um público mais amplo, em estreita relação com seus direitos e responsabilidades de cidadania ativa, constituindo uma excelente oportunidade para eles promoverem suas competências de cidadania e se tornarem ativistas em questões que consideram socialmente relevantes (REIS et al., 2020). Através das exposições, os alunos discutiram com a comunidade a CSC que tinham investigado e as condições necessárias para que a investigação e a inovação nessa área sejam orientadas pela responsabilidade. As exposições foram assumidas como ações coletivas de resolução democrática de problemas, capacitando os alunos a serem críticos e produtores de conhecimento (REIS 2014a, 2014b). O projeto IRRESISTIBLE representou um contexto valioso para estudar as condições necessárias e as potencialidades educativas da construção de exposições sobre CSC (e suas dimensões de IIR) que os alunos consideram importantes e relevantes para a sua vida e para a vida das suas comunidades.



Referencial Teórico

Através dos meios de comunicação, os cidadãos estão frequentemente em contacto com as dimensões controversas dos temas de investigação de ponta, muitos deles relacionados com os possíveis critérios para assegurar a investigação e a inovação responsáveis nestas áreas. Muitos tópicos científicos e tecnológicos de ponta correspondem a uma "ciência de fronteira", que é preliminar, incerta, controversa e em debate. A colaboração entre atores sociais - investigadores, cidadãos, decisores políticos, etc. - durante todo o processo de investigação e inovação é considerada uma forma de: a) conectar tanto o processo como os seus resultados com os valores, as necessidades e as expectativas da sociedade; e b) obter um mundo mais sustentável (OWEN et al., 2012). A educação científica também tem sido vista como um contexto para envolver os alunos e suas comunidades no processo de IIR (APOTHEKER et al., 2017; BLONDER et al., 2017).

Um dos principais objetivos do ensino de ciências é fornecer a todos os alunos as oportunidades de desenvolver o conhecimento científico, as capacidades e a confiança necessários para a contribuição e o envolvimento ativos em discussões sociais sobre CSC (OSBORNE e DILLON, 2008; OTTANDER e SIMON, 2021; SADLER et al., 2007). As controvérsias sociocientíficas podem ser definidas como "ciência quente", focada na simetria entre diferentes interesses ou perspectivas associadas a questões polêmicas (MEYER, 2010). A educação científica baseada em CSC tem o potencial de promover a participação democrática dos alunos (OTTANDER e SIMON 2021; SADLER et al. 2007), desenvolvendo suas autopercepções como participantes legítimos na resolução de problemas e nos processos de tomada de decisão relativos a CSC (SADLER 2009).

Muitas CSC envolvem dimensões ambientais e de sustentabilidade. Através de uma perspectiva pluralista (BORG et al. 2012) e assumindo os problemas ambientais e de sustentabilidade como conflitos entre pessoas e diferentes partes interessadas, os alunos aprendem a examinar criticamente diferentes vozes, interesses e pontos de vista no âmbito de um debate sobre sustentabilidade. Além disso, a educação científica baseada em CSC pode estimular o envolvimento de alunos e professores em iniciativas de ativismo, visando a resolução de problemas através da mudança social e de ações sociopolíticas (BENCZE e CARTER 2011; REIS 2014a, 2020). Segundo Hodson (2003), a educação científica voltada para a ação sociopolítica constitui um elemento-chave na resolução dos problemas sociais e ambientais do nosso mundo, contribuindo para “produzir militantes: pessoas que vão lutar pelo que é certo, bom e justo; pessoas que trabalharão para remodelar a sociedade de acordo com linhas mais socialmente justas; pessoas que trabalharão vigorosamente nos melhores interesses da biosfera” (p. 645). Uma forma de implementar tal educação científica é através do envolvimento dos alunos em



atividades de investigação autodirigidas e abertas sobre problemas da vida real associados a CSC e estimulando a participação dos alunos em ações de resolução democrática e coletiva de problemas (por exemplo, através do uso de redes sociais, de iniciativas baseadas em arte e/ou da construção de exposições) (ALSOP e BENCZE 2014; FREIRE et al. 2013; GARCÍA-BERMÚDEZ et al. 2014; KOWASCH et al. 2021).

O desenvolvimento de exposições sobre CSC envolve os alunos na investigação e na discussão sobre questões sociocientíficas controversas, com resultados positivos em termos de: a) aprendizagem sobre os conteúdos, os processos e a natureza da ciência e da tecnologia (KOLSTØ 2001); b) compreensão das características da ciência de ponta (LEVINSON 2006); c) compreensão das interações complexas entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (LINHARES e REIS 2020); d) desenvolvimento de competências cognitivas, sociais, políticas, morais e éticas (KAMPSCHULTE e PARCHMANN 2015; KOLSTØ 2001); e) desenvolvimento de capacidades de investigação (SLEEPER e STERLING 2004); f) estimulação de reflexões coletivas entre alunos e visitantes, transformando ambos em aprendentes (BRAUND e REISS 2004); g) envolvimento dos alunos em ação comunitária sobre CSC (LINHARES e REIS 2017; MARQUES e REIS 2017); e h) transformação da avaliação de um produto para um processo (BLONDER 2018).

