



Ciência e sociedade
na educação





PARRISE (Promoting Attainment of Responsible Research and Innovation in Science Education) project

O projeto PARRISE é coordenado por Freudenthal Institute, Utrecht University, The Netherlands; Marie-Christine Knippels & Frans van Dam.



Este trabalho foi financiado pelo Sétimo Programa-Quadro da União Europeia para investigação, desenvolvimento tecnológico e demonstração no âmbito do acordo de subvenção n.º 612438.

www.parrise.eu

**Aprendizagem Sócio-Científica Baseada em Inquérito:
ligar a educação científica formal e informal à
sociedade**

Dezembro, 2017

Autores

Levinson, R., Knippels, M.C., van Dam, F., Kyza, E.,
Christodoulou, A., Chang-Rundgren, S.N., Grace, M.,
Yarden, A., Abril, A., Amos, R., Ariza, M.R., Bächtold, M.,
van Baren-Nawrocka, J., Cohen, R., Dekker, S., Dias, C.,
Egyed, L., Fonseca, M.J., Georgiou, Y., Hadjichambis,
A., van Harskamp, M., Hasslöf, H., Heidinger, C. Hervé,
N., Karpati, A., Keedus, K., Kiraly, A., Lundström, M.,
Molinatti, G., Nédélec, L., Ottander, C., Ottander,
K., Quesada, A., Radits, F., Radmann, D., Rauch,
F., Rundgren, C., Simonneaux, L., Simonneaux, J.,
Sjöström, J., Verhoeff, R., Veugelers, W., Zafrani, E.

Editores

Marie-Christine Knippels, Frans van Dam and Michiel
van Harskamp

Traduzido por Cristina Dias e Maria João Fonseca

Designer

Frank-Jan van Lunteren (DTP)
Floris Roding (artwork)



Parceiros do projeto



Universiteit Utrecht

Utrecht University, Freudenthal
Institute *(Project Coordinator)*
The Netherlands



Institute of Education

University College London,
Institute of Education
England



University of Southampton
England



מכון ויצמן למדע
WEIZMANN INSTITUTE OF SCIENCE

Weizmann Institute of Science
Israel



MALMÖ UNIVERSITY

Malmö University
Sweden



UMEÅ
UNIVERSITY

Umeå University
Sweden



University of Porto
Portugal



Cyprus University of Technology
Cyprus



universität
wien

University of Vienna
Austria



École Nationale Supérieure de
Formation de l'Enseignement Agricole
France



University of Montpellier
France



University for Humanistic Studies
Utrecht
The Netherlands



Radboud University
The Netherlands



UNIVERSIDAD DE JAÉN

University of Jaén
Spain



Energy Discovery Centre
Estonia



Klagenfurt University
Austria



Eötvös Loránd University
Hungary



Stockholm University
Sweden

Conteúdos

Prefácio		3
1 —	Introdução	5
2 —	Enquadramento pedagógico: Aprendizagem sócio-científica baseada em inquérito (SSIBL)	11
	Etapa 1: Formular questões autênticas ('Perguntar')	
	Etapa 2: Envolvimento ('Descobrir')	
	Etapa 3: Ação ('Agir')	
3 —	SSIBL na sala de aula	27
Anexo 1 —	Colocar questões autênticas sobre SSIs: 'Perguntar'	41
Anexo 2 —	Envolvimento: 'Descobrir'	53
Anexo 3 —	Educação para a cidadania (CE)	61

Prefácio

Esta publicação destina-se aos professores que pretendam expandir as suas abordagens de ensino e incluir questões sócio-científicas que possam enriquecer e dar sentido a princípios científicos fundamentais. Pretende-se aumentar a curiosidade dos jovens sobre o mundo social e científico e levantar questões importantes sobre assuntos que afetam as suas vidas. Este tipo de abordagem é designado por aprendizagem sócio-científica baseada em inquérito, ou ‘SSIBL’, como será designada daqui em diante. Os capítulos 1 e 2 apresentam uma introdução ao quadro teórico SSIBL. No capítulo 3, o quadro SSIBL é abordado a partir de uma perspetiva de sala de aula, sendo apresentada uma versão simplificada do mesmo e exemplos de ensino.

Exemplos e materiais adicionais para professores e educadores podem ser encontrados em www.parrise.eu.

1— Introdução



A ciência influencia muitas áreas das nossas vidas. As energias renováveis, determinadas áreas da medicina e os sistemas de comunicação têm o potencial de melhorar as nossas vidas. —

No entanto, o seu desenvolvimento não é isento de incertezas científicas, nem o seu impacto de riscos para a sociedade. Para além disso, trata-se de assuntos associados a controvérsias sociais, políticas e culturais.

Por exemplo, as energias renováveis são, atualmente, vistas como boas soluções para substituir os combustíveis fósseis. Contudo, existem custos associados à sua introdução e riscos ambientais resultantes da produção de materiais como as células solares.

Uma vez que esses desenvolvimentos e impactos afetam toda a sociedade, representam questões de carácter pessoal, social e global, que podem ser trabalhadas e discutidas com os alunos através do quadro teórico SSIBL, no sentido de encontrar respostas para estas questões sócio-científicas controversas, no âmbito de um programa baseado em Ciência-Tecnologia-Engenharia-Matemática (STEM), propondo desafios que os jovens poderão querer discutir.

Muitos professores temem que a exploração de questões éticas e sociais em sala de aula possa distrair os alunos do corpo de conhecimento científico básico cuja compreensão é necessária no contexto da avaliação a que estes são sujeitos. É por isso que o conhecimento científico é crucial para o quadro teórico SSIBL. A interação com as dimensões pessoal e social inerentes a estas questões permite aprofundar esse conhecimento, contribuindo para o desenvolvimento de alunos mais críticos, práticos e compreensivos. A **Caixa 1** apresenta um resumo das principais características do quadro SSIBL.

SSIBL para professores:

É uma ferramenta prática para melhorar a ação dos professores;

Desenvolve de forma eficaz a prática diária dos professores;

Baseia-se no “conhecimento de ponta” ao nível da educação para a ciência;

Promove oportunidades para implementar os conteúdos curriculares;

Estabelece a ligação aos desenvolvimentos do mundo real em ciência e tecnologia;

Fornece um meio de colaboração com outras instituições, para além do currículo escolar;

Encoraja os jovens a empreender mudanças no mundo real.

Caixa 1 — Principais características do quadro teórico SSIBL

Começamos a partir de uma abordagem baseada em inquérito, que se caracteriza por colocar perguntas e procurar informações sobre problemas atuais que nos intrigam. Estas questões podem ser amplas, mas também devem ser focadas. Podem surgir espontaneamente por curiosidade acerca de fenómenos naturais ou ser orientadas. O que acontece com as nuvens quando elas desaparecem? O que torna o açúcar doce? Como podemos comer de forma mais saudável e qual a importância de o fazermos? As novas tecnologias são o que realmente afirmam ser? Os cigarros eletrónicos são prejudiciais para sua saúde?

Esta publicação fornece exemplos, dicas e ideias passíveis de serem aplicadas num contexto de ensino. Para isso, nós:

1. Apresentamos o modelo ou quadro teórico SSIBL (capítulo 2);
2. Sugerimos algumas atividades para experimentar (capítulo 3);
3. Apresentamos muitas outras estratégias que o professor pode utilizar para obter orientações (anexos).

UM APONTAMENTO SOBRE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO RESPONSÁVEIS

A Investigação e Inovação Responsáveis (RRI) constitui um dos principais princípios para um desenvolvimento socialmente desejável, eticamente aceitável e globalmente sustentável da ciência e da tecnologia. Este princípio forma a base do quadro SSIBL e os principais pontos que

o caracterizam são explicados na **Caixa 2**.

RRI

Este é um termo que é usado principalmente em ciência e inovação. Os objetivos da RRI refletem a importância da participação da sociedade e das partes interessadas e da capacidade de resposta mútua - trabalhando com e para as pessoas - para o desenvolvimento de produtos em ciência e tecnologia. Por outras palavras, como é que a ciência e a indústria podem desenvolver conhecimento e tecnologia socialmente desejáveis, eticamente aceitáveis e sustentáveis? Por exemplo: os kits de testes genéticos que podem ser comprados via internet são socialmente desejáveis? Como podemos limitar a exploração de pessoas de parques recintos, no setor de mineração (o que é eticamente aceitável)? E como asseguramos que os novos processos e produtos são sustentáveis do ponto de vista ambiental e político/ social? O termo RRI foi cunhado recentemente. É um elemento crucial das recentes políticas científicas e tecnológicas da União Europeia. O projeto PARRISE operacionalizou o conceito RRI na educação.

Caixa 2 — Investigação e Inovação Responsáveis (RRI)

A **Figura 1** ilustra como as diferentes componentes do quadro teórico SSIBL se relacionam entre si. As camadas externas do RRI e da Cidadania Crítica são os principais princípios da justiça social. O núcleo interno do SSI e IBSE operacionalizam esses princípios dentro dos contextos de ciência informal e formal.



Figura 1 — Integração educacional de RRI (facilitando e capacitando os professores de ciências)

2— Enquadramento pedagógico

Aprendizagem sócio-científica baseada em inquérito (SSIBL)



A abordagem SSIBL estabelece a ponte entre a ciência e a sociedade na sala de aula, bem como na aprendizagem informal baseada em inquérito. —

Nas sociedades modernas, muitas vezes, surgem controvérsias entre a investigação científica e tecnológica e o desenvolvimento, por um lado, e a responsabilidade pública, por outro. Os processos de produção - abrangendo valores sócio-políticos, considerações económicas e desafios tecnológicos - são complexos e incertos, e as orientações sociais estão sempre a mudar. O quadro SSIBL aborda a problemática atual da ciência e da sociedade através do conceito de ciência para e com as pessoas que lhe está inerente. Contudo, quando se fala sobre pessoas e o público, é necessário reconhecer que existem muitas partes interessadas e perspetivas diversas sobre o mesmo assunto.

Partes interessadas incluem todos aqueles sobre os quais a ciência e tecnologia causaram impacto - incluindo os jovens agora na escola - e que, nos próximos anos, também terão a maior influência sobre o seu desenvolvimento. O quadro teórico SSIBL é uma abordagem em que os jovens, enquanto cidadãos ativos, formulam questões sócio-científicas que os interessam, pondo em prática, sempre que necessário, as devidas medidas para as abordar.

O modelo SSIBL reúne três abordagens pedagógicas comuns nas escolas, mas muitas vezes trabalhadas de forma independente - educação baseada em inquérito (IBSE), assuntos sócio-científicos (SSI) e educação para a cidadania (CE).

Ensinar a teoria SSIBL envolve três etapas principais: formulação de perguntas autênticas, envolvimento e ações. O ensino começa com a criação de questões significativas e autênticas sobre “assuntos sócio-científicos”. Para explorar essas questões, é utilizada a investigação social e científica (envolvimento). Finalmente, os alunos são estimulados a agir: formar opiniões e formular soluções (ação).

Objetivos

1.

Apoiar os jovens na sua atuação como agentes sociais conscientes através de abordagens baseadas em inquérito, promovendo a educação crítica em cidadania.

2.

Encorajar os jovens a participar em assuntos relacionados com investigação e inovação influenciados pela ciência e pela tecnologia.

3.

Promover o interesse dos jovens pela ciência, matemática e tecnologia.

Essas três fases principais e as abordagens pedagógicas subjacentes estão representadas no modelo SSIBL (ver *Figura 1*). Na secção que se segue, essas etapas e abordagens serão discutidas com maior detalhe.

