

Reflexões sobre o Antropoceno na exposição de longa duração do Museu do Amanhã

Reflections on the Anthropocene in the long-term exhibition at the Museum of Tomorrow

Tiffany Guimarães de Souza Soderi ^a, Adriana Pugliese ^b

^a Universidade Federal do ABC, Santo André, Brasil; ^b Universidade Federal do ABC, Santo André, Brasil

Resumo. O movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) surge da necessidade social de refletir sobre os impactos da ciência no mundo atual, e se torna importante para a alfabetização científica ao permitir que os cidadãos relacionem a ciência com seu cotidiano, e sejam capazes de atuar para transformação social. O presente trabalho se propõe a analisar o módulo “Antropoceno” da exposição de longa duração do Museu do Amanhã a partir de atributos propostos para o enfoque do movimento CTSA, levantando diálogos e reflexões no escopo da exposição. Constata-se, mesmo que não simultaneamente, a presença dos três atributos em diferentes momentos da exposição: debates sociais externos à ciência, debates sociais internos à ciência, assim como debates históricos e filosóficos, com maior ênfase ao primeiro e ao terceiro atributos.

Palavras-chave:

Museus de ciências;
Antropoceno; CTSA;
Alfabetização científica.

Submetido em

14/01/2025

Aceito em

05/07/2025

Publicado em

14/08/2025

Abstract. The Science, Technology, Society and Environment (STSE) movement arises from the social need to reflect on the impacts of science on today's world and becomes important for scientific literacy by allowing citizens to relate science to their daily lives and be able to act for social transformation. This paper aims to analyze the “Anthropocene” module of the long-term exhibition of the Museum of Tomorrow through attributes proposed for the CTSA movement's focus, raising dialogues and reflections within the exhibition. It is possible to observe, even if not simultaneously, the presence of the three attributes at different moments of the exhibition: social debates external to science, social debates internal to science, as well as historical and philosophical debates, with greater emphasis on the first and third attributes.

Keywords: Science

museums;
Anthropocene; STSE;
Scientific literacy

Introdução

A necessidade da alfabetização científica no mundo pós-moderno

Após a Segunda Guerra Mundial e a Guerra Fria, a sociedade passou a olhar a ciência e o seu potencial sob uma perspectiva mais desconfiada e temerosa. As consequências do armamento bélico, os problemas ambientais e o número crescente de refugiados de guerra levantaram questionamentos sobre o desenvolvimento do bem-estar social por meio da ciência e tecnologia (C&T) (Auler & Bazzo, 2001; Vaz, Fagundes, & Pinheiro, 2009; Santos & Mortimer, 2000; Milaré & Richetti, 2021), gerando uma série de publicações que fomentou o debate, dando margem para o surgimento do conhecido movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS (Auler & Bazzo, 2001; Mello et al., 2023).

O movimento CTS¹ passou a reivindicar decisões mais democráticas (Auler & Bazzo, 2001), como consequência de uma educação que tem como produto a tomada de decisão consciente e crítica do indivíduo (Chassot, 2022). Esse processo passou a ser chamado, na literatura nacional, de alfabetização científica (AC). A alfabetização, nas palavras de Sasseron e Carvalho (2011, p. 61), permite “desenvolver em uma pessoa qualquer capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica”. Ou seja, tem como fruto o desenvolvimento de uma consciência crítica em relação à ciência e suas interações com o mundo (Milaré & Richetti, 2021; Sasseron & Carvalho, 2011).

Torna-se, então, importante ter conhecimento das relações entre Ciência e Tecnologia, assim como sobre ética, conhecer elementos intrínsecos e externos da natureza da ciência e como esses elementos se alteram e se transformam reciprocamente. A AC apresenta-se como uma necessidade social para uma sociedade tão tecnocrata como a atual, na qual “muitos cidadãos não se sentem capacitados e empoderados para compreenderem os problemas sociais” (Reis, 2021, p. 1).

Buscando cidadãos ativos e críticos para a sociedade atual, Sasseron e Carvalho (2008, 2011) elencaram características que um indivíduo alfabetizado cientificamente possui e dividiram o entendimento de AC em três eixos estruturantes. Valladares (2021) propõe a expansão das visões de AC estabelecidas por Roberts (2007) para além da Visão I, que diz respeito aos produtos e metodologias científicas, e Visão II, que se retém em contextos socialmente provocantes para o conhecimento científico. A autora propõe uma Visão III que estabelece a promoção de ativismo e justiça social em contextos individuais e coletivos. Nas palavras da autora, a Visão III está mais alinhada aos desafios do século XXI, pois:

para transformar as relações humanas e, conseqüentemente, os diferentes sistemas de injustiça, desigualdades econômicas, culturais e sociais, e para mudar as crescentes expressões de ódio e violência contra determinados grupos sociais, bem como para frear a exacerbação da crise ambiental, não basta contextualizar a ciência e refletir sobre seus múltiplos riscos e impactos, mas sim uma orientação diferente para a educação científica e um conjunto de habilidades que promovam maior ativismo social e agência individual e coletiva. [...] a educação científica não deve se contentar com práticas de ensino focadas na leitura e escrita de textos científicos, mas sim promover uma alfabetização mais disruptiva, baseada no uso de conteúdo científico e no pensamento crítico característico da ciência (Valladares, 2021, p. 565, tradução nossa).

No contexto brasileiro, incluir a perspectiva CTS no ensino de ciências para promover a AC se faz essencial, uma vez que houve pouca preocupação com a formação técnica no país, fato agravado pelo passado escravocrata e colonial, que não permitiu uma integração harmoniosa da ciência e tecnologia (C&T) nas estruturas socioeconômicas do país (Auler & Bazzo, 2001).

¹ Com a finalidade de permitir um aprofundamento eficiente e transformador a respeito do eixo ambiental dentro das ciências, alguns autores tomam CTSA como sinônimo de CTS, entendendo a necessidade do debate envolvente da Educação Ambiental em um cenário de emergência planetária. Não obstante, a adição do “A” no movimento CTS não exclui que o eixo ambiental já deveria ser tratado dentro do escopo das interações ciência-tecnologia-sociedade, mas incentiva que haja um aprofundamento específico nesse aspecto (Vilches, Pérez, & Praia, 2011).

Por meio da AC, os cidadãos brasileiros devem ser capazes de atuar para a transformação social ao avaliarem afirmações baseadas em ciência e pseudociência, de modo a emancipar o consciente crítico do estudante (Chassot, 2022; Junges & Espinosa, 2020; Martins, 2020; Reis, 2013; Santos, 2023). Com a implementação da perspectiva CTS no ensino de ciências para promoção da AC, busca-se uma ligação profunda, estável e frutífera entre o conhecimento científico e o cotidiano dos estudantes. Santos (2007) afirma:

Não se procura uma ligação artificial entre o conhecimento científico e cotidiano, restringindo-se a exemplos apresentados como ilustração ao final de algum conteúdo; ao contrário, o que se propõe é partir de situações problemáticas reais e buscar o conhecimento necessário para entendê-las e procurar solucioná-las. Nesse sentido, assumir o papel central do princípio da contextualização na formação da cidadania implicará a necessidade da reflexão crítica e interativa sobre situações reais e existenciais para os estudantes (Santos, 2007, p. 5).

A ciência, desse modo, poderá se tornar uma ferramenta para a mobilização da cidadania ao participar de debates a respeito das suas interações com a tecnologia, com a ética e a justiça social (Chassot, 2022; Lorenzetti, 2021; Reis, 2021; Valladares, 2021). Diversos espaços educacionais e culturais podem ser utilizados para promover uma alfabetização científica (AC) que mobilize cidadania e pensamento crítico: salas de aula, exposições artísticas, parques, centros culturais, museus, entre outros.

Museus, particularmente, carregam em sua história a capacidade de abordar diferentes transformações culturais que são importantes para promover a AC, desde expor objetos de valor para certos grupos sociais (Cazelli, Marandino & Studart, 2003) até remontar a história da ciência e suas características epistemológicas (Valente, Cazelli & Alves, 2005). O papel educativo dos museus é posterior ao surgimento dessas instituições, mas a educação, nas últimas décadas, tem se legitimado nos museus, uma vez que diferentes saberes podem ser construídos por meio do trabalho realizado nesses espaços, especialmente no contexto de museus de ciências (Marandino, 2005).

Entende-se a educação museal como transdisciplinar, por permitir a formação de coleções com múltiplos olhares, contando histórias para públicos diversos em suas exposições (Angotti & Auth, 2001; Ramalho, Rosa & Costa, 2022). O museu torna-se um ambiente fértil para a construção de diálogos interdisciplinares (Ramalho, Rosa, & Costa, 2022), possibilitando, assim, olhares de diversas naturezas e intensificando questões controversas (Marandino, Dantas Leite & Colombo Junior, 2023; Santos, 2007; Soderi, Assunção & Pugliese, 2024), trazendo um dinamismo que contrapõe o sistema de ensino formal (Angotti & Auth, 2001).

Assim, é importante a abordagem do movimento CTS nas ações educativas dos museus, seja a partir de exposições temporárias ou de longa duração, pela utilização de novas tecnologias, de diálogos com outros meios de informação ou pela mediação humana.

Não apenas os múltiplos olhares dos pesquisadores e curadores se fazem importantes, mas também a presença de profissionais do setor educativo, como educadores e monitores (Marandino, 2005, 2009). No entanto, a relação exposição-mediador não deve ser de dependência total; ou seja, deve ser possível entender a exposição independentemente da presença do mediador (Cazelli, Marandino & Studart, 2003).