Uma exposição baseada numa CSC é diferente de outros tipos de exposições, focando-se na estimulação de reflexões pessoais e no aumento do envolvimento do público com a ciência. Resulta de um foco não apenas na compreensão dos produtos e processos da ciência – um objetivo da alfabetização científica – mas também nas interações complexas entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, permitindo o envolvimento dos cidadãos na tomada de decisões informadas e em processos de resolução de problemas relativos a CSC (KOSTER 2010; REIS et al. 2020). Essas exposições são bastante desafiadoras para quem as constrói porque devem: 1) questionar os impactos sociais, econômicos, políticos e éticos das propostas científicas e tecnológicas no dia a dia dos visitantes; 2) suscitar questões, discussões aprofundadas e pensamento crítico em vez de fornecer respostas corretas; 3) fornecer informação contextualizada (por exemplo, as opiniões de diferentes atores sociais em relação a essas questões); 4) convidar os visitantes a desenvolver ativamente suas próprias perspectivas críticas e a compartilhá-las com outras pessoas; e 5) desafiar os visitantes para uma ação coletiva de resolução de problemas sobre essas questões (CAMERON 2012; PEDRETTI 2004; YUN et al. 2020).



Metodologia

Durante os anos letivos de 2014/2015 e 2015/2016, foram desenvolvidas 218 exposições sobre as dimensões de IIR de CSC, envolvendo um total de 7.340 alunos. Para saber como os alunos avaliam este processo e como este afetou as suas competências e as suas aulas de ciências, foi utilizada uma abordagem mista, com uma componente qualitativa (envolvendo o desenvolvimento de estudos de caso por cada parceiro IRRESISTIBLE) e uma componente quantitativa (com a aplicação e a análise estatística de um questionário pré/pós) (REIS et al. 2020). Todos os procedimentos metodológicos foram validados pelos comitês de ética das diferentes universidades envolvidas. Este artigo centra-se na componente qualitativa.

Para compreender o processo de desenvolvimento da exposição e o impacto que este processo teve nos participantes, cada parceiro desenvolveu (pelo menos) dois estudos de caso, focados cada um deles numa exposição diferente. Desta forma, do total de 218 exposições desenvolvidas durante o projeto IRRESISTIBLE, 26 foram selecionadas pelos parceiros (a título de exemplos ilustrativos) para serem objeto de um estudo de caso. Essas 26 exposições foram desenvolvidas por 1357 alunos distribuídos por 59 turmas do 5.º ao 12.º ano, com o apoio de 55 professores, além de 18 professores-estagiários (Tabela 1).

Tabela 1 Temas e participantes dos estudos de caso

Parceiro	Nome da exposição	N.º total de Professores	N.º total de Alunos	N.º total de turmas	Ano
Finlândia	Mudanças climáticas	4 (16*)	86	4	6.º
	Mudanças climáticas e geoengenharia	1 (2*)	30	4	6.º
Alemanha 1	Plástico - Vilão do oceano	1	22	1	9.º
	Impacto humano nos oceanos	1	27	1	11.º
Alemanha 2	Oceano futuro	4	60	2	9.º
Grécia	Nanociência e suas aplicações	1	16	1	8.º
	A nanotecnologia de materiais autolimpantes	1	21	1	10.º
Israel	Células fotovoltaicas baseadas em perovskita	1	16	1	9.º
	Exposição sobre o leite	1	32	1	11.º



Itália 1	Ecopólio	1	23	1	12.º
	IIR e fontes de energia	1	136	6	9.º (4), 10.º e 11.º
Itália 2	IIR e energia solar	3	73	4	8.º e 11.º
	IIR numa abordagem baseada em investigação	4	61	4	10.º e 11.º
Polónia	Nano-mundo	1	35	1	10.º
	Nano-mundo	1	35	1	8.º
Portugal	IIR e ciência polar	1	46	2	10.º
	Os IRRESISTÍVEIS da turma 8D	2	21	1	8.º
	IIR na ciência polar portuguesa	1	27	1	10.º
	Geoengenharia do clima	1	27	1	10.º
Holanda	O envelhecimento saudável começa com a mamãe 1	2	81	3	11.º
	O envelhecimento saudável começa com a mamãe 2	2	18	1	11.º
	O envelhecimento saudável começa com a mamãe 3	2	55	2	11.º
Turquia	Aplicações da nanotecnologia em Ciências da Saúde	1	20	1	5.º – 9.º
	IIR no Contexto das Mudanças Climáticas	15	154	6	5.º - 10.º
Roménia	Nanomateriais e energia	1	210	7	10.º - 12.º
	Nanociência	1	25	1	7.º e 8.º
Total		55 (18)	1357	59	

* Professores estagiários

Para facilitar o processo de construção do estudo de caso, foi desenvolvido e partilhado com todos os parceiros um conjunto de diretrizes. Este guia - indicando todos os procedimentos a serem seguidos e a estrutura/seções do estudo de caso - tinha como objetivo garantir que os dados apresentados em todos os casos dos parceiros seriam comparáveis e cobririam todos os aspetos importantes para o projeto. As diretrizes incluíram: a) procedimentos relativos aos participantes e recolha de dados; b) estrutura do estudo de caso; e c) tópicos a incluir. Cada estudo de caso correspondeu a uma exposição sobre as dimensões de IIR de uma CSC, implementada na escola, na universidade, num centro de ciências ou num museu. Os participantes de cada estudo de caso foram:



a) alunos envolvidos na exposição; b) professor (es) desses alunos; e c) professores de didática das ciências, especialistas de museus e cientistas que apoiaram os alunos durante o desenvolvimento da exposição.

