

Análise das Potencialidades de Exposições Virtuais de Museus de Ciência para a Discussão de Aspectos de Natureza da Ciência

Analysis of the Potentialities of Virtual Exhibitions of Science Museums for the Discussion of Aspects of Nature of Science

Helen Cristiane Barroso Bicalho
helen.cristiane.14@gmail.com

Stefannie de Sá Ibraim
Universidade Federal de Minas Gerais
stefannieibram@ufmg.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo investigar quais são as potencialidades de exposições virtuais de museus de ciência para discussões de aspectos de Natureza da Ciência (NdC). Para a coleta de dados, isto é acesso às exposições virtuais, utilizamos o Google Arte e Cultura. A análise destas foi realizada em três etapas, tendo como resultado a identificação de quinze aspectos de NdC a partir de dez exposições de quatro museus de ciência. Consideramos que as exposições virtuais de museus de ciência apresentam potencialidade na discussão de aspectos de NdC, entretanto sinalizamos que a mesma é intensificada a partir da mediação. Nesse sentido, destacamos que uma limitação deste trabalho é avaliar as potencialidades de forma teórica, respaldada apenas pela literatura, e que novos estudos são necessários para uma melhor compreensão do potencial de exposições científicas virtuais a discussão de NdC.

Palavras chave: educação em espaços não-formais, museus virtuais, natureza da ciência.

Abstract

This work aims to investigate the potential of virtual exhibitions in science museums to discuss aspects of the Nature of Science (NoS). For data collection, ie access to virtual exhibitions, we used Google Art and Culture. The analysis of these was carried out in three stages, resulting in the identification of fifteen aspects of NoS from ten exhibitions of four science museums. We consider that the virtual exhibitions of science museums have potential in the discussion of aspects of NoS, however we indicate that it is intensified through mediation. In this sense, we emphasize that a limitation of this work is to evaluate the potential in a theoretical way, supported only by the literature, and that further studies are necessary for a better understanding of the potential of virtual scientific exhibitions to discuss NoS.



Key words: education in non-formal spaces, virtual museums, nature of science.

Introdução

As formas de acesso ao conhecimento histórico e aos saberes acumulados pela humanidade não se limitam mais ao livro didático ou à sala de aula (SARTORI *et al.*, 2006), isto ocorre, principalmente, devido ao desenvolvimento tecnológico. Como consequência, a escola deixa de representar o único campo de divulgação e compartilhamento de saberes e cultura deixada pelos antepassados. Nesse sentido, essa função vem sendo dividida com outros agentes e instituições que, de maneira não formal e informal, contemplam saberes e heranças culturais deixadas ao longo da história pelos diversos povos edificadores (SARTORI *et al.*, 2006).

Diversos autores trazem discussões em relação aos diferentes espaços em que a educação acontece (por exemplo, CAZELLI; VALENTE, 2018; CHAGAS, 1993). Tomando como referência estes trabalhos, temos três tipos de educação: formal, informal e não formal. A educação formal é aquela desenvolvida nas escolas, com os conteúdos previamente estabelecidos; a informal é aquela em que os indivíduos aprendem durante seu processo de socialização na vida cotidiana, carregada de valores e culturas próprias; e a educação não formal é aquela em que se aprende “no mundo da vida”, por meio de compartilhamento de experiências, principalmente em espaços e ações coletivas cotidianas.

Especificamente sobre o ensino não formal em museus, autores (por exemplo, GASPAR, 1993; MARANDINO, 2001) destacam que, ao levarem seus estudantes aos museus, os professores proporcionam a eles o contato com objetos e a vivência de experiências que, em geral, não fazem parte do universo da escola. Os museus dispõem de recursos físicos e humanos que permitem a construção de ambientes em que o estudante experimenta, por meio da interação, aspectos concretos de conceitos científicos (CHAGAS, 1993). Ao viverem as experiências disponíveis nos museus, os estudantes podem perceber as relações estreitas que existem entre a ciência e tecnologia e as implicações que ambas exercem sobre a vida cotidiana. Ramey-Gassert, Walberg III e Walberg (1994) afirmam que os resultados das pesquisas sobre este tema têm indicado que espaços como museus promovem a curiosidade, estimulam, motivam e socializam, sendo esses elementos fundamentais no processo de ensino e de aprendizagem.

Com a pandemia da COVID-19, o acesso a esses locais se tornou difícil, uma vez que eles precisaram ser fechados. Nesse contexto, muitos museus começaram a atuar com maior afinco no ciberespaço, seja por meio de redes sociais ou hospedados em sites. Apesar disso, antes desse período, muitos museus disponibilizam seus acervos gratuitamente e *online*.

Nesse cenário, surgem novas possibilidades de se pensar os museus com fins educacionais. Em geral, os estudos (DUMBRA, 2013; SARTORI, 2006; SARTORI; ROESLER, 2004; VASCONCELOS, 2014) mostram que o museu virtual dá liberdade para o visitante criar o seu percurso, o qual está aberto a interpretações e ressignificações de memórias e histórias que ecoam pelo acervo. Além disso, o tempo destinado à visita é ilimitado, deixando o visitante à vontade para aproveitar as obras ou objetos “expostos”. A visita se torna viável, pois não é necessário fazer o deslocamento até o espaço físico, possibilitando a popularização do acesso a esses espaços.