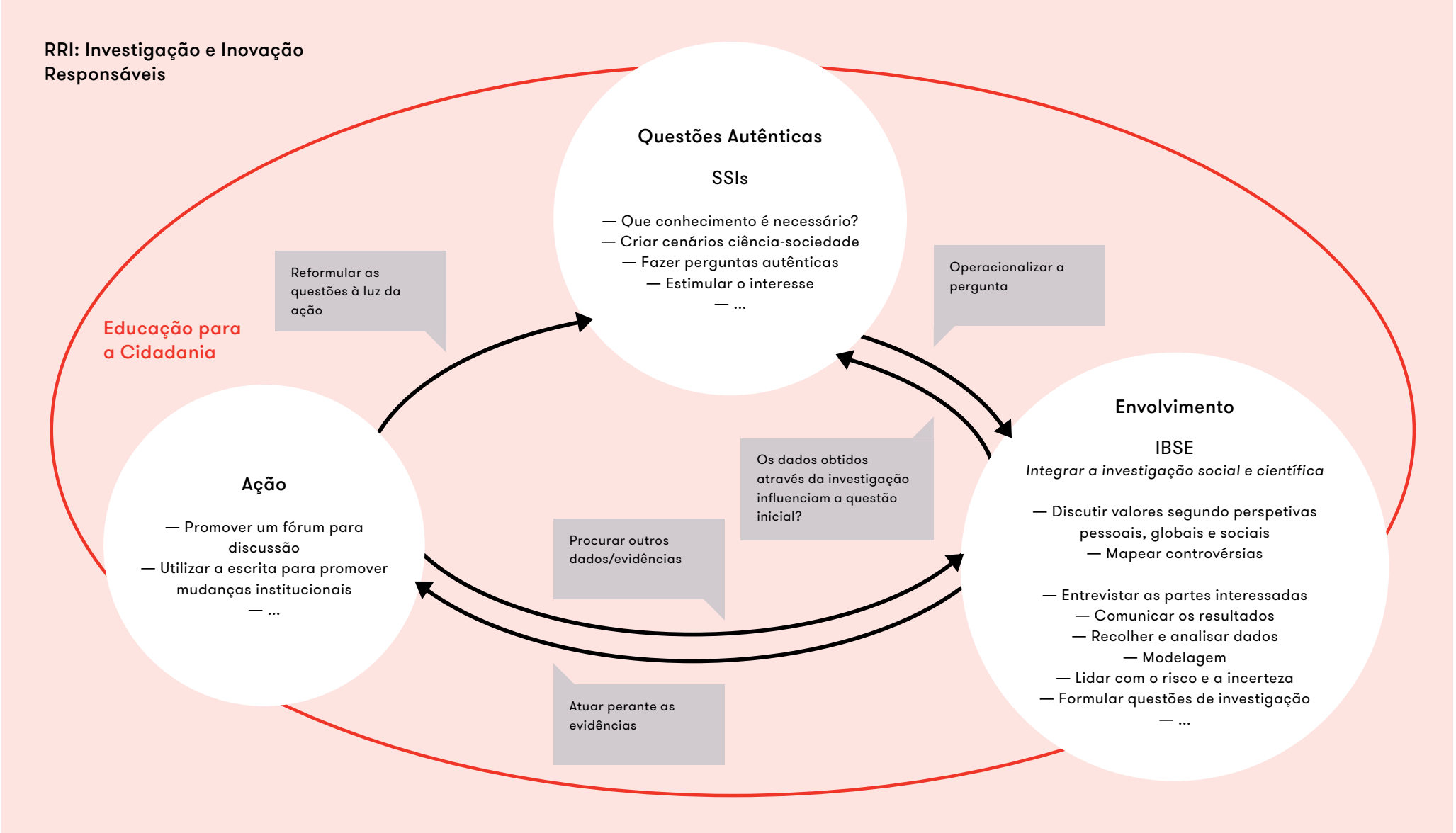


Figura 2 — Representação da abordagem SSIBL (a abordagem é incorporada no contexto geral da componente RRI)

Etapa 1: Formular questões autênticas — [‘Perguntar’]



Ir de bicicleta para a escola é saudável para nós? Quais os problemas associados às nanotecnologias? Os materiais que constituem os nossos telefones respeitam questões éticas? Como podemos tornar a nossa escola mais eficiente em termos de combustíveis gastos? Estes são exemplos de perguntas autênticas.

Perguntas autênticas incluem os seguintes recursos. Eles:

- Decorrem de perguntas que interessam e envolvem os estudantes (autenticidade pessoal) e através das quais eles expressam um desejo e fazem escolhas, para encontrar respostas coletivas (autenticidade social);
- Envolvem problemas reais, complexos, “problemas controversos”;
- São por vezes controversos, quando não há um acordo geral sobre soluções ou mesmo maneiras de enquadrar a questão;
- São sensíveis ao género e inclusivos a este nível;
- São questões ou assuntos que emergem diretamente dos jovens, que surgem de forma espontânea ou, o mais provável, com a orientação dos professores;
- Pressupõem uma mudança em que as questões são feitas sobre assuntos que podem ser melhorados, ex. tornando-os mais desejáveis social e eticamente.

Essas características têm implicações. Um propósito mutuamente acordado pode ultrapassar os limites das paredes da escola, particularmente nos casos em que, para encontrarem as respostas às suas perguntas, os

alunos trabalharemos com cientistas, políticos ou outros profissionais. O quadro teórico SSIBL pode promover a interação em contextos de educação informal e/ ou trabalhar com diferentes instituições externas à escola.

Um aspeto importante a considerar quando se trabalha no contexto do quadro SSIBL é a forma como as questões problema são levantadas. Embora numa fase inicial seja difícil que todas as questões desenvolvidas pelos alunos sejam autênticas, estes podem ser ensinados a procurar essa autenticidade.

No anexo 1, “The Scenario Machine” (A Máquina de Cenários) é uma boa forma de ajudar os alunos a estruturar perguntas autênticas.

ASSUNTOS SÓCIO-CIENTÍFICOS

Muitas vezes, questões autênticas são questões relacionadas com assuntos sócio-científicos (SSIs). Os SSI usam o conhecimento científico para abordar uma questão social. Tomando como exemplo o consumo de energia: os jovens devem ser informados sobre a relação entre os combustíveis e a utilização de energia para compreenderem a importância da redução do consumo dos combustíveis fósseis, num contexto económico e social. Uma compreensão da importância, do ponto de vista biológico, da difusão do oxigénio para as células associada ao conhecimento das consequências pessoais e sociais resultantes do tabagismo, e o que pode ser feito a esse respeito, exemplifica a relação entre ciência e questões sociais. No caso da

produção de roupas ecológicas, o conhecimento das propriedades químicas e físicas específicas do dióxido de titânio (catalítico, nano-tamanho), tornam a compreensão acerca da sua distribuição global e da justiça social ao nível da sua produção especialmente urgentes (ver capítulo 3).

Às vezes, os SSIs podem ser apresentados como um dilema ou controvérsia, embora nem sempre seja necessário que isso aconteça. Por exemplo, todos os participantes numa dada atividade podem reconhecer um problema não controverso e trabalhar juntos para encontrar a melhor maneira de o resolver. No entanto, noutros casos, pode haver diferenças reais entre os participantes. As controvérsias ocorrem quando diferentes agentes envolvidos num debate têm argumentos opostos, mas que são reforçados por boas razões. As pessoas podem concordar que as mudanças climáticas são uma questão urgente, mas discordar sobre o melhor modo de enfrentar o problema.

SSIs: tipos de controvérsia

Em SSI pode haver diferentes tipos de controvérsia (1). Por exemplo, as partes interessadas podem concordar que devem ser tomadas medidas para limpar um curso de água local, mas podem estar em desacordo sobre os fatores responsáveis pela poluição porque as evidências existentes são complexas. Além disso, podem também discordar sobre se as ações devem ser postas em práticas, porque o custo da limpeza do curso de água pode afetar os meios

de subsistência das pessoas que trabalham numa indústria que contribui para a existência deste problema. Por exemplo, estas diferenças de interesse são evidentes nas posições tomadas por muitos agricultores acerca da tuberculose bovina no Reino Unido, em oposição à dos ambientalistas. A União Nacional de Agricultores do Reino Unido explica que os texugos selvagens carregam a bactéria responsável pela tuberculose e a transmitem ao gado, e por isso, os texugos devem ser controlados através do abate. Muitos conservacionistas argumentam que os agricultores precisam de melhorar as suas condições de criação e que os texugos são uma parte tão importante do campo que devem ser protegidos. Mas há também incertezas na ciência. Alguns cientistas argumentam que o abate de texugos é um método eficaz para controlar a tuberculose bovina; outros defendem que este método é não só ineficaz, como também, nalguns casos, espalha a transmissão. Não existe uma única solução para o problema. Os *principais valores e preferências* também desempenham um papel na tomada de decisões.

Então, os assuntos sócio-científicas têm a ver com o estabelecimento de cenários que fornecem uma base para a formulação de questões de investigação.

Relativamente aos assuntos sócio-científicos, os exemplos do capítulo 3 envolvem:

Aspetos de desacordo ou controvérsia (Dado que existem diferentes formas de reduzir a perda de calor na escola, qual é a melhor forma de o fazer? Devem ser utilizadas novas formas de

reduzir a poluição quando os custos sociais de produção são tão altos?]).

Raciocínio. Normalmente, a discussão de SSI envolve o desenvolvimento do raciocínio informal e formal. Quando os alunos falam sobre as suas perspectivas acerca de um problema relacionado com as suas experiências pessoais, normalmente usam o raciocínio informal. Aproveitar o conhecimento científico, através de lógica consistente para justificar uma opinião é um exemplo de raciocínio formal. Ambos os tipos de raciocínio são válidos, dependendo do contexto, e os alunos devem ser encorajados a distinguir entre estas duas formas. Sadler et al. (2011) ⁽²⁾ mostram que existem algumas evidências de que o envolvimento em SSIs pode suportar a aprendizagem dos conteúdos científicos, embora a aprendizagem seja mais efetiva se os alunos

estiverem interessados na questão e, portanto, se esta revelar alguma autenticidade.

Incerteza e risco. Muitos SSIs envolvem uma apreciação da incerteza e do risco. Os alunos devem ser encorajados a distinguir entre diferentes tipos de incerteza. Por exemplo, fazer medições com um termómetro ao verificar a temperatura em diferentes áreas da escola (capítulo 3) envolve algum grau de incerteza, dependendo da precisão do instrumento de medição. Prever impactos sociais associados a situações como por exemplo o eventual abandono do hábito de fumar pelos jovens, tendo em consideração os riscos biológicos ou a possibilidade das pessoas usarem roupas que purificam o ar, são paradigmas de *incerteza social*. O risco está relacionado com as possibilidades de ocorrência de uma situação de perigo. Os alunos mais velhos devem ser capazes de distinguir entre risco *relativo* e *absoluto* e também de entender que outros fatores, para além da probabilidade, afetam a previsão de risco ⁽³⁾.

Por vezes os alunos apresentam questões ou problemas que estão interessados em resolver. No entanto, é mais provável que o professor ajude a estimular o interesse por um tema específico usando imagens, vídeos, notícias de jornais ou outros meios de comunicação social, que se relacionem com a vida e as preocupações dos estudantes. Mais informações sobre SSIs são fornecidas no anexo 1.

1

Levinson, R. (2006). Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224.

2

Sadler, T.D., Klosterman, M.L., & Topcu, M.S. (2011). Learning science content and socio-scientific reasoning through classroom explorations of global climate change. In Sadler, T. (Ed.). *Socio-scientific issues in the classroom*. Dordrecht: Springer, 45-78.

3

Levinson, R. (2011). How Science Works: teaching controversial issues. In R. Toplis (ed.) *How Science Works*, London: Routledge, 56-70.

Etapa 2: Envolvimento — ('Descobrir')



Para passar de questões-problema a soluções e, depois, à ação, a investigação e o desenvolvimento para e com as necessidades das pessoas tem de ser um processo participativo e inclusivo, envolvendo aprendizagem baseada em inquérito e compreensão dos vínculos entre ciência e sociedade.

Podemos, assim, abordar três perspetivas:

1. Pessoal (O que significa para mim?);
2. Social (O que significa para a minha família, amigos e comunidade?);
3. Global (o que significa de uma forma mais global?).