A recolha de dados decorreu no final de todo o processo e deveria compreender: 1) a realização de uma entrevista com o(s) professor(es) ou a aplicação de um questionário aberto, focado nas suas dificuldades com a construção e desenvolvimento da exposição, a sua aprendizagem profissional, as suas reflexões sobre o impacto na aprendizagem dos alunos e sua avaliação geral do processo de construção e desenvolvimento da exposição; 2) a realização de uma entrevista em grupo focal com os alunos que planearam e desenvolveram a exposição, com foco na descrição e avaliação de todo o processo, das dificuldades sentidas e das aprendizagens efetuadas; e 3) a realização de uma entrevista com os cientistas e os especialistas dos centros de ciências/museus, ou um questionário aberto, focado nas suas perspetivas sobre o processo de construção e desenvolvimento da exposição e a sua avaliação global do processo. A análise das entrevistas individuais e em grupo focal foi efetuada segundo uma abordagem qualitativa, sendo a transcrição integral submetida a análise de conteúdo. Para este artigo, apenas são apresentados os dados relativos à caracterização das exposições (por exemplo, título, local onde decorreram, autores, módulos desenvolvidos) e as perceções dos alunos sobre todo o processo.

Resultados

Um total de 26 estudos de caso foram desenvolvidos por parceiros IRRESISTIBLE com o objetivo de apresentar como o processo de desenvolvimento das exposições científicas interativas foi vivenciado pelos participantes. As diretrizes para os estudos de caso permitiram a coleta de informações comuns a respeito de cada exposição, com foco no processo de desenvolvimento e nas dificuldades dos alunos e nas conquistas de aprendizagem durante o processo.

• *Atividades e tarefas prévias*

Todo o processo de desenvolvimento começou com várias atividades - organizadas pelos professores juntamente com outros membros do CdA - projetadas para envolver os alunos numa CSC específica e nas suas dimensões de IIR. Todas essas atividades foram realizadas para obter conteúdo e contribuições para as exposições. As atividades mais implementadas foram: palestras/palestras de especialistas (22), brainstorming/debates (14), atividades/experiências práticas (14) e visitas a laboratórios universitários, museus e centros de ciência (13). Outras atividades menos realizadas foram: apresentações dos alunos sobre o tema em causa (9), representações de papéis (5), observação



de documentários (4), saídas de campo (2) e pesquisa de informação na Internet (1), em jornais (1) e artigos científicos (1).

Foi consensual entre os alunos que as atividades que levaram à conceção da exposição foram fundamentais para a aprendizagem, permitindo-lhes desenvolver ideias sobre a abordagem a utilizar no planeamento e construção das suas exposições.

- *Fase de Planeamento e Construção*

As exposições foram planeadas com o objetivo de destacar temas científicos de ponta e as dimensões de IIR da CSC, tendo em conta que deveriam despertar a atenção e a reflexão dos visitantes. As exposições foram planeadas e construídas pelos alunos. Os casos finlandeses foram a única exceção. No primeiro estudo de caso, os professores estagiários finlandeses projetaram e criaram quase toda a exposição. No entanto, as ideias dos alunos e alguns objetos construídos por eles foram integrados à exposição, como vídeos relacionados às mudanças climáticas. No segundo estudo de caso, para além dos materiais desenvolvidos pelos alunos, os professores estagiários finlandeses projetaram e criaram experiências adicionais para serem incorporadas na exposição final.

Em todos os casos, o processo de planeamento e construção foi realizado em grupos. Na maioria das exposições, o processo foi iniciado por uma atividade de *brainstorming* ou de debate sobre os temas a serem abordados. Os alunos referiram que a sua escolha decorreu dos temas que investigaram durante as tarefas prévias ou do tema que consideraram mais relevante para a sociedade.

A seleção dos temas a incluir na exposição foi seguida da organização dos alunos em pequenos grupos e da atribuição de um tema a cada grupo. Cada grupo ficou então responsável pelo design e construção dos módulos/objetos relacionados com o seu tema.

Professores e alunos usaram diferentes ferramentas para gerir todo o processo de desenvolvimento da exposição. Alguns dos recursos usados incluem: um fluxo de trabalho com tarefas e um cronograma para ajudar os alunos a manter o controle de suas atribuições (Alemanha); painéis de especialistas (Alemanha); mapas mentais (Alemanha); *Edmodo* (Grécia); *WordPress* (Portugal); *Moodle* (Portugal); e grupos do *Facebook* (Grécia, Portugal e Polónia). As ferramentas foram utilizadas para: a) comunicação (intra e intergrupos e entre os grupos e o professor); b) dar *feedback* do professor, cientistas e especialistas que apoiaram o processo; e c) partilhar o trabalho realizado por diferentes grupos, uma vez que algumas das tarefas foram desenvolvidas fora da sala de aula.