Nesse contexto, contemplamos a possibilidade de utilizar exposições virtuais de museus de ciência para fundamentar discussões de aspectos de Natureza da Ciência (NdC), tendo em vista possibilidade de utilizar os museus como espaço para discussões históricas e que os



objetos expostos nos museus favorecem a compreensão social, histórica, técnica, artística, científica do visitante (VALENTE, 2005).

Diante do exposto e considerando o contexto de história da ciência e a educação básica, o presente estudo tem como objetivo investigar: Quais são as potencialidades de exposições virtuais de museus de ciência para discussões de aspectos de Natureza da Ciência? Essa investigação se faz importante, porque em uma busca na base de dados CAPES não encontramos trabalhos que correspondessem à investigação do uso de exposições virtuais de museus de ciências relacionada à discussão de NdC. Em contrapartida, pesquisas relacionadas ao ensino de NdC são importantes uma vez que a aprendizagem *sobre* ciências ajuda na tomada de decisões, no entendimento dos processos da ciência, na valorização da ciência, na aprendizagem do conteúdo científico curricular com mais profundidade, entre outros (DRIVER *et al.* 1996). Sendo assim, buscamos enfatizar o uso de museus virtuais, especificamente as exposições científicas, para além do acesso aos acervos para o lazer e para à cultura, mas para fins educacionais.

Museus virtuais e possibilidades para a educação não-formal

O museu, enquanto instituição, frente aos avanços tecnológicos, começou a apresentar vários recursos digitais, não apenas em seus espaços presenciais, mas também em espaços virtuais (VASCONCELOS, 2014). Muitos museus que estão presentes nos ciberespaços são considerados museus virtuais. De acordo com Fiedler (2010), os museus podem ser alocados em três categorias: (i) Museu Presencial: são aqueles que possuem espaço físico concreto; (ii) Museu Não Presencial: são aqueles que estão nos espaços virtuais, mas, são catálogos dos museus presenciais, ou seja, são espaços virtuais que contêm as principais informações sobre o museu presencial; e (iii) Museu Virtual: são aqueles que contêm imagens virtuais, não possui espaço físico e todo seu acervo está no ambiente virtual.

De acordo com Dumbra (2013, p.75), museu virtual pode ser classificado como “um museu situado no ambiente virtual que possibilita a comunicação através de um suporte material”. A autora extrapola essa definição, classificando os museus virtuais de acordo como são apresentados nos sites. Assim, podemos classificar os sites em que os museus são apresentados em três categorias: (i) Folheto eletrônico: são sites que tem como objetivo apresentar o museu. Este tipo de site funciona como uma ferramenta de comunicação e de marketing. Sua principal função é divulgar o museu e tornar mais fácil o seu acesso no espaço físico aos diferentes navegadores; (ii) Museu no mundo virtual: são sites nos quais a instituição apresenta informações mais detalhadas sobre o seu acervo, podendo ser usadas as visitas virtuais. O site projeta o museu físico na virtualidade; e (iii) Museu realmente interativo: são sites que possuem elementos de interatividade que envolve o visitante. O museu virtual pode apresentar o mesmo conteúdo do museu físico, tendo como diferença a interatividade proporcionada ao visitante.

O que diferencia substancialmente o museu físico do museu virtual é a forma com que se apresenta e, principalmente, a possibilidade de interação entre o visitante e o acervo. Dumbra (2013) destaca que o museu virtual dá liberdade para o visitante criar o seu percurso, e, a partir deste, o visitante encontra-se aberto a interpretações e ressignificações de memórias e histórias que ecoam pelo acervo do museu.

Sartori (2006) destaca que estar em diversos espaços ao mesmo tempo e poder levar a história e cultura, criando redes de comunicação, de troca e construção do conhecimento para a sociedade em nível mundial são possibilidades que o museu pode oferecer estando disponível em modo virtual, isto é em um ambiente virtual de aprendizagem. Além disso, a autora afirma



que criar a possibilidade de contato com as obras e objetos de forma virtual e interativa levaria os jovens educandos a unir o útil e necessário ao que lhes é agradável, uma vez que o contato com a tecnologia lhes é sedutor, e a possibilidade de interagir com as obras e objetos lhes é desafiadora e instiga sua curiosidade. Além disso, seria dada aos sujeitos a oportunidade de “sair” da sala de aula e adentrar em um mundo de movimento e novas descobertas que os deixariam fascinados.

Neste trabalho, lidaremos com exposições virtuais hospedadas nos “Museu no mundo virtual” e “Museu realmente interativo”. Como destacado, as exposições virtuais podem levar o visitante a refletir sobre o objeto ou acervo exposto e discutir temáticas relativas à cultura e história de forma mais interativa, livre e acessível. Neste sentido, as exposições virtuais sobre episódios científicos poderiam apresentar potencialidade para a discussão sobre aspectos de Natureza da Ciência em um contexto histórico, tendo a possibilidade de explorar os objetos e informações expostos nesses espaços.