De todo modo, a presença da mediação humana torna o museu um lugar de educação ainda mais tocante e vivo para o visitante, ao permitir diferentes linguagens e entrelaçar diferentes perspectivas com o público (Marandino et al., 2008; Vendasco, Marzabal & Pugliese, 2022). Cazelli, Marandino e Studart (2003, p. 13) afirmam que “nas diferentes interações procura-se entrelaçar a curiosidade, a familiaridade, o lúdico, a introspecção, a exploração e o uso compartilhado de linguagens”.

Valente, Cazelli e Alves (2005) abordam a importância das interações nos museus da seguinte maneira:

Para que os museus, particularmente os de ciência, possam estabelecer um vínculo autêntico com seu público real e potencial é preciso que ofereçam experiências valiosas. [...] Um público mais culto cientificamente estará em melhor posição para discutir, acompanhar e reivindicar políticas públicas referentes a questões atuais e controversas da ciência. Por conta disso, os programas de comunicação levados a cabo nos museus de ciência devem explorar conceitos e técnicas em que os aspectos sociais e culturais desse conhecimento estejam incorporados (Valente, Cazelli, & Alves, 2005, p. 201).

No entanto, podem ser estabelecidos desafios diante da perspectiva CTS no cenário expositivo, inclusive fomentando a discussão de aspectos sociais a partir das exposições (Angotti & Auth, 2001; Ramalho, Rosa & Costa, 2022). Levanta-se, então, como os museus, frente ao movimento CTS, abordariam diferentes ideologias de domesticação e colonização. Alguns desafios são colocados em pauta, como o caráter comunicativo das exposições nos museus (Valente, Cazelli, & Alves, 2005), a necessidade de trabalhos e curadorias interdisciplinares voltados à comunicação e à educação nesses espaços (Marandino, 2005), além da forma como os museus poderão se posicionar diante das consequências do Antropoceno para a ciência, a tecnologia e a sociedade contemporânea.

Areladas a essa discussão, trazemos as ideias de Valladares (2021), que aponta que uma compreensão abrangente da alfabetização científica deve considerar toda a sua complexidade e dimensões e, por isso, requer uma abordagem interdisciplinar entre vários campos de estudo. Os museus são instituições que, em sua essência — especialmente por meio de suas exposições —, se constituem como espaços interdisciplinares, o que ratifica sua inclusão nos debates CTSA e sua legitimidade no processo de alfabetização científica de seu público.

Pedretti e Iannini (2020) indicam que, além das discussões CTSA, os museus têm incluído em suas reflexões e práticas temas de responsabilidade e consciência social, preocupando-se com questões de equidade, inclusão e justiça social, e que devem ser espaços empáticos que considerem o “não público” e os muitos aspectos da educação científica que enfatizam especialmente a dimensão humana da ciência.

Museus podem falar do Antropoceno?

Apesar das discussões referentes ao início do Antropoceno (Artaxo, 2014; Ferrão, 2018; Freyesleben, 2020; Tsing, 2021), suas consequências e reverberações marcaram o conhecimento a ser produzido não somente pela Geologia, mas também no contexto dos museus de ciências.

Para Freyesleben (2020), a passagem do Holoceno² para o Antropoceno ainda é investigada e teorizada pelos estudiosos devido às incertezas quanto à inserção do Antropoceno na Escala de Tempo Geológico. De acordo com Ferrão (2018):

[o] debate sobre o Antropoceno como época geológica, no seu sentido mais estrito, centra-se na história dos processos biofísicos do sistema terrestre, na definição de marcadores cientificamente relevantes para a sua datação na escala de tempo geológico e, ainda, no estabelecimento e aplicação de critérios que permitem medir, com base em evidência empírica, os impactos humanos no ambiente (Ferrão, 2018, p. 211).

Ultrapassando os debates teóricos a respeito dos possíveis nomes para o movimento (Haraway, 2016), percebe-se que o Antropoceno alterou, mais uma vez, a forma como a ciência pode ser abordada em sala de aula e, conseqüentemente, também nos museus.

Por meio de diferentes tecnologias, os museus têm abordado as interações que marcam o Antropoceno: a presença da espécie humana no meio ambiente, as grandes mudanças tecnológicas dos últimos séculos e as conseqüências dessas relações para a sociedade (Artaxo, 2014; Freyesleben, 2020; Haraway, 2016; Tsing, 2021). O uso de diferentes dispositivos tecnológicos se faz importante para a interatividade e conexão entre o público e a temática (Ramalho, Rosa & Costa, 2022), visando à alfabetização científica.

Ao tomar o Antropoceno como fenômeno com implicações bioéticas (Cunha et al., 2024), epistemológicas (Freyesleben, 2020) e paradoxais fortes, os museus se inserem como espaços de educação complementares à sala de aula que possibilitam novas discussões não somente sobre as conseqüências clássicas da era geológica, mas também sobre suas conseqüências inusitadas, como a manutenção ou a perda de acervos museológicos para a ciência (Kunzler & Oliveira, 2021).

Assim, o intuito deste trabalho é analisar a seção “Antropoceno” do Museu do Amanhã, sob a perspectiva do enfoque CTSA, problematizando as questões elencadas em sua exposição de longa duração.

Metodologia

A presente pesquisa foi realizada no Museu do Amanhã – MdA (Figura 1), localizado na cidade do Rio de Janeiro. O MdA foi inaugurado em 2015 (Museu do Amanhã, 2016a) como um ambiente de ideias, explorações e perguntas sobre a época de grandes mudanças em que vivemos e os diferentes caminhos que se abrem para o futuro (Museu do Amanhã, 2025a; Oliveira, 2015). Com uma exposição de longa duração, dividida em cinco grandes momentos (Cosmos, Terra, Antropoceno, Amanhãs e Nós), o museu advoga que a escolha do “amanhã” em seu nome recorre ao entendimento de que o amanhã não é um lugar onde se espera

² Holoceno é o termo cunhado por Paul Gervais em 1860 e aceito pelo Congresso Internacional de Geologia de 1885, em Berlim (Hamilton & Grinevald, 2015). Essa época geológica teria começado há cerca de 12 mil anos, com características que permitiram a habitação da Terra após períodos de grande glaciação (Lowande, 2023).

chegar, mas sim uma construção da qual participamos todos, como pessoas, cidadãos, membros da espécie humana (Museu do Amanhã, 2016b; Oliveira, 2015).

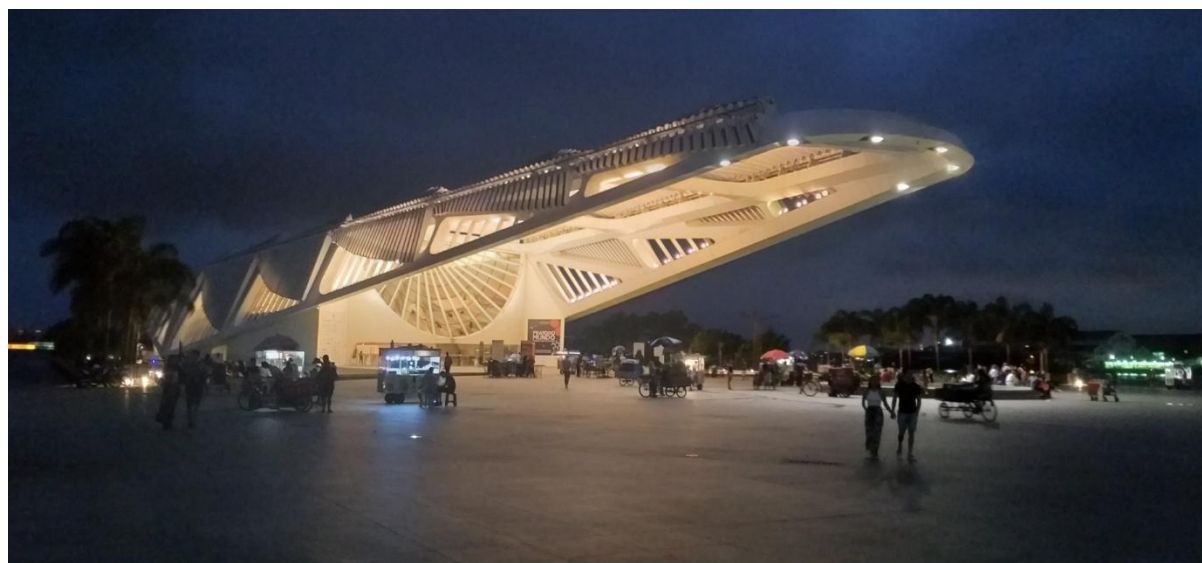


Figura 1. Visão noturna da entrada do Museu do Amanhã (Acervo do grupo de pesquisa, 2019).

O presente trabalho discorre sobre o momento/seção Antropoceno, onde se encontram seis menires (torres) que cercam um espaço de visitação e exibem imagens sobre o impacto da ação humana na Terra: em quatro desses menires estão as chamadas cavernas, locais onde o visitante pode acessar painéis interativos (totens) e buscar mais informações (Dantas Leite, 2021; Museu do Amanhã, 2025b; Oliveira, 2015). Para analisar os painéis da seção Antropoceno, de modo a sistematizar melhor os discursos, interpretamos e dividimos o módulo em três temáticas, com ênfase na questão do impacto global: (a) **explicações sobre o Antropoceno**; (b) **entendendo as migrações humanas**; (c) **causas e efeitos do Antropoceno**. Em cada uma dessas temáticas, identificam-se possibilidades de reflexão que podem ser realizadas pelo público visitante, em uma perspectiva CTSA, conforme a Tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Estrutura de análise por temáticas e possibilidades de reflexão a partir do módulo Antropoceno.