Os grupos de alunos foram responsáveis pela produção de um ou mais módulos/objetos para a exposição sobre o tema selecionado, focando principalmente a CSC investigada e suas dimensões de IIR. Cada grupo elaborou um plano para a construção de um módulo/objeto - tipo, dimensões, modo de exibição, materiais e um esboço geral do conteúdo do objeto. Os planos elaborados por cada grupo foram revisados pelos outros grupos (Alemanha), pelo professor e, em alguns casos, também por membros especialistas da universidade ou centros de ciências (por exemplo, Finlândia, Portugal, Grécia, Israel, Itália, Holanda, Roménia e Turquia). Os alunos tiveram liberdade para escolher o tipo de módulo/objeto que pretendiam construir, tendo em conta o caráter interativo que a exposição deveria ter e utilizando materiais acessíveis e de fácil compra ou reciclagem. No que diz respeito aos cenários interativos selecionados e ao tipo de objetos construídos pelos alunos, na Tabela 2 podemos observar que jogos, maquetes, experiências/demonstrações e cartazes foram os mais selecionados para as exposições.

Tabela2 Tipos de objetos/módulos utilizados nas 26 exposições

Tipo de objeto/módulo		N.º de exposições com este tipo de objeto (de um total de 26)	N.º total de objetos desenvolvidos pelos alunos
Jogo	Físico (por exemplo, de tabuleiro e jogo de futebol)	9	70
	Digital (por exemplo, de perguntas e respostas)	3	4
Modelos/Maquetes		15	54
Poster Físico		11	29
Experiências/Demonstrações		12	23
Apresentação multimédia (por exemplo, vídeos, áudio)		8	11
Cartoons (digitais ou impressos)		2	15
Aplicação digital (<i>Applet</i>)		1	1



Os jogos (físicos ou digitais) foram escolhidos por muitos alunos envolvidos no desenvolvimento de exposições interativas. Os alunos acreditam que os jogos podem ser uma estratégia muito poderosa para estimular a participação dos visitantes, levando-os a interagir e criando um ambiente onde a discussão e a reflexão sobre questões importantes podem ser realizadas de uma forma mais lúdica.

Escolhemos os jogos porque pensamos que motivam muito as pessoas, pessoas de diferentes idades. E ajudam as pessoas a interagir umas com as outras e também a interagir com o assunto. Dessa forma, é possível ensinar o tema de uma forma divertida e simples. (Aluno, Portugal)

Achamos que é interessante aprender por meio de jogos e dispositivos eletrônicos. É interativo e prende a atenção do utilizador. Além disso, para mim foi fácil construir uma aplicação *Android* porque tenho este tipo de conhecimento. (Aluno, Grécia)

Os modelos e as maquetes foram um dos tipos de objetos produzidos com maior frequência para as exposições. Esta opção de alunos e professores foi tomada especialmente quando as suas exposições envolviam conceitos e fenómenos físicos e bioquímicos, de forma a permitir uma abordagem interativa que facilitasse a compreensão de conceitos mais abstratos pelos visitantes. As experiências/demonstrações também constituíram uma opção frequente dos alunos de forma a estimular a interação dos visitantes com a exposição.

Quando foi apresentado o nano robô pela primeira vez em aula, ficámos realmente fascinados e pensámos que os visitantes iriam pensar da mesma forma. Assim, utilizámos o modelo do robô para atrair os visitantes para os pósteres que de outra forma não seriam notados. (Estudante, Turquia)

O próprio visitante compreende melhor a realização de experimentos, por isso escolhemos esta forma para falar sobre as propriedades dos nanomateriais (...). De nossa própria experiência em visitar NHMC, notamos que gostamos de mais exposições que nos chamavam para fazer algo (Estudante, Grécia).

O desenvolvimento de um póster foi um cenário escolhido diversas vezes. Os alunos acreditam que esse tipo de objeto pode fornecer informações aos visitantes e envolvê-los nos tópicos quando a interatividade é promovida.

Outros objetos apresentados nas exposições IRRESISTIBLE foram apresentações multimédia, livros e histórias em quadrinhos (impressos ou digitais). Esses objetos foram escolhidos pelos alunos de forma a envolver os visitantes na CSC selecionada pelos alunos. Um aplicativo digital para celular foi outro objeto desenvolvido por estudantes turcos para abordar as aplicações da nanotecnologia na exposição sobre Ciências da Saúde.

O papel dos professores durante o processo de planeamento e construção de exposições consistia na disponibilização de orientação e apoio aos seus alunos. A exposição finlandesa foi a única exceção, já que o processo de planeamento e construção também foi desenvolvido por professores



estagiários como já foi mencionado atrás. Em todos os outros casos, os professores supervisionaram o trabalho dos alunos e aconselharam-nos sobre o conteúdo e o processo.

- *Exibição das Exposições*

As escolas constituíram os locais preferidos para a exibição das exposições: 21 das 26 exposições foram desenvolvidas nesse contexto. No entanto, várias outras aconteceram em museus (6) e universidades (2). Três exposições decorreram em dois espaços diferentes.