Essas ações, constituídas através do quadro SSIBL, são explicadas a seguir, utilizando a abordagem pedagógica da educação em ciência baseada em inquérito.

EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA BASEADA EM INQUÉRITO (IBSE)

A educação em ciência baseada em inquérito (ou aprendizagem baseada em inquérito) está na fase de “envolvimento”. Os alunos necessitam de desenvolver capacidades e conhecimentos para encontrarem as soluções para uma questão autêntica. Essas capacidades são multifacetadas porque envolvem a colaboração de uns com os outros, descobrindo os pontos de vista dos interessados e realizando experiências.

Fazer experiências pode envolver o desenvolvimento e o teste de ideias, a recolha e

a avaliação de dados, a avaliação da incerteza dos dados recolhidos e a sua interpretação. Numa fase seguinte, podem ser elaboradas novas questões, como resultado da reflexão feita sobre os dados analisados. Com as evidências recolhidas, os alunos sabem agora como explicar de que formas essas evidências os podem auxiliar a responder às suas perguntas.

Os professores podem querer orientar a aprendizagem dos alunos, particularmente quando são confrontados pela primeira vez com esta metodologia de ensino. No início, os professores podem apresentar uma questão específica para os estudantes explorarem. Por exemplo, utilizando o exemplo da perda de energia descrito no capítulo 3, os professores podem pedir aos seus alunos para pesquisarem os locais da escola que apresentam maiores perdas de energia no inverno, para que possam apresentar uma solução para um melhor isolamento desse local. Algumas das abordagens possíveis são apresentadas na *Tabela 1*, onde o professor pode ter um conjunto de instruções preparado para os alunos.

Uma das características distintivas da componente IBSE, dentro do quadro SSIBL, é que as questões são abertas e não pré-determinadas e podem envolver uma série de abordagens, incluindo experiências, pesquisas e debates.

ABORDAGEM SSIBL ATRAVÉS DE IBSE

Numa situação em que os alunos exploram um determinado cenário para elaborar a sua

questão, eles têm de formular uma boa questão-problema para a sua investigação. Encontrar uma boa questão de investigação não é uma tarefa fácil e poderá exigir o apoio do professor. Inicialmente, a questão deve ser pesquisada e ter as seguintes características:

- A questão enquadra-se no tema ou cenário;
- A questão é aberta e a resposta não é conhecida;
- Há apenas uma pergunta (por exemplo, quais são as principais razões pelas

quais os estudantes do 9.º ano da nossa escola fumam?) (Salienta-se que numa investigação os grupos de alunos podem seguir diferentes questões de investigação, desde que cada grupo seja apenas responsável por uma);

- A questão é clara e focada;
- A questão é viável: permite chegar a uma resposta e pode ser abordada num tempo fixo;
- Os dados podem ser recolhidos para responder à questão.

Questão	Como reduzir as perdas de energia da escola no inverno?
Como organizar	Como podemos garantir que todos têm uma opinião? O que é que os meus amigos pensam sobre o que devemos fazer? Como decidimos qual a melhor forma de atuar?
Aspetos sobre os quais refletir	Onde estão as melhores áreas da escola para investigar? Quando devemos tomar medidas? Qual o equipamento que devemos usar? Devemos tomar medidas em diferentes momentos do dia?
Recolha de dados	Como registamos os dados? Como podemos assegurar que os nossos dados são precisos?
Interpretação	O que é que os dados nos dizem? Onde ocorrem as maiores perdas de energia? O que podemos fazer sobre isso?

Tabela 1 — Exemplo de inquérito orientado

Etapa 3: Envolvimento — [‘Agir’]



As soluções para questões autênticas devem envolver uma forma de ação. Por ação, queremos dizer resultados que abordam a questão original e resultam nalgum tipo de mudança, ou no desenvolvimento de conhecimento relevante, ou entendimento de razões pelas quais a mudança pode não ser desejável.

As ações podem ser de diferentes tipos, tais como:

- Criar um artefato;
- Pressionar instituições com poder;
- Criar materiais de instrução;
- Promover a mudança institucional, por exemplo, nas políticas escolares;
- Criar um fórum de discussão;
- Encenar uma peça de teatro/drama para uma audiência de modo a ilustrar um dilema;
- Escrita influente;
- Apresentação de cartazes para promover uma discussão mais aprofundada.

Encontrar uma solução pode levar a que surjam outras questões e, portanto, o processo é de natureza circular ao invés de linear (ver **Figuras 2 e 3**). As ações podem levantar questões adicionais e, por isso, o processo deve ser visto como reflexivo e como uma espiral, em vez de linear.

EDUCAÇÃO PARA A CIDADANIA

O quadro teórico SSIBL apoia os jovens na sua atuação como agentes sociais competentes através da educação para a cidadania (CE), promove a tomada de decisões de valor, que podem depois ser postas em prática. Numa sociedade democrática, todos os interessados devem poder contribuir e, conseqüentemente, as atividades SSIBL devem incentivar a participação e o diálogo ao longo da atividade, a partir do levantamento de questões, através da realização de uma investigação até à apresentação de soluções e da ação.

Caraterísticas da CE no quadro teórico SSIBL

A ideia central da CE no quadro SSIBL é participar criticamente e agir. Para participar num diálogo crítico e construtivo é necessário:

- Argumentar um tema com relevância pessoal, usando evidências e raciocínio;
- Ouvir atentamente e com consideração o que os outros têm a dizer;
- Estar aberto à mudança de opinião. Se outro participante apresentar um argumento melhor, julgá-lo pelo seu mérito;
- Respeitar as opiniões dos outros. Todos os participantes têm o direito de divulgar os seus pontos de vista e de serem ouvidos. Declarações racistas, sexistas e homofóbicas, ou qualquer outra declaração que afete a identidade e o caráter de um participante não são nem respeitadas

nem inclusivas e não têm lugar no diálogo construtivo;

- Ser crítico com os argumentos se houver pontos com que não se concorda, ou se eles se basearem em evidências insuficientes ou em premissas frágeis;
- Incentivar a paixão e o compromisso. Os participantes que têm um compromisso muito apaixonado e profundo com um ponto de vista particular podem, por vezes, sufocar o diálogo. Mas, sob condições de abertura e transparência, muitas vezes pode ser útil, pois ajuda os outros participantes a refletir de forma mais clara nos seus próprios pontos de vista.

Mais informações sobre educação para cidadania são apresentadas no anexo 3.

Resumo

A Aprendizagem Sócio-Científica Baseada em Inquérito (SSIBL) operacionaliza a componente RRI no contexto da educação. A aprendizagem é efetiva fazendo perguntas autênticas sobre questões controversas decorrentes dos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade. Essas questões são de caráter aberto, envolvem a participação de todos os interessados e visam procurar soluções que ajudem a implementar mudanças.

O quadro SSIBL inclui três etapas principais:

1.

Reflexão: Colocar questões autênticas sobre assuntos controversos (SSIs) decorrentes dos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade. ('Perguntar')

2.

Envolvimento: Integrar a investigação social e científica (IBSE) para explorar essas questões abertas. ('Descobrir')

3.

Ação: formular soluções que ajudem a implementar mudanças. ('Agir')

3— SSIBL na sala de aula



Quando se usa o quadro SSIBL como uma abordagem pedagógica, pode-se recorrer a uma versão simplificada do modelo teórico (Figura 3). Este modelo utiliza as três fases educacionais, Perguntar, Descobrir e Agir.

Juntamente com estas etapas, os principais objetivos da RRI são: a desejabilidade social, a aceitação ética e a sustentabilidade.

Abaixo apresentamos atividades para três faixas etárias diferentes. A Tabela 2, na página 37, resume os princípios SSIBL que caracterizam estas atividades.

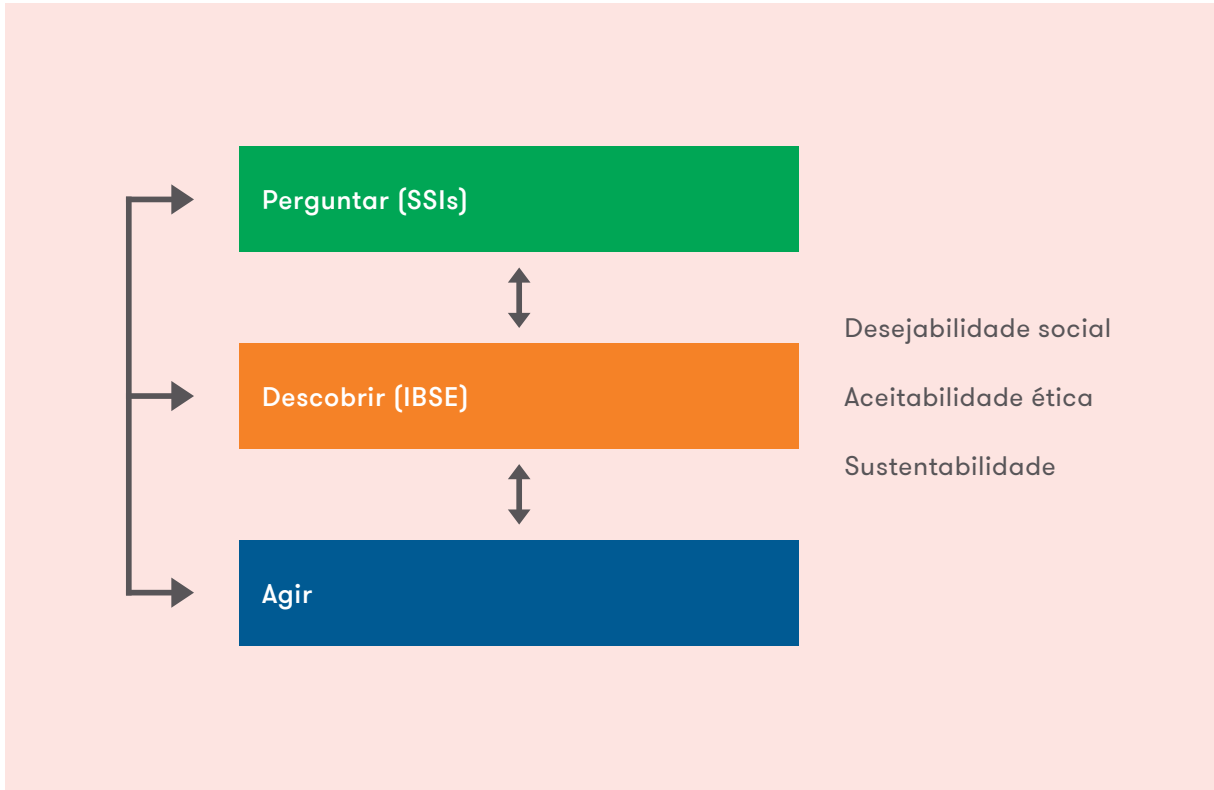


Figura 3 — Modelo simples do quadro SSIBL



1. REDUZIR AS PERDAS DE ENERGIA DE UMA ESCOLA

Uma turma de crianças do primeiro ciclo está a aprender sobre energia. Estas crianças entendem que a energia é a capacidade de desenvolver trabalho e promover mudanças. Aprendem também que a energia pode ser reconhecida através de processos envolvendo luz, movimento, calor, eletricidade e som. Elas também sabem que os seus corpos usam energia para fazer as coisas acontecerem, como levantar pesos, caminhar para a escola e ficar quente a baixas temperaturas. Intuitivamente, elas compreendem que precisam de se alimentar para conseguir desenvolver estas atividades. Contudo, revelam não saber como a alimentação é importante a esse nível. Por isso, é-lhes ensinado que a comida pode ser vista como um combustível, como gasolina, carvão ou gás, ou seja, os materiais que permitem que os veículos se movimentem ou que nos mantêm quentes em casa. Através de observações e experiências, estas crianças compreendem que nada acontece utilizando os combustíveis, se não se verificarem determinadas

condições: a presença de ar e uma fonte de calor.