Temáticas	Possibilidades de reflexão
Explicações sobre o Antropoceno	Pode se explicar o Antropoceno? O que é o Antropoceno? De quem é a responsabilidade do Antropoceno?
Entendendo as migrações humanas	Tornar visível os invisíveis: os refugiados e as migrações humanas.
Causas e efeitos do Antropoceno	Seria possível prever as consequências do Antropoceno?

Fonte: autoria própria.

A pesquisa ora retratada é de natureza qualitativa, que, segundo Gil (2008, p. 175), “depende muito da capacidade e do estilo do pesquisador”, uma vez que não é realizada por meio de receitas pré-definidas. A construção dos dados aconteceu a partir de duas visitas presenciais

(outubro de 2019 e junho de 2023, totalizando aproximadamente seis horas de observação) à exposição de longa duração do Museu do Amanhã.

Apoiou-se na observação simples (Gil, 2008), com anotações de campo e registros fotográficos do cenário expositivo. Além das visitas propriamente ditas, foi utilizado um repositório do grupo de pesquisa Núcleo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Ciências (NEPEC), da Universidade Federal do ABC, com registros fotográficos dos ambientes do museu visitado, vinculados ao projeto “Relação entre o público e o cenário expositivo no Museu do Amanhã: um olhar a partir da perspectiva da alfabetização científica”, realizado no Museu do Amanhã, aprovado na chamada “Amanhã em Pesquisa/2019”.

O referencial teórico-metodológico baseou-se no trabalho de Contier e Marandino (2009) que discute a construção de atributos e perspectivas de análise de como exposições de museus de ciências abordam as relações CTSA. Após análise da exposição, foram discutidos conceitos e problematizados momentos da exposição de longa duração na perspectiva CTSA, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Atributos para análise de exposições em museus de ciências.

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		

Fonte: Contier e Marandino (2009).

Baseada no trabalho de Contier e Marandino (2009), a análise utilizou-se dos três atributos das autoras a respeito das exposições em museus de ciências. De acordo com as autoras, o objetivo dos atributos era que eles fossem capazes de mapear as possibilidades das interações CTS, utilizando a comunicação pública da ciência, as controvérsias científicas, as controvérsias nos museus e a educação com enfoque CTS como referencial.

Os atributos desenvolvidos pelas autoras abordam três perspectivas: (i) **debates sociais externos à ciência**, recorrendo a problematizações do desenvolvimento C&T, seus benefícios e consequências para o meio ambiente, para os debates científicos, éticos e políticos, além do estímulo à participação do público; (ii) **debates sociais internos à**

ciência, referindo-se às características pessoais dos cientistas, seus trabalhos como um coletivo onde cientistas se apoiam nos ombros de outros cientistas, procedimentos chamados de consenso para encerrar uma controvérsia e a própria alteridade dos cientistas em serem responsáveis socialmente pelos impactos do conhecimento; (iii) **debates históricos e filosóficos**, onde, por fim, debate-se a construção do conceito científico ao longo do tempo e suas implicações filosóficas (Tabela 2). Contier e Marandino (2009) acreditam que o conjunto de atributos supracitado pode contribuir para a elaboração de novas exposições que desejam explorar as interações CTS no seu desenvolvimento.

Resultados e discussão

A seção do Museu do Amanhã (MdA) voltada para o Antropoceno faz parte de um dos momentos da exposição de longa duração e conta com painéis laterais com explicações por tópicos, totens de cada tema do Antropoceno, além de uma estrutura no centro com vídeos para os visitantes.

Analizando os painéis laterais, interpretam-se três temáticas centrais, como apresentado anteriormente na Tabela 1. Assim, para fins deste artigo, os resultados foram divididos em torno das três temáticas (I – explicações sobre o Antropoceno; II – entendendo as migrações humanas; III – causas e efeitos do Antropoceno) e suas possibilidades de reflexão.

Explicações sobre o Antropoceno

Trazendo uma contextualização a respeito do Antropoceno (Figura 2), o MdA trata das mudanças que levaram a essa nova era geológica, sem explicar como o termo surgiu e quais debates foram derivados dele. Assim, os textos dessa temática se enquadram apenas no atributo 1 de Contier e Marandino (2009), ao tratar de questões externas à ciência, apontando o impacto social do desenvolvimento de C&T.

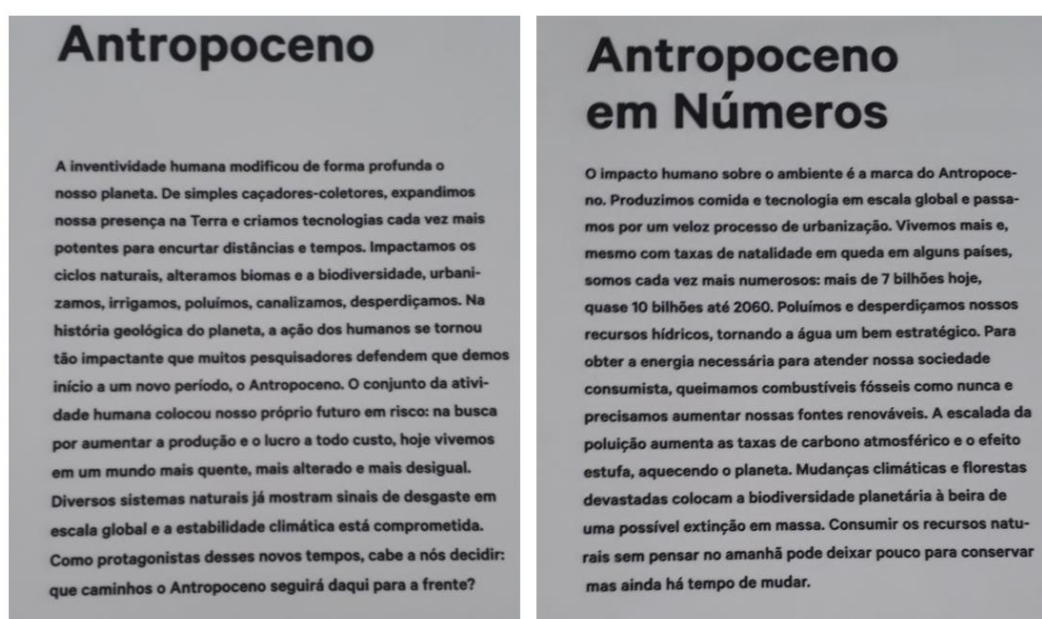


Figura 2. Textos presentes na exposição sobre o Antropoceno (Acervo do grupo de pesquisa, 2019).

Entendendo as migrações humanas

Nesta parte da exposição, há a exploração do conhecimento formal das grandes migrações: dos primeiros hominídeos, há 7 milhões de anos; do *Homo sapiens*, há 130 e 80 mil anos; e daquelas a partir do sedentarismo e construção das civilizações, como no caso das migrações espontâneas, considerando haver mais de 5 milhões de pessoas migrando diariamente por mais de 50 mil rotas aéreas (Figuras 3-4).



Figura 3. Imagem da exposição sobre as Migrações Humanas com mapa (Acervo do grupo de pesquisa, 2019).



Figura 4. Telas “De onde viemos?” sobre as migrações dos primeiros hominídeos (Acervo do grupo de pesquisa, 2019).

Assim, abrange o atributo 3 de Contier e Marandino (2009) a respeito de debates históricos e filosóficos sobre a “dimensão histórica” do saber científico, onde se estabelecem os momentos históricos das migrações humanas.

Pouco é evidenciado a respeito das migrações não espontâneas neste ponto da exposição; no entanto, ao explorar o conteúdo expositivo dos totens disponíveis no módulo, surge a temática “Expansão Humana”, que aborda questões de migrações compulsórias, como o tráfico negroiro e as guerras políticas.

O MdA se propõe a tratar das migrações ao longo do globo pelos povos desde 7 milhões de anos até 15–12 mil anos atrás. Apenas após essa caracterização, o museu passa a abordar o desenvolvimento da agropecuária para que as civilizações se fixassem em um território, a expansão europeia e suas consequências, que causaram conflitos: as grandes navegações, o tráfico negroiro (Figura 5), os impérios coloniais e as epidemias que assolaram os continentes como consequências dessa grande e acelerada expansão.

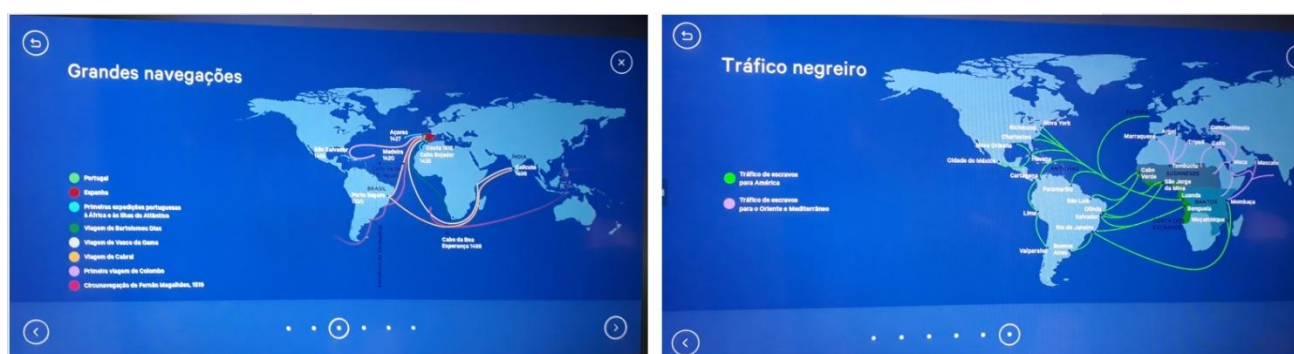


Figura 5. Telas com trajetórias das grandes navegações e do tráfico negroiro (Acervo do grupo de pesquisa, 2019).