Nas exposições realizadas nas escolas, os alunos orientaram os visitantes pelos diversos objetos apresentados. Essas exposições tiveram como público-alvo alunos e professores de escolas, bem como a comunidade escolar quando as exposições foram abertas (por exemplo, Portugal, Polónia e Turquia). As exposições abertas ao público permitiram um contacto mais amplo dos cidadãos em geral com as dimensões de IIR da CSC abordada.

A exposição portuguesa sobre Geoengenharia foi um caso particularmente bem sucedido, atingindo cerca de 24.000 visitantes. Tanto jornalistas da rádio como vários elementos da prefeitura visitaram a exposição, permitindo que os alunos divulgassem os seus trabalhos.

O tempo de exibição das exposições variou muito. Algumas ficaram expostas apenas durante um dia (Israel, Portugal, Itália 1). Outras durante uma semana (Alemanha, Portugal, Itália 2), duas semanas (Polónia), ou até mais de um mês (Holanda).

- *Dificuldades durante o desenvolvimento da exposição*

As dificuldades sentidas pelos alunos durante o desenvolvimento da exposição (e mencionadas nos estudos de caso) podem ser organizadas em 8 categorias (Tabela 3). Muitas dessas dificuldades estão frequentemente associadas ao desenvolvimento de exposições sobre CSC (CAMERON 2012; YUN et al. 2020).

Tabela 3 Dificuldades sentidas pelos alunos no desenvolvimento da exposição (N=26)

Dificuldades mencionadas pelos alunos	N.º de casos referindo essas dificuldades
Organização e/ou gestão do trabalho em grupo	18
Novidade do tópico científico e da IIR	17
Planeamento da exposição	17
Gestão do tempo	16
Construção da exposição	12



Recursos e materiais	5
Motivação	5
Apresentação da exposição	2

A organização e/ou gestão de trabalhos de grupo para o desenvolvimento das exposições representou o maior desafio para os alunos.

Ao trabalhar nos materiais para a exposição, muitas vezes surgiram conflitos entre colegas, pelo facto de cada um de nós imaginar a exposição à sua maneira. É normal porque temos personalidades diferentes mas, depois de algum tempo, consegui entender e funcionar em equipa. (Estudante, Roménia)

Eu não gostava do meu grupo. Não discutíamos uns com os outros. Os membros do meu grupo não eram realmente sérios e faziam tudo no último momento. Foi uma pena. Não planeámos o suficiente. (Estudante, Países Baixos)

Em alguns casos, devido à tarefa demorada de construir a exposição, os grupos desenvolveram seus objetos em casa, o que se traduziu num desafio acrescido para a gestão das contribuições dos alunos para o grupo.

A solução de fazer com que os alunos trabalhassem na exposição em casa, em grupos, não foi a ideal; por exemplo, um grupo de alunos demorou muito para se organizar fora da escola; tal atividade teria sido muito mais fácil se os alunos tivessem trabalhado na sala de aula. (Estudante, Israel)

Outro desafio enfrentado pelos alunos durante o desenvolvimento da exposição foi a novidade do tema científico, tanto no que respeita à ciência quanto às dimensões de IIR das CSC. Embora alguns estudos de caso tenham referido que os alunos enfrentaram o desafio de compreender um tema científico desconhecido, outros mencionaram especificamente que a dificuldade estava principalmente em seleccionar e organizar a informação realmente necessária para o desenvolvimento da exposição.

Foi difícil fazer uma síntese do material que seleccionámos, a fim de identificar os conceitos-chave a serem usados na interação com os visitantes da exposição. (Estudante, Itália)

Não foi fácil organizar todas as informações. Tivemos que resumir as questões científicas e conectá-las às dimensões de IIR. (Estudante, Israel)

Um dos aspetos inovadores do projeto IRRESISTIBLE consistiu em atribuir aos alunos o papel central no planeamento da exposição. Os alunos tiveram que planear uma exposição interativa com o objetivo de informar o público sobre as dimensões de IIR e a CSC seleccionada.

Bem, achei um pouco difícil conseguir a parte interativa da exposição. Já que tinha que ser interativo, tínhamos que conseguir algo, um jogo para interagir com as pessoas, ao invés de apenas mostrar o nosso trabalho. (Estudante, Portugal)

Outros alunos não conseguiram prever os requisitos necessários para desenvolver a exposição dentro ou fora da escola.



O nosso jogo exigia espaço e não havia espaço para tantas atividades. Acho que o espaço disponível em si estava um pouco mal distribuído. (Estudante, Portugal)

A gestão do tempo para preparar as exposições constituiu outro grande desafio para os alunos. O desenvolvimento da exposição foi demorado e difícil de combinar com outras atividades escolares que aconteciam ao mesmo tempo (principalmente testes e exames), o que aumentou os níveis de ansiedade dos alunos. Outro aspeto salientado como dificuldade pelos alunos foi a construção da exposição, devido aos desafios colocados pelas dificuldades técnicas.

