

Educação CTSA em espaços não formais: o potencial do Museu de Microbiologia do Instituto Butantan

CTSA education in non-formal spaces: the potential of the Microbiology Museum of the Butantan Institute

Educación CTSA en espacios no formales: el potencial del Museo de Microbiología del Instituto Butantan

Tiffany Guimarães Muller de Souza Soderi

Universidade Federal do ABC (UFABC)
tiffany.guimaraes@aluno.ufabc.edu.br
<https://orcid.org/0009-0007-7353-4221>

Karina Assunção

Universidade Federal do ABC (UFABC)
karina.assuncao@ufabc.edu.br
<https://orcid.org/0009-0002-1017-4226>

Adriana Pugliese

Universidade Federal do ABC (UFABC)
adriana.pugliese@ufabc.edu.br
<https://orcid.org/0000-0002-4683-5834>

Resumo

A integração da educação científica com questões sociocientíficas contribui para que os cidadãos sejam capazes de compreender as perspectivas interdisciplinares existentes na ciência e na tecnologia, bem como os impactos destes na sociedade. Neste artigo, buscamos analisar as potencialidades do Museu de Microbiologia do Instituto Butantan (São Paulo, Brasil) para a educação científica na perspectiva CTSA e das questões sociocientíficas controversas. O museu em questão oferece uma variedade de cenários expositivos e ações educativas que exploram o eixo científico-tecnológico, abordando a ciência em uma perspectiva cultural, com atributos CTSA e servindo como local de aprendizado, tanto para os visitantes, quanto para os mediadores, possibilitando que diferentes públicos possam refletir sobre seus papéis como cidadãos e nas implicações éticas, sociais, morais e ambientais das descobertas científicas. Ao promover a alfabetização científica e o pensamento crítico, os espaços não formais, como apontado pela literatura, contribuem significativamente para a formação de cidadãos engajados na tomada de decisões.

Palavras-chave: Educação científica; Museus; CTSA; Alfabetização científica.

Abstract

The integration of scientific education with socioscientific issues contributes to citizens' ability to understand the interdisciplinary perspectives existing in science and technology, as well as their impacts on society. In this article, we seek to analyze the potentialities of the Microbiology Museum of the Butantan Institute (São Paulo, Brazil) for scientific education from the CTSA perspective and controversial socioscientific issues. The museum in question offers a variety of exhibition scenarios and educational activities that explore the scientific-technological axis, addressing science from a cultural perspective, with CTSA attributes and serving as a learning site for both visitors and mediators, enabling different audiences to reflect on their roles as citizens and on the ethical, social, moral, and environmental implications of scientific discoveries. By promoting scientific literacy and critical thinking, non-formal spaces, as pointed out by the literature, contribute significantly to the formation of citizens engaged in decision-making.

Keywords: Scientific education; museums; STSE; Scientific literacy.

Resumen

La integración de la educación científica con cuestiones sociocientíficas contribuye a que los ciudadanos sean capaces de comprender las perspectivas interdisciplinarias existentes en la ciencia y la tecnología, así como sus impactos en la sociedad. En este artículo, buscamos analizar las potencialidades del Museo de Microbiología del Instituto Butantan (São Paulo, Brasil) para la educación científica desde la perspectiva CTSA y de las cuestiones sociocientíficas controversiales. El museo en cuestión ofrece una variedad de escenarios expositivos y acciones educativas que exploran el eje científico-tecnológico, abordando la ciencia desde una perspectiva cultural, con atributos CTSA y sirviendo como lugar de aprendizaje tanto para los visitantes como para los mediadores, lo que permite que diferentes públicos reflexionen sobre sus roles como ciudadanos y en las implicaciones éticas, sociales, morales y ambientales de los descubrimientos científicos. Al promover la alfabetización científica y el pensamiento crítico, los espacios no formales, como señala la literatura, contribuyen significativamente a la formación de ciudadanos comprometidos en la toma de decisiones.

Palabras clave: Educación científica; Museos; CTSA; Alfabetización científica.

Introdução

Os avanços científicos-tecnológicos geram diferentes impactos nas esferas sociais, ambientais, históricas, econômicas, geográficas, culturais, governamentais e políticas, fazendo com que a relação da população geral com a Ciência e a Tecnologia (C&T) seja modificada e intensificada diariamente, bem como proporciona que a C&T infira direta e indiretamente no seu próprio desenvolvimento e objetivos. Os empreendimentos científicos-tecnológicos visam atender não somente os interesses da população, mas também os interesses de determinados grupos (Santos, 2007; 2008). No artigo ora apresentado, buscamos resgatar as origens do

movimento CTS(A) no Brasil estabelecendo uma relação com a área de Ensino de Ciências e Biologia em uma perspectiva da educação em espaços não formais, de tipologia museal. O objetivo da pesquisa é analisar as potencialidades do Museu de Microbiologia do Instituto Butantan (São Paulo, Brasil) para a educação científica na perspectiva CTSA e das questões sociocientíficas controversas.

De acordo com os autores Auler e Bazzo (2001), Pedretti e Nazir (2011) e Aikenhead (2003), a corrente CTS(A) teve início em meados do fim da década de 1960 e início da década de 1970, após um longo período de supervalorização da ciência e seus empreendimentos, principalmente nos países europeus e países da América do Norte. Organizações e movimentos acadêmicos e sociais passaram a questionar a intencionalidade e a neutralidade da atividade científica e seus eventuais impactos na sociedade. Segundo Strieder (2012), para além das questões inerentes à temática, é fundamental considerar o contexto latinoamericano: o Pensamento Latino Americano em CTS (PLACTS) visa criticar o modelo adotado nos países europeus e norte-americanos que é centralizado nas demandas de países sul-globais, dessa forma busca também aderir às necessidades e demandas regionais.

Apesar da corrente CTS não ter sua origem no contexto educacional, ela foi incorporada à área da educação, da pesquisa e, até mesmo, das políticas públicas, com o intuito de trazer luz à perspectiva interdisciplinar focada nos empreendimentos da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Tal fato possibilita que os cidadãos sejam capazes de compreender a Ciência, engajar em mudanças e participar de tomada de decisões, desenvolver senso crítico e analisar fatos e informações pautadas em dados científicos no âmbito desse pilar. Neste sentido, de acordo com Santos (2011), “o movimento CTS [...] ainda permanece ativo e pode ser recontextualizado dentro das demandas atuais da educação científica para que ela esteja comprometida com a formação da cidadania para uma sociedade justa e igualitária” (Santos, 2011, p. 21), assim relacionando os aspectos interdisciplinares ao contexto educacional.

A pluralização dos objetivos CTSA contribui no processo de ressignificação dos conhecimentos científicos-tecnológicos, trazendo a ciência para uma perspectiva sociocultural dos estudantes e relacionando-as com as necessidades cotidianas da sociedade no qual eles estão inseridos. Esse tipo de ensino permite explorarmos e expandirmos os conhecimentos CTSA para outras vertentes, sendo elas, a educação científica, que busca por estimular a concepção científica por meio das atividades escolares de modo que ensina os cidadãos a lidar com a ciência (Junges & Espinosa, 2020; Reis, 2021), inclusive em espaços não formais de educação, e ainda a alfabetização científica, que, por sua vez, busca desenvolver o pensamento crítico para que tome-se decisões conscientes em questões cotidianas (Santos, 2023; Sasseron & Carvalho, 2011), as questões sociocientíficas, a natureza da ciência, entre outras.