Percebe-se, ao falar das grandes navegações, que o MdA se concentra nas migrações exploratórias da Espanha e de Portugal. Em seguida, a exposição, em suas telas, mostra a rota do tráfico negroiro para a América, para o Oriente e o Mediterrâneo. No entanto, não há aprofundamento sobre as consequências para os povos escravizados e para a população nativa das migrações citadas anteriormente, assim como não aborda as justificativas para essas viagens por parte dos governos espanhol e português da época.

Causas e efeitos do Antropoceno

O Antropoceno tem apresentado diversos efeitos na realidade mundial em questões científicas, éticas, ambientais, tecnológicas, sociais e políticas (Artaxo, 2014; Tsing, 2021). A seção do MdA que trata de questões do Antropoceno oferece reflexões em seus totens a respeito dos efeitos da intervenção humana no planeta: diferentes nuances do impacto global.

A respeito do impacto global, a exposição passa a abordar questões de cunho ambiental e algumas questões controversas, caracterizando essa seção no atributo 1 (relacionado a debates externos à ciência) de Contier e Marandino (2009). Os totens sobre impacto global trazem informações sobre as mudanças climáticas, o degelo, a biodiversidade, a atmosfera,

os ciclos da natureza (carbono, nitrogênio), sobre a vazão e fluxo dos rios, entre outros impactos e consequências para o planeta.

Ao tratar da “Revolução Industrial ao aquecimento global” (Figura 6), o módulo Antropoceno do MdA aborda questões históricas das mudanças nas concentrações de níveis de carbono e sobre desmatamento, indicando a presença do atributo 3 (relacionados a debates históricos e filosóficos).

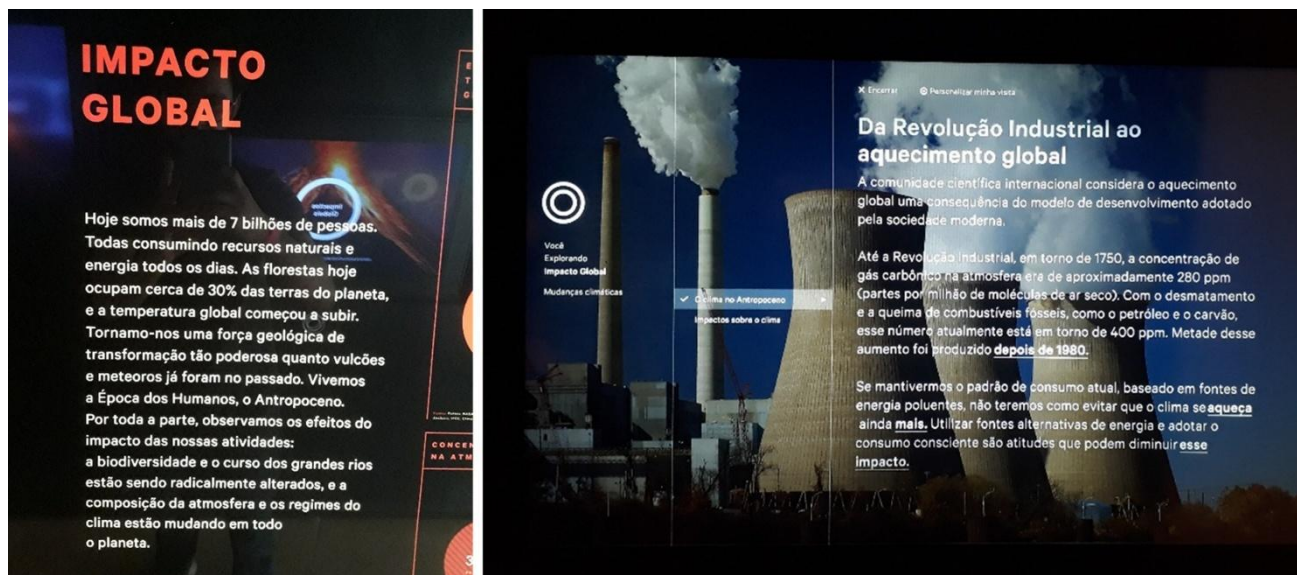


Figura 6. À esquerda, tela sobre o impacto global gerado pelo Antropoceno (Acervo do grupo de pesquisa, 2019). À direita, tela explicativa sobre o avanço da Revolução Industrial para o aquecimento global (Autoria própria, 2023).

Ao tratar do degelo no Ártico, permite-se a provocação de debates não somente em relação às questões de cunho ambiental, contemplando o atributo 1, mas também estimula o desenvolvimento do atributo 3 ao trazer a dimensão histórica e imagens aceleradas do derretimento das calotas polares (Figura 7).

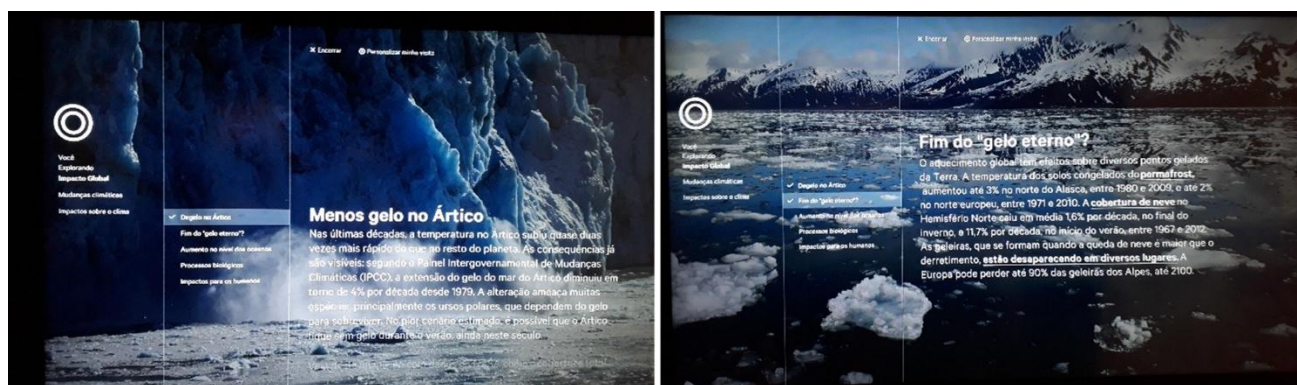


Figura 7. Telas explicando a queda na quantidade de gelo no Ártico e as consequências que o degelo gerará, de acordo com o IPCC (Autoria própria, 2023).

No conteúdo expositivo sobre o impacto global, enfatiza-se a temática “Biodiversidade e Antropoceno”, que aborda questões sobre a perda de biodiversidade, perda de habitats, poluição, desmatamento, invasão biológica e mudanças climáticas. Nesse ponto da exposição, pode-se observar, novamente, a presença do atributo 1 (debates sociais externos à ciência),

ao tratar do impacto social do desenvolvimento de C&T e de questões de cunho ambiental, e do atributo 3 (debates históricos e filosóficos), dimensão histórica da exposição.

Ao trazer o impacto global do Antropoceno no cenário expositivo, o MdA potencializa a questão CTSA, principalmente o impacto social do desenvolvimento de C&T e questões de cunho ambiental, características do atributo 1 de Contier e Marandino (2009).

Não obstante, uma das marcas do Antropoceno, de acordo com o museu, é a grande aceleração das tecnologias. Desde o século XX, com os avanços tecnológicos, a humanidade não se tornou apenas mais numerosa, mas também se tornou o principal expoente no aumento do consumo de água, alimentos, energia e papel, alterando o cenário das telecomunicações, do transporte, das migrações e da produção de fertilizantes.

Para traçar as consequências dessa era, a curadoria do museu elaborou uma linha do tempo com os principais eventos que marcaram a história da ciência e tecnologia a partir das conquistas que o Antropoceno ofereceu. Ao apresentar a linha do tempo, o MdA expõe fotos e algumas citações das organizações e cientistas envolvidos em conquistas e descobertas. Algumas dessas conquistas são destacadas na Tabela 3, considerando o contexto do movimento CTSA e sua necessidade social de refletir sobre os impactos da ciência no mundo contemporâneo, o que resvala na saúde humana, na agricultura, nas questões ambientais, entre outros.

Tabela 3. Linha do Tempo - Antropoceno Museu do Amanhã.

Ano	Acontecimento
1796	Edward Jenner foi o primeiro a usar a vacina contra a varíola.
1834	Cyrus McCormick inventa a colheitadeira mecânica. Revolução na agricultura: permite plantios comerciais em áreas cada vez maiores.
1842	John Bennet Lawes inventa os fertilizantes químicos. Aumento da produção de comida em escala global.
1864	Louis Pasteur inventa o processo que dá maior vida útil aos alimentos. A pasteurização ajuda a levar mais comida para mais gente.
1865	Gregor Mendel descobre as leis da hereditariedade. A compreensão sobre os fatores hereditários leva a um novo entendimento sobre as doenças e suas causas.
1895	Wilhelm Röntgen descobre os raios X. O interior do corpo passa a ser visível. Os diagnósticos se tornam cada vez mais apurados.
1928	Alexander Fleming descobre a penicilina. Esse medicamento reduz a mortalidade em todo o planeta.
1939	Paul Hermann Müller desenvolve o pesticida DDT. Combate aos insetos transmissores de doenças como tifo e malária.
1944	Oswald Avery faz a análise e compreensão dos códigos genéticos (DNA).
1952	Jonas Salk desenvolve a vacina contra a poliomielite.
1962	Publicação de <i>Silent Spring</i> de Rachel Carson. A obra denuncia os danos causados pelos pesticidas ao meio ambiente e à saúde.
1967	Christian Barnard realiza o primeiro transplante de coração.