• *Aprendizagem Realizadas*

Durante o desenvolvimento da exposição, os alunos foram confrontados com tarefas e situações que os levaram à aprendizagem. De acordo com a análise efetuada, as aprendizagens realizadas pelos alunos podem ser organizadas em nove categorias (Tabela 4).

Tabela 4 Aprendizagens dos alunos durante o processo de desenvolvimento da exposição

Aprendizagens dos alunos	N.º de estudos de caso
SSI e RRI	25
Gestão de projeto e trabalho em grupo	12
Desenvolvimento de exposições interactivas	7
Seleção e organização de informação relevante	7
Capacidades de comunicação	6
Capacidade. de trabalho prático/experimental	6
Autoconfiança nas suas capacidades	4
Capacitação / sentido de utilidade para a educação de outros	3
Natureza da ciência	3

Em quase todos os estudos de caso, os alunos mencionaram o facto de terem aprendido sobre a CSC abordada pela exposição e as suas dimensões de IIR. O grau de aprendizagem dependeu de vários fatores, um dos quais foi o próprio tópico - e a complexidade dos conceitos e ele associados.

Enquanto procurávamos informações para incluir no póster, aprendemos muito mais sobre nanomedicina do que aquilo que discutimos na sala de aula. Acredito que este conhecimento será útil no futuro. (Estudante, Grécia)

Aprendemos que é importante tomar decisões responsáveis porque a nanopartícula pode ter efeitos positivos e negativos. (Estudante, Polónia)



Todos os alunos desenvolveram o projeto através de trabalho em grupo. Para alguns, esse trabalho durou várias semanas. Logo, não constitui nenhuma surpresa que a segunda aprendizagem mais mencionada tenha sido a melhoria das capacidades de trabalho em grupo e de gestão de projetos.

Compartilhar tarefas ... Essa foi uma grande dificuldade, aliás! Foi difícil, mas ao mesmo tempo foi um aprendizado. (Estudante, Portugal)

Para alguns alunos, o processo de desenvolvimento da exposição durou várias semanas e foi entendido como um trabalho de projeto. Este pode ser o motivo pelo qual alguns alunos destacaram que essa experiência os levou a desenvolver capacidades de gestão de projetos, particularmente importantes numa tarefa importante complexa como o desenvolvimento de uma exposição.

Aprendemos como gerir um projeto. (Estudante, Polónia)

Alguns alunos referiram que aprenderam a desenvolver exposições interativas - uma experiência nova para a maioria deles. As respostas de alguns alunos revelaram a sua compreensão sobre a importância de desenvolver uma exposição interativa capaz de envolver o público, o que pode levar a uma educação mais eficaz dos visitantes.

Acho que todos estamos de parabéns porque criamos objetos muito interativos e isso não é muito normal! Normalmente costumávamos preparar pôsteres muito chatos! Desta vez, conseguimos fazer coisas mais interativas e acho que isso é muito importante para atrair a atenção dos visitantes e estimular a aprendizagem. (Estudante, Portugal)

Ao criar uma exposição destinada a partilhar informações com o público, os alunos enfrentaram a tarefa - para alguns bastante desafiadora - de ter que comunicar com os visitantes, seja para explicar o seu trabalho ou para responder a perguntas inesperadas. Alguns alunos valorizaram essa oportunidade de desenvolvimento das suas capacidades de comunicação.

Acima de tudo, aprendemos a apresentar coisas a outras pessoas e isso não é algo trivial. Tivemos que desenvolver algumas capacidades ... isso foi encorajador ... foi a primeira vez que fizemos algo assim. (Estudante, Itália²)

Outra conquista foi o desenvolvimento de capacidades práticas/experimentais. Alguns alunos valorizam o desenvolvimento destas atividades mais práticas relacionadas com a construção do objeto/módulo para a exposição.

Principalmente questões técnicas relativas ao tratamento do poliestireno. (Estudante, Polónia)

Em quatro estudos de caso, os alunos desenvolveram confiança nas suas capacidades. Este aspeto é muito importante, pelo facto das tarefas de aprofundamento de conhecimentos sobre CSC e IIR e de planeamento e desenvolvimento de uma exposição interativa para um grande público sobre esses temas, terem sido bastante desafiadoras.



Nunca pensamos que seríamos capazes de criar um objeto como aquele - pelo menos fiquei muito orgulhoso do que criámos! (Estudante, Portugal)

Alinhado ao objetivo de desenvolver uma exposição interativa, surgiu o sentimento de utilidade que alguns alunos experimentaram e mencionaram durante as suas entrevistas. Para eles, a experiência de desenvolver algo para outros aprenderem foi muito gratificante. Os alunos aprenderam que podem realizar ações - a exposição - com o objetivo de educar outras pessoas. Eles sentiram-se empoderados.

Desenvolvemos nosso projeto para todos os indivíduos e nossa sociedade. Explicamos isso para os visitantes. Acharmos que isso será transferido de geração em geração e será eficaz para muitas pessoas. (Estudante, Turquia)

Por fim, relativamente às especificidades da CSC abordada, alguns alunos mencionaram que aprenderam sobre a Natureza da Ciência.