A educação científica possibilita que o indivíduo se desconstrua da visão epistemológica da ciência moderna (positivista) e os seus conhecimentos. Sabe-se que a ciência não acontece de maneira linear e progressiva, a relação CTSA demonstra que a ciência tem caráter provisório e incerto (Santos & Schnetzler, 2003). Nesta perspectiva interdisciplinar, é importante que os indivíduos saibam compreender e entender que a ciência é construída

por diversos paradigmas, que são quebrados conforme outras teorias se formam. Sendo que alguns paradigmas são capazes de coexistir ainda que abordando o mesmo problema de maneiras diferentes (Kuhn, 1989).

Esses paradigmas estão presentes na sociedade como um todo, abrangem temas como: energias alternativas, emergências climáticas, poluição, transgênicos, armas nucleares e biológicas, mineração industrial, nanotecnologias, desenvolvimento de vacinas e medicamentos, uso de produtos químicos, entre outros. Para Pedretti e Nazir (2011), a educação científica na perspectiva CTSA pode acontecer de diferentes maneiras e em locais variados, pois possui pedagogia própria e particular para tal.

Dentre os possíveis espaços, podemos mencionar os museus e centros de ciências, uma vez que são instituições que possuem uma voz importante para a transformação social, ambiental e política. De acordo com Marandino et al. (2016, p. 17), “[...] cabe destacar que os museus de ciência são, por excelência, locais promotores de diálogo entre ciência e sociedade, seja por meio de suas exposições ou de qualquer outra ação educativa, como por meio da formação de mediadores, da produção de materiais didáticos, blogues, fóruns online etc.”. Para Marandino et al. (2023a), as exposições científicas cada vez mais são compreendidas como espaços públicos cívicos com potencial para desafiar e confrontar visões sobre questões que são socialmente relevantes.

Os textos instrucionais, objetos e exposições, aparatos, fotos e vídeos interativos e coleções se tornam “pano de fundo” para a abordagem científica de temas controversos presentes na sociedade, bem como contribuem para a abordagem e contextualização de questões socio-científicas. Esses questionamentos envolvem controvérsias públicas e se tornam ferramentas para a promoção de um ensino de Ciências investigativo que visa estimular o senso crítico, a análise de riscos, a ética e a moral dos estudantes ou cidadãos que ao interagir com as exposições museais, esses indivíduos são desafiados a refletir sobre as implicações da ciência e tecnologia como um todo, incentivando-os a se tornarem participantes ativos na discussão e na tomada de decisões (Marandino et al., 2023a; Martínez-Pérez et al., 2011).

A educação científica na perspectiva CTSA em espaços não formais: possibilidades de alfabetização científica

O mundo pós tecnologia parece ter se conectado à ciência de tal forma que se tornaram indivisíveis. A verdade é que a tecnologia não é o fim da ciência (Granger, 2004). Porém, é necessário que os indivíduos compreendam que a ciência influencia a criação de novas tecnologias, principalmente quando se leva em conta os produtos da pesquisa aplicada. Pressões quanto às novas tecnologias moldam a forma como a ciência, por muitas vezes, é construída. Ter a percepção de que a ciência traz diferentes paradigmas, percepções e concepções é essencial para que os estudantes avaliem as suas aplicações (Santos & Schnetzler, 2003) e proponham maneiras de transformá-la.

Para Chassot (2022), “a cidadania só pode ser exercida plenamente se o cidadão tiver acesso ao conhecimento (e isso não significa apenas informações) e aos educadores cabe então fazer essa educação científica” (Chassot, 2022, p. 96). Neste sentido, o papel da educação científica é o de permitir a leitura da Ciência e seus impactos nos aspectos sociais, ambientais, históricos, econômicos, entre outros, possibilitando que os indivíduos ajam democraticamente perante a sociedade que estão inseridos. Ao fim, a educação científica que tenha compromisso com a sociedade, promove a capacidade de decisão dos cidadãos (Santos & Schnetzler, 2003).

Autores como Bell e Lederman (2003), Pedretti e Nazir (2011) e, Reis (2013) defendem que a alfabetização científica (AC) contribui não somente para o aprimoramento dos conhecimentos científicos-tecnológicos dos cidadãos, mas também os auxilia durante o processo de tomada de decisões, uma vez que esses indivíduos passam a: compreender a linguagem e o processo de argumentação científica; buscar informações fundamentadas em dados científicos; e debater sobre a dualidade do desenvolvimento científico. De acordo com Bell e Lederman (2003), “[...] ao conhecer as características do conhecimento científico e a forma como é construído, argumenta-se que os cidadãos estarão mais aptos a reconhecer reivindicações pseudocientíficas, distinguir boa ciência da ruim e aplicar o conhecimento científico em suas vidas cotidianas” (Bell & Lederman, 2003, p. 353, tradução nossa).

É importante que os cidadãos formados cientificamente reconheçam que devem buscar interações entre a ciência e a tecnologia que preservem o meio ambiente, que sejam éticas e morais e tenham cunho social. Neste sentido, percebe-se, assim, que para que a alfabetização científica aconteça, é preciso que o ensino das Ciências seja interdisciplinar e compreendido por toda a comunidade, tanto aqueles que produzem a ciência básica e aplicada, quanto aqueles que usufruem dos produtos oriundos das transformações que ela realiza. É preciso, então, de uma alfabetização de toda a população nessa linguagem que, por muitas vezes, é desconhecida pela parcela populacional não acadêmica (Chassot, 2003; Reis, 2013).

Assim, a AC é de extrema importância por permitir que o indivíduo tenha uma cosmovisão científica. O indivíduo alfabetizado cientificamente não irá, somente, utilizar-se de conceitos da ciência no seu dia a dia, mas poderá transformar sua realidade através da apropriação desses conhecimentos, de modo a desnaturalizar e reconstruir concepções pré-existentes. Diante desses conceitos, se faz necessário lembrar que a Ciência é uma atividade humana e, portanto, carrega consigo a natureza humana em sua totalidade (Martins, 2020). O processo de alfabetização científica dos cidadãos pode ocorrer em espaços e contextos diversos, pois esses locais se tornam espaços que iniciam o diálogo da ciência com a sociedade por meio das coleções e pesquisas desenvolvidas nos museus. Além disso, é importante ressaltar que museus e espaços não formais são locais que possuem currículo educacional, pedagogia e transposição didática própria, proporcionando uma abordagem única para o aprendizado científico.

Podemos pensar que, no caso dos museus de ciências naturais, as exposições são primordiais para a construção da cidadania, através dos conceitos e conhecimento de história natural que contêm. Entender a cultura científica como parte da cultura humana envolve reconhecer os espaços

museais como instrumentos que permitem uma aproximação do público com a cultura científica, possibilitando a compreensão e contemplação de objetos, os quais muitas vezes podem ser observados somente nesses locais (Pugliese, 2015, p. 19).

Centros de ciências, museus de ciências e história natural são instituições científicas e culturais, que por meio de seus currículos, exposições e atividades educacionais, buscam promover a alfabetização e divulgação científica, propiciar a aprendizagem de diferentes públicos, abordar diferentes aspectos da ciência e tecnologia, como os debates sociais externos e internos às ciências, assim como as dimensões históricas e filosóficas desses debates. Para além disso, esses espaços servem como pano de fundo para a abordagem de temas sociocientíficos e/ou controversos em suas coleções e demais atividades (Contier & Marandino, 2009; Pugliese et al., 2020; Colombo Junior et al., 2023).