Ano	Acontecimento
1971	Fundação da UPAN – União Protetora do Ambiente Natural. Considerada uma das primeiras organizações ambientais independentes no Brasil.
1978	Patrick Steptoe e Robert Edwards realizam a primeira fertilização <i>in vitro</i> . Junto com o primeiro bebê de proveta, nasce um novo caminho para a fertilidade.
2003	Projeto Genoma Humano. O mapeamento genético abre novas fronteiras para estudos e técnicas de prevenção de doenças.
2007	O IPCC ³ e Al Gore recebem o Prêmio Nobel da Paz. O IPCC publica o 4º relatório sobre mudanças climáticas, o mais importante até então. O relatório reuniu as pesquisas de cerca de 2.500 cientistas de mais de 100 países.
2010	Craig Venter cria a primeira célula sintética.
2012	A conferência RIO+20 da ONU reúne 190 chefes de Estado, procurando renovar o compromisso político global com o desenvolvimento sustentável.
2014	Marcha mundial dos povos pelo clima: milhões de pessoas vão às ruas no mundo inteiro demandar ações contra a crise climática.
2015	Países membros da ONU adotam 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que substituem as metas do milênio e orientam políticas nacionais até 2030. Erradicar a pobreza, tornar as cidades sustentáveis e combater a mudança do clima são alguns dos ODS.
2016	O Brasil confirma participação no Acordo de Paris: tratado global para redução das emissões de gases de efeito estufa. O acordo foi criado em dezembro de 2015 e abrange 197 países. Seu principal objetivo é conter o aumento da temperatura do planeta em 2 °C até 2100.

Fonte: autoria própria.

A partir da Tabela 3, observa-se que as informações contidas nas telas dos totens apresentam os atributos 1 e 2 formulados por Contier e Marandino (2009). Sobre o atributo 1, relacionado a debates externos à ciência: (a) **o impacto social do desenvolvimento de C&T** (por exemplo, nos casos de Cyrus McCormick e a colheitadeira mecânica; John Bennet com os fertilizantes químicos; Louis Pasteur com a pasteurização; Gregor Mendel com as leis da hereditariedade; Alexander Fleming e a penicilina; e Paul Hermann Müller com o pesticida DDT); (b) **resolução de problemas sociais, práticos e cotidianos**; (c) **questões de cunho ambiental**; e (d) **influências políticas do desenvolvimento de C&T** (como exemplos dos atributos (b), (c) e (d), temos a publicação do livro de Rachel Carson, que trata de questões climáticas; o surgimento da Fundação da UPAN, uma organização ambiental independente; a nomeação do IPCC e de Al Gore ao Prêmio Nobel da Paz; a Conferência RIO+20; a Marcha Mundial dos Povos pelo Clima; a criação dos ODS; e a participação do Brasil no Acordo de Paris). Quanto ao atributo 2, relacionado a debates sociais internos à ciência, trata da (e) **coletivização do trabalho científico** ao trazer os movimentos políticos e de cientistas para o 4º relatório do IPCC quanto às questões climáticas (realizado em 2007).

3 Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*.

É possível, então, reunir as conquistas apresentadas na Tabela 3 e os atributos sugeridos por Contier e Marandino (2009) em sua revisão para a formulação da Tabela 4, que indica os atributos contemplados por cada conquista citada nas telas do museu no que tange o Antropoceno e suas consequências.

Tabela 4. Relação dos atributos de Contier e Marandino (2009) com cada ano da Linha do Tempo do Antropoceno listados na tabela 1.

Atributo 1 – Relacionados a debates sociais externos à ciência	
Impacto social do desenvolvimento de C&T	1834, 1842, 1864, 1865, 1895, 1928, 1939, 1952, 1978, 2010
Resolução de problemas sociais, práticos e cotidianos	1796, 1834, 1842, 1864, 1895, 1928, 1939, 1952
Questões de cunho ambiental	1962, 1971, 2007, 2012, 2014, 2015, 2016
Questões controversas	-
Questões éticas	-
Influências políticas do desenvolvimento de C&T	1944, 1962, 1971, 1978, 2003, 2007, 2016
Estímulo à participação do público	2007, 2014, 2015, 2016
Atributo 2 – Relacionados a debates sociais internos à ciência	
Características pessoais dos cientistas	-
Coletivização do trabalho científico	2007
Procedimentos de consenso	-
Responsabilidade social dos cientistas	2007
Atributo 3 – Relacionados a debates históricos e filosóficos	
Dimensão histórica	-
Natureza da ciência	-

Fonte: autoria própria.

Assim, ao abordar em muitos momentos do cenário expositivo as causas e efeitos do Antropoceno, ou seja, a presença dos impactos dessa era no planeta, o MdA evidencia um discurso da ciência em uma perspectiva CTSA, especialmente no que tange às consequências das novas tecnologias para a ciência, sociedade e meio ambiente, o que se torna particularmente potente para diferentes possibilidades de reflexões, como será tratado a seguir.

Retomando as temáticas e possibilidades de reflexões sobre o Antropoceno

Conforme indicado na Tabela 1, levantamos possibilidades de reflexão a partir das três temáticas sobre o Antropoceno vistas anteriormente, que serão discutidas. A começar pela temática “Explicações sobre o Antropoceno”, as possibilidades de reflexões levantadas envolvem as questões “Pode-se explicar o Antropoceno?”, “O que é o Antropoceno?” e “De quem é a responsabilidade pelo Antropoceno?”. Seguindo para a temática seguinte, “Entendendo as Migrações Humanas”, propõe-se a reflexão a respeito de “Tornar visível os invisíveis: os refugiados e as migrações humanas” e, por fim, sobre “Causas e Efeitos do Antropoceno”, a reflexão proposta gira em torno da indagativa “Seria possível prever as consequências do Antropoceno?”.

Explicações sobre o Antropoceno – Pode-se explicar o Antropoceno?

Na literatura, existe uma crescente necessidade de melhor descrição do Antropoceno: para Tsing (2021), visando uma ciência integral, é preciso uma descrição que abranja toda a experiência em pesquisa de campo com cientistas de múltiplas áreas tratando as questões de justiça social levantadas. A autora aponta como relevante a abordagem da justiça social, uma vez que o Antropoceno trabalha por meio de patches (manchas) nas características já heterogêneas de cada região do globo, impactando suas comunidades de diferentes modos, a ponto de tornar mais urgentes mobilizações que deem atenção aos humanos, mas também aos não humanos.

Percebe-se que a definição tradicional de Antropoceno, para alguns autores, pode parecer simplista, uma vez que o impacto desta era varia em diferentes comunidades do globo. Torna-se, então, importante a realização de estudos interdisciplinares para a explicação deste fenômeno, de modo a gerar transformação na percepção desta temática pelo público dos museus de ciências.

Explicações sobre o Antropoceno – O que é o Antropoceno?

As alterações no ambiente terrestre que evidenciam a presença de uma nova era⁴ geológica, o Antropoceno, são sentidas há anos (Artaxo, 2014), porém o embate científico sobre o que causou e quando começou a nova era parece ainda não ter encontrado um consenso (National Geographic, 2023).

Em uma reunião científica do International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), no México, realizada em 2000, Paul J. Crutzen⁵, ganhador do Prêmio Nobel de Química e pesquisador a respeito da atmosfera, afirmou que não se deveria mais chamar nossa era

⁴ Apesar das controvérsias sobre a existência do Antropoceno e possibilidades de recortes da escala geológica (se é uma era, período ou época), neste artigo nos referimos ao Antropoceno como “era”, termo usado na exposição do Museu do Amanhã.
⁵ “O termo Antropoceno foi cunhado pelo biólogo americano Eugene F. Stoermer, na década de 1980, mas foi popularizado a partir dos anos 2000 pelo químico holandês Paul Crutzen, vencedor em 1995 do Prêmio Nobel de Química” (Martins, 2019, p. 44).

geológica de Holoceno, mas de “Antropoceno” (Carruthers, 2019). O nome “Antropoceno”, então, entrou em debate buscando entender quem poderia ser responsabilizado pela entrada em uma nova época climática.

A falta do consenso científico não está somente no que causou o Antropoceno, mas também no seu início. Cientistas afirmam que pode ter começado a partir da Revolução Industrial com o desenvolvimento da máquina a vapor, outros afirmam que se iniciou no século XVII com as grandes navegações, que possibilitaram o início da globalização e de intensas migrações que confiscaram pessoas de suas casas, comunidades e famílias para levá-las sob jugo de escravidão para outros territórios, causando a morte de 50 milhões de comunidades nativas (National Geographic, 2023).

Por fim, alguns discutem que o Antropoceno pode ter se iniciado nos anos de 1950, com a grande aceleração da tecnologia e da ciência (Artaxo, 2014). Tal fator evidencia a dinamicidade da ciência. A ciência é dinâmica e mutável, variando de acordo com as evidências encontradas em busca de uma melhor compreensão do que é o globo terrestre (Krupczak & Aires, 2018).