Aprendemos como funciona o sistema de investigação científica, o que os cientistas realmente fazem, porque acho que antes não tínhamos conhecimento disso. (Estudante, Polónia)

Conclusões

Após a análise dos 26 estudos de caso desenvolvidos pelos parceiros IRRESISTIBLE, a primeira conclusão que podemos tirar é que os alunos apreciaram e valorizaram a experiência de realizarem uma exposição sobre as dimensões de IIR de uma CSC, apesar de a considerarem bastante exigente em termos das competências necessárias, nomeadamente de gestão de tempo e dos grupos. Os alunos gostaram de desenvolver uma exposição interativa no âmbito das aulas de ciências, de forma criativa e desempenhando um papel central e ativo em todo o processo (por exemplo, podendo escolher a CSC a abordar, a narrativa e os objetos para a exposição). Sentiram-se mais motivados para aprender e mais implicados no processo, porque a aprendizagem foi reconhecida como socialmente relevante. A oportunidade de interagir com os visitantes e de observar em primeira mão o impacto do seu trabalho também foi apreciada pela maioria dos alunos.

A tarefa de desenvolver uma exposição interativa focada nas dimensões de IIR de uma CSC constituiu uma novidade para os alunos. Para alguns, esta tarefa representou mesmo uma novidade quádrupla, exigindo-lhes: a) o desenvolvimento de uma exposição; b) que deveria ser interativa, estimulando a reflexão e a interação; c) focada numa CSC; e d) na qual as dimensões de IIR tiveram que ser integradas e discutidas. Os alunos não estão acostumados a 'estar no palco' e a desempenhar um papel central nas suas aulas. Talvez seja mais seguro e mais conveniente para eles delegar no professor a responsabilidade pela sua aprendizagem. Consequentemente, os alunos enfrentaram algumas dificuldades, nomeadamente no trabalho em grupos, no planeamento de uma exposição com



essas características e na gestão de todas as subtarefas necessárias. No entanto, durante o processo, a sua ansiedade inicial - relacionada com o medo de não conseguirem cumprir esse novo desafio - foi substituída por autoconfiança à medida que iam superando as dificuldades.

Embora o apoio dos professores tenha sido crucial para ajudar os alunos a superar as dificuldades relacionadas à gestão dos grupos e dos projetos, o apoio dos outros membros da CdA foi muito importante para: a) aconselhar os alunos sobre como desenvolver uma exposição centrada em CSC (por exemplo, os especialistas em museus de ciências) e em IIR (por exemplo, os cientistas); e b) fornecer aos alunos a base científica e tecnológica necessária sobre essas questões (por exemplo, cientistas).

A análise dos estudos de caso evidenciou que o processo de desenvolvimento das exposições apoiou a aprendizagem dos alunos sobre: a) o conhecimento de temas de investigação de ponta (e controversos) (CSC); b) os critérios que esses processos de investigação/inação devem respeitar para serem considerados responsáveis; c) a rede complexa de interações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente; d) como desenvolver uma exposição sobre CSC e IIR capaz de chamar a atenção dos visitantes e desencadear a reflexão sobre essas questões; e) capacidades sociais, associadas ao trabalho em grupo e à gestão de projetos - planeamento, replaneamento, distribuição de tarefas, respeito pelos prazos, ter em conta as opiniões dos outros e chegar a um consenso, entre outras; f) capacidades de comunicação - tanto ligadas ao trabalho em grupo quanto à capacidade de comunicar ideias a um grande público de forma motivadora; g) capacidade de argumentação tanto com colegas quanto com visitantes; e h) capacidades de pensamento crítico quando confrontados com a necessidade de entender um tópico complexo - lendo diferentes fontes de informação, selecionando informações relevantes e organizando essas informações de uma forma coerente que seja utilizável para desenvolver a exposição.

Para alguns dos parceiros, uma potencialidade significativa das exposições IRRESISTIBLE foi permitir aos alunos compreender que podem e devem ter um papel importante na sociedade. Eles são cidadãos - não apenas futuros cidadãos - e isso significa que podem agir agora (não apenas no futuro), tentando entender alguns de nossos problemas sociais e ajudando a resolvê-los. O desenvolvimento das exposições IRRESISTIBLE, entendido segundo esta perspetiva, constitui um processo mais significativo para os alunos: sentem-se úteis; consideram que o que aprendem é útil; e também percebem a escola e a educação em ciências como algo útil. Portanto, o desenvolvimento deste tipo de exposição promove capacidades de cidadania ativa nos alunos.



Agradecimentos: Este artigo é baseado no trabalho do projeto IRRESISTIBLE, financiado pela União Europeia como projeto FP-7 número 612367; mais pormenores podem ser encontrados em <http://www.irresistible-project.eu/index.php/en/>. Gostaríamos de agradecer a todos os parceiros, cientistas, especialistas em didática das ciências, especialistas de museus de ciências, professores e alunos que participaram no desenvolvimento do projeto IRRESISTIBLE.