Tais fatores, potencializam a abordagem CTSA em exposições de ciências, em decorrência da diversidade de ferramentas que podem ser utilizadas no ambiente não formal de educação (Gohn, 2009). Os museus de ciências, portanto, se tornam palcos relevantes para a alfabetização científica e suas exposições potencializam o conhecimento e a produção de conhecimento. Não é possível negar que a Ciência além de fazer parte do cotidiano mundial, transforma a maneira como diferentes áreas da sociedade se inter-relacionam. É imprescindível que os museus tenham uma variedade de instrumentos para suas atividades, a educação não formal poderá colocar o indivíduo em um espaço onde se tornará o agente ativo de seu saber (Carvalho, 2009) e promoverá reflexões participativas (Sasseron & Machado, 2017) diante dos problemas, conceitos e questões apresentadas pelo escopo de uma exposição.

Para Colombo Junior et al. (2023), essas instituições, podem contribuir com a AC e engajar os cidadãos em questões relacionadas à ciência e suas potencialidades na perspectiva CTSA. Em sua pesquisa, os autores observaram que a maioria dos participantes percebia o museu como um espaço apropriado para o debate e investigação de problemáticas diversas (Colombo Junior et al., 2023). Assim, os museus, com o passar do tempo, em seus processos de transformação e aprimoramento, podem ir além, trazendo controvérsias científicas, elementos da Natureza da Ciência e promovendo ciência de forma artística, cultural e socialmente engajada.

Aspectos metodológicos

O local onde a pesquisa foi realizada, Museu de Microbiologia do Instituto Butantan, foi escolhido por alguns motivos: pelo fato da temática de sua exposição de longa duração ser de interesse para formação da primeira autora, sendo local para pesquisa no contexto de seu projeto de iniciação científica; pelo museu estar incluso como uma das instituições museais de um projeto de pesquisa financiado por uma agência de fomento brasileira; e pelo fato de o Museu estar localizado no Parque da Ciência de um instituto que faz parte da história da cidade de São Paulo, visitado por muitas escolas e famílias, o que possibilita a difusão da ciência.

Inaugurado em 2002, o Museu de Microbiologia tem como principal missão “estimular a curiosidade científica nos jovens, promover oportunidades para aproximar a cultura científica do público em geral por meio de suas exposições e ações educativas, bem como se constituir como importante espaço de divulgação de atividades desenvolvidas pelo Instituto Butantan” (Museu de Microbiologia, 2024a, s/p). A exposição de longa duração é constituída por

microscópios, animações, modelos tridimensionais de [micro-organismos] e bustos de renomados cientistas que ilustram as bases da [Imunologia] e da Microbiologia, revelando o que são os chamados “germes” ou micróbios. Há também uma exposição interativa e lúdica idealizada para crianças de 4 a 6 anos e exposições temporárias que aprofundam temas relacionados à microbiologia (Museu de Microbiologia, 2024a, s/p).

Gruzman (2012, p. 136) acrescenta que o museu surge numa tentativa de integrar o complexo científico e cultural do Instituto Butantan, de modo a “ampliar a comunicação com o público visitante, propondo diversas ações voltadas para a educação e a divulgação científica”.

A pesquisa ora retratada é de natureza qualitativa, que segundo Gil (2008, p. 175), “depende muito da capacidade e do estilo do pesquisador”, pois não há fórmulas e nem receitas pré-definidas. Para Martins (2004, p. 292), uma abordagem qualitativa privilegia a análise de microprocessos a partir do estudo de ações sociais e que “os métodos qualitativos tratam as unidades sociais investigadas como totalidades que desafiam o pesquisador” e são caracterizados por sua flexibilidade, “[...] principalmente quanto às técnicas de coleta de dados, incorporando aquelas mais adequadas à observação que está sendo feita”.

A construção dos dados aconteceu a partir de quatro visitas (três realizadas pela primeira autora e uma feita pela terceira autora) à exposição de longa duração do Museu de Microbiologia, que faz parte do Instituto Butantan, localizado na cidade de São Paulo, no Brasil. A pesquisa apoiou-se na observação simples (Gil, 2008), com anotações de campo e registros fotográficos do cenário expositivo. O referencial teórico-metodológico se baseou nos trabalhos de Contier e Marandino (2009) e nos aprofundamentos feitos por Marandino et al. (2023a,b), e Colombo Junior et al. (2023), os quais discutem a construção de atributos e perspectivas de análise de como exposições de museus de ciências abordam as relações CTS(A) em seus discursos expositivos ou como a partir delas é possível refletir e propor práticas pedagógicas. Após análise da exposição, foram discutidas propostas pedagógicas na perspectiva CTSA a partir de alguns aparatos encontrados na exposição de longa duração do Museu de Microbiologia.

Contier e Marandino (2009), baseadas em autores de diferentes áreas (educação com enfoque CTS, aspectos de exposições museais críticas, controvérsias científicas, controvérsia nos museus e modelos de comunicação pública da ciência), mas especialmente nos estudos de Aikenhead e Ryan (1992), Aikenhead (1994, 2003), Auler (2002) e Cerezo (1999), enfatizaram as discussões em assuntos sociais externos ou internos à ciência e discussões de cunho histórico e filosófico sobre a ciência. Nesse contexto, Contier e Marandino propõem três grandes grupos de atributos que: (1) trazem ou exploram debates sociais externos à ciência; (2) exploram debates sociais internos à ciência; (3) trazem debates históricos e filosóficos (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos para análise de exposições em museus de ciências (Contier & Marandino, 2009)

Atributo 1 – debates sociais externos à ciência	Atributo 2 – debates sociais internos à ciência	Atributo 3 – debates históricos e filosóficos
Impacto social do desenvolvimento de C&T	Características pessoais dos cientistas	Dimensão histórica
Resolução de problemas sociais, práticos e cotidianos	Coletivização do trabalho científico	Natureza da ciência
Questões de cunho ambiental	Procedimentos de consenso.	
Questões controversas	Responsabilidade social dos cientistas	
Questões éticas		
Influências políticas do desenvolvimento de C&T		
Estímulo à participação do público		

De modo a relacionar os atributos levantados por Contier e Marandino (2009), foi utilizada a dimensão de análise “Natureza do Conhecimento Sociocientífico Controverso” proposto por Marandino et al. (2023b). Tal dimensão toma por base a literatura que discute alfabetização científica, relações CTSA e questões sociocientíficas controversas (QScC), especialmente o trabalho de Simonneaux (2014). Delineou-se essa nova dimensão: “[com] base nessas características, definimos as categorias que identificam quando a natureza do conhecimento sociocientífico controverso está mais próxima do eixo “frio” ou “esfriando” (F) e quando está, por outro lado, mais próxima do eixo “quente” ou “esquentando” (Q)” (Marandino et al., 2023b, p. 12) (Tabela 2).

Tabela 2. Categorias de identificação da natureza do conhecimento sociocientífico controverso (adaptado de Marandino et al., 2023b)

Eixo frio	Eixo quente
Conhecimento aceito e consensual	Conhecimento incerto e em construção
Valores e abordagens epistêmicas e acríticas	Valores e abordagens sociais, filosóficas e críticas
Abordagem disciplinar	Abordagem interdisciplinar

Ressalta-se que a análise descrita no presente artigo ocorreu estritamente via observação da exposição, sem acompanhamento de mediação ou entrevista a educadores museais, por isso, as possibilidades descritas na próxima seção do texto sobre a ação de um mediador estão relacionadas com possibilidades de abordagem propostas pelas autoras deste artigo.