Uso de exposições virtuais de museus de ciência para a discussão de Natureza da Ciência em um contexto histórico

Os museus de ciências, a partir da segunda metade do século XX, no esforço de se aproximarem do público, passaram a adotar estratégias inovadoras representadas, muitas vezes, pela substituição dos objetos históricos por aparatos didáticos para demonstrar fenômenos científicos. Pretendia-se aproximar o leigo da ciência a partir do manuseio dos aparatos. Como consequência, diluiu-se os aspectos culturais e históricos dos objetos tradicionais e massificou-se um modelo que foi disseminado pelo mundo (VALENTE, 2005). Diante disso, os museus dedicados à ciência e à tecnologia passaram a ter como desafio evitar a elaboração de exposições que levam à separação entre as disciplinas das ciências sociais e naturais, procurando, ao contrário, contemplar a ligação com as áreas da Filosofia da Ciência e da História da Ciência (VALENTE, 2005). Nesse sentido, Valente (2005) defende que utilizar a História da Ciência para discutir Natureza da Ciência (NdC) pode possibilitar um quadro promissor de reflexão sobre o processo de construção do conhecimento científico, isto porque a apresentação da ciência pelo processo histórico mostra que a ciência é mutável e que se transforma. A autora apresenta em seu trabalho a perspectiva que a História da Ciência facilita entender o processo do conhecimento científico na medida em que apresenta como surgem as teorias, como contextos social e cultural afetam o desenvolvimento de conhecimento, como a comunidade científica oferece resistência ao desligar-se do paradigma vigente, como tem um período de aceitação mais ou menos longo e como, finalmente, são superadas por outras ideias com maior poder explicativo. Portanto, a inclusão da temática sobre a História da Ciência de forma contextualizada auxilia na melhor compreensão dos assuntos relativos à ciência (VALENTE, 2005).

A exploração de aspectos de NdC por meio da apresentação do processo histórico, ligado com os aspectos culturais e sociais, ajuda a ver a ciência como uma construção humana coletiva. Valente (2005) destaca que os instrumentos científicos expostos no museu, explorados a partir dessa abordagem, facilitam o entendimento do processo de construção de conhecimento científico levando os indivíduos a darem significado aos conteúdos científicos.

Neste trabalho, exploramos o potencial de objetos e informações expostos em museus virtuais para a discussão de aspectos de Natureza da Ciência em um contexto histórico. A literatura, relativa ao objeto na educação em museus, mostra que a observação investigativa sobre uma peça pode destacar mais que aspectos externos da coisa em questão (VALENTE, 2005). A mesma autora afirma que quando relacionada aos indivíduos e referida a uma época, indica



maneiras de pensar e identifica necessidades, concepções, valores, mudanças e diferenças. Ao caracterizar seu funcionamento, permite superar as formas físicas e materiais usados na confecção do objeto, evidenciando usos e produção. Ao aproximá-lo do presente ou do futuro, atualizando-o, pode-se mesmo arriscar previsões.

Acreditamos que discutir aspectos de NdC a partir de exposições em que se explorem os objetos e as informações disponibilizadas pode possibilitar a discussão de diversos aspectos, como: evidências das condições culturais nas quais o instrumento científico foi elaborado (o que pode ajudar o visitante do museu a entender os aspectos culturais e históricos relacionados); evidências sobre o período histórico (pode-se discutir o contexto histórico e político associados ao indivíduo relacionado ao objeto); as relações intrapessoais de um indivíduo com os processos de produção e uso do conhecimento científico a partir de sua relação com o objeto; entre outros.

Diante disso, neste trabalho, investigamos as potencialidades de exposições virtuais de museus de ciência para discussões de aspectos de Natureza da Ciência.

Metodologia

Para a coleta de dados, isto é acesso às exposições científicas virtuais, utilizamos o repositório do Google Arte e Cultura, no qual várias exposições estão hospedadas. O Google Arte e Cultura é um projeto do Google que conta com a colaboração de vários museus. A plataforma oferece, de forma digitalizada, passeios virtuais por dentro das galerias dos principais museus do Brasil e do mundo. O serviço utiliza a mesma tecnologia de outra ferramenta do Google, a Street View, para apresentar as galerias ao visitante com passeios panorâmicos.

Diante do repositório do Google Arte e Cultura, realizamos um levantamento de museus relacionados à ciência. Este levantamento foi realizado digitando na barra de busca do site o termo “Science Museum”, o que resultou em 175 museus. Visitamos todos os museus de ciências e suas exposições e analisamos em três etapas. Primeiramente, selecionamos apenas museus que continham exposições abordando temas/conceitos científicos recorrentes no ensino de química¹. Especificamente, escolhemos trabalhar com conteúdos relacionados à radioquímica², tema muito presente no ensino de química. Ao final da primeira etapa, obtivemos 4 museus com exposições relacionadas a temática. Na segunda etapa, selecionamos exposições específicas (um total de 10) presentes nestes museus. As exposições selecionadas apresentaram materiais ricos para trabalhar radiação e radioatividade.