Apresentar discussões controversas e diferentes vozes de um tema permite torná-lo, no meio acadêmico, um debate — e não um consenso — como ocorre no módulo do Antropoceno. Martins (2019) aponta que apesar de expor um tema controverso, o Museu do Amanhã não exhibe ferramentas expositivas que garantam a controvérsia e as questões que a permeiam. Além disso, ao tratar de exposições com enfoque CTSA, uma característica apresentada por Contier e Marandino (2009), em relação ao atributo “debates sociais externos à ciência”, é a presença de “questões controversas”. As autoras defendem a importância de se tratar essas questões no contexto dos ambientes museais como sendo potencializadoras da alfabetização científica.

Visando uma alfabetização científica que torne o indivíduo capaz de observar a ciência de modo integral e em uma perspectiva na qual ele se torne protagonista de mudanças (Chassot, 2003), é fundamental que as vozes do debate, as dúvidas e os questionamentos a respeito de termos, fundamentos científicos e epistemológicos estejam evidentes nas exposições museais ao tratarmos das questões sociocientíficas controversas.

Explicações sobre o Antropoceno – De quem é a responsabilidade do Antropoceno?

Um dos questionamentos que acreditamos possa surgir no imaginário do visitante é: “De quem é a culpa por essa era?”. O visitante, em uma perspectiva CTSA, poderá observar as consequências, os fatores positivos e negativos que a exposição do MdA apresenta sobre o Antropoceno e se questionar se toda a humanidade deveria ser responsabilizada por isso. Tsing (2021, p. 8) indaga: “Todos os seres humanos são responsáveis? Ou são apenas empresários gananciosos? São pessoas más ou todas as pessoas? E se alguém tem bom coração, pode ser responsabilizado se ajudar a produzir efeitos negativos?”.

O debate da responsabilização quanto às mudanças climáticas é intenso. O MdA proporciona potencialidade a esse debate ao trazer a Marcha Mundial dos Povos pelo Clima, onde as

comunidades caminharam exigindo que seus governantes se posicionassem a respeito das questões ambientais.

Defendemos que outras fontes de conhecimento podem auxiliar nesse debate em relação à responsabilidade sobre o Antropoceno; assim, aponta-se a potencialidade de livros de literatura. O livro de ficção *Uma Conjuração de Luz*, de V. E. Schwab, discute onde recai a responsabilidade das ações de uma nação: se em seus governantes ou em sua comunidade; a autora afirma: “[...] um governante não segue o seu povo, mas um povo deve seguir as regras dele. O senhor está certo, muitos pagam pelas escolhas de poucos. Mas a realeza é quem escolhe, e somos nós que pagamos por isso” (Schwab, 2021, p. 634).

Porém, percebe-se a controvérsia: a escolha da “realeza moderna” condena o povo a pagar pelas mudanças climáticas ao mesmo tempo em que a comunidade se recusa a diminuir sua pegada ecológica e o uso de suas tecnologias que contaminam a atmosfera, a litosfera e a hidrosfera. Então, de quem é a culpa?

Charlotte McConaghy, em outra fonte literária, traz uma visão distinta para o debate em seus romances intitulados *Quando Havia Lobos* e *Migrações*, ao defender o ponto de vista de que cada ser humano é responsável pela destruição trazida para o planeta e, assim também, cada ser humano deve lutar para conservá-lo. Em seus romances, a autora permite a visão comparada de grupos que afirmam que temos a responsabilidade de guardar a natureza ao mesmo tempo em que somos a praga deste mundo (McConaghy, 2023a, b).

O termo “Capitaloceno” entra na discussão ao trazer a visão defendida por alguns pesquisadores de que as mudanças no ecossistema do planeta são decorrentes da contínua ação de grandes empresas dentro do sistema de produção capitalista (Halpern, 2024). Nesse entendimento, Halpern (2024) explica que “uma empresa bem-sucedida é a que tem mais lucro e que essa busca infinita pelo aumento do lucro contrasta com a finitude dos recursos naturais” (Halpern, 2024, p. 44).

Para Tsing (2021, p. 9), o debate é infrutífero porque não isenta os seres humanos de sentirem as consequências da nova era geológica. A autora intensifica a controvérsia ao afirmar que:

[se] quisermos trabalhar com intimidades emocionais, é melhor perguntarmos sobre investimentos pessoais nessas estruturas da paisagem. [...] O amor envolve as pessoas com a terra e seus lucros. O amor naturaliza pesticidas. Mas isso não é amor de pessoa para pessoa; esse é o amor que reproduz e amplia a estrutura da paisagem (Tsing, 2021, p. 9).

Para essa visão, as intimidades emocionais são as responsáveis por nos envolver em um sistema injusto que não somente nos impossibilita de alcançar alguma equidade social, mas também amplia uma mancha catastrófica de mudanças climáticas; existem outras vozes no debate que fomentam que, na verdade, não são as intimidades emocionais apenas, mas o ser corrompido que anseia pela destruição, mesmo que não perceba (Tsing, 2021).

Ao retomar a questão “De quem é a responsabilidade do Antropoceno?”, percebe-se que a exposição do Museu do Amanhã tem potencialidade para um debate com diferentes vozes controversas e muito ativas no diálogo mundial.

Abordar diferentes vozes, concepções e pontos de vista, trazendo para o diálogo não somente os cientistas, mas escritores de ficção, organizações não governamentais, artistas, pessoas

com diferentes formações, vivências, culturas e perspectivas, permite que o público se aproxime do museu e do debate que ele quer construir. A respeito dessa aproximação, Contier e Marandino (2009, p. 4) afirmam: “[para] o museu, a controvérsia pode ser de natureza estética, ética ou moral, o que interessa é que ela carrega um impacto no público, que crie uma reação e que, com isso, aproxime-o emocionalmente do museu”.

Entendendo as migrações humanas – Tornar visível os invisíveis: os refugiados e as migrações humanas

Com os grandes avanços do Antropoceno, marcou-se a necessidade dos povos de conquistarem, conhecerem e usufruírem de todo o globo, unificando suas mercadorias, seus conhecimentos e suas descobertas. As migrações, nesse contexto, vão além de um fator biológico do ciclo de vida de diversos animais, abrangendo também a vida, as memórias e a realidade de uma população muito maior do que se imagina.

Ao tratar do movimento migratório dos povos, a exposição do MdA se detém, em um primeiro momento, apenas aos acontecimentos que promoveram as grandes navegações, citando brevemente o tráfico negreiro. Em um segundo momento, os totens do museu abordam rapidamente algumas consequências das guerras que assolaram o globo a partir da Segunda Guerra Mundial, mencionando o movimento dos refugiados e suas necessidades.

Entendendo o Antropoceno como multidisciplinar, é preciso abordar não apenas as migrações como consequências biológicas ou sociais da história de vida de diversos indivíduos, mas também mencionar as migrações como um movimento que não se completa, mas que marca todas as áreas da sociedade, desde o sentimento de pertencimento ao local onde reside, a alteridade devido aos eventos que foram vivenciados até o estigma envolvendo não só o estrangeiro, mas também o refugiado (Povia Neto, 2021).

Como consequência das grandes invenções, o Antropoceno permitiu grandes diásporas e movimentos migratórios entre povos (Silva, 2017); grandes mudanças acompanham esses movimentos e marcam as comunidades, inclusive as crianças que adentram um território devido aos conflitos bélicos.

A respeito da presença das crianças, Povoa Neto (2021, p. 366) afirma:

Mesmo quando essas condições são relativamente bem-sucedidas (o que nem sempre ocorre), recaí sobre a criança, por vezes, o peso de representar, para os pais, o papel de mediador ou de facilitador nos processos de integração social. Processos tais como os de promoção da saúde da família são inclusive, muitas vezes, pensados especificamente a partir das crianças (Povia Neto, 2021, p. 366).

Percebe-se, assim, como as migrações forçadas influenciam o comportamento das crianças não somente consigo, mas com os pais tentando facilitar a adaptação. A autora ainda afirma que “não é incomum que, à marca do deslocamento migratório propriamente dito, somem-se ainda outras dificuldades, que tornarão ainda mais problemática a situação da criança migrante” (Povia Neto, 2021, p. 367).

Até meados da década passada, estatísticas indicavam 65,3 milhões de pessoas em deslocamento forçado ao redor do globo (UNHCR, 2017). Adicionando-se ao cenário dos conflitos bélicos, existe a presença de mazelas socioeconômicas (Braga & Karol, 2009), problemas ambientais e de saúde (Galina *et al.*, 2017), além de conflitos étnicos que podem ser responsáveis pelo contexto dos refugiados na atualidade.

Para propor um ensino de ciências na pauta do Antropoceno de modo multidisciplinar, contextualizado e político, é necessário trazer não somente os acontecimentos externos à ciência, como o cunho ambiental e o impacto do desenvolvimento da tecnologia sobre as regiões do globo, mas também as questões históricas, tratando os conflitos existentes como interligados e complexos em si mesmos.

Compreendendo que o surgimento de uma crise de refugiados é uma amostra de uma crise interna que já ocorre na sociedade, é relevante tratar, na sala de aula e em atividades de mediação museal, não somente os conflitos, mas suas faces que foram ocultadas pelas políticas de imigração. Silva (2017, p. 167), a respeito desse tópico, afirma que “a ‘crise’ atinge todos, e os refugiados, agora envoltos em diferentes contextos, estão no front desse conflito, indicando as suas faces ocultas e as enfrentando nesse local mais frágil de uma batalha”.

No trabalho de tornar visível o invisível, a literatura se torna extremamente importante para contar a história daqueles que não puderam ter voz. Ao trazer as histórias como ferramenta para o ensino, percebe-se a capacidade da contemplação da dinâmica social por meio dos livros, sem o esvaziamento da realidade histórica e política do que é abordado em suas páginas (Gomes, 2010).