Resultados e Discussão

A partir da observação da exposição de longa duração do Museu de Microbiologia, foram levantadas algumas temáticas na perspectiva das autoras do presente artigo que pareceram mais evidentes como: (a) réplicas de micro-organismos; (b) história da microbiologia e microscópios; (c)

pandemias e vacinas; (d) teorias sobre origem da vida e contribuição de cientistas para a área da microbiologia. A seguir são feitas algumas descrições do cenário expositivo a partir dessas temáticas.

Réplicas de micro-organismos

Em relação às réplicas de micro-organismos, os aparatos estavam dispostos com uma explicação do que era o organismo: em alguns casos havia dados sobre seu ciclo de vida e um microscópio para análise (Figuras 1-2). Além destes micro-organismos expostos, também é possível observar um móbil dos vírus que usam a fêmea *Aedes aegypti* como vetor (Figura 4). Nesse ambiente, são de interesse da educação científica na perspectiva CTS as características morfológicas e o ciclo de vida da espécie de mosquito (Figura 3-4).



Figura 1. Microscópio e cartaz sobre piolho; Figura 2. Vista microscópica do piolho; Figura 3. Ciclo de vida de *Aedes aegypti*; Figura 4. Móbil do mosquito-fêmea de *Aedes aegypti*.

Quanto às categorias de identificação da natureza do conhecimento sociocientífico controverso de Marandino et al. (2023b), as réplicas e modelos dos micro-organismos presentes em parte da exposição se encontram no eixo frio, pois apresentam um conhecimento aceito e consensual a respeito da morfologia e ciclo de vida desses agentes. Para os autores, o conhecimento consensual apresenta-se de maneira factual e dentro de uma perspectiva neutra da ciência, “[...] não são apresentadas outras visões sobre o tema, garantindo sua característica “aprobématica”, não trazendo o papel do erro na sua construção” (Marandino et al., 2023b, p. 12).

Conforme observado nas figuras 1 e 3, a informação científica é apresentada de maneira factual, narrando o ciclo de vida desses agentes patogênicos e, na figura 1 especificamente, elucidando as doenças que podem ser desencadeadas por esses organismos. Já as figuras 2 e 4 delineiam representações microscópicas e modelos lúdicos dos respectivos hospedeiros. Todavia, a exposição dessas informações está focada no domínio do conhecimento tecnocientífico, apresentando os dados científicos de maneira pouco contextualizada, sem explorar profundamente os aspectos sociais presentes no cotidiano do público visitante desse museu e sem considerar os possíveis danos à saúde pública ou as questões de infraestrutura sanitária que influenciam a propagação desses agentes patogênicos.

Para Contier e Marandino (2009, p. 7), “[...] não poderíamos considerar que, para tal, uma exposição devesse apresentar evidências de todos os atributos, nem que existia um atributo mais relevante do que o outro. Mas, de fato, existem exposições que exploram mais as relações CTS e outras que exploram menos”. Neste sentido, apesar de não ser evidente a educação na perspectiva CTS em relação de micro-organismos, consideramos importante também discutir as possibilidades presentes na exposição ora apresentada, tais debates podem ser fomentados na presença de um mediador, uma vez que os conhecimentos apresentados nas coleções não necessariamente garantem que os visitantes cheguem a esses debates de maneira autônoma.

A respeito das réplicas dos micro-organismos que a exposição apresenta, quanto ao atributo 1, conforme elaborado por Contier e Marandino (2009), é possível abordar durante um processo de mediação os aspectos: impacto social do desenvolvimento de C&T; resolução de problemas sociais, práticos e cotidianos; e questões de cunho ambiental, sendo possível debater a respeito dos impactos ambientais, tais como alteração do equilíbrio ecológico ou propagação de patógenos entre espécies, bem como debater sobre impactos sociais e sanitários, tais como sobrecarga dos sistemas de saúde ou aumento das taxas de comorbidade e mortalidade. Considerando esses fatores, através da mediação, é possível estimular a participação do público nos debates sobre as formas de combater a propagação dessas doenças e desses agentes.

Quanto ao atributo 2, é possível abordar durante um processo de mediação os aspectos: coletivização do trabalho científico e responsabilidade social dos cientistas. Para Contier e Marandino (2009), a coletivização do trabalho científico demonstra que o desenvolvimento científico-tecnológico ocorre por meio da interação e da troca de informações entre pesquisadores e instituições, possibilitando que o mediador explique para os visitantes que os conhecimentos científicos acerca desses agentes biológicos, foram construídos a partir do compartilhamento de informações com outras áreas das ciências.

História da Microbiologia e Microscópios

Observa-se um cenário com microscópios e explicações de ambos micro-organismos (fungos e bactérias) para o visitante da exposição (Figuras 5-7). Todas as bancadas com microscópios contam com cadeiras para que o público visitante do espaço possa alcançar as lentes e observar os micro-organismos. No tocante de uma análise dos eixos propostos por Marandino et al. (2023b), podemos observar que os textos instrucionais presentes na figura 5, fazem com que a discussão seja intermediária (parcialmente fria), pois apesar do conhecimento estar disposto de maneira consensual, os textos descritivos buscam exemplificar como os fungos e as bactérias estão presentes no cotidiano, como por exemplo na produção de pães, queijos e leite fermentado, utilizando uma abordagem interdisciplinar da ciência com à área da nutrição.

Considerando os atributos estabelecidos por Contier e Marandino (2009), o texto instrucional sobre fungos e bactérias apresentam aspectos do atributo 1, sendo o “estímulo à participação do público”. A utilização de lâminas microscópicas contendo fungos e bactérias possibilita que o público conheça a morfologia desses micro-organismos, e a incorporação dessas imagens junto

aos textos instrucionais contribui para sensibilização do público espontâneo. De acordo com o material presente na exposição: fungos - As leveduras são fungos e nos ajudam na produção do pão. Outros fungos como *Aspergiullus* e *Penicillium*, têm um papel na produção de certos tipos de queijos; bactérias - Lactobacilos e estreptococos são bactérias usadas na produção de alimentos como o iorgute e o leite fermentado.

Para Contier e Marandino (2009, p. 5), o estímulo à participação do público tem como objetivo “[...] a inserção do público em debates acerca do desenvolvimento da ciência e da tecnologia é um caminho para a construção de uma ciência socialmente mais comprometida”. Uma vez que a população compreende como esses fungos e bactérias estão presentes no processo de fabricação de alimentos que são ingeridos diariamente, torna-se possível promover uma conscientização mais ampla sobre a importância da atuação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) no processo de regulamentação e fiscalização de produção dos alimentos, contribuindo para a promoção da saúde pública e a prevenção de doenças relacionadas à contaminação microbiológica.

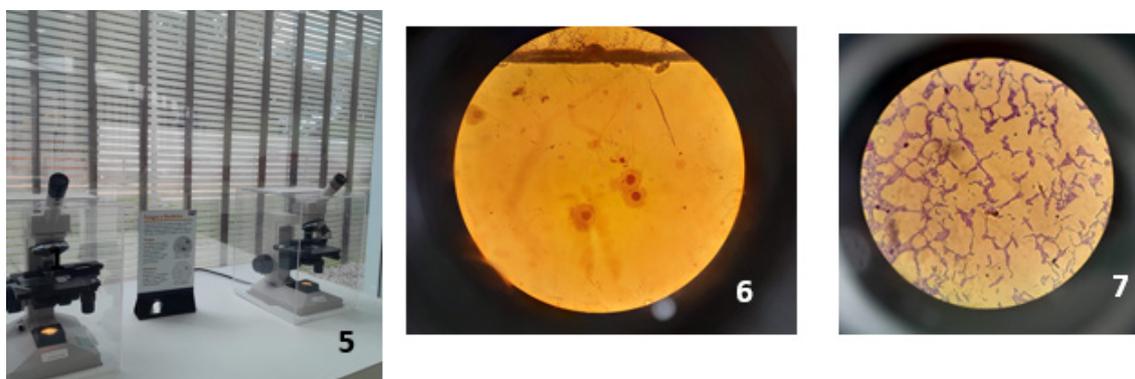


Figura 5. Microscópios com amostras de bactérias e fungos; Figura 6. Fungos; Figura 7. Bactérias.