Na terceira etapa analisamos as possibilidades de discussão de aspectos de Natureza da Ciência das 10 exposições selecionadas na etapa 2. Os aspectos de NdC foram identificados utilizando a segunda versão do Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências (MoCEC v.2) (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020). O MoCEC v.2 caracteriza a Ciência de maneira ampla e complexa ao considerar que essa deve ser vista a partir de várias áreas de conhecimento, tanto de forma isolada como em conjunto. Tais áreas abrangem: (i) Filosofia da Ciência, que se

¹ A opção pela área de Química foi feita apenas por ser nossa área de formação inicial e por, conseqüentemente, favorecer nosso entendimento sobre a relação entre as informações e objetos presentes nas exposições e os possíveis assuntos/conteúdos passíveis de serem abordados em sala de aula. Sendo assim, há a possibilidade de exposições relacionadas a outras áreas do conhecimento terem potencial para discutir aspectos de NdC.

²A seleção de museus com exposições com a temática de radioquímica não exclui a possibilidade de haver outras exposições com outros temas relacionados a química.



relaciona ao processo de construção do conhecimento científico; (ii) Psicologia da Ciência, que abarca as relações intrapessoais de um indivíduo com os processos de produção e uso do conhecimento científico; (iii) Antropologia da Ciência, que se relaciona aos processos de produção e desenvolvimento do conhecimento científico; (iv) Sociologia da Ciência, que evidencia que a Ciência é uma prática social; (v) Economia da Ciência, que estuda os impactos sofridos e/ou exercidos pela mercantilização e comercialização do conhecimento científico em suas etapas de produção e aplicação; e (vi) História da Ciência, que estuda o desenvolvimento dos conhecimentos científicos ao longo do tempo. Cada área apresenta aspectos específicos que abordam características relacionadas à construção do conhecimento científico. (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020) (Quadro 1).

Quadro 1: Discriminação dos aspectos de Natureza da Ciência por área.

Área de conhecimento	Aspectos
Filosofia da Ciência	Epistemologia; Ética e Lógica.
Psicologia da Ciência	Complexidade; Criatividade; Falibilidade; Incerteza; Influência motivacional; Inteligência; Limitação; Não linearidade do pensamento; Objetividade; Personalidade; Racionalidade; Representação e Subjetividade.
Antropologia da Ciência	Incomensurabilidade e Influência Cultural.
Sociologia da Ciência	Aceitabilidade; Credibilidade; Falibilidade; Incerteza; Influência sociopolítica e Interação entre cientistas.
Economia da Ciência	Acesso ao conhecimento; Aplicabilidade; Competitividade; Fonte de financiamento; Investimento econômico; Produtividade; Publicidade e Viabilidade.
História da Ciência	Influência histórica; Multiplicidade; Não linearidade; Progressividade e Provisoriedade.

Fonte: SANTOS; MAIA; JUSTI (2020, p. 595-601)

Na seção resultados e discussões apresentamos as possibilidades de discussões de diversos aspectos de NdC das dez exposições dos 4 museus de ciência selecionados.

Resultados e Discussões

Os museus selecionados após a terceira etapa da análise são: (i) Science Museum localizado em Londres (Reino Unido), (ii) Museo Della Radiologia localizado em Palermo (Itália), (iii) German Rontgen Museum localizado em Remscheid (Alemanha), e (iv) Musée Curie localizado em Paris (França).

O Science Museum apresenta no Google Arte e Cultura 17 exposições. Após visitar todas, selecionamos duas exposições que apresentaram potencialidade de discussão de aspectos de NdC em aulas de química. A primeira exposição selecionada foi “Perto do Osso: Wilhelm Rontgen, físico de celebridades”³, esta exposição apresenta informações sobre a descoberta de Wilhelm Rontgen sobre os raios X e aplicações destes em diversos setores da sociedade

³ Link da exposição: <https://artsandculture.google.com/story/RgXh0nOF2Cu-Iw?hl=pt-BR>



(medicina, entretenimento e comércio). Nesse caso, identificamos que poderia ser discutido o aspecto credibilidade da área Sociologia da Ciência, que discute o *status* que os cientistas, as instituições, os prêmios e/ou a própria Ciência possuem frente à comunidade científica e/ou à sociedade (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020). Isso porque, a exposição menciona que Wilhelm Rontgen recebeu o primeiro Prêmio Nobel de física em 1901 e, portanto, a credibilidade pode ser discutida a partir do levantamento de ideias sobre a importância conferida ao Prêmio Nobel nos dias atuais e na época que Rontgen. Essa discussão pode ser realizadas a partir de perguntas, como: Por ser o primeiro Prêmio Nobel, a contemplação do prêmio ao Rontgen trouxe o mesmo *status* ao cientista como traz nos dias atuais? A credibilidade conferida por um Prêmio Nobel na época de Rontgen é a mesma dos dias atuais?