Através de discussões sobre as suas experiências e as relações de uso de energia nas suas próprias vidas e, globalmente, no planeta, as crianças entendem que deve haver uma limitação ao uso de combustíveis. Por conseguinte, decidem investigar de que forma a sua escola gere a utilização de energia de modo a permanecer quente durante o inverno e fresca no verão. A investigação ocorre em quatro fases:

1.
Desenvolvimento de um plano para resolver a questão da conservação de combustível na escola. A questão problema é apresentada: como podemos evitar perdas de energia na escola? **(‘Perguntar’)**
2.
Pesquisa sobre locais que são frios no inverno e locais que são quentes e desconfortáveis no verão. **(‘Descobrir’)**
3.
Pesquisa de informação e desenvolvimento de experiências simples, como por exemplo, sobre como se pode evitar o arrefecimento de um copo de água quente, usando diferentes tipos de material para cobrir o copo, reduzindo o fluxo de energia no inverno e aumentando-o no verão. **(‘Descobrir’)**
4.
Desenvolvimento de um panfleto com sugestões para tornar a escola mais eficiente em termos

energéticos, com base no trabalho desenvolvido, incluindo a redução do uso de eletricidade e equipamentos informáticos, e promoção da discussão do assunto com a direção da escola, durante o “dia da energia”. (‘Agir’)

Isto implica ensinar sobre combustíveis e transferência de energia. Por exemplo:

- Exemplos de transferência de energia;
- Os combustíveis são necessários como ponto de partida num sistema de transferência de energia;
- Os combustíveis fósseis precisam de ar e de uma fonte de calor;
- O calor flui de regiões de altas temperaturas para regiões de baixas temperaturas;
- A transferência de energia pode ser assim providenciada, conservando os combustíveis e reduzindo os custos.

Adaptação para o modelo SSIBL

Em que locais ocorre perda de calor, em casa/ na escola? Como podemos descobrir quanto calor é perdido? A perda de calor varia com a hora do dia? Que dados precisamos de recolher? Como podemos representar e interpretar melhor os nossos dados (usando conhecimentos matemáticos)? Que equipamentos podemos usar (por exemplo, câmaras de imagens térmicas, se disponíveis)? Como podemos apresentar os nossos dados? Como podemos saber se os nossos dados são precisos e confiáveis? Como podemos converter os nossos dados em formas

de conservação de combustível e criar um melhor ambiente de aprendizagem para os estudantes? Os alunos podem pesquisar diferentes formas de os edifícios semelhantes à sua escola serem isolados. Como estabelecemos prioridades para reduzirmos as perdas de energia? Que recursos são necessários? Como podemos usar os dados recolhidos para convencer a direção escolar e os governadores a fornecer esses recursos? (Ver também a *Tabela 2*).



2. POR QUE RAZÃO FUMAM OS JOVENS?

O tabagismo na adolescência é um problema, por exemplo no Reino Unido, particularmente, entre as mulheres jovens. Os alunos podem aprender sobre:

- O papel dos brônquios e dos pulmões e como a sua estrutura está adaptada à função que desempenham;
- A mecânica da respiração (o movimento do diafragma e dos músculos intercostais);
- A importância do oxigênio para o metabolismo celular e a necessidade de remoção do dióxido de carbono;
- A difusão do oxigênio e do dióxido de carbono através das membranas pulmonares e os gradientes de concentração;
- O modo como o sangue transporta os gases de e para as células.

No contexto da aprendizagem acerca do transporte dos gases O_2 e CO_2 , pode ser mostrado aos alunos um modelo de consumo de tabaco (*Figura 4*) que demonstra os efeitos do

tabagismo. Pode, por exemplo, ser discutido até que ponto esse modelo representa o que ocorre na superfície dos pulmões, as semelhanças e diferenças entre o modelo “pulmão de algodão” e os pulmões reais, a área superficial do pulmão, a sua natureza esponjosa, de que modo o alcatrão mancha a superfície dos pulmões, ou o papel dos canais brônquicos durante a inalação e exalação.

Adaptação para o modelo SSIBL

Os alunos podem realizar uma pesquisa sobre o impacto do tabagismo nos jovens, os fatores de risco (a probabilidade de contrair uma doença pulmonar grave combinada com a gravidade do impacto) e se os cigarros eletrônicos são uma boa alternativa para os jovens fumadores. Após a demonstração e a compreensão dos efeitos biológicos do tabagismo, os alunos podem discutir sobre se o fato de ter conhecimento do assunto influenciará ou não os hábitos tabágicos dos seus pares.

Os estudantes podem elaborar um inquérito anônimo para analisar quantos alunos da sua escola fumam, por que razão o fazem e quais as suas opiniões sobre o fumo “passivo”. Podem trabalhar em grupos para elaborarem e testarem os questionários que podem enviar para outros alunos através, por exemplo, do *Survey Monkey*. Além disso, podem também recolher dados para descobrir a ligação entre o tabagismo e algumas doenças que tendem a surgir numa idade mais avançada, como o enfisema pulmonar ou o cancro de pulmão.

Com base nas pesquisas efetuadas, os alunos elaboram um cartaz que pode ser colocado num local de visibilidade, na escola. A informação por eles recolhida também pode influenciar a

maneira como os riscos de fumar são ensinados. Ver também a *Tabela 2*.

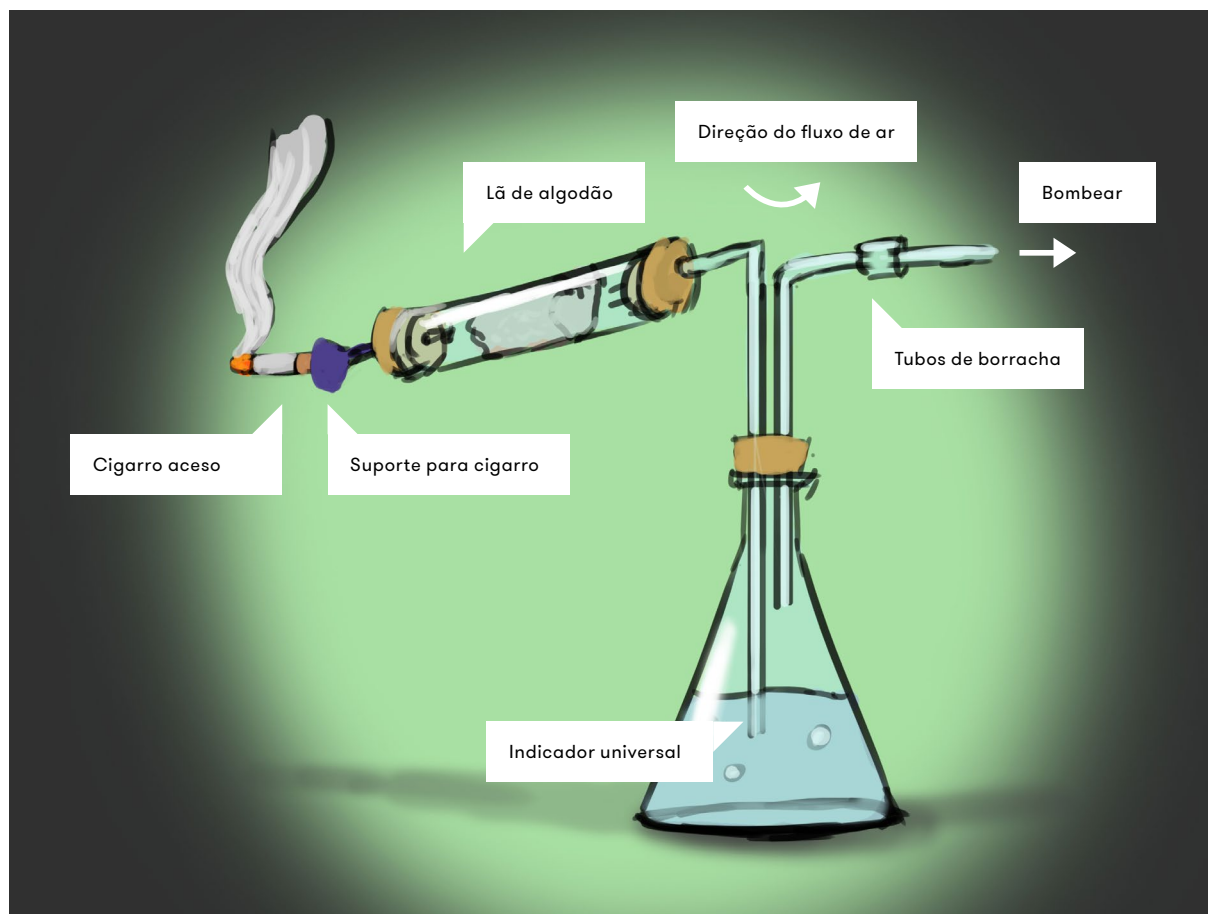


Figura 4 — Modelo de consumo de tabaco



3. ROUPA ECOLÓGICA

Este exemplo é baseado num projeto desenvolvido com uma turma de estudantes de química, com 17 anos. A atividade iniciou-se com a análise de um artigo de jornal⁽⁴⁾ levado por um aluno durante um curso de desenvolvimento profissional de professores que teve lugar na *University College London*. O artigo faz referência a como a poluição do ar pode ser reduzida usando roupas que purificam o ar.

A tecnologia de vestuário catalítico resulta de contributos de diversas áreas da química. As

calças de ganga são limpas com um detergente contendo nanopartículas de dióxido de titânio, TiO_2 , que tem propriedades *foto-catalíticas*. Essas partículas de dióxido de titânio atuam sobre água líquida e vapor de água no ar, na presença de luz (daí a fotocatalise), produzindo moléculas de radicais livres que são extremamente reativas (os radicais livres foram estudados pelos alunos quando abordaram a decomposição dos hidrocarbonetos) e que podem reagir com partículas de NO_x tóxicas no ar, convertendo-as em compostos relativamente inofensivos. Isto é particularmente vantajoso porque as partículas de tamanho nanométrico são capazes de se colar às calças de ganga e, devido à sua pequena dimensão, produzir uma vasta área de superfície, o que ajuda a acelerar ainda mais a degradação química de poluentes de NO_x . Além disso, o dióxido de titânio tem muitas outras propriedades físicas e químicas que têm um papel importante na vida quotidiana (por exemplo, na pasta de dentes, em artigos de confeitaria, nos protetores solares, nos cosméticos e na pastelaria).

Assim, o dióxido de titânio e o seu papel na roupa catalítica oferecem um contexto fascinante para a ocorrência da fotocatalise, reações de radicais livres e nanoquímica, mas também permitem a realização de atividades de pesquisa sobre a eficácia da roupa catalítica na purificação do ar e sobre a relação custo-eficiência. Por exemplo, quantas pessoas teriam de usar roupas catalíticas para reduzir significativamente os níveis de NO_x ? Isto pode ser alvo de investigação com base em dados secundários. E pode haver efeitos colaterais?

4

O artigo de notícias pode ser encontrado em: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/sustainable-fashion-blog/clothes-tackle-city-pollution-laundry-additive>. Para outras informações úteis sobre roupas catalíticas, veja: <https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/catalytic-clothing-purifying-air-goes-trendy/>

A campanha e a investigação tomaram um rumo diferente quando um estudante, ao pesquisar sobre a produção de dióxido de titânio, descobriu que este foi extraído na Serra Leoa a partir do mineral rutilo. Através das pesquisas feitas, esse estudante descobriu algo controverso que não estava mencionado na literatura principal: o processo de extração de rutilo deslocou muitas pessoas locais e degradou o meio ambiente na Serra Leoa, sem que, em contrapartida, isso lhes trouxesse muitos benefícios (5). Além disso, se o ambiente local na Serra Leoa fosse protegido e até melhorado através da mineração, os custos de rutilo poderiam ter aumentado bastante. Esta informação levou os alunos a propor uma nova pergunta para a sua investigação: os benefícios do dióxido de titânio são superiores aos prejuízos? Caso contrário, como se pode justificar a tecnologia da roupa catalítica? Os alunos construíram um mapa de controvérsias (anexo 2) para identificar as interligações existentes entre os diversos envolvidos: as companhias de mineração, os mineiros, o governo de Serra Leoa, os produtores de frutas deslocados pelas minas, os investigadores químicos, os designers de roupas, os fabricantes de detergentes em pó, os ativistas ambientais, o rutilo mineral, o vestuário.