Povoa Neto (2021) afirma que mesmo filhos de pais imigrantes continuam sendo associados ao país de origem de seus pais, mesmo que nunca tenham visitado o local pessoalmente, o que, para a autora, intensifica o estigma da “estrangeiridade” do indivíduo. Essa realidade, no ensino de ciências, é percebida na introdução de *Intensa* e *Oceano entre nós*, ambos livros de Tahereh Mafi sobre jovens filhas de pais muçulmanos que vivem nos Estados Unidos pós atentado de 11 de setembro, com todas as mudanças da adolescência em um cenário político e social intenso.

Tratando de formar cidadãos para a tomada de decisão, no que tange às migrações, é essencial permitir que as figuras faladas em visitas a museus ganhem rostos e identidades, e que os debates políticos que formam as políticas públicas atuais sejam elucidados aos visitantes.

Assim, os processos citados por Silva (2017) poderão fazer parte da realidade das pessoas para que elas sejam capazes de uma tomada de decisão consciente no que tange ao tópico.

“O que emerge com grande importância nesse contexto é a necessidade de criação de instrumentos jurídicos, nacionais e internacionais, que concedam direitos eficazes aos que migram, também, em condições de vulnerabilidade, mas não podem, juridicamente, obter a condição de refugiado” (Silva, 2017, p. 164).

Essa tomada de decisão consciente deve formar e estar arraigada na mente dos cidadãos para que ocorra de modo a colaborar com os refugiados e com a população local. Tal realidade é essencial para o ensino de ciências e para a discussão de questões controversas nesse contexto educacional, especialmente nos espaços museais.

Causas e efeitos do Antropoceno – Seria possível prever as consequências do Antropoceno?

Ao tratar da agricultura, a exposição do MdA traz a criação de pesticidas, fertilizantes e outros componentes químicos que têm a capacidade de potencializar a produção e o investimento na agricultura. Porém, não trata das pragas e doenças derivadas dessa estrutura de plantação do tipo monocultura plantation (Tsing, 2021).

A fim de tornar o visitante cientificamente alfabetizado, é importante haver a discussão da controvérsia científica, do impacto das monoculturas para a economia e para a biodiversidade. Ao observar a economia, percebe-se um aumento de produtividade, um acúmulo de capital que permite o crescimento de índices importantes para a economia interna de um país, como o Produto Interno Bruto – PIB. Porém, ao observar a biodiversidade, a controvérsia toma forma ao constataremos que a monocultura não é a forma natural das produções, porque as espécies, na natureza, livres da ação humana, não vão formar uma mancha uniforme de dispersão, o que dificultaria processos como o de variabilidade genética.

Tsing (2021, p. 8), ao tratar do plantation, afirma que “a plantation empacotou a alienação humana com alienação ecológica, na qual as plantas foram separadas das espécies associadas para uma reprodução forçada uniforme”.

É relevante permitir esse debate controverso no ambiente museal a fim de potencializar o processo da alfabetização científica dos visitantes, possibilitando que vejam a ciência como construto irregular, interdisciplinar, coletivo e não uniforme, linear, de poucos gênios (Contier & Marandino, 2009).

Por que não permitir que o público reflita sobre a possibilidade de que a constante difusão de doenças no Antropoceno seja uma consequência da estrutura atual da agricultura, que utiliza quantidades exorbitantes de agrotóxicos e fertilizantes? Cidadãos cientificamente alfabetizados serão capazes de entender como a questão dos fertilizantes, dos pesticidas e de outros químicos pode potencializar a produção ao mesmo tempo em que se transformam em cavalos de Troia para a disseminação de doenças e chagas nas comunidades locais.

Não obstante, o MdA aponta as mudanças climáticas e o degelo como exemplos gritantes das consequências do Antropoceno. Apresenta elementos importantes do enfoque CTSA ao tratar dos atributos de Contier e Marandino (2009) relacionados, de modo mais contundente, aos (a) debates sociais externos à ciência, como o impacto social do desenvolvimento de C&T, e relacionados aos (b) debates históricos e filosóficos, como a dimensão histórica, e, de modo mais sutil, com (c) debates sociais internos à ciência, como a coletivização do trabalho científico.

Percebe-se que, em alguns momentos, a informação da exposição aparece de forma estanque, sem continuidade. Marandino, Dantas Leite e Colombo Junior (2023, p. 3) afirmam que “[nem] sempre os museus têm se organizado de forma a promover o processo de alfabetização científica de maneira mais complexa e aprofundada [...]”

No caso do MdA, apesar de a exposição abordar o Antropoceno de maneira interdisciplinar, esse discurso não necessariamente é contínuo. Por exemplo, o trecho da exposição que trata sobre o degelo e aumento do nível do mar (Figura 7) não faz ligação com o processo migratório compulsório de alguns grupos de pessoas, que perderiam seus locais de moradia por esse evento climático.

Nesse contexto, o visitante, sem uma mediação adequada, observa as transformações decorrentes do Antropoceno, mas pode não compreender que o planeta é interconectado e que alterações em determinados ecossistemas podem desencadear impactos mais amplos e potencialmente catastróficos em escala global.

Reflexões Finais

Diante da necessidade de abordar a ciência como contextualizada, integral e dinâmica, percebe-se o desafio crescente e a legitimidade de incluir questões sociocientíficas e o enfoque CTSA no contexto da alfabetização científica. Um cidadão cientificamente alfabetizado beneficia-se muito de uma cosmovisão que lhe permite entender a ciência conectada com o desenvolvimento de tecnologias, com as questões sociais e ambientais.

Museus, então, ganham o desafio de abordar o enfoque CTSA em suas exposições. No caso do MdA, percebe-se que o trecho analisado da exposição de longa duração evoca fortemente os atributos 1 e 3 do referencial teórico utilizado: debates sociais externos à ciência e debates históricos e filosóficos, respectivamente.

No módulo expositivo do Antropoceno, o enfoque CTSA possibilita grandes contribuições ao fomentar debates a respeito das suas causas e origens, do seu desenvolvimento frente às inovações tecnológicas e consequências para as comunidades e o meio ambiente. No entanto, não se torna uma tarefa simples quando se percebe as questões científicas e filosóficas levantadas com o surgimento da nova era geológica e a importância do olhar contextualizado e político para uma educação que traga transformação social e cultural dos visitantes.

Pode-se questionar a baixa frequência do atributo 2, debates sociais internos à ciência, de Contier e Marandino (2009) no trecho analisado. Uma possível explicação para isso vem da dificuldade de apresentar debates internos, como a caracterização pessoal de quem é o(a) cientista, seus procedimentos para o consenso de teorias e a iminência da responsabilidade social integral dos(das) cientistas frente a diferentes fenômenos.

Para esse novo embate, o relacionamento entre os museus e diversas epistemologias, fontes de conhecimento e práticas culturais, como livros de ficção, filmes, músicas, artigos de divulgação científica, entre outros, se apresenta como estratégia reflexiva, ampliando a visão de mundo do visitante, especialmente na perspectiva CTSA. Ressalta-se a importância do educador museal nesse cenário: muitas vezes, é a mediação humana que fomenta um processo reflexivo sistemático durante uma visita, pois esse profissional sabe o que deve ser enfatizado em seu discurso, de modo a mitigar as fragilidades da exposição. As lacunas presentes no cenário expositivo, de qualquer museu, inclusive de museus de ciências, foco do presente artigo, podem ser comentadas, justificadas, discutidas, amenizadas a partir da voz do mediador durante a visita. É sabido que a reformulação de uma exposição de longa

duração não é algo trivial, podendo levar tempo para acontecer, especialmente em relação à demanda financeira que exige; por isso, a figura do mediador deve ser valorizada e constantemente inserida nas ações de cunho educativo e de popularização da ciência.

A cultura é um construto do cenário político, social, ambiental e econômico de sua época, assim como a ciência (Krupczak & Aires, 2018). Abordar as questões que tangenciam o Antropoceno por meio da cultura permite trazer materialidade ao imaginário do visitante, possibilitando que ele se encontre nas narrativas construídas por diferentes personagens.

Assim, entende-se que a possibilidade de trazer diferentes elementos para o relatório cultural do visitante, no contexto das exposições e da produção do conhecimento científico, é um recurso que deve ser utilizado não somente pelos museus e pelo ensino de ciências, mas em atividades e reflexões que partam do museu para outros espaços educativos, como a escola, galerias de artes e atividades com a família.

Agradecimentos

O presente trabalho teve apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processos números 409899/2021-6 e 104642/2022-0; e do Museu do Amanhã, a partir da chamada “Amanhã em Pesquisa/2019”.