O aspecto de influência sociopolítica da área de Sociologia da Ciência também foi identificado na primeira exposição. De acordo com Santos, Maia e Justi (2020), este aspecto discute as influências que a sociedade, na qual os cientistas estão inseridos, e a política podem sofrer e/ou exercer durante o processo de produção do conhecimento científico. A influência sociopolítica pode ser discutida a partir do debate da influência do conhecimento científico na sociedade a partir dos diversos exemplos mencionados na exposição, como o uso dos raios X em diversos seguimentos; o fato de a descoberta de Rontgen ter sido utilizada na medicina para obtenção de radiografias do corpo humano e no entretenimento, visto que pessoas utilizavam máquinas de raios X para visualizarem o interior de seus corpos em circos e feiras. Além disso, a exposição menciona que até a década de 1960 utilizava-se nas lojas de calçados britânicas o pedoscópio, o qual usava de raios X para ajudar as pessoas a comprar o tamanho certo de sapatos.

Outro aspecto que pode ser discutido na exposição “Perto do Osso: Wilhelm Rontgen, físico de celebridades” do Science Museum é o aspecto progressividade, da área da História da Ciência. Este aspecto discute o processo pelo qual um determinado conhecimento científico foi produzido, comunicado, avaliado, revisado e validado, de maneira gradativa ao longo do tempo (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020). Este aspecto pode ser discutido a partir da informação presente na exposição sobre relatos de queda de cabelo, pele seca e queimaduras décadas após a descoberta de Rontgen. Ao trazer esta informação para a discussão, é possível entender como o desenvolvimento do conhecimento científico acontece de forma progressiva ao longo do tempo.

Outra exposição selecionada do Science Museum foi “Um mundo de partículas”⁴, esta exposição apresenta informações sobre estudos na área de física de partículas, sendo abordados os modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr e os estudos posteriores derivados destas proposições. Além disso, a exposição menciona aplicações na indústria e o papel importante que estudos na área de física de partículas tiveram durante a guerra fria. Identificamos que esta exposição é potencial para discutir os aspectos de não linearidade, progressividade e provisoriedade da área de História da Ciência. De acordo com Santos, Maia e Justi (2020) a não linearidade representa os diversos caminhos que são tomados no desenvolvimento do conhecimento científico, incluindo os resgates de ideias apresentadas em pesquisas anteriores, os imprevistos e as mudanças nas pesquisas que ocorrem ao longo do tempo. A progressividade e provisoriedade representam, respectivamente, o processo pelo qual um determinado conhecimento científico foi produzido, comunicado, avaliado, revisado e validado, de maneira gradativa ao longo do tempo, e a ocorrência de mudanças em um determinado conhecimento científico ao longo do tempo, havendo o abandono de algumas

⁴Link da exposição: <https://artsandculture.google.com/story/nAURM3uhEer-Jw?hl=pt-BR>



ideias em detrimento de novas construções. Estes aspectos podem ser discutidos a partir da análise de como o conhecimento no campo de física de partículas foi se desenvolvendo ao longo do tempo frente às contribuições de cientistas de diversas épocas. A exposição menciona diversas contribuições (Thomson e seu assistente Ebenezer Everett, Rutherford e Niels Bohr, George Rochester e Clifford Butler, Paul Dirac, entre outros cientistas) para o desenvolvimento do conhecimento sobre as partículas e seus comportamentos. Essas contribuições podem ser destacadas na discussão sobre como a construção do conhecimento científico não é linear (resgate de ideias anteriores), como ideias são abandonadas/modificadas ao longo do tempo e como o desenvolvimento do conhecimento demanda tempo.

O aspecto de influência histórica da área de História da Ciência e o aspecto de influência sociopolítica da área de Sociologia da Ciência também foram identificados na exposição. De acordo com Santos, Maia e Justi (2020), a influência histórica discute as influências que o contexto histórico pode sofrer e/ou exercer em relação aos processos de produção e uso de determinado conhecimento científico ao longo do tempo. A influência sociopolítica, como mencionado na exposição anterior, discute as influências que a sociedade, na qual os cientistas estão inseridos, e a política podem sofrer e/ou exercer durante o processo de produção do conhecimento científico. A influência histórica e a sociopolítica podem ser discutidas a partir da relação do contexto histórico, social e político com o desenvolvimento do conhecimento científico. Nesse caso, por exemplo, o aspecto influência histórica pode ser explorado a partir das informações que a exposição apresenta sobre a influência do conhecimento sobre física de partículas durante o século 20, no período de Guerra Fria. A exposição enfatiza que a física de partículas foi uma ferramenta chave da estratégia da Guerra Fria, visto que era um símbolo de proeza econômica e tinha aplicações na pesquisa de armas. Além disso, o aspecto de influência sociopolítica pode ser discutido a partir do impacto da descoberta de Thomson na indústria eletrônica, desencadeando uma revolução do consumidor na tecnologia.

Outro aspecto identificado foi aceitabilidade da área Sociologia da Ciência, que discute como o conhecimento é produzido, comunicado, avaliado, revisado e validado pelos cientistas para que seja aceito como científico (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020). A aceitabilidade pode ser abordada a partir de informações expostas sobre a comunicação de descobertas e a maneira que a comunidade científica as recebe. Por exemplo, é apresentada a informação que quando Paul Dirac previu a existência de antimatéria – uma “imagem espelhada” da matéria comum – em 1928, poucos cientistas o levaram a sério. Apenas em 1932, após a divulgação de uma fotografia tirada por Carl Anderson, que foi constatado que Dirac estava certo. Outro aspecto que pode ser discutido a partir da exposição “um mundo de partículas” do Science Museum é representação da área de Psicologia da Ciência, o qual discute a capacidade que um cientista possui de expressar uma ideia, seja de forma verbal, visual, matemática ou outra (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020). Este aspecto pode ser contemplado a partir da informação e representação de átomo do modelo atômico de Rutherford apresentados na exposição.