Esta questão foi debatida com o grupo durante todo o ano. Os alunos perceberam que os benefícios do dióxido de titânio eram demasiado importantes para serem perdidos, mas decidiram alertar os grupos ambientais locais para as condições de produção.

A *Tabela 2*, na página seguinte, resume estas atividades SSIBL.

5

<https://www.christianaid.org.uk/resources/about-us/sierra-leone-crossroads-seizing-chance-benefit-mining>

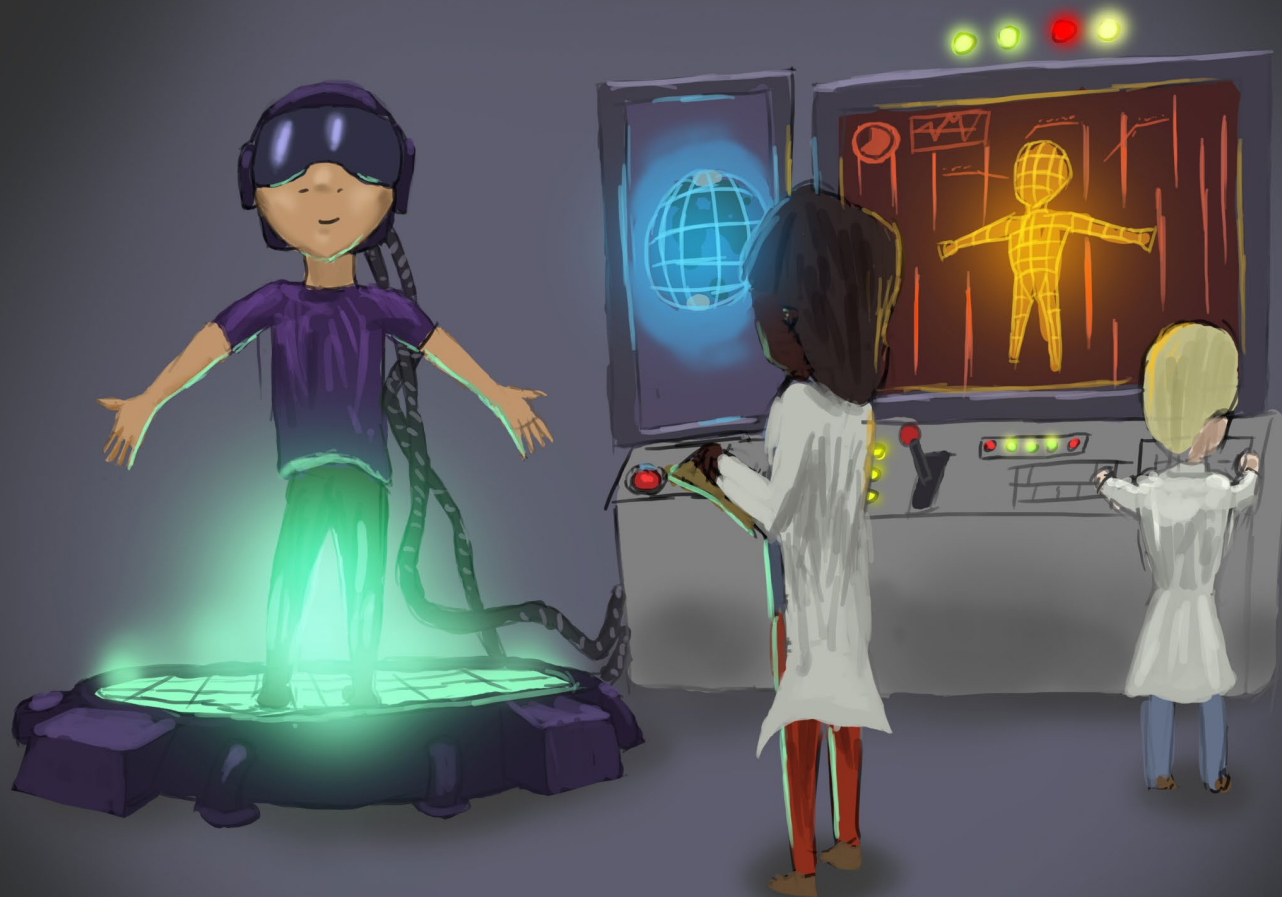
Conteúdos científicos	Perguntar	Descobrir	Agir	Desejabilidade social	Aceitabilidade ética	Sustentabilidade
Reduzir as perdas de energia de uma escola						
Transferência de energia, combustíveis, conservação de combustível, isolamento, imagens térmicas, recolha de dados, amostragem.	Onde ocorrem as maiores perdas de calor na escola? O que podemos fazer sobre isto?	As melhores formas de medir a perda de calor; recolher dados concretos; interpretar os dados; eficácia dos isoladores; pesquisa sobre a conservação de energia em edifícios.	Apresentar informações às autoridades escolares e à direção escolar sobre as perdas de calor e as formas de melhorar o problema. Elaborar mensagens da maneira mais apropriada para convencer os decisores.	Identificar meios para melhorar o conforto e o bem-estar dos alunos através de uma definição efetiva de custos.	As consequências das ações são a melhoraria das condições de aprendizagem, maximizando os benefícios para todas as partes.	Conservação de combustível.
Por que razão fumam os jovens?						
Estrutura e adaptação do pulmão, mecanismo da respiração, difusão dos gases, papel do sangue no transporte do oxigénio e do dióxido de carbono, metabolismo celular, modelagem dos efeitos do tabagismo.	Os nossos colegas conhecem o efeito do tabagismo sobre a sua saúde? O que pensam eles sobre o tabagismo passivo? Quais são, em biologia, as melhores mensagens sobre tabagismo para utilizar junto dos jovens?	Compilar um levantamento válido; interpretar os resultados; explorar a relação entre o conhecimento dos efeitos do tabagismo e o comportamento; alternativas ao tabagismo.	Elaborar um cartaz para informar os colegas sobre o tabagismo; negociar um lugar para o cartaz na escola; aumentar a sensibilização entre professores e alunos para a necessidade de se discutir os efeitos do tabagismo.	Apelar à sensibilidade para aumentar a consciencialização sobre os efeitos do tabagismo na saúde.	Promove a discussão de problemas de saúde sem revelar informações sensíveis.	Promoção de saúde.

Tabela 2 — Resumo das atividades SSIBL

Conteúdos científicos	Perguntar	Descobrir	Agir	Desejabilidade social	Aceitabilidade ética	Sustentabilidade
Roupa ecológica						
Mecanismos de radicais livres, fotocatalíse, nanoquímica, poluentes de NO _x .	Como promover a consciencialização acerca das roupas ecológicas? Quais são as condições para que as roupas ecológicas possam marcar a diferença? Quem é afetado pela mineração de dióxido de titânio? Quais são as melhores formas de resolver os problemas éticos?	Usar dados secundários para avaliar os efeitos do uso de roupas catalíticas e como pode ser aprimorado? Identificar os valores causadores do conflito e as posições de interesse na produção de roupas catalíticas.	Abrir a controvérsia sobre mineração com grupos ambientais locais, com base em evidências sobre a produção e benefícios / desvantagens do dióxido de titânio.	Uso de produtos que melhoram a qualidade do ar.	Considerar os benefícios e prejuízos para todas as partes envolvidas, chamando a atenção para condições de produção injustas.	Condições sociais e económicas para benefícios ambientais.

Anexo 1—

Colocar questões autênticas
sobre SSIs: ‘Perguntar’



Para se descobrir se o cenário escolhido é adequado para o quadro SSIBL, pode utilizar-se a seguinte *Máquina de Cenários*, desenvolvida pela equipa de Nijmegen (*Figura S1*).

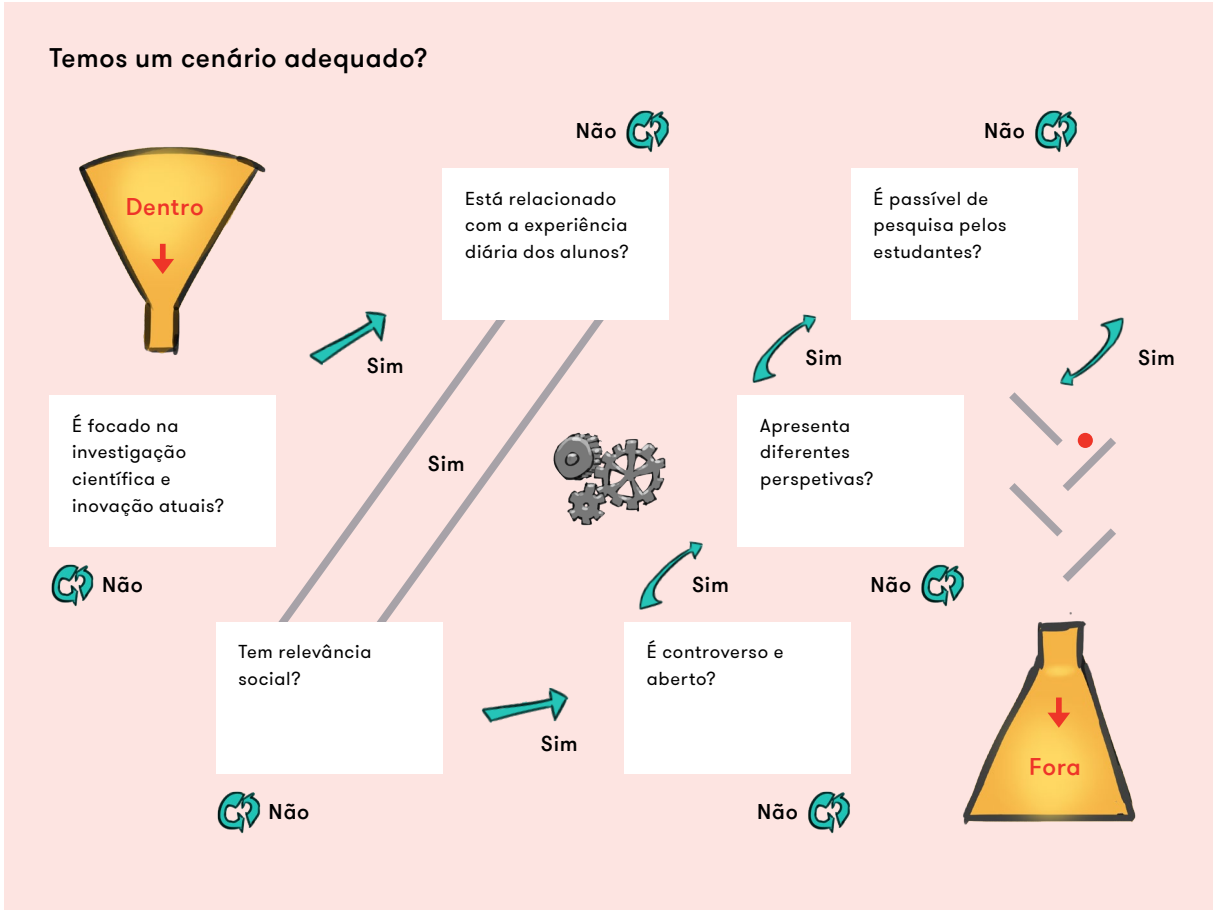


Figura S1 — A Máquina de Cenários SSIBL

Assunto do artigo	SSI
Biologia	
Vacinação e problemas de saúde	Vacinação no <i>Bible belt</i> Holandês; mulheres grávidas, viajando e o vírus Zika; o Ébola e a proibição de viagem; teste em animais.
Fumar e efeitos na saúde	Fumar e restrições governamentais; valor da vida humana (doença vs. medicina); doença e estilo de vida.
Escassez de alimentos em 2050	Que solução asseguraria o fornecimento de alimentos nos próximos anos?
Investigação sobre células estaminais	Salvar vidas com células estaminais: mas algumas pessoas podem considerar isso pouco ético. Devemos continuar a usar células estaminais?
Usar fungos para combater doenças das plantas	Podemos - e devemos - modificar um fungo para mudar o seu comportamento para satisfazer as nossas necessidades?
Usar a terapia genética para combater a doença de Alzheimer em ratos	Testes em animais. Uso da terapia genética. Efeitos da doença de Alzheimer.
O lobby da Coca-cola contra as leis de proteção da saúde	Os governos devem parar o lobby das multinacionais, particularmente quando é provável que esses produtos tragam efeitos secundários não desejáveis para a saúde?