Referências

- Angotti, J. A. P., & Auth, M. A. (2001). Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(1), 15–27. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000100002>
- Artaxo, P. (2014). Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? *Revista USP*, (103), 13–24. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.voi103p13-24>
- Auler, D., & Bazzo, W. A. (2001). Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000100001>
- Carruthers, J. (2019). The Anthropocene. *South African Journal of Science*, 115(7/8). <https://doi.org/10.17159/sajs.2019/6428>
- Cazelli, S., Marandino, M., & Studart, D. (2003). Educação e comunicação em Museus de Ciência: Aspectos históricos, pesquisa e prática. In G. Gouvêa, M. Marandino, & M. C. Leal (Orgs.), *Educação e museu: A construção social do caráter educativo dos Museus de Ciência* (pp. 83–106). Access..
- Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, (22), 89–100. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000100009>
- Chassot, A. (2022). *Alfabetização científica: Questões e desafios para a educação* (8ª ed.). Unijuí.
- Contier, D., & Marandino, M. (2009). Construção de atributos para análise de exposições CTS em museus de ciências. In *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Florianópolis. <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/641.pdf>
- Cunha, T. R., Braga, L. S., Marques, N. B. N., Pacca, F. C., Iembo, T., de Castro, R. C., & Girardi, D. R. (2024). Implicações (bio)éticas do antropoceno: Revisão integrativa da literatura. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, 22(1), 371–390. <https://doi.org/10.55905/oelv22n1-021>
- Dantas Leite, E. (2021). *Transposição Museográfica na exposição do Museu do Amanhã e visões sobre Natureza da Ciência*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do ABC, Programa de Pós Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática]. <https://sucupira->

legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=11240116

- Ferrão, J. (2018). O Antropoceno como narrativa: uma lente útil para entender o presente e imaginar o futuro? *Biblos*, (3), 205–221. https://doi.org/10.14195/0870-4112_3-3_10
- Freyesleben, A. F. (2020). Crônicas da urgência: os desafios das ciências na criação do futuro no Antropoceno. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1099–1119. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1099>
- Galina, V. F., Silva T. B. B., Haydu, M., Martin, D. (2017). A saúde mental dos refugiados: um olhar sobre estudos qualitativos. *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, 21(61), 297–308. <https://doi.org/10.1590/1807-57622016.0929>
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 6. ed. São Paulo: Atlas S.a.
- Gomes, I. R. (2010). Sobre “por que” e “como” ensinar literatura. *Nau Literária*, 6(2). <https://doi.org/10.22456/1981-4526.16231>
- Halpern, H. (2024). Qual é a relação entre o sistema capitalista e a crise ambiental? *Revista Res Pública*, (5), 42–54. https://www.revistarespublica.com/halpern_5.html
- Hamilton, C., & Grinevald, J. (2015). Was the Anthropocene anticipated? *The Anthropocene Review*, 2(1), 59–72. <https://doi.org/10.1177/2053019614567155>
- Haraway, D. (2016). *Staying with the trouble*. Duke University Press.
- 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>
- Krupczak, C., & Aires, J. A. (2018). Natureza da ciência: o que os pesquisadores brasileiros discutem? *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 14(32), 19–32. <https://doi.org/10.18542/amazrecm.v14i32.6180>
- Kunzler, J., & Oliveira, V. D. (2021). Paleogenômica e museologia: os museus e o paradoxo do Antropoceno. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 16(1). <https://doi.org/10.1590/2178-2547-BGOELDI-2020-0039>
- Lorenzetti, L. (2021). A alfabetização científica e tecnológica: pressupostos, promoção e avaliação na educação em ciências. In T. Milaré et al. (Orgs.), *Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências: fundamentos e práticas* (pp. 47–73). Livraria da Física.
- Lowande, W. F. F. (2023). Antropoceno, ciências humanas e historiografia. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 30, e2023067. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702023000100067>
- Marandino, M. (2005). Museus de ciências como espaços de educação. In *Museus: Dos gabinetes de curiosidades à museologia moderna* (pp. 165–176). Argumentum.
- Marandino, M. (2009). Museus de ciências, coleções e educação: relações necessárias. *Museologia e Patrimônio*, 2, 1–12. <https://revistamuseologiaepatrimonio.mast.br/index.php/ppgpmus/article/view/63>
- Marandino, M., Bizerra, A. F., Navas, A. M., Fares, D. C., Standerski, L., Monaco, L. M., Martins, L. C., Souza, M. P. C., & García, V. A. R. (2008). *Educação em museus: a mediação em foco*. Geenf. <http://www.geenf.fe.usp.br/v2/wp-content/uploads/2012/10/MediacaoemFoco.pdf>
- Marandino, M., Dantas Leite, E., & Colombo Junior, P. D. (2023). Esquentando o debate: análise de temas sociocientíficos controversos selecionados por licenciandos em visitas a museus. *Educação e Pesquisa*, 49, e250644. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202349250644>
- Martins, A. D. (2019). *Era dos Humanos? A transposição didática no módulo do Antropoceno da exposição principal do Museu do Amanhã*. [Dissertação de Mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, Casa de Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Divulgação da Ciência, Tecnologia e Saúde]. https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/CRUZ_6a2d6edaabfaf97fo863df405925ae33
- Martins, I. P. (2020). Revisitando orientações CTS|CTSA na educação e no ensino das ciências. *Revista da Associação Portuguesa de Educação em Ciências*, 1(1), 13–29. <https://ria.ua.pt/handle/10773/31870>

- McConaghy, C. (2023a). *Quando havia lobos*. Alta Novel.
- McConaghy, C. (2023b). *Migrações*. Alta Novel.
- Mello, B. L., Raupp, D. T., Pazinato, M. S., & Simon, N. M. (2023). Investigações envolvendo a alfabetização científica: uma revisão sistemática da literatura. In *Anais dos Encontros de Debates sobre o Ensino de Química*. <https://edeq.com.br/submissao2/index.php/edeq/article/view/389/284>
- Milaré, T., & Richetti, G. P. (2021). História e compreensões da alfabetização científica e tecnológica. In T. Milaré et al. (Orgs.), *Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências: Fundamentos e práticas* (pp. 19–47). Livraria da Física.
- Museu do Amanhã. (2016a). *O amanhã é hoje: um giro pelos primeiros 365 dias*. Arquivo Museu do Amanhã.
- Museu do Amanhã. (2016b). *Pensando o amanhã*. Gerência de Exposições & Observatório do Amanhã (Org.). Museu do Amanhã, 2016.
- Museu do Amanhã. (2025a). *Sobre o museu*. <https://museudoamanha.org.br/o-museu/sobre-o-museu>
- Museu do Amanhã. (2025b). *Do Cosmo a Nós*. <https://museudoamanha.org.br/exposicoes/775/do-cosmos-a-nos>
- National Geographic Brasil. (2023). O que é o Antropoceno e por que esta teoria científica responsabiliza a humanidade? *National Geographic Brasil*, julho 13. <https://www.nationalgeographicbrasil.com/historia/2023/01/o-que-e-o-antropoceno-e-por-que-esta-teoria-cientifica-responsabiliza-a-humanidade>
- Oliveira, L. A. (2015). *Museu do Amanhã*. (1a. ed.). Edições de Janeiro.
- Pedretti, E., & Iannini, A. M. N. (2020). *Controversy in science museums: Re-imagining exhibition spaces and practice*. Routledge.
- Póvoa Neto, H. (2021). Carta às/ aos leitoras/es - Dossiê migrações internacionais e infâncias. *Zero-a-Seis*, 23(43), 365–369. <https://doi.org/10.5007/1980-4512.2021.e77869>
- Ramalho, C. M. B., Rosa, T. F., & Costa, L. S. F. (2022). A educação museal e os desafios no antropoceno. *Liinc em Revista*, 18(1), e5837. <https://doi.org/10.18617/liinc.v18i1.5837>
- Reis, P. (2013). Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sociocientíficas: uma questão de cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 3(1), 1–10. <https://repositorio.ulisboa.pt/handle/10451/9577>
- Reis, P. (2021). Desafios à educação em ciências em tempos conturbados. *Ciência & Educação (Bauru)*, 27. <https://doi.org/10.1590/1516-731320210000>
- Roberts, D. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Lawrence Erlbaum.
- 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. dos. (2007). Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, 1, novembro. <https://www.recursosdefisica.com.br/files/149-530-1-PB.pdf>
- Santos, W. L. P. dos, & Mortimer, E. F. (2000). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 2(2), 110–132. <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 333–352. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445/263>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59–77. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246>
- Schwab, V. E. (2021). *Uma conjuração de luz*. Record.

- Silva, D. F. (2017). O fenômeno dos refugiados no mundo e o atual cenário complexo das migrações forçadas. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 34(1), 163–170.
<https://doi.org/10.20947/S0102-3098a0001>
- Soderi, T. G. M. S., Assunção, K., & Pugliese, A. (2024). Educação CTSA em espaços não formais: o potencial do Museu de Microbiologia do Instituto Butantan. *Indagatio Didactica*, 16(3), 1391–1411.
<https://doi.org/10.34624/id.v16i3.38697>
- Tsing, A. L. (2021). O antropoceno mais que humano. *Ilha Revista de Antropologia*, 23(1), 176–191.
<https://doi.org/10.5007/2175-8034.2021.e75732>
- UNHCR (2017). *Global trends: Forced displacement in 2016*. United Nations High Commissioner for Refugees. <https://www.unhcr.org/media/global-trends-forced-displacement-2016>
- Valente, M. E., Cazelli, S., & Alves, F. (2005). Museus, ciência e educação: Novos desafios. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 12(suppl), 183–203. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702005000400010>
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation: Critical perspectives about science participation and emancipation. *Science & Education*, 30(3), 557–587.
<https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- Vaz, C. R., Fagundes, A. B., & Pinheiro, N. A. M. (2009). O surgimento da ciência, tecnologia e sociedade (CTS) na educação: Uma revisão. In *Anais do I Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia* (pp. 98–116). <https://ensinandoquimica.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/05/o-surgimento-da-cic3aancia-tecnologia-sociedade-na-educac3a7c3a3o.pdf>
- Vendrasco, N. C., Marzabal, A., & Pugliese, A. (2022). Towards responsive mediations in guided visits to non-formal science education settings. *Studies in Science Education*, 60(1), 45–74.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2156198>
- Vilches, A., Pérez, D. G., & Praia, J. (2011). De CTS a CTSA: Educação por um futuro sustentável. In W. L. P. dos Santos & D. Auler (Orgs.), *CTS e educação científica: Desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Universidade de Brasília.