O Museo Della Radiologia apresenta quatro exposições no Google Arte e Cultura. Selecionamos uma exposição após visitar todas disponíveis. A exposição selecionada foi a “Wilhelm Conrad Rontgen: a descoberta dos raios X”⁵, esta exposição apresenta informações sobre a descoberta dos raios X pelo cientista, focando principalmente no experimento envolvido em tal descoberta. Assim como na exposição “Perto do Osso: Wilhelm Rontgen, físico de celebridades”, identificamos que o aspecto credibilidade, da área Sociologia da

⁵ Link da exposição: <https://artsandculture.google.com/story/owVhLEpyGf0FIA?hl=pt-BR>



Ciência poderia ser discutido a partir da informação sobre o Prêmio Nobel de física que Wilhelm Rontgen recebeu em 1901.

O German Rontgen Museum apresenta no Google Arte e Cultura apenas a exposição “Raio X: uma descoberta fascinante que mudou o mundo”⁶, esta exposição apresenta informações sobre a descoberta dos raios X e sua aplicação, principalmente, na área médica. Identificamos que o aspecto de influência histórica da área de História da Ciência e o aspecto de influência sociopolítica da área de Sociologia da Ciência poderiam ser discutidos a partir da exposição. Assim como dito nas exposições anteriores, estes aspectos podem ser discutidos a partir da relação do contexto histórico, social e político com o desenvolvimento do conhecimento científico. Nesse caso, por exemplo, o aspecto influência histórica pode ser explorado a partir da informação que a exposição apresenta sobre como a maioria dos físicos da época de Rontgen estudava descargas elétricas em tubos de vácuo de vidro. Essas informações podem contribuir para resgatar os principais acontecimentos na Europa no final do século XIX e estimular/instigar a proposição de relações entre estes e os estudos sobre descargas elétricas no período. Além disso, o aspecto de influência sociopolítica pode ser discutido a partir das informações apresentadas na exposição sobre o uso dos raios X na medicina (radiografias de ferimentos, radiografias para tratamento de tuberculose, radioterapia no tratamento de tumores). Ainda na exposição “Raio X: uma descoberta fascinante que mudou o mundo”, é possível discutir o aspecto progressividade da área de História da Ciência. Este aspecto pode ser discutido a partir da análise de como o conhecimento sobre os raios X foi se desenvolvendo ao longo do tempo a partir de estudos e aplicações mencionados na exposição, assim como instruído na exposição “Perto do Osso: Wilhelm Rontgen, físico de celebridades” do Science Museum.

O Musée Curie apresenta no Google Arte e Cultura 11 exposições. Após visitar todas, selecionamos seis exposições que apresentaram potencialidade de discussão de aspectos de NdC em aulas de química. Além disso, o Musée Curie possui seu próprio site em que são disponibilizadas outras exposições e histórias relacionadas à família Curie. A primeira exposição selecionada foi “Descubra a incrível vida e obra de Marie Curie”⁷, esta exposição apresenta informações sobre a vida de Marie e Pierre antes e após se conhecerem, além do trabalho científico desenvolvido no campo da radioatividade. Identificamos nesta exposição seis aspectos, sendo eles: não linearidade, progressividade, provisoriade, limitação, credibilidade e interação entre cientistas. Pela limitação de espaço, e por não terem aparecido em outras exposições, selecionamos os aspectos limitação da área de Psicologia da Ciência e o aspecto interação entre cientistas da área Sociologia da Ciência para a discussão neste trabalho. De acordo com Santos, Maia e Justi (2020) a limitação discute como, devido a fatores internos e/ou externos, um cientista pode vivenciar dificuldades, ou mesmo se encontrar impossibilitado de dar continuidade ao processo de produção e uso de determinado conhecimento científico. A limitação pode ser discutida a partir dos momentos em que as exposições, principalmente a do próprio site do Musée Curie, mencionam as condições em Marie e Pierre desenvolveram o trabalho sobre radioatividade. O aspecto interação entre cientistas discute os diferentes modos de interação entre cientistas, por exemplo, parcerias, contribuições, discordâncias e disputas durante o processo de produção do conhecimento científico (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020). A interação entre cientistas pode ser discutida

⁶ Link da exposição: <https://artsandculture.google.com/story/fQVBTDUiDoqWKw?hl=pt-BR>

⁷Link da exposição: https://artsandculture.google.com/story/KAVBRtM_cxEA8A?hl=pt-BR



partindo das menções às diversas parcerias mencionadas na exposição e sobre o funcionamento/características delas.