A exposição também aborda a história da microbiologia e da microscopia, incluindo uma mesa com descrições sobre as primeiras descobertas biológicas e exemplares de microscópios antigos (Figuras 8-9). Além disso, apresenta uma linha do tempo dos microscópios, detalhando suas descrições, desafios e problemáticas históricas e imagens reveladas através deles. Também são fornecidas explicações sobre o uso de feixes de elétrons em microscopia, demonstrando uma imagem negativa de uma amostra bacteriana observada por um microscópio dos anos 2000, uma comparação entre microscopia óptica e microscopia eletrônica, intitulada “Da fonte luminosa ao feixe de elétrons”.

Gruzman (2012), ao descrever a exposição do Museu de Microbiologia, comenta que grande importância é dada ao genoma de uma bactéria que provoca doenças em plantas e que tem grande importância econômica.

[...] sobressai em uma das paredes laterais o grande painel retroiluminado com a sequência genética da bactéria *Xylella fastidiosa* [...] e a ausência de muitos detalhes no mobiliário, como a imensa mesa de linhas retas e aço escovado que ocupa a área central, seguem a linha clean

do projeto de arquitetura (espaços mais limpos, sem muita interferência) e conferem ao conjunto desses elementos uma atmosfera moderna ao local. (Gruzman, 2012, p.148).

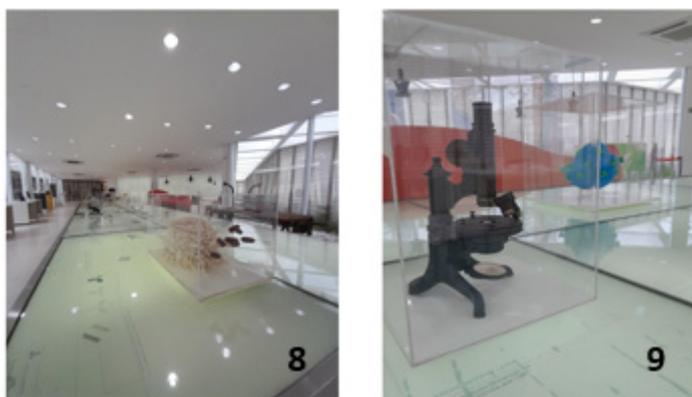


Figura 8. Mesa central da exposição Museu de Microbiologia; Figura 9. Réplica de microscópio antigo

Tratando-se das categorias de questões sociocientíficas controversas (Marandino et al., 2023b), percebe-se o eixo quente no que tange o conhecimento incerto e em construção das melhorias de microscópios e uma abordagem interdisciplinar ao apresentar outra a do conhecimento, os feixes de elétrons típicos do debate físico e a construção da teoria de Abbs, para o debate microbiológico. Não obstante, também percebe-se o eixo frio categorizado pelos autores com conhecimento aceito e consensual ao apresentar de forma sistemática as comparações entre os microscópios de luz e eletrônico

Com relação aos atributos de Contier e Marandino (2009), constata-se o atributo 1: engajamento em debates sociais externos à ciência relacionados à resolução de problemas sociais, práticos e cotidianos, uma vez que o desenvolvimento da Microbiologia ocorre em decorrência de debates e problemas sociais que influenciam a importância dos estudos da área quando passa-se, por exemplo, a elaborar novos microscópios para a observação de unidades de menores escalas conforme a necessidade de sua época de invenção (Mendelssohn, 2023). Observa-se que os aprimoramentos científicos resultaram no desenvolvimento de novas tecnologias de microscopia, as quais impactaram à pesquisa científica. Também é possível reconhecer o atributo 3: envolvimento em debates históricos e filosóficos com uma perspectiva histórica, ao apresentar a evolução dos microscópios ao longo do tempo.

Pandemias e Vacinas

Em relação à abordagem sobre pandemias e vacinas no cenário expositivo, o Museu de Microbiologia apresenta ilustrações e diferentes painéis e aparatos, como quadro esquemático com apontamentos sobre contaminação e morte em momentos de epidemia (Figura 10). A exposição retrata os avanços realizados pelo Instituto Butantan durante os anos de epidemias, por

exemplo, a mesa utilizada para coleta de sangue de vacas com finalidade de produção de uma vacina para varíola (Figura 11-12).

Observando os atributos estabelecidos por Contier e Marandino (2009), encontra-se a presença do atributo 1: debates sociais externos à ciência no âmbito de “resoluções de problemas sociais, práticos e cotidianos” e em “impacto social do desenvolvimento de C&T”, uma vez que enfatiza os benefícios que o desenvolvimento da tecnologia, no caso da vacinação, e expõe os desafios ao tratar da dispersão de epidemias. E ainda o atributo 3, debates históricos e filosóficos, ao apresentar a mesa de coleta de sangue em vacas e sua explicação (Figura 11-12), por trazer uma “dimensão histórica” relevante para o cenário da produção de vacinas e combate às epidemias.

Por fim, ao tratar de vacinas, a exposição traz princípios básicos de imunização, focando nas células participantes do sistema imune (Figuras 13-14). Destaca-se o atributo 3 (Contier & Marandino, 2009), debates históricos e filosóficos: tal atributo é contemplado ao trazer uma “dimensão histórica” aos princípios básicos de imunologia apresentando um dos cientistas com renome na área e a contribuição de seu trabalho.



Figura 10. Painel modelo para mortes causadas por epidemias; Figura 11. Mesa utilizada para coleta de sangue em vacas durante a produção de vacinas contra varíola; Figura 12. Detalhamento da explicação

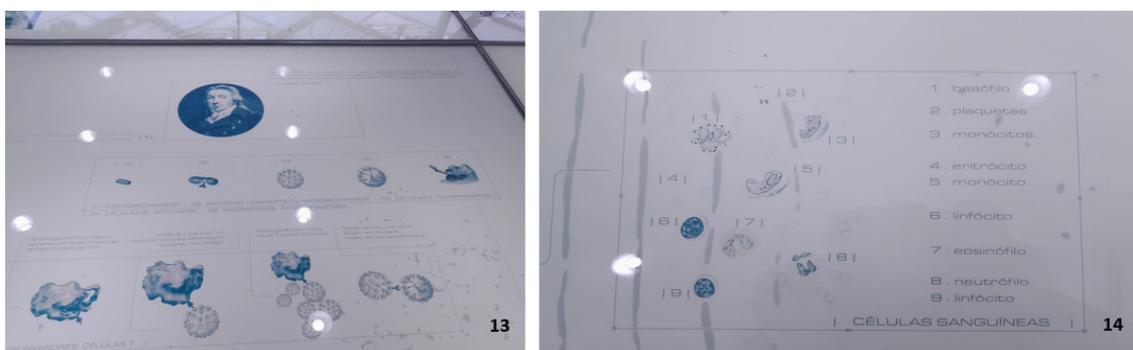


Figura 13. Sistema usado para demonstrar invasão de células por patógenos;
Figura 14. Células sanguíneas do sistema imune.