Tabela S1 — Artigos de notícias sobre SSI escolhidos por professores estagiários da Universidade de Utrecht

Biologia, Matemática	
Os adolescentes bebem e fumam com maior frequência quando os pais não estão em casa	Usar substâncias nocivas e os problemas de saúde resultantes.
Química	
Usar pneus de carros antigos para fornecer uma base para campos desportivos	Os pneus do carro contêm hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) que estão indicados como uma causa para o surgimento de cancro.
Urinar no mar	Por que razão as pessoas acreditam que é prejudicial urinar no mar? O que têm os cientistas a dizer?
Química, Biologia	
Plásticos encontrados em peixes que vivem nas profundezas oceânicas	Devemos continuar a utilizar plásticos que não sejam biodegradáveis?
Altas concentrações de pesticidas encontradas em muesli e noutros cereais	Quais são os efeitos para a saúde da ingestão de concentrações elevadas de pesticidas? Este problema ainda se verifica atualmente?
Química, Biologia, Astronomia	
Partículas na atmosfera de Marte	Partículas na atmosfera de Marte causam a doença de Alzheimer: poderemos viver em planetas para além da Terra?

Assuntos sócio-científicos nas notícias

A **Tabela S1** mostra um conjunto de artigos de jornal escolhidos por professores estagiários da Universidade de Utrecht, na Holanda, os SSI com as quais estão relacionadas, as questões que suscitam e as disciplinas a que se referem.

ABORDAGENS PARA DEFINIR O CENÁRIO PARA SSIS

Atividade-exemplo: estimular o interesse

Um desafio importante no ensino das componentes SSIBL é estimular o interesse dos estudantes. Quando os alunos não têm questões pertinentes ou um dilema previsto, uma estratégia útil passa por utilizar representações dos meios de comunicação social para estimular o entusiasmo e promover uma discussão. O exemplo apresentado de seguida é proveniente

6

Veja: <https://www.theguardian.com/cities/2015/mar/04/st-pauli-pees-back-hamburg-red-light-district-revenge>

7

Veja, por exemplo: <http://www.fi.uu.nl/toepassing/28527/>

8

Veja: <http://www.theguardian.com/commentisfree/2016/oct/14/vaping-saves-lives-madness-ban-smokers-cigarettes-kill>

de um curso de formação de professores sobre nanotecnologia baseado no quadro teórico SSIBL, desenvolvido pela Universidade de Malmö. *Ultra Ever Dry* é um bom exemplo de um nanomaterial porque é hidrofóbico e usado como dissuasor de comportamentos anti-sociais. Uma das suas aplicações pouco comuns ocorre no distrito de St. Pauli, em Hamburgo, onde muitas paredes são revestidas com *Ultra Ever Dry*. Quando os foliões embriagados urinam contra as paredes, a sua urina é reenviada diretamente para eles, desmotivando esse comportamento. Este produto está agora a ser usado noutras cidades (6). Poderia, porém, ser um meio de evitar a construção de casas de banho públicas mais adequadas?

Exemplos de outros recursos para criar dilemas podem ser encontrados on-line (7).

O tema dos cigarros eletrónicos desperta um grande interesse na comunicação social, com diversos especialistas a apresentar pontos de vista muito diferentes, o que pode entusiasmar os jovens que se interrogam sobre os prós e os contras relativamente a este assunto. Embora os cigarros eletrónicos estejam proibidos em algumas partes do Reino Unido e na Europa, existem algumas autoridades que consideram que são um bom meio de libertar as pessoas do tabagismo. Veja, por exemplo, o artigo do Professor David Nutt (8) no jornal *The Guardian* em outubro de 2016.

A notícia de abertura é ‘Vaping salva vidas’. Seria pouco inteligente proibir este tipo de notícia provocatória e indutora de discussão quando as autoridades proibiram este comportamento. Existem recursos úteis sobre cigarros eletrônicos nas atividades ENGAGE (9).

Jogo de cartas

Há uma série de jogos online, disponíveis para download, que podem ser muito úteis para orientar os alunos a pensar sobre dilemas sócio-científicos e sócio-técnicos. Aqueles que são particularmente adequados para alunos do ensino secundário e que cobrem uma série de problemas são os jogos democráticos, que podem ser encontrados, com uma licença *creative commons* (10). Jogos de cartas para estimular a discussão sobre questões atuais, incluindo os assuntos sócio-científicos, podem ser descarregados através da plataforma *PlayDecide* (11).

Desenhos conceituais

Desenhos conceituais são uma outra sugestão para estimular a discussão sobre questões controversas. A **Figura S2** é um exemplo de um destes desenhos. No entanto, estudantes e professores podem criar o seu próprio desenho, criando caixas de diálogo com diferentes pontos de vista, em torno de um contexto particular.

Questões estruturantes para um dilema

A Universidade de Utrecht usou um modelo de carrossel em sessões de um curso de formação para professores estagiários para ajudar a preparar um determinado cenário e começar a pensar em diferentes questões. A sua tabela (**Tabela S2**) foi modificada para poder ser usada na sala de aula com os alunos. Os exemplos do capítulo 3 foram utilizados para fins ilustrativos.

9

Veja: <http://www.engagingscience.eu/en/2015/10/13/electronic-cigarettes>

10

Veja: <http://www.edinethics.co.uk/enhancement/ethentech-democs/democsgame.htm>

11

Veja: <http://www.playdecide.eu/about.html>



Figura S2 — Exemplo de desenho concetual

Questões	Caso A	Caso B	Caso C
Qual é o tema do caso, qual é a controvérsia?	Conservação de combustível na escola.	Tabagismo nos jovens.	Combater a poluição do ar.
Quais as partes interessadas que estão envolvidas (quais são os seus interesses?)	Alunos (estudando num ambiente saudável); gestão escolar (gestão de custos do combustível); autoridade local (regulamentos sobre construção de edifícios).	Alunos (tabagismo, o que pode ser feito sobre isso, quais são as alternativas?); professores (como abordar a questão em função do programa?); direção da escola (qual deveria ser a política da escola?); pais (que informações nos podem ser úteis?); profissionais de saúde (informações sobre as atitudes dos alunos); indústria do tabaco (lucros, emprego); governo (impostos importantes).	Alunos (ação contra a poluição do ar, ciência relevante); grupos ambientalistas (formulação de políticas num contexto local, nacional e juvenil); comunidade local (meios de reduzir localmente e na prática a poluição); professores (relacionar com o programa de química).
Conhecimento relevante dos conteúdos científicos	Fluxo de calor; condutividade; medição da temperatura.	Respiração; mecanismo da respiração; difusão gasosa.	Catálise; química orgânica; nanomateriais.

Tabela S2 — Tabela de preparação para diferentes atividades SSIBL

Que questões podem ser levantadas? Quais são as questões passíveis de serem alvo de investigação pelos alunos que o problema levanta?	Onde estão as áreas “de maior escape” para o fluxo de calor na escola? Como podemos manter a escola mais quente no inverno e mais fresca no verão? Simultaneamente, como podemos conter o uso de combustível?	Quais são os efeitos biológicos do tabagismo? Que adjetivos usam as indústrias de tabaco para tornar os cigarros mais atraentes? Por que razão fumam os jovens? Quais são os melhores métodos para ajudar os jovens a parar de fumar?	De que modo as roupas ecológicas reduzem a poluição? Quão eficaz é a roupa ecológica?
--	---	---	---

COLOCAR QUESTÕES EM CONTEXTOS
INFORMAIS

Um exemplo de como aumentar as questões de investigação sobre a produção de eletricidade através da visita a um museu

Alunos do primeiro ciclo visitaram uma antiga central elétrica para aprender sobre as diferentes formas de produção de eletricidade. Os professores aprenderam a usar o quadro teórico SSIBL e usaram esse conhecimento para planear atividades sobre a produção de eletricidade. Através da colaboração e da aprendizagem por experimentação, incluindo uma visita ao Centro de Descoberta de Energia (EDC) em Tallinn, na Estónia, os professores planearam as sessões e discutiram determinadas questões com as crianças antes da visita ao museu, tais como:

- As pessoas podem decidir qual a fonte de energia que querem usar?
- Como são tomadas as decisões sobre o fornecimento de energia?
- As crianças devem ter uma opinião nessa tomada de decisões?

Estas perguntas ajudam as crianças a pensar sobre o problema, focando-se na questão principal: como é que a eletricidade deve ser produzida na Estónia?

Os alunos aprendem sobre diferentes meios de transferência de energia, por exemplo experimentando com turbinas, e sobre a relação entre produção e movimento de eletricidade (Foto S1) e também conhecem os marcos históricos na produção de energia.

As crianças são encorajadas a fazerem perguntas sobre as formas como a eletricidade é gerada nas suas casas. Em pequenos grupos, é promovida a discussão sobre como reduzir os custos de energia nas suas casas e como usar fontes alternativas.



Foto S1 — Crianças que investigam a ligação entre o movimento e a produção de eletricidade

Anexo 2—

Envolvimento: ‘Descobrir’



Mapear a controvérsia

O mapeamento de controvérsias é uma forma de organizar diversas perspectivas numa só questão sócio-científica para que ligações entre os aspetos científicos, tecnológicos, sociais, éticos, políticos e legais possam ser discutidas. Além disso, permite também aos participantes refletir sobre influências a nível pessoal, social e global. Os componentes de um mapa de controvérsia podem ser humanos ou não humanos e são conhecidos como actantes. Os actantes podem ser organizações ou indivíduos.

Pode escrever o dilema no centro de uma folha de papel A3. Anote (por exemplo em 'post-its'):

- Partes interessadas (actantes) e os seus interesses;
- As suas opiniões e argumentos;
- Valores que podemos identificar;
- Tente relacioná-los através de uma ligação com setas.

A **Figura S3** mostra o trabalho realizado pelos participantes israelitas na organização de um mapa de controvérsias sobre imunização. Embora a imunização seja direcionada para a prevenção de doenças infecciosas letais, não pode ser separada das empresas farmacêuticas que produzem as vacinas (a própria vacina pode ser um actante porque mobiliza cientistas, pacientes, médicos e empresas farmacêuticas para um tipo particular de relacionamento). Quando um actante muda ou influencia um relacionamento, ele tem efeito sobre todos os outros actantes.