Outra exposição selecionada foi “Os Curies e a Descoberta do Rádio”⁸, esta exposição introduz brevemente a descoberta dos “raios de urânio” por Henri Becquerel e em seguida, é introduzido o trabalho de Marie Curie, cujo foco era os raios de urânio. Além disso, a exposição apresenta informações sobre o método Curie. Identificamos oito aspectos passíveis de discussão nesta exposição, sendo eles: influência histórica, influência sociopolítica, inteligência, objetividade, criatividade, não linearidade, progressividade e provisoriedade. Pelas mesmas razões do caso anterior, selecionamos os aspectos inteligência, objetividade e criatividade da área de Psicologia da Ciência para discussão neste trabalho. O aspecto inteligência discute características intelectuais de um cientista relacionadas ao como ele compreende, relaciona e faz escolhas relacionadas a determinado conhecimento científico durante os processos de produção e uso do mesmo (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020). As autoras destacam que o aspecto objetividade discute como um cientista pode pensar e agir de maneira direta, ou seja, ser focado em uma meta durante os processos de produção e uso do conhecimento científico. E o aspecto criatividade discute a capacidade que um cientista possui para criar, produzir e/ou inventar algo novo, bem como inovar a partir de algo que exista anteriormente, durante os processos de produção e uso de determinado conhecimento científico. Estes três aspectos podem ser discutidos a partir da análise do impacto da definição do objetivo por Marie Curie em sua pesquisa e nos resultados oriundos dela. A análise pode ser potencializada propondo cenários a serem discutidos, por exemplo, Marie Curie estava interessada em discutir a natureza dos “raios de urânio” ao invés da especificidade deles, o que isto poderia gerar como resultados? Esta linha de pesquisa é diferente ou parecida com a que outros cientistas estavam fazendo?

A terceira exposição selecionada no Musée Curie foi “Como os Curies Mediram a Radioatividade”⁹, esta exposição apresenta fotos e explicações sobre o funcionamento do método Curie, abordando o princípio da técnica e os instrumentos usados na mesma. Identificamos a possibilidade de discutir o aspecto criatividade da área de Psicologia da Ciência, a partir da análise do impacto do incremento do quartzo piezoelétrico no método de medição da radiação, sendo este destacado na exposição devido a sua importância na aquisição de dados mais precisos da medida de radioatividade.

Outra exposição selecionada no Musée Curie foi “A Caixa de Chumbo e o Grana de Rádio”¹⁰, esta exposição apresenta detalhes sobre o grama de rádio que Marie Curie recebeu de mulheres americanas após campanha para arrecadar dinheiro realizada pela jornalista Marie Meloney. Identificamos a possibilidade de discussão de dois aspectos de NdC: fonte de financiamento da área de Economia da Ciência e credibilidade da área de Sociologia da Ciência. De acordo com Santos, Maia e Justi (2020) o aspecto fonte de financiamento discute as instituições responsáveis pelo financiamento de pesquisas científicas. Este aspecto pode ser discutido a partir da campanha de arrecadação mencionada na exposição e seu impacto nas pesquisas realizadas por Marie Curie após o recebimento do grama de rádio. O aspecto credibilidade pode ser discutido a partir da campanha ao redor da imagem de Marie Curie realizada pela jornalista Marie Meloney. Dessa forma, a exposição possibilita relacionar o *status* dos cientistas com o financiamento que eles podem receber ou não para suas pesquisas.

⁸ Link da exposição: <https://artsandculture.google.com/story/cwWhPvQ8ICW3KA?hl=pt-BR>

⁹ Link da exposição: https://artsandculture.google.com/story/BwWx_qy57jACKQ?hl=pt-BR

¹⁰ Link da exposição: <https://artsandculture.google.com/story/ogVxom1aXb5nJw?hl=pt-BR>



A quinta exposição selecionada foi “A Curieterapia de Contato (braquiterapia)”¹¹, esta exposição apresenta o uso e aplicações do rádio no tratamento de tumores, cânceres e ferimentos. Identificamos que o aspecto influência histórica da área de História da Ciência poderia ser discutido a partir da exposição, uma vez que são apresentadas informações sobre a importância da Primeira Guerra Mundial no desenvolvimento do uso terapêutico da radioatividade. Por fim, a última exposição selecionada foi “As Fontes de Rádio”¹², esta exposição apresenta o uso e aplicações do rádio na sociedade, sendo assim identificamos que o aspecto influência sociopolítica da área de Sociologia da Ciência pode ser discutido a partir da exposição.

Considerações finais

Autores discutem que as exposições virtuais podem levar o visitante a refletir sobre o objeto ou acervo exposto e discutir temáticas relativas à cultura e história de forma mais interativa, livre e acessível (SARTORI, 2006; VASCONCELOS, 2014). Considerando as vantagens que a aprendizagem relacionada à Natureza da Ciência (NdC) pode proporcionar e a importância de trabalhar os aspectos de NdC de forma contextualizada (ALLCHIN, 2013), enxergamos nos museus virtuais de ciência a possibilidade de discutir NdC de forma contextualizada utilizando suas exposições virtuais, tendo a possibilidade de explorar os objetos e informações expostos nesses espaços.