Referências

- ALSOP, S.; BENCZE, L. Activism! Toward a more radical science and technology education. In: BENCZE, L.; ALSOP, S. (Eds.), **Activist Science and Technology Education**, p. 1-19. Dordrecht, The Netherlands: 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**, n. 89, v. 2, p. 211-219, 2017.
- BENCZE, L.; CARTER, L. Globalizing students acting for the common good. **Journal of Research in Science Teaching**, n. 48, v. 6, p. 648-669, 2011.
- BLONDER, R. Student-curated exhibitions: Alternative assessment in Chemistry education in Israel. In: Cox, C.; W. E. (Eds.), **International Perspectives on Chemistry Education Research and Practice** (p. 39-55). Washington DC, WA: American Chemical Society, 2018.
- _____. 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**, n. 44, p. 36-43, 2017.
- BORG, C.; GERICKE, N.; HÖGLUND, H.-O.; BERGMAN, E. The barriers encountered by teachers implementing education for sustainable development: Discipline bound differences and teaching traditions. **Research in Science & Technological Education**, n. 30, v. 2, p. 23, 2012.
- BRAUND, M.; REISS, M. (Eds.). **Learning Science Outside the Classroom**. London, UK: Routledge Falmer, 2004.
- CAMERON, F. Climate change, agencies and the museum and science centre sector. **Museum Management and Curatorship**, n. 27, p. 317-339, 2012.
- FREIRE, S.; FARIA, C.; GALVÃO, C.; REIS, P. (2013). New curricular material for science classes: How do students evaluate it? **Research in Science Education**, n. 43, p.163-178.



GARCÍA-BERMÚDEZ, S.; REIS, P.; VÁZQUEZ-BERNAL, B. Potencialidades y limitaciones de los entornos virtuales colaborativos y las herramientas web 2.0 en la promoción del activismo sobre cuestiones ambientales en estudiantes de básica secundaria. **Uni/Pluriversidad**, n. 41/14, v. 2, p. 502-507, 2014.

HODSON, D. Time for action: science education for an alternative future. **International Journal of Science Education**, n. 25, v. 6, p. 645-670, 2003.

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

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

KOSTER, E. Evolution of purpose in science museums and science centers. In F. CAMERON; L. KELLY (Eds.), **Hot Topics, Public Culture, Museums** (p. 76-94). Cambridge, UK: Cambridge Scholars Publishing, 2010.

KOWASCH, M.; CRUZ, J.; REIS, P.; GERICKE, N.; KICKER, K. Climate youth activism initiatives: Motivations and aims, and the potential to integrate climate activism into ESD and transformative learning. **Sustainability**, n. 13, p. 11581, 2021.

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

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

_____ 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, p. 193-211, 2020.

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**, n. 14, v. 1, p. 215-226, 2017.

MEYER, M. From cold science to hot research: The texture of controversy. In: CAMERON, F.; KELLY, L. (Eds.), **Hot Topics, Public Culture, Museums** (p. 129-149). Cambridge, UK: Cambridge Scholars Publishing, 2010.



OSBORNE, J.; DILLON, J. **Science Education in Europe: Critical reflections. A report to the Nuffield Foundation**. King's College London, 2008.

OTTANDER, K.; SIMON, S. Learning democratic participation? Meaning-making in discussion of socioscientific issues in science education. **International Journal of Science Education**, n. 43, v. 12, p. 1895-1925, 2021.

OWEN, R.; MACNAGHTEN, P.; STILGOE, J. Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. **Science and Public Policy**, n. 39, v. 6, p. 751-760, 2012.

PEDRETTI, E. Perspectives on learning through research on critical issues-based science center exhibition. **Science Education**, n. 88, p. S34-S47, 2004.

REIS, P. Promoting students' collective socio-scientific activism: Teacher's perspectives. In S. ALSOP; L. BENCZE (Eds.), **Activism in Science and Technology Education** (p. 547-574). London, UK: Springer, 2014a.

_____. Ação socio-política sobre questões socio-científicas: Reconstruindo a formação docente e o currículo. **Uni-Pluri/versidade**, n. 14, v. 2, p. 16-26, 2014b.

_____. Environmental citizenship & youth activism. In A. C. HADJICHAMBIS; P. REIS; D. PARASKEVA-HADJICHAMBI; J. ČINCERA; J. BOEVE-DE PAUW; N. GERICKE; M.-C. KNIPPELS (Eds.), **Conceptualizing Environmental Citizenship for 21st Century Education** (p. 139-148). Cham, Switzerland: Springer, 2020.

_____. TINOCA, L., BAPTISTA, M., LINHARES, E. The impact of student-curated exhibitions about socio-scientific issues on students' perceptions regarding their competences and the science classes. **Sustainability**, n. 12, v. 7, p. 2796, 2020.

SADLER, T. D. Situated learning in science education: Socio-scientific issues as contexts for practice. **Studies in Science Education**, n. 45, v. 1, p. 1-42, 2009.

_____. BARAB, S. A.; SCOTT, B. What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? **Research in Science Education**, n. 37, v. 4, p. 371-391, 2007.

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



SUTCLIFFE, H. **A Report on Responsible Research and Innovation**. Brussels, Belgium: Matter, 2011.

YUN, A.; SHI, C.; JUN, B.G. Dealing with socio-scientific issues in science exhibition: A literature review. **Research in Science Education**, p. 1-12, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09930-0>