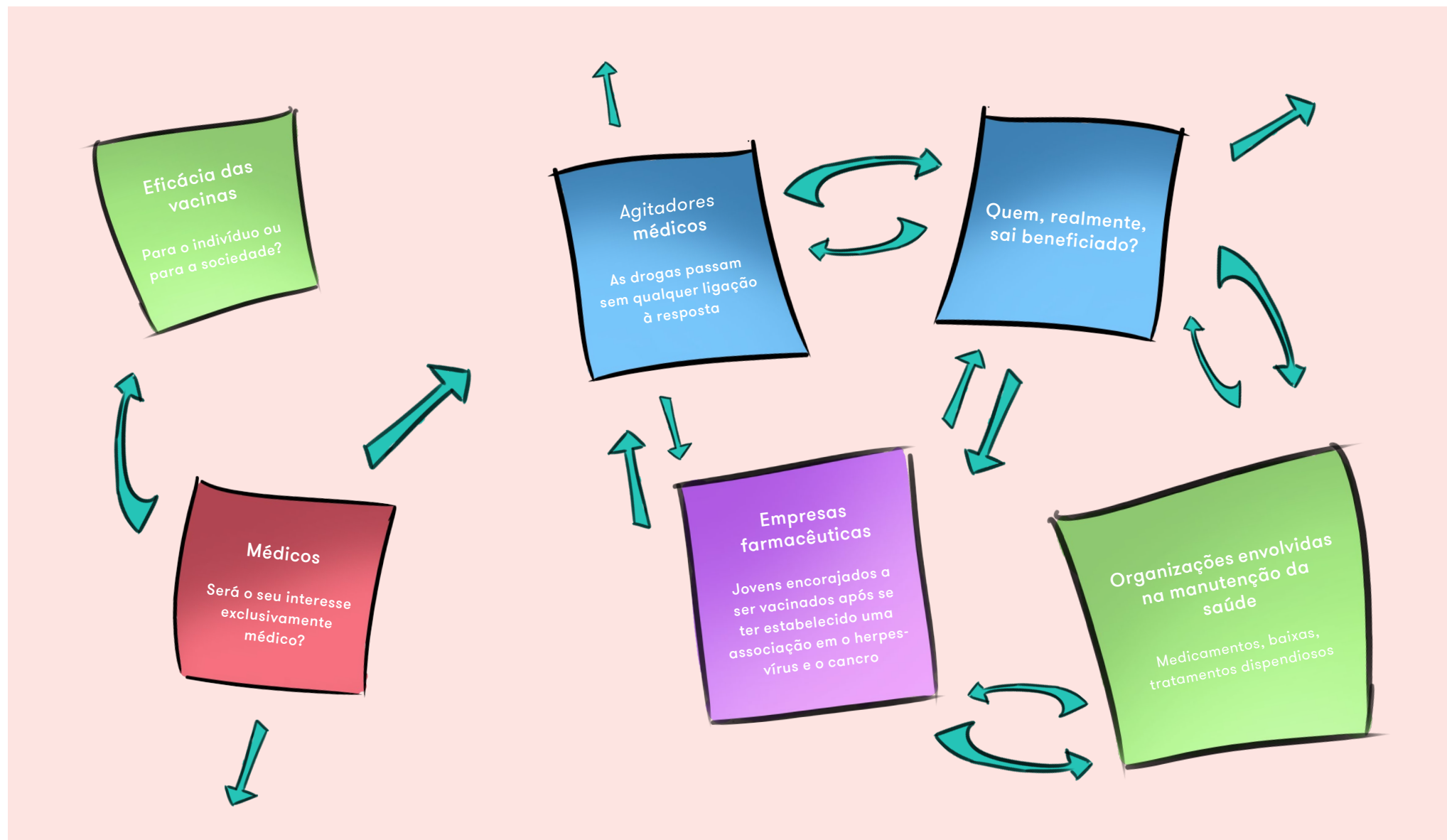


Figura S3 — Um mapa de controvérsias sobre imunização

Um novo governo pode, por exemplo, alterar a estrutura de financiamento para a produção de medicamentos, afetando quem é vacinado e a forma como eles priorizam isso em relação a outros problemas de saúde. Organizar um mapa colaborativamente ajuda os participantes a discutir a questão, a discutir o aspecto particular ou o nível da controvérsia e a concentrarem-se nas questões de investigação.

Análise do ciclo de vida

Como resultado da discussão sobre os riscos da nanotecnologia numa sessão de desenvolvimento profissional de professores que teve lugar na Universidade de Malmö, um dos professores estagiários decidiu fazer uma análise do ciclo de vida de um nano-material *Ultra-Ever Dry*, cujas propriedades hidrofóbicas têm muitas aplicações em áreas de construção civil e domésticas. Um dos resultados da análise do ciclo de vida consistia em gerar um mapa que vinculasse diferentes partes interessadas (*Figura S4*). Isso ajudou os participantes a identificar as partes interessadas e os prós e contras da tecnologia, particularmente em termos de aceitabilidade ética dos produtos, a sua desejabilidade social e sustentabilidade.

Atividade-exemplo: modelação

Esta atividade, utilizada por colegas da Universidade do Porto, está relacionada com os riscos para a saúde causados pela dependência de nicotina e álcool. Uma característica

importante desta atividade é o uso de *Daphnia magna* como organismo modelo para detetar a atividade de nicotina e álcool. *Daphnia magna* é um pequeno crustáceo com um exoesqueleto translúcido, cujos batimentos cardíacos podem ser facilmente contados ao microscópio.

Os organismos-modelo são representações de sistemas que permitem aos cientistas prever efeitos, mas é importante distinguir entre modelos e realidade. Os modelos são simplificações e aproximações que podem apresentar diferentes aspetos do mesmo fenómeno. Por exemplo, o *modelo Bohr* do átomo ajuda os alunos a entender a transferência de eletrões, mas não permite observar uma orientação 3D das orbitais que o modelo orbital permite. Os esqueletos mostram posições das articulações no corpo e podem mostrar graus de liberdade de movimento, mas uma compreensão mais completa do movimento tem de ser complementada com outras representações, como imagens médicas que mostram outras estruturas musculares e vídeos que demonstram uma caminhada humana.

Com crianças mais jovens um bom início à modelação pode partir da apresentação de um modelo 3D de uma flor ou animal para depois pedir que sejam explicadas as diferenças entre o modelo e a versão real. Há também, cada vez mais, exemplos de simulações online ⁽¹²⁾ que permitem aos alunos explicar fenómenos, fazer previsões e resolver problemas, tendo sempre em consideração que os modelos são simplificações da versão real e as variáveis são reduzidas.

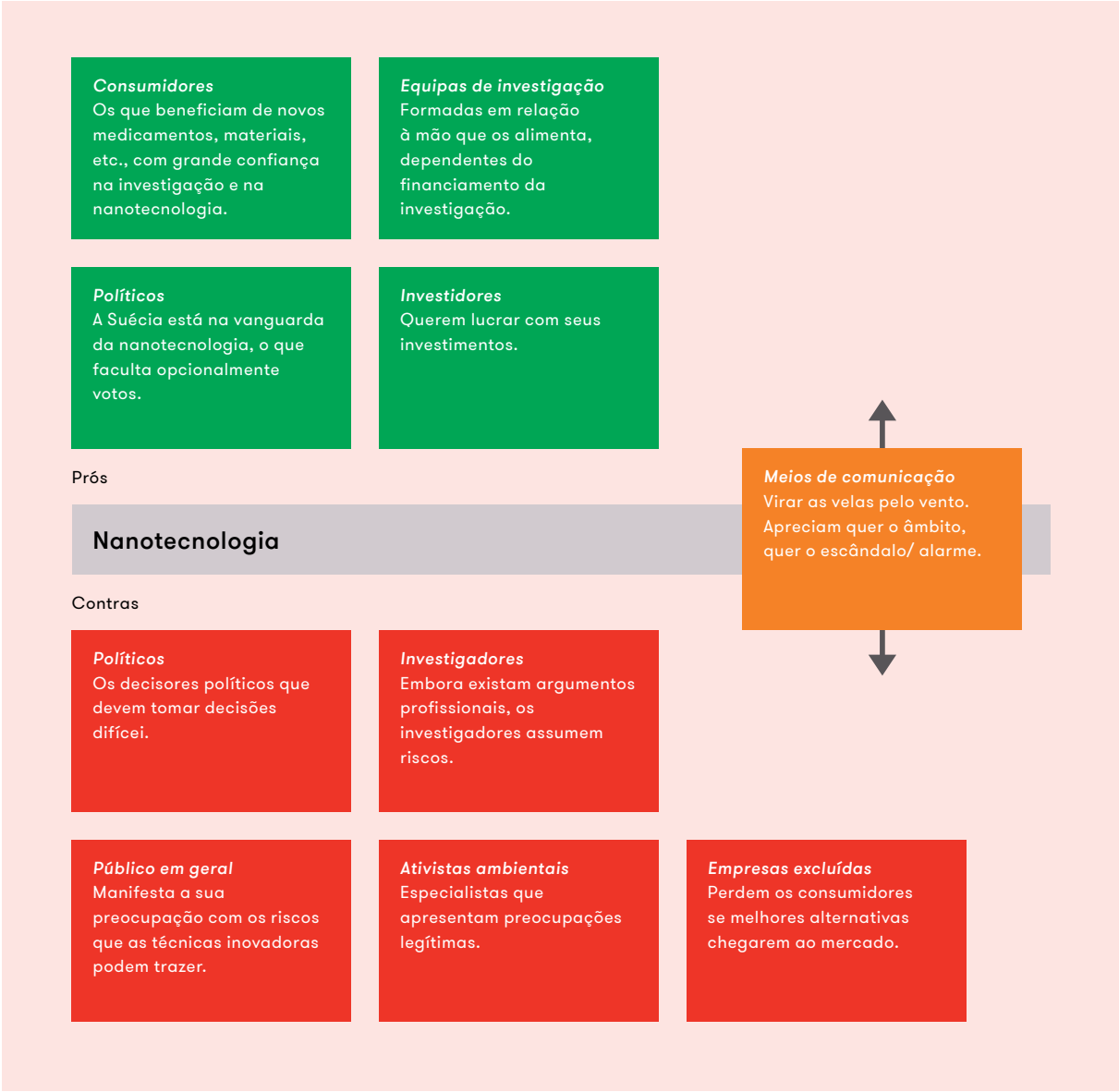


Figura S4 — Mapear grupos de interesse para produtos de nanotecnologia

Os grandes fenômenos climáticos, como o efeito de estufa, podem ser modelados usando, por exemplo, garrafas de plástico para imitar condições dentro de uma estufa (veja, por exemplo, “O efeito de estufa -1” em *The Royal Society of Chemistry’s Classic Chemistry Demonstrations*).

Atividade-exemplo: Risco e Incerteza

Um aspeto importante da SSIBL é compreender o risco e a incerteza. Em termos de climatologia, estes são conceitos cruciais porque qualquer ação tomada envolve incerteza e riscos desconhecidos. Os riscos podem ser formalmente entendidos como a probabilidade de ocorrência de um evento e o seu impacto. Assim, ainda que probabilidade de um tsunami ocorrer num determinado local possa ser muito baixa, o seu

impacto pode ser muito alto. Por outro lado, as pessoas desvalorizam frequentemente os eventos regulares, como a queda, uma vez que o seu impacto é geralmente baixo. A própria estimativa de risco é incerta. Embora o risco possa ser quantificado objetivamente pela recolha de estatísticas relevantes, os efeitos pessoais e sociais devem ser tidos em conta. Por exemplo, viajar de avião é considerada uma ação de risco muito baixo. Contudo, algumas pessoas estão tão ansiosas quanto ao voo que podem prejudicar a sua saúde e este aspeto tem de ser tido em conta na estimativa do risco.

Qualquer ação tomada relativamente ao meio ambiente acarreta certos riscos. Alguns desses riscos podem não ser muito óbvios. Por exemplo, o uso de painéis solares como meio de transferência de energia da luz do sol através da geração de eletricidade não tem impactos prejudiciais aparentes. No entanto, a produção de painéis solares utiliza grandes quantidades de energia e os materiais para a sua produção podem ter efeitos colaterais tóxicos, particularmente, quando produzidos a baixo custo ⁽¹³⁾. O site de David Spiegelhalter disponibiliza animações para que estudantes e professores possam discutir riscos e incertezas ⁽¹⁴⁾.

12

Veja, por exemplo: E-chalk (<http://www.echalk.co.uk>) e PHET (<https://phet.colorado.edu>), uma plataforma onde são apresentados exemplos em diversas áreas da ciência que influenciam as atividades SSIBL.

13

Veja um artigo sobre o assunto em: <http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2014/11/141111-solar-panel-manufacturing-sustainability-ranking>

14

Veja em: <https://understandinguncertainty.org/view/animations>

Comunicar os resultados às partes influentes

Um aspecto importante do quadro teórico SSIBL é a promoção de mudança, resultante da percepção de que existe um problema. Os alunos devem, portanto, procurar aperfeiçoar os seus argumentos para convencer os interessados que têm o poder para determinar que as coisas aconteçam. Critérios importantes incluem:

- Canais. O meio para construir a sua argumentação: poster, curta-metragem, apresentação dramática, um artigo num jornal, lobby ao nível de políticos.
- Fundamentação. Apresentar provas, organizando os dados de forma a construir um argumento convincente.
- Razões. Apresentar motivos sólidos e convincentes para defender o seu caso.
- Alternativas. Sugerir alternativas ao status quo.
- Coerência. Os pontos são concretos, desenvolvidos um a um e de acordo com uma ordem lógica.
- Eficácia. Manter a brevidade e inteligibilidade.

Anexo 3—

Educação para a cidadania (CE)



Abordagem do quadro teórico SSIBL através da Educação para a Cidadania (CE)

Alguns bons exemplos do uso da educação para cidadania na sala de aula podem ser encontrados online ⁽¹⁵⁾. Esses recursos consistem em atividades para realizar trabalhos em grupo e promover a colaboração de todos os elementos ao longo de um desafio SSIBL.

Linha de controvérsias

Uma vez que os participantes tenham sido orientados para uma controvérsia, são organizados ao longo de uma linha de posição, dependendo do grau em que concordam ou discordam do problema (*Figura S5*). Esta proposta é retirada do exemplo acima descrito, de uma sessão de um curso de formação para professores sobre o uso de antibióticos em gado, que decorreu na Universidade de Tecnologia de Chipre.

A forma como os participantes estão posicionados ao longo da linha, permite fomentar a discussão. Por exemplo, os participantes próximos uns dos outros podem discutir qual deles está mais próximo do fim do acordo / desacordo. Os que estão em diferentes extremidades dessa linha podem trabalhar em grupos para refinar as perspetivas sobre as quais discordam. Uma maneira de promover a tomada de decisão é a seguinte:

1. Peça a dois grupos de participantes (grupo A e grupo B), que se encontram em extremidades opostas da linha, para provocarem as suas áreas de desacordo;
2. Ambos os grupos têm tempo para preparar a sua argumentação;
3. O grupo A apresenta a sua posição após um intervalo de três minutos;
4. O grupo B escuta o grupo A e depois deve representar o caso deste grupo de um modo mais consubstanciado, se possível, com recurso a evidências mais fortes;
5. As posições são então revertidas;
6. Quando cada grupo assegurar que as suas posições foram compreendidas, discutem-se as suas diferenças.

Esta abordagem sustenta a escuta ativa, o uso de evidências e a lógica na discussão. Esta atividade pode ser utilizada para introdução de uma visão racional e emocional, usando a estratégia “Argumentos em movimento” de Van der Zande (2012) ⁽¹⁶⁾. Durante esta atividade, os quatro cantos da sala de aula representam ‘a favor com o coração’, ‘contra com o coração’, ‘a favor com o cérebro’ e ‘contra com o cérebro’ (*Figura S6*). Os participantes movem-se na sala, mostrando a sua opinião sobre a declaração central (a favor e contra) e a maneira como chegaram a essa opinião (coração e cérebro). A ideia é que os participantes sejam capazes de “ver” as diferentes opiniões e fazer perguntas, podendo mudar de lugar. Os participantes também podem ir a outros lugares da sala e pensar sobre argumentos para esse local, refletindo sobre outras opiniões.

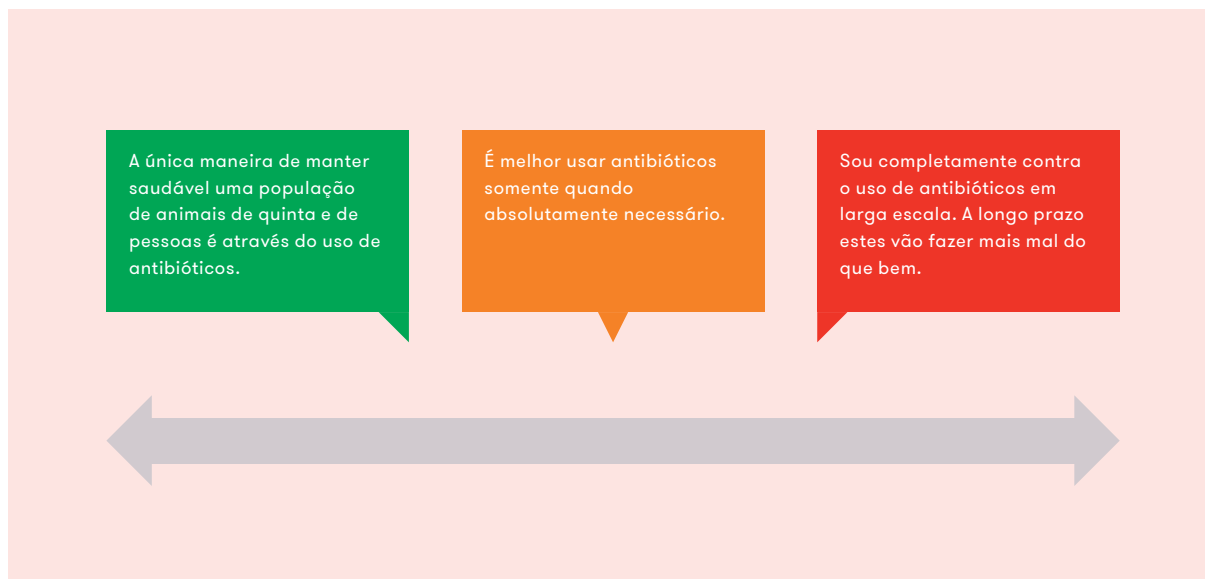


Figura S5 — Linha de controvérsias

15

Esta atividade foi adaptada a partir da Association for Citizenship Teaching em parceria com National Citizen Service Trust (<https://www.teachingcitizenship.org.uk/resource/ncs-key-stage-3-curriculum-activities>). Outro recurso útil para desenvolver discussões em pequenos grupos pode ser encontrado em: <https://www.pstt-cpd.org.uk/ext/cpd/argumentation/unit1.php>

As apresentações feitas por professores com base numa abordagem experimental sobre perspectivas baseadas em interesses focadas no tema dos antibióticos aplicados no gado (por exemplo, do ponto de vista de um fazendeiro, de um grupo governamental ou de um investigador interessado) podem ser consultadas em: <https://youtu.be/kuGOJ7mXEFM>.

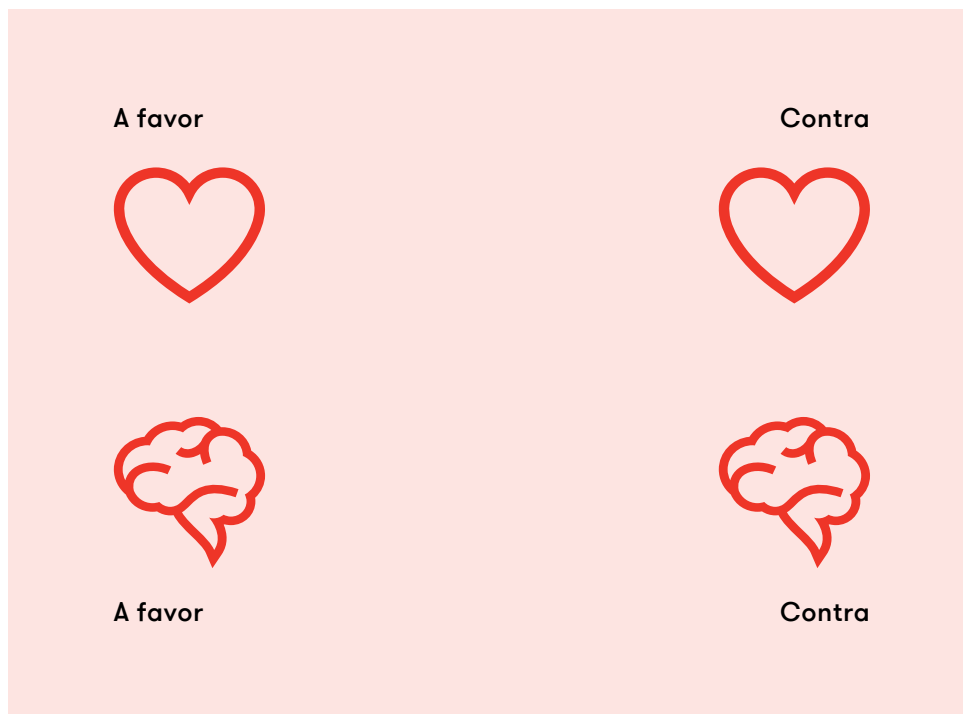


Figura S6 — Configuração da sala da aula durante uma sessão de “Argumentos em movimento”

Clarificação de valores

Tendo estabelecido o cenário para um problema, os alunos podem usar uma matriz ética adaptada de Mepham (2005) ⁽¹⁷⁾, que mapeia as opiniões de diferentes partes interessadas contra três princípios éticos principais. Esses princípios são:

- *Bem-estar*: respeito pelos interesses das partes envolvidas, prejudicando-os o menos possível.
- *Autonomia*: respeito pelos direitos dos indivíduos (humanos ou não humanos) de agirem e viverem as suas vidas de acordo com as suas preferências.
- *Equidade*: agir de forma justa e correta.

As células da matriz estão lá para que os alunos as preencham com os seus pontos de vista. Um exemplo usado é retirado do tema do uso de antibióticos na produção de gado, na **Tabela S3**.

Agir

Durante as atividades SSIBL, pode haver uma situação em que uma turma ou um grupo discutem as ações a tomar, chegando a uma ou mais soluções. A forma como isso acontece depende da realização da atividade: por

apenas um grupo pequeno, de quatro ou cinco participantes; por vários grupos que trabalham em diferentes aspetos da questão; ou pela turma inteira. Mesmo que o problema seja abordado por um único grupo, toda a turma pode discutir as suas opiniões sobre as ações a serem tomadas. Cada aluno pode ser desafiado a sugerir um determinado curso de ação e colocar as suas ideias numa caixa. O professor separa as decisões por categorias, quando algumas ideias se sobrepõem. Posteriormente, a turma é organizada em dois grupos (por exemplo, em dois grupos de 12 alunos, numa turma de 24). (Caso sejam turmas de número ímpar, um aluno pode ser nomeado como controlador do tempo ou apoio). Depois, usando cadeiras, é criado na sala de aula um espaço dividido em dois círculos concêntricos, de forma a que os participantes sentados no círculo interno estejam virados para os do círculo externo.

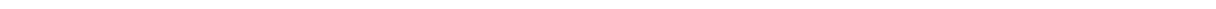
O professor distribui tiras de papel com dois tipos de ação possíveis a cada aluno no círculo interno. Entretanto, estes discutem as duas formas possíveis de ação com um aluno do círculo externo, sentado à sua frente, durante dois minutos. Depois, os alunos no círculo externo trocam de lugar com o aluno à sua esquerda. As discussões continuam com alunos diferentes para três a cinco interações, dependendo do número de soluções disponíveis. No final, a turma reúne-se e relata os tipos de ação mais defendidos.

17

Mepham, B. (2005). *Bioethics*. Oxford: Oxford University Press.

Respeito por	Bem-estar	Autonomia	Equidade
Agricultores	Melhora o rendimento e as condições de vida.	Podem tomar as suas próprias decisões sobre as circunstâncias em que se deve usar antibióticos no seu gado.	Podem definir preços razoáveis para os seus produtos no mercado, de acordo com leis e práticas justas.
Consumidores	Recebe um abastecimento de alimento a partir de gado saudável.	Podem escolher que produto comprar.	Um abastecimento de comida disponível para toda a população.
Gado	Direito a uma vida saudável e minimização do sofrimento.	O seu modo de vida natural não é inibido, ex. pastar ou dormir.	Tratados como seres conscientes por direito próprio e não meramente como instrumentos de valor crescente para os agricultores.

Tabela S3 — Matriz ética para antibióticos usados na produção de gado



PARRISE (Promoting Attainment of Responsible
Research and Innovation in Science Education) project