Teorias sobre origem da vida e Praça dos cientistas

Ao final do cenário expositivo, há dois espaços a destacar: um aparato interativo intitulado “Qual a sua teoria?” que trata sobre origem da vida no planeta Terra, onde o público visitante pode votar em quatro possíveis hipóteses; e a chamada “Praça dos cientistas” com diversos bustos de cientistas e suas contribuições para a área da Microbiologia (Figura 15-16). Os doze cientistas elencados são: Jonas Salk, Albert Sabin, Louis Pasteur, Charles Mérieux, Henrique da Rocha Lima, Carlos Chagas, Vital Brazil, Robert Koch, Paul Ehrlich, Emil Behring e Selman Waksman.



Figura 15. Aparato interativo “Qual a sua teoria?”; Figura 16. Praça dos Cientistas

No que tange aos atributos para análise de exposições em museus de ciências (Contier & Marandino, 2009), percebe-se o atributo 1, debates sociais externos à ciência: questões controversas e estímulo à participação do público são abordados no aparato interativo “Qual a sua teoria?” ao estimular o público a entender como diferentes teorias a respeito da origem da vida no planeta Terra surgiram e foram rebatidas por diferentes cientistas da área. O que pode ser relacionado com o atributo 2 (de debates sociais internos à ciência), que trata a respeito da coletivização do trabalho científico e procedimentos de consenso, uma vez que para a constituição da teoria da origem da vida que hoje é amplamente difundida pelos pesquisadores, foi necessário que diferentes grupos trocassem informações, testassem hipóteses, entre outros. Ademais, o atributo 3 (debates históricos e filosóficos) é contemplado ao tratar da Natureza da Ciência como um produto incerto e temporário.

Tratando do indicador de Marandino et al. (2023b), o eixo quente se mostra presente ao tratar de um conhecimento incerto e em construção para as diferentes teorias de origem da vida. Na Praça dos Cientistas (Figura 16) observam-se os atributos 2 e 3. O atributo 2 (debates sociais internos à ciência) que trata das características pessoais dos cientistas e coletivização do trabalho científico ao honrar e contemplar os doze cientistas; e o atributo 3 (debates históricos e filosóficos) na dimensão histórica de explicação da presença desses cientistas na ciência.

Buscando esquentar o debate na Praça dos Cientistas, pode-se identificar o eixo frio (Marandino et al., 2023b) ao tratar das contribuições dos cientistas para a Microbiologia como um “conhecimento aceito e consensual”, sem trazer as discussões e problemáticas relevantes para a Natureza da Ciência que a presença desses cientistas acarretou nos seus contextos históricos.

Apesar do reconhecimento da significativa contribuição dos cientistas retratados no módulo expositivo para a compreensão do processo de formulação do conhecimento científico ao longo dos anos, conforme demonstrado por Contier e Marandino (2009), identifica-se a presença do atributo 2, representado pelas “características pessoais dos cientistas”, que exploram o contexto sociocultural no qual a ciência é produzida e os agentes responsáveis por tal produção. Além disso, é possível estabelecer uma correlação com o eixo quente “conhecimento incerto e em construção” proposto por Marandino et al. (2023b), uma vez que este eixo investiga as ideias, os agentes e os fatores internos e externos que influenciam a construção científica. Nesse contexto, não se pode ignorar a ausência de representatividade feminina neste espaço, o que se apresenta como um aspecto relevante no que concerne à Natureza da Ciência, conforme destacado por Azevedo e Scarpa (2017).

Atualmente, a presença de mulheres em determinadas áreas (por exemplo no contexto *Science, Technology, Engineering, Mathematics* [STEM] e ainda incluindo *Arts* [STEAM]) continua sendo um desafio para a ciência. Isso ocorre pela ausência de uma representatividade feminina nessas áreas, provenientes de um processo histórico-cultural. González-Cid (2024, p. 3, tradução nossa), a respeito da presença das mulheres na história, afirma que “[a] sua presença foi invisibilizada e ignorada, repudiando-os como sujeitos produtores de ciência e conhecimento”.

As mulheres foram apagadas da história, não somente no que corresponde ao conhecimento científico. Mulheres como Alice Ball, Elizabeth Blackburn, Nettie Stevens e Rosalind Franklin foram apagadas na história da ciência no meio de suas conquistas.

Diante desse cenário, há incentivos e recomendações de como estimular a presença feminina nas carreiras STEM:

Cabe destacar que estimular o engajamento de meninas em STEM significa garantir o direito ao pleno desenvolvimento de seu potencial, sem limitações impostas por fatores culturais e sociais. Além disso, ampliar as oportunidades de mobilidade social para as mulheres, já que as profissões ligadas à área tendem a ser mais bem remuneradas. Ademais, a participação de mulheres nas áreas de STEM é essencial para evitar a reprodução de desigualdades na produção científica e na criação de algoritmos de tecnologias que impactam de maneira significativa a vida em sociedade da atualidade. Trata-se de direito individual e de necessidade social (Souto & Souto, 2022, p. 4321).

Ressalta-se que apesar da pouca representatividade feminina na exposição de longa duração do Museu de Microbiologia, percebe-se no site da instituição relatos de ações na tentativa de discutir essa questão, seja a partir de exposições temporárias como a “As Cientistas”, em comemoração ao Dia da Mulher, que enfocava as mulheres que foram importantes para a ciência e seu progresso (Museu de Microbiologia, 2024b), seja a partir de atividades realizadas pelos educadores/monitores do museu, como “Desbravadoras do invisível”, ou ações divulgadas nas redes sociais, como por exemplo “Qual pesquisadora do Butantan você seria?” e “Dia Internacional das Meninas e Mulheres na Ciência” (Museu de Microbiologia, 2024c). Encoraja-se, no entanto, que em novas exposições, a participação feminina na ciência seja melhor desenvolvida no cenário expositivo, o que permitiria um enriquecimento na área ao trazer aspectos sociais internos à ciência, como a individualidade das cientistas, culminando nos aspectos sociais externos à ciência, como a maior participação do público – neste caso o feminino que se sentiria incluído e desafiado pela exposição.

Reflexões sobre mediação: instrumento potencializador da discussão CTSA no Museu de Microbiologia

Como dito anteriormente, os dados analisados no presente artigo foram construídos a partir da observação da exposição, ou seja, não houve acompanhamento de visitas mediadas ou entrevistas com os monitores. Entretanto, entendemos ser significativa uma reflexão, mesmo que de forma breve, que evidencie o potencial de discutir CTSA no Museu de Microbiologia a partir de um processo de mediação humana.

Os processos de mediação podem ser ferramentas significativas para fomentar um discurso CTSA na exposição de longa duração do Museu de Microbiologia. A seguir elencam-se algumas possibilidades de intervenção de modo a promover uma reflexão CTSA: (a) condução de debate na perspectiva interdisciplinar sobre questões de saneamento básico, cuidados ambientais, desmatamento, proliferação de doenças etc.; (b) sob a perspectiva CTSA, o mediador estimula o visitante a conectar conhecimentos evidenciados durante a pandemia de Covid-19 e outras grandes pandemias da história, a refletir sobre direito à saúde (questões de saúde pública, formas de prevenção e controle), e a diferenciar expressões como surtos, endemias, epidemias e pandemias, exemplificando-as; (c) durante o processo de mediação, pode-se estimular a participação do público e conduzir discussões sobre questões ambientais como desmatamento, ocupação de território, equilíbrio de sistemas ecológicos e suas relações com o aumento da incidência de doenças que tenham mosquitos e outros insetos como vetores.