Os museus de ciência selecionados apresentavam vários recursos a serem explorados, tanto no Google Arte e Cultura quanto nos próprios sites: fotos, documentos, textos, história em quadrinhos, exposições virtuais etc. Podemos utilizar diversos destes recursos como a ampliação de imagens e visita pelo Street View com a intenção de explorar ao máximo as possibilidades de discussão de NdC, uma vez que os objetos expostos no museu, discutidos a partir da abordagem histórica facilitam o entendimento do processo de construção de conhecimento científico (VALENTE, 2005).

Tendo em vista que este trabalho teve por objetivo analisar as potencialidades das exposições virtuais de museus de ciência para as discussões de aspectos de NdC, e considerando os resultados apresentados, sinalizamos que as exposições virtuais selecionadas podem contribuir para a discussão de diversos aspectos de NdC. Percebemos a possibilidade de discussão de quinze aspectos de NdC, dentre eles: aplicabilidade, aceitabilidade, representação, criatividade, limitação, inteligência, objetividade, influência sociopolítica, credibilidade, interação entre cientistas, fonte de financiamento, influência histórica, não linearidade, progressividade e provisoriade. Estes estando atrelados a quatro áreas de conhecimento, sendo elas: Psicologia da Ciência, Sociologia da Ciência, Economia da Ciência e História da Ciência.

Um ponto importante a se ressaltar é que a possibilidade de discussão destes diferentes aspectos precisa ser mediada. A mediação realizada por um professor possibilita a reflexão do estudante sobre o que viu/leu na exposição ou no site do museu. A partir desta reflexão, as discussões envolvendo NdC tornam-se possíveis de acontecer de uma forma mais orgânica. Assim, apenas a visita por si só não é o suficiente para despertar questionamentos por parte do estudante a respeito de NdC, ou seja, as exposições têm potencialidades, mas elas são intensificadas com o auxílio do professor. Nesse sentido, destacamos que uma limitação deste trabalho é avaliar as potencialidades de forma teórica, respalda apenas pela literatura, e que

¹¹ Link da exposição: <https://artsandculture.google.com/story/9AUhgesyI5QKJw?hl=pt-BR>

¹² Link da exposição: <https://artsandculture.google.com/story/YwVBoxBTM9tcIg?hl=pt-BR>

novos estudos são necessários para uma melhor compreensão do potencial de exposições científicas virtuais para o processo de aprendizagem de aspectos de natureza da ciência por estudantes.

Referências

- ALLCHIN, D. (2013). **Teaching the nature of science: Perspectives and resources**. St. Paul, SHiPS Education Press.
- CAZELLI, S.; VALENTE, M. E. INCURSÕES SOBRE OS TERMOS E CONCEITOS DA EDUCAÇÃO MUSEAL. **Revista Docência e Cibercultura**, v. 3, n. 2, p. 18–40, 31 ago. 2018.
- CHAGAS, I. Aprendizagem não formal/formal das ciências: Relações entre museus de ciência e escolas. **Revista de Educação**, v. 3, n. 1, p. 51–59, 1993.
- DUMBRA, C. N. P. **MUSEU VIRTUAL INTERATIVO: PERSPECTIVAS DE APROPRIAÇÃO POR PROFESSORES EM SUAS PRÁTICAS PEDAGÓGICAS COM CRIANÇAS**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Uberlândia. 2013
- FIEDLER, R. **MUSEU VIRTUAL DE QUÍMICA PROFESSOR ATHOS DA SILVEIRA RAMOS**. Monografia de Especialização - Museu da Vida - Casa De Oswaldo Cruz - Fundação Oswaldo Cruz, Divulgação da Ciência, da Tecnologia e da Saúde. Rio de Janeiro, 2010.
- GASPAR, A. **Museus e Centros de Ciências - conceituação e proposta de um referencial teórico**. Tese de Doutorado. FE – USP, São Paulo, 1993.
- MARANDINO, M. INTERFACES NA RELAÇÃO MUSEU-ESCOLA. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 1, p. 85–100, abr. 2001.
- RAMEY-GASSERT, L.; WALBERG III, H. J.; WALBERG, H. J. Reexamining connections: museums as science learning environments. **Science Education**, v. 78, n. 4, p. 345–363, 1994.
- SANTOS, M. A. R. DOS; MAIA, P. F.; JUSTI, R. Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 581–616, 15 jul. 2020.
- SARTORI, A. S. et al. **Museus Virtuais: Memória E Educação Em Tempos De Ciberespaço**. Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. **Anais...** In: INTERCOM JÚNIOR – JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM COMUNICAÇÃO. 2006. Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2006/resumos/R1490-1.pdf>>. Acesso em: 31 dez. 2021
- SARTORI, A. S.; ROESLER, J. IMAGENS DIGITAIS, CIBERCULTURA E DESIGN EM EAD. **Revista Digital de Tecnologia Educacional e Educação a Distância**, v. 2, n. 1, 2004.
- VALENTE, M. E. A. O Museu de Ciência: espaço da história da ciência. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, n. 1, p. 53–62, abr. 2005.
- VASCONCELOS, K. C. **AS PRÁTICAS EDUCATIVAS DIGITAIS NOS MUSEUS VIRTUAIS**. Dissertação de Mestrado - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. 2014.