E ainda, durante a visitação, a Praça dos Cientistas é um ambiente interessante e potencializador de uma abordagem interdisciplinar, podendo levantar discussão de QScC sobre valores e abordagens sociais que envolvam a presença feminina na construção da ciência. Seria uma possibilidade de trazer as características das QScC vinculadas ao eixo quente de Marandino et al. (2023b). A presença de um mediador pode proporcionar um debate relevante sobre a presença das mulheres na ciência e a questão da não representatividade feminina na Praça dos Cientistas. Tal discussão também foi levantada na literatura a partir de atividades planejadas por licenciandos da área de Ciências Biológicas: Scalfi et al. (2020) discutem temas relacionados à imagem da ciência e de seu processo de produção; e Marandino et al. (2023b) analisam propostas pedagógicas de licenciandos com temáticas sobre a representatividade de mulheres e de pessoas negras na ciência, e ainda sobre o apagamento das contribuições das mulheres para o conhecimento científico.

No âmbito de propostas de atividades pedagógicas no contexto de exposição do Museu de Microbiologia (Soderi & Pugliese, no prelo) propuseram a atividade “O que tem na vacina do neném?”, direcionada ao público infantil que, em síntese, consiste em: de uma forma lúdica, a partir de uma paródia, de uma música conhecida pelas crianças, apresentar a composição e os tipos de algumas vacinas que estão sendo produzidas e usadas na atualidade, com o propósito de divulgação científica. No que tange aos atributos de Contier e Marandino (2009), na atividade pedagógica “O que tem na vacina do neném?” é contemplado o atributo 1: debates sociais externos à ciência estimulando à participação do público, envolvendo questões controversas, como consequência das ondas de movimentos negacionistas e antivacinas, e tratando de uma resolução de

problemas sociais, práticos e cotidianos da comunidade. Também é observado o atributo 2: debates sociais internos à ciência com a coletivização do trabalho científico, procedimentos de consenso e a responsabilidade social dos cientistas ao apresentar a forma como vacinas são produzidas.

De acordo com as categorias de identificação dos conhecimentos sociocientíficos controversos propostas por Marandino et al. (2023b), ao observamos os cenários expositivos e itens das coleções museais, é fundamental observar como os conhecimentos científicos são apresentados nos materiais informativos. Quando a informação está disposta de maneira factual, abordando os acontecimentos científicos de maneira descontextualizada, acrítica e ahistórica, entende-se que a informação está presente no eixo frio, em que a ciência é abordada de maneira disciplinar. Desta maneira, entende-se que é necessária a presença de um mediador para discutir as temáticas “frias”, apresentando-as de maneira contextualizada, dentro dos aspectos da Natureza da Ciência. Assim, em uma perspectiva CTSA e utilizando as QScC, é possível que o mediador “esquente” o eixo frio e problematize os conhecimentos abordados na prática.

Considerações finais

Após análise da exposição do Museu de Microbiologia do Instituto Butantan percebe-se sua potencialidade na abordagem dos atributos CTSA, seja a partir de seus objetos e aparatos, seja no movimento de inserção da mediação humana complementando o discurso expositivo.

Sabemos que nem sempre é fácil que a mensagem CTSA seja tratada explicitamente em uma exposição e que outras estratégias podem ser realizadas. Além da exposição de longa duração, o Museu de Microbiologia oferece uma série de atividades e materiais educativos que podem ser facilmente acessados via site institucional e redes sociais, o que evidencia a preocupação e reflexão constante da instituição no que tange à educação científica da população.

Em relação às réplicas de micro-organismos, o Museu de Microbiologia apresenta os indicadores frios de QScC determinados por Marandino et al. (2023b): conhecimento aceito e consensual, valores e abordagens epistêmicas e acríticas e, abordagem disciplinar. A exposição apresenta o conhecimento a respeito dos ciclos das doenças e os ciclos de vida dos micro-organismos de modo consensual.

Entende-se que o ensino de Ciências, ao promover a investigação, desenvolve habilidades para o pensamento crítico e consequentemente uma criticidade em relação ao mundo (Sasseron & Machado, 2017). Problematizar os elementos da exposição é uma forma potencializadora da investigação que permite que os visitantes sejam não apenas alfabetizados cientificamente, mas cientificamente engajados.

Buscando o interesse do estudante na Ciência como um formato vivo que se envolve e medeia a nossa realidade, as controvérsias científicas são importantes por trazerem elementos cruciais da Natureza da Ciência (NdC) em seu escopo, como a criatividade para resolver as problematizações propostas (Sasseron & Machado, 2017). Assim o museu que se utiliza das QScC potencializa o processo de educação científica de quem o visita, de modo a estreitar os laços com o público. Ou seja, “para o museu, a controvérsia pode ser de natureza estética, ética ou

moral, o que interessa é que ela cause um impacto no público, que crie nele uma reação e que, com isso, aproxime-o emocionalmente do museu” (Contier & Marandino, 2009, p. 4).

Reconhece-se que abordar questões CTSA em museus para promover alfabetização científica é um desafio, especialmente se for uma abordagem de questões controversas que permeiam os cenários expositivos. Uma vez reconhecendo tal dificuldade, é importante que os museus ofereçam suporte aos processos formativos, seja de seus mediadores, seja de professores ou outros profissionais que se apropriam das exposições para fomentar o processo de educação científica de seus grupos, permitindo um diálogo entre a instituição museal, profissionais da educação e a produção científica, de modo a contribuir para processos formativos de jovens, potencialmente futuros cientistas.

Essas ações de formação podem acontecer de modo variado, a partir de plataformas online, de cursos de extensão e aperfeiçoamento, palestras, publicação de livros, revistas, mídias (blogs, vídeos, podcasts etc.) e outros materiais educativos, e ainda a divulgação de propostas pedagógicas que contemplem questões sociocientíficas controversas em seus planejamentos (antes, durante e depois) da visita ao ambiente museal.

Contribuições das autoras

Conceitualização: Tiffany Guimarães de Souza Soderi; Adriana Pugliese; Karina Assunção; Metodologia: Tiffany Guimarães de Souza Soderi e Adriana Pugliese; Análise formal: Tiffany Guimarães de Souza Soderi e Karina Assunção; Investigação: Tiffany Guimarães de Souza Soderi e Adriana Pugliese; Escrita – Esboço original: Tiffany Guimarães de Souza Soderi; Escrita – Revisão & Edição: Karina Assunção; Adriana Pugliese; Tiffany Guimarães de Souza Soderi.

Agradecimentos

O presente trabalho teve apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processos números 409899/2021-6 e 104642/2022-0.

Referências

- Aikenhead, G., & Ryan, A. G. (1992). A Development of a New Instrument: “Views on Science-Technology-Society” (VOSTS). *Science Education*, 76 (5), 477-491.
- Aikenhead, G. (1994). What is STS Science Teaching? In: Solomon J.; & Aikenhead G. *STS Education: International Perspectives on Reform*. Nova York: Teachers College Press.
- Aikenhead, G. (2003). STS education: A rose by any other name. In R. Cross (Ed.), *A vision for science education: Responding to the work of Peter J. Fensham* (pp. 59–75). *New York: Routledge Press*.

- Auler, D., & Bazzo, W. A. (2001). Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, 7(1), 1-13.
- Auler, D. (2002). Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciência. Tese de Doutorado - Centro de Ciências de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.
- Azevedo, N. H., & Scarpa, D. L. (2017). Revisão Sistemática de Trabalhos sobre Concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 17(2), 579–619. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172579>.
- Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the Nature of Science and Decision Making on Science and Technology Based Issues. *Science Education*, 87, 352–377.
- Cerezo, J. A. L. (1999). Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 20, 217-225.
- Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 22, 89-100.
- Chassot, A. (2022). Alfabetização Científica: Questões e Desafios Para a Educação 8ª Edição. Editora Unijuí.
- Colombo Junior, P. D., Marandino, M., & Scalfi, G. (2023). Biodiversity and Science, Technology, Society and Environment (STSE): Visitor perceptions at a science and natural history museum. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 9(3), 753-773.
- Contier, D., & Marandino, M. (2009). Construção de atributos para análise de exposições CTS em museus de ciências. In *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, Brasil.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A., 220 p.
- Gohn, M. (2009). Educação não-formal, educador(a) social e projetos sociais de inclusão social. *Meta: Avaliação*, v. 1, n. 1, p. 28-43.
- González-Cid, C. (2024). Inequidades de gênero em STEM: El caso de académicas universitarias en Chile. *Cadernos de Pesquisa*, 54, Artículo e10649. <https://doi.org/10.1590/1980531410649>
- Granger, G.G. (2004). A Ciência e as ciências. *Editora Unesp*.
- Guzman, C. (2012). *Educação, ciência e saúde no museu: uma análise enunciativo-discursiva da exposição do Museu de Microbiologia do Instituto Butantan*. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/T.48.2012.tde-14022013-154528. Recuperado em 2024-06-10, de www.teses.usp.br
- Kuhn, T.S. (1989). A Estrutura das Revoluções Científicas. *Editora Perspectiva*.
- Junges, A. L., & Espinosa, T. (2020). Ensino de ciências e os desafios do século XXI: entre a crítica e a confiança na ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1577–1597. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1577>
- Marandino, M., et al. (2016). Controvérsias em Museus de Ciências: reflexões e propostas para educadores. São Paulo: *FEUSP*.
- Marandino, M., Pedretti, E., & Navas Iannini, A. M. (2023a). Representing biodiversity in science museums: perspectives from an STSE lens. *International Journal of Science Education, Part B*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/21548455.2023.2179381>
- Marandino, M., Leite, E. D., & Colombo Junior, P. D.. (2023b). Esquentando o debate: análise de temas sociocientíficos controversos selecionados por licenciandos em visitas a museus. *Educação e Pesquisa*, 49, e250644.

- Martinez-Pérez, L. F., Carvalho, W.L. P., Lopes, N. C., Carnio, M., & Vargas, J. J. B. (2011). A Abordagem de questões sociocientíficas no Ensino de Ciências: contribuições à pesquisa da área. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Anais de: VII ENPEC. Rio de Janeiro, RJ. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1606-1.pdf>.
- Martins, I. (2020). Revisitando orientações CTS|CTSA na educação e no ensino das ciências. *APeDuC Revista/ APeDuC Journal* (2020), 01(01),13-29.
- Martins, H. H. T. S. Metodologia qualitativa de pesquisa. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 289-300, 2004. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ep/article/view/27936/29708>. Acesso em: 16 mai. 2021.
- Mendelssohn, W. B. (2023). *The Battle Over the Butterflies of the Soul: Camillo Golgi, Santiago Ramon y Cajal and the Birth of Neuroscience*. Pythagoras Press.
- Museu de Microbiologia. Instituto Butantan. (2024a). <https://www.butantan.gov.br/atracoes/museu-de-microbiologia>. Acesso em 20 mar. 2024.
- Museu de Microbiologia. Instituto Butantan. (2024b). <https://www.butantan.gov.br/atracoes/museu-de-microbiologia/exposicoes-temporarias>. Acesso em 10 jun. 2024.
- Museu de Microbiologia. Instituto Butantan. (2024c). Qual pesquisadora do Butantan você seria? São Paulo, 8 de outubro de 2019. Instagram: [museudemicrobiologiaoficial](https://www.instagram.com/museudemicrobiologiaoficial/). Disponível em <https://www.instagram.com/museudemicrobiologiaoficial/>. Acesso em 10 jun. 2024.
- Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95(4), 601–626.
- Pugliese, A., Silva, J. R. S., Binder, N., & Sessa, P. (2020). Propostas de professores para visitas escolares a um museu de zoologia no contexto da alfabetização científica. *Revista CPC*, 15(30esp), 426-454. <https://doi.org/10.11606/issn.1980-4466.v15i30espp426-454>.
- Pugliese, A. (2015). *Os museus de ciências e os cursos de licenciatura em ciências biológicas: o papel desses espaços na formação inicial de professores*. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/T.48.2016.tde-05042016-132945. Recuperado em 2024-06-10, de www.teses.usp.br
- Reis, P. (2021). Desafios à Educação em Ciências em Tempos Conturbados. *Ciência & Educação (Bauru)*, 27. <https://doi.org/10.1590/1516-731320210000>
- Reis, P. (2013). Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 3(1), 1-10.
- Sasseron, L.; & Machado, V. F. (2017). Alfabetização Científica na Prática: Inovando a Forma de Ensinar Física. *Editora Livraria da Física*.
- Sasseron, L. H., & de Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações Em Ensino De Ciências*, 16(1), 59–77. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246>
- Santos, D. M. (2023). Ciência, Tecnologia E Sociedade: O Movimento Cts Na Educação Científica. *Educere - Revista da Educação da UNIPAR*, 23(3), 1259–1286. <https://doi.org/10.25110/educere.v23i3.2023-015>
- Santos, W.L.P.; & Schnetzler, R.P. (2003). Educação em química: compromisso com a cidadania. 3. ed. Porto Alegre: UNIJUI, ISBN: 978-85-7429-889-4
- Santos, W. L. P. (2007). Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, 1(Número especial).

- Santos, W. L. P. (2008). Educação científica humanista em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. *Alexandria*, 1(1), 109-131.
- Santos, W. L. P. (2011). Significados da educação científica com enfoque CTS. In: Santos, W. L. P., & Auler, D. (Orgs.), *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados da pesquisa* (pp. 21-46). Brasília: Ed. UNB.
- Scalfi, G. A. M.; Iszlaji, C., & Marandino, M. (2020). A formação de professores na perspectiva CTSA por meio de atividades nos museus de ciências. *Indagatio Didactica*, Aveiro, 12(4), 73-90.
- Simonneaux, L. (2014). Questions socialement vives and socio-scientific issues: new trends of research to meet the training needs of postmodern society. In: Bruguière, C.; Tiberghien, A.; Clément, P. (ed.). *Topics and trends in current science education*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 37-54.
- Soderi, T. G. M. S. & Pugliese, A. (no prelo). Prática pedagógica sobre vacinas em espaços museais na perspectiva CTS. IX Seminário Ibero-Americano CTS & XIII Seminário CTS, Universidade de Aveiro, Portugal, julho de 2024.
- Souto, D.C., & Souto, R.C. (2022). Importância das iniciativas de inserção de meninas e mulheres na área de STEM no Brasil. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. São Paulo, 8 (10), 4319-4333.
- Strieder, R. B. (2012). Abordagem CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas [Tese de Doutorado, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo].