

Artigo

Uma Exposição Científica para se “Apaixonar pela Química”: Um Estudo sobre o Papel dos Objetos Expositivos

Lopes, M. J. M.; Francisco Junior, W. E.*

Rev. Virtual Quim., 2021, 13 (2), no prelo. Data de publicação na Web: 3 de Fevereiro de 2021

<http://rvq.s bq.org.br>

A Scientific Exhibition to Fall in Love with Chemistry: A Study about the Role of the Objects

Abstract: The encouragement and the access to Science have been both intensively discussed among educators, especially among those who defend scientific knowledge as fundamental for a full citizenship. In this sense, exhibitions, museums and others Science popularization activities play a central role for the population. They can provide contemplative feelings, stimulate the reasoning and foster interactivity. From that, this work reports the planning and development of a scientific exhibition called "A Chemist in Love" conducted with 28 chemistry students from a Brazilian public university. The objects were designed and developed specifically for the exhibition inspired from a poem with the same title. The research aims were: i) to investigate the role of the objects exposed on the poem interpretation; and ii) to assess the exhibition objects from the participants' point of view. The exhibition fostered the interactions between participants in different ways, indicating an engagement factor. This engagement is probably associated with a good reception and understanding of the objects, as well as the relationships between them and the poem. This consideration is based on the evaluations of the objects by the public.

Keywords: Science popularization; poem; chemistry teaching.

Resumo

O incentivo e a ampliação do acesso à ciência são temas de intensa discussão entre educadores, especialmente entre aqueles que defendem o conhecimento científico como fundamental para o exercício pleno da cidadania. Nessa direção, ocupam papel fulcral as mostras, museus e demais atividades de divulgação da ciência, as quais se configuram também como fonte de contemplação, estímulo ao raciocínio e interatividade. Assim, neste trabalho é relatado o planejamento e o desenvolvimento da exposição científica denominada “Químico apaixonado”, realizada com 28 estudantes de química de uma universidade pública brasileira. Todo o conjunto expositivo foi desenvolvido especificamente para este estudo a partir de um poema com título homônimo. Os objetivos de pesquisa foram: i) investigar o papel dos objetos expositivos na interpretação do poema pelos participantes e; ii) avaliar os materiais expositivos sob o ponto de vista dos participantes. A exposição permitiu diferentes interações dos participantes, sendo este um fator de engajamento. Tal fator está provavelmente associado à boa recepção e à compreensão dos objetos expositivos, bem como a capacidade de associá-los aos versos do poema. Esta consideração tem por base a avaliação do conjunto expositivo realizada pelo público participante.

Palavras-chave: Divulgação Científica; poema; ensino de química.

* Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Av. Manoel Severino Barbosa, Bom Sucesso, CEP 57309-005, Arapiraca-AL, Brasil.

 wilmojr@bol.com.br
DOI: [10.21577/1984-6835.20200159](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200159)

Uma Exposição Científica para se “Apaixonar pela Química”: Um Estudo Sobre o Papel dos Objetos Expositivos

Márcio José de Moraes Lopes,^{a,b}  Wilmo Ernesto Francisco Junior^{c,*} 

^a Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Av. Lourival Melo Mota s/n, Tabuleiro do Martins, CEP 57072-900, Maceió-AL, Brasil.

^b Instituto Federal de Alagoas/IFAL, Campus Maceió, Av. do Ferroviário, 530 - Centro, Maceió - AL, 57020-600, Maceió-AL, Brasil.

^c Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Av. Manoel Severino Barbosa, Bom Sucesso, CEP 57309-005, Arapiraca-AL, Brasil.

*wilmojr@bol.com.br

Recebido em 26 de Março de 2020. Aceito para publicação em 23 de Novembro de 2020.

1. Introdução

2. Metodologia

2.1. Planejamento e desenvolvimento da exposição

2.2. Coleta e análise dos dados

3. Resultados e Discussão

4. Considerações Finais

1. Introdução

O incentivo e a ampliação do acesso à ciência são temas de intensa discussão entre educadores, especialmente entre aqueles que defendem o conhecimento científico como fundamental para o exercício pleno da cidadania. A divulgação científica é, assim, um campo que precisa de expansão entre os próprios cientistas, pois no mundo contemporâneo, marcado pelo advento da ciência e tecnologia, ganha relevância o melhor entendimento sobre a construção do conhecimento científico por parte dos cidadãos.¹ Nessa direção, os espaços educativos não formais vêm se configurando em importantes nichos para a ampliação do acesso à cultura científica, bem como o foco de investigações diversas. Espaços educativos não formais podem ser compreendidos

como todos aqueles que se preocupam com a comunicação do conhecimento.² Em outras palavras, no seu bojo está a ampliação do acesso à cultura e ao conhecimento, de modo a atingir um variado público.

Em geral, tais espaços são instituições, como os museus, de caráter permanente, abertas ao público e onde se conservam, pesquisam, divulgam e expõem testemunhos materiais e imateriais relacionados com a ciência, educação e lazer.³ Gohn⁴ amplia a concepção de educação não formal, advogando sobre as várias dimensões deste processo. Para a autora, a educação não formal pode estar relacionada em diferentes contextos, tais como a aprendizagem política dos direitos dos indivíduos como cidadãos; capacitação para o trabalho, por meio de aprendizagem de habilidades; aprendizagem e exercício de práticas coletivas com objetivos voltados para a solução de problemas;

aprendizagem dos conteúdos da escolarização formal de modos diferenciados; educação desenvolvida na e pela mídia, dentre outros.

Logo, a educação não formal pode situar-se em diferentes espaços e contextos, como parques, bibliotecas, a partir de visitas técnicas em indústrias, centros de pesquisa ou espaços interativos comunitários. No cenário atual, são reconhecidos como locais que permitem significativa interação social entre os visitantes, participação ativa e ricas experiências afetivas, culturais e cognitivas.⁵

Nascimento e Ventura⁶ pontuam que os espaços não formais passaram por transformações ao longo do tempo que incluem: i) a presença de novas tecnologias comunicacionais; ii) a necessidade de uma nova organização quanto aos objetivos, procura e definição de públicos; iii) a busca de uma nova linguagem que realize uma síntese do conhecimento científico e tecnológico capaz de atrair o público; iv) o confronto às diferentes questões econômicas que fazem dos museus empresas de cultura e lazer e; v) as novas concepções dos espaços museográficos internos e externos. Ainda para Nascimento e Ventura⁶, o princípio de construção de qualquer prática museológica e museográfica pressupõe a classificação e a exposição dos objetos. A museologia procura assim estabelecer uma comunicação entre o objeto e o visitante por meio da apresentação social e da interpretação de problemas contemporâneos.

Para Marandino,⁷ os objetos em exposição são “elementos centrais e a alma dos museus, sendo também fonte de contemplação e interatividade” (p. 20). Neste sentido, o seu acesso nas ações educativas dos museus é primordial, propiciando sentido e viabilizando leituras sobre estes. Os objetos têm papel central na curiosidade, estímulo, questionamento, reconstrução de ideias e partilha de experiências pessoais.⁸ Podem sensibilizar, fomentar interações, além de proporcionar aprendizagens diversas, sejam de aspectos históricos, sociais, técnicos, artísticos e científicos. Sob esta perspectiva, a produção de materiais didáticos e a preocupação com os objetos em exposição ganham relevo, pois toda exibição se organiza a partir daquilo que será exposto. Uma exposição pode ser compreendida como o espaço de encontro entre sujeito (visitante) e objetos (conjunto expositivo). Numa concepção mais ampla e atual configura-se no encontro entre a sociedade e

seu patrimônio.⁸ Para tanto, as exposições dispõem de variados recursos, um conjunto expositivo, que pode reunir guias, cartazes, modelos, réplicas, experimentos, textos, dispositivos tecnológicos dentre muitos outros.

Ganham relevância, portanto, estudos que enfoquem os objetos em exposição e como o público visitante interage e avalia estes materiais. Informações estas que podem ajudar a reorganizar as práticas educativas nestes espaços. Marandino et al.³ reconhecem a importância e, ao mesmo tempo, as incipientes pesquisas que se debruçam sobre a análise e avaliação destes materiais. Assim, este trabalho relata o planejamento, desenvolvimento e avaliação da exposição científica denominada “Químico apaixonado”, cujos objetos expositivos foram elaborados especificamente para este estudo a partir de um poema de título homônimo. Para tanto, os objetivos de pesquisa foram: i) investigar o papel dos objetos expositivos na interpretação do poema pelos participantes e; ii) a avaliar os materiais expositivos sob o ponto de vista dos participantes.

2. Metodologia

2.1. Planejamento e desenvolvimento da exposição

A exposição planejada nesta pesquisa foi organizada com base no poema de título homônimo “Químico Apaixonado” (Figura 1) publicado por Francisco Junior.⁹ O poema foi escrito com o uso de simbologias científicas que juntamente às palavras buscam instigar reflexões, mas, ao mesmo tempo, exigem dos leitores um conhecimento específico para a produção de sentidos.

A exposição constituiu-se de quatro estações em que os objetos expositivos representavam os versos mais concretos do poema. Todos os objetos, planejados em conjunto pelos autores, foram concebidos especificamente para a exposição. A confecção dos materiais foi realizada pelo primeiro autor do trabalho e sua montagem é descrita detalhadamente em Lopes.¹⁰ O intuito da exposição foi envolver os estudantes na interpretação dos aspectos científicos, interligando o poema com os objetos a serem manipulados.

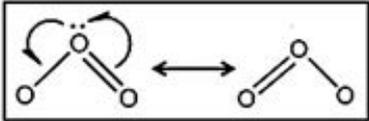


Químico Apaixonado



Sua presença é " $C_2H_5OH_{(l)} + 3 O_{2(g)} \rightarrow 2 CO_{2(g)} + 3 H_2O_{(l)}$ " () de sentimento

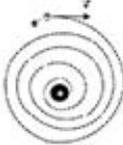
É explosão de " $C_6H_{12}O_6_{(aq)} + 6 O_{2(g)} \rightarrow 6 CO_{2(g)} + 6 H_2O_{(l)} + ATP$ " ()

É  () de pensamento

Sinergia

Sua ausência, meu desalento

" $4 Fe_{(s)} + 3 O_{2(g)} \rightarrow 2 Fe_2O_3_{(s)}$ " () o meu ser

Um modelo incompleto,  ()

Impede-me de viver

Morte em pleno deserto

Figura 1. Poema utilizado como base para o planejamento da exposição e apresentado com as lacunas para os participantes interpretarem os símbolos e versos. Fonte: Os autores

Cada estação era formada por uma mesa sob a qual se encontravam os objetos expositivos (incluindo os materiais para experimentos) e um banner ilustrativo. Sobre a mesa também se encontravam, no formato de um folhetim, instruções para o manuseio de cada objeto/experimento, exemplificado pela Figura 2. Os banners exibiam uma fotografia alusiva ao fenômeno a ser analisado em cada estação, bem como os versos em lacuna do poema aos quais a estação correspondia.

A primeira estação (Figura 3) enfocou uma reação de combustão em que os visitantes poderiam evidenciar o fenômeno e suas características, como a liberação de energia e a formação da água. Para tanto, um pedaço de algodão era embebido em etanol dentro de um copo de vidro, sendo na sequência transportado com auxílio de uma pinça para um prato de vidro temperado.

O algodão era incendiado com auxílio de um palito para churrasco em procedimento supervisionado por um dos pesquisadores, responsável por manipular o fogo. O último passo era tapar o algodão em chamas com um béquer, o que provocava o umedecimento das paredes do béquer e a extinção da chama.

A segunda estação (Figura 4) retratou o fenômeno de ressonância a partir de um pêndulo oscilante, composto por duas esferas (bolas de sinuca) presas verticalmente por fios de nylon a uma haste metálica. Os fios que prendiam as esferas eram interconectados horizontalmente entre si por outro fio de nylon (Figura 4B). A haste foi formada por canos de alumínio em formato de "U" invertido tendo como suporte uma placa de madeira MDF (dimensão de 25 cm x 60 cm e espessura de 1,5 cm), previamente perfurada para a fixação da haste de alumínio. A manipulação do objeto é feita pela oscilação em linha frontal de uma das esferas.

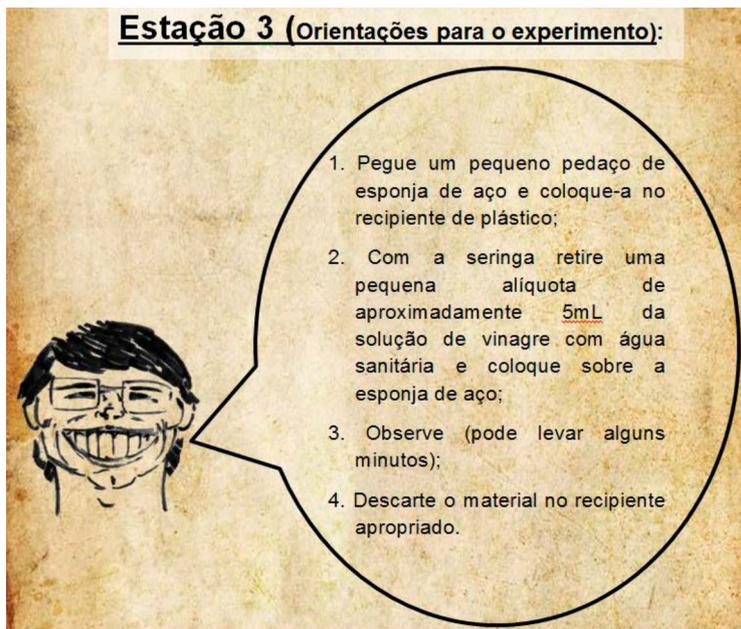


Figura 2. Exemplo das orientações contidas para a interação dos visitantes com o objeto da estação 3. Fonte: Os autores

Neste pêndulo é demonstrada a troca de energia entre dois corpos quando um deles oscila. À medida que o movimento oscilatório da primeira esfera diminui, a energia é transferida para a segunda esfera, que inicia sua oscilação. O ciclo se repete por algumas vezes, a depender da altura inicial do

pêndulo. O objeto é uma analogia entre fenômenos de ressonância entre pêndulos e elétrons em uma ligação química. Tal analogia balizou as primeiras tentativas de explicação da troca de energia entre elétrons no átomo, culminando na deslocalização de elétrons numa estrutura química.⁹



Figura 3. Fotografia da estação 1 – combustão do etanol em algodão. Fonte: Os autores

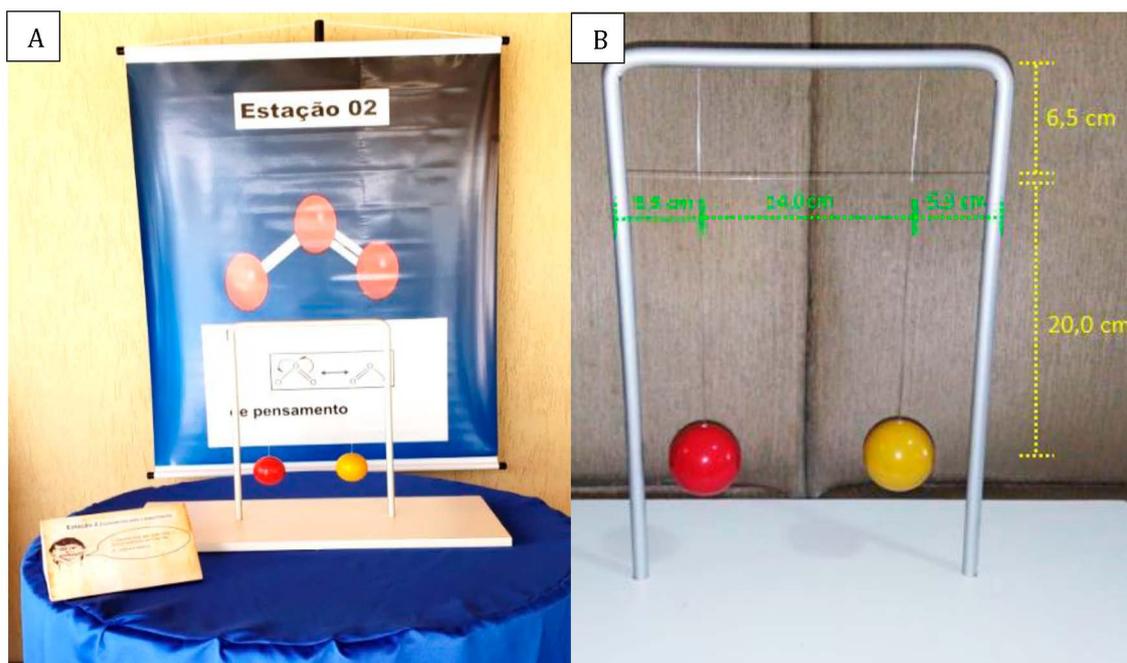


Figura 4. Fotografias da estação 2 (A) – pêndulo ressonante com detalhes para a montagem do pêndulo (B). Fonte: Os autores.

Na estação seguinte (Figura 5), os participantes interagiram com um experimento de oxidação do ferro que consistia na imersão de pequeno pedaço de esponja de aço numa solução de duas partes de água sanitária e uma parte de vinagre. Para tanto, um pequeno pedaço da esponja de aço era introduzido

em um copo plástico transparente do tipo de café (volume de 50mL). Em seguida, com auxílio de uma seringa, uma alíquota de aproximadamente 5mL da solução oxidante era adicionada à esponja de aço. Em poucos segundos, a oxidação se iniciava, ficando evidente a formação avermelhada da ferrugem.



Figura 5. Fotografia da estação 3 – oxidação da esponja de aço. Fonte: Os autores

Por fim, a última estação (Figura 6) representava o colapso do elétron (uma limitação do modelo atômico proposto por Rutherford). Este simulava a atração entre elétrons e núcleo devido às forças coulômbicas. O objeto é composto de uma representação do átomo, com órbita em espiral e núcleo positivo, bem como esferas metálicas de rolamento (representando elétrons). Este objeto foi o de maior dificuldade de produção. Um círculo de alumínio de diâmetro de 40 cm foi cortado no sentido de seu raio formando um cone de inclinação mínima (quase imperceptível a olho nu) e fixado em um pedaço de madeira MDF (30 cm x 60 cm e espessura de 1,5 cm). O metal foi pintado e nele foi desenhado um tracejado para representar o espiral e o núcleo com um símbolo positivo. No centro do círculo de alumínio, abaixo da madeira, foi fixado um potente ímã de neodímio. Ao lado do círculo foi construído um apoio que funcionou como rampa de acesso das esferas à placa de alumínio. As esferas metálicas, quando soltas nas canaletas de cor amarela, são direcionadas até o “átomo”, entrando em um movimento circular e sendo atraídas para o centro devido à leve inclinação e à atração do ímã.

Após a confecção do conjunto expositivo foi então planejada e executada a exposição. O público-alvo foi a comunidade (estudantes e professores) de uma universidade pública federal, tendo ocorrido durante um dia (manhã e tarde) e organizada a partir de três espaços/momentos. No primeiro deles, o texto, conforme o original, foi distribuído entre os participantes para que todos lessem e tivessem um contato prévio. Também foi entregue uma segunda folha, que continha o poema e lacunas para que os participantes anotassem sua interpretação das representações e equações (Figura 1). O intuito foi avaliar a primeira interpretação do poema, baseada no conhecimento prévio de cada um.

Somente após a leitura e preenchimento das lacunas, os visitantes percorriam a exposição em si, realizando os experimentos quantas vezes quisessem. O percurso não seguiu uma ordem e não teve processo de mediação verbal. Todavia, dois pesquisadores observadores fizeram registros das interações entre os estudantes e os objetos, assim como auxiliavam, se necessário, os procedimentos de manuseio. A duração do percurso teve em média 60 minutos. Passaram

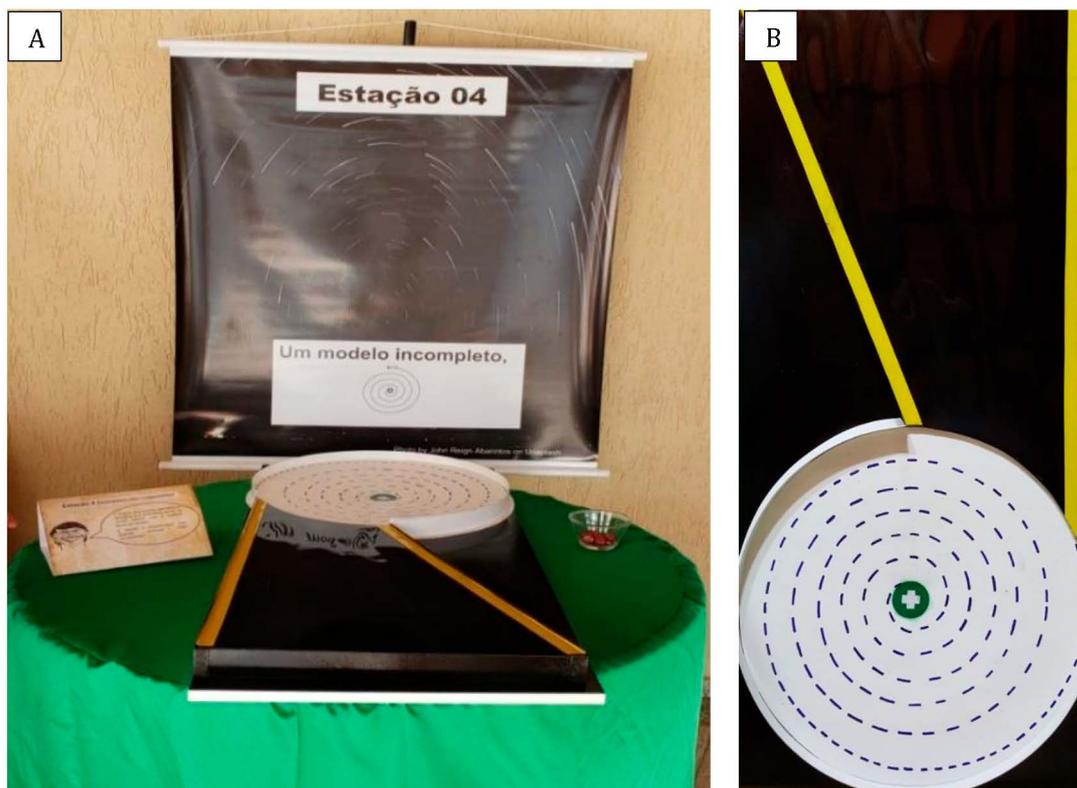


Figura 6. Fotografias da estação 4 (A) – colapso do elétron e do objeto criado (B) para a exposição.
Fonte: Os autores

pelo conjunto expositivo cerca de 50 pessoas. Todavia, a pesquisa foi realizada com um público de 28 estudantes, todos de um curso de Licenciatura em Química, que percorreram todos os espaços e se disponibilizaram a contribuir com este estudo. Na última etapa, os participantes da pesquisa avaliaram suas respostas acerca da interpretação do poema, podendo modificá-las, mantê-las ou respondê-las para o caso de quem havia deixado em branco no primeiro momento. Também responderam a um instrumento de avaliação da exposição como um todo e de cada objeto separadamente.

2.2. Coleta e análise dos dados

O presente estudo configura-se em uma pesquisa exploratória de natureza empírica qualitativa. Estudos exploratórios baseiam-se na aproximação inicial a um fenômeno sob investigação de interesse novo ou relativamente pouco explorado.¹¹ Para se investigar a influência do conjunto expositivo na interpretação do poema, foram empregados os registros escritos dos participantes a partir do poema fornecido com as lacunas para preenchimento, conforme já apresentado (Figura 1). Os participantes propuseram a interpretação dos versos antes e após a visita (poderiam modificar as respostas). As respostas foram analisadas com base no seu conteúdo, comparando-se o preenchimento antes e após a visita. Os dados foram apresentados em termos de valores absolutos e percentual e interpretados de modo descritivo.

O comportamento de interação dos estudantes durante a exposição, que permite inferir sobre o engajamento e interesse proporcionado, foi investigado a partir de observações de campo em que foram registradas as ações dos participantes ao longo do percurso. O registro foi realizado por dois pesquisadores, responsáveis por duas estações cada. Tais estações encontravam-se posicionadas próximas uma da outra, permitindo a observação simultânea de ambas, bem como a escuta de diálogos entre os estudantes. Os registros foram então empregados para a avaliação do comportamento do público em relação a cada objeto, em especial o tempo médio gasto em cada estação, se realizavam e repetiam os experimentos, se discutiam entre si os resultados ou se apenas observavam, bem como os seus comentários.

Estes registros permitiram a triangulação dos dados com a avaliação da exposição realizada pelos próprios participantes. Para esta avaliação foi empregado um questionário contendo questões abertas e fechadas em escala de intensidade. Neste questionário eles deveriam opinar e justificar qual dos objetos da exposição (ou estação) gostaram mais e aquele que gostaram menos, além de atribuir uma nota (0 a 10) a cada uma das estações. Também avaliaram o conjunto expositivo como um todo (de 0 a 10) e responderam sobre o nível de satisfação em relação à exposição. Para o nível de satisfação foram dispostas alternativas em escala de intensidade, variando de nada satisfeito, pouco satisfeito, indiferente, satisfeito e muito satisfeito, a partir da qual apenas uma opção era válida, além de ser solicitada suas justificativas. Por fim, cada participante deixou um comentário sobre a exposição. As respostas às questões fechadas foram contadas e apresentadas em termos de valores absolutos e representatividade percentual. As justificativas e comentários foram analisados a partir de seu conteúdo, basicamente em 3 etapas que compreendem pré-análise, exploração do material e interpretação dos dados de forma descritiva e interpretativa.¹²

3. Resultados e Discussão

Como já mencionado, inicialmente os estudantes realizaram uma interpretação do poema completando os versos concretos com palavras que julgassem adequadas. Conforme pode ser visto na Tabela 1, muitos estudantes não responderam num primeiro momento.

Segundo Francisco Junior,⁹ o poema pode ser assim interpretado (nesta versão, os versos originalmente representados por equações e símbolos são substituídos pela interpretação do autor e grafados em negrito): Sua presença é **combustão** de sentimento / É explosão de **energia** / É **ressonância** de pensamento / Sinergia / Sua ausência, meu desalento / **Corrói** (ou **oxida** ou **enferruja**) o meu ser / Um modelo incompleto, o **colapso do elétron** (ou **a morte do elétron**) / Impede-me de viver / Morte em pleno deserto.

Antes da exposição, os versos menos respondidos foram referentes às lacunas “colapso ou morte do elétron” (82%), “oxidação/enferruja/corrói” (61%) e “combustão” (57%). Ainda que o intuito não fosse uma resposta correta ou em

Tabela 1. Respostas apresentadas para a complementação do poema antes e após a participação na exposição

Verso	Não preencheram antes da exposição (quantidade/porcentagem)	Respostas antes da exposição (quantidade)	Respostas depois da exposição (quantidade)
Sua presença é...	16 (57 %)	Combustão: 5 Explosão: 3 Mistura: 2 Fonte de vida: 1 Reação química: 1 Energia: 9 Calor: 5 Bombardeio: 1 Combustão: 1 Desejos: 1 Sensações: 1 Ligação: 6 Troca: 4 Deslocamento: 2 Partilha: 1 Confusão: 1 Bombardeio: 1 Oxida: 7 Ferro: 2 Desestabiliza: 1 Que fere: 1 Atômico: 2 Atração: 1 Do meu coração: 1 Eletrização: 1	Combustão: 12 Chama: 7 Explosão: 1 * 4 mudaram a resposta Em branco: 8 Energia: 12 Calor: 3 Fotossíntese: 2 Transmissão: 1 * 6 mudaram a resposta Em branco: 10 Ligação: 14 Troca: 3 * 4 mudaram a resposta Em branco: 11 Oxida: 12 Enferruja: 8 Reação: 1 * 2 mudaram a resposta Em branco: 07 Atração: 22 Campo elétrico: 3 Magnético: 1 * 3 mudaram a resposta Em branco: 02
É explosão de...	10 (36 %)		
É...	13 (46 %)		
...o meu ser	17 (61 %)		
Um modelo incompleto,...	23 (82 %)		

Fonte: Os autores.

acordo ao poema original, mas sim provocar os estudantes a pensarem e elaborarem hipóteses, a elevada taxa de ausência de respostas revela que a maioria não dispunha de conhecimentos prévios que permitisse algum tipo de inferência sobre os versos. Em alguns casos, tal como o verso da combustão, o resultado é o preocupante, tendo em vista abarcarem noções básicas de ciências do ensino médio e mesmo do fundamental.

O verso menos respondido foi referente à estação do “colapso do elétron”, que exibiu uma representação (de espiral) pouco empregada em livros, o que pode ter dificultado a interpretação. O problema do colapso do elétron não é um tema simples, tendo colocado em xeque o uso da física clássica, no caso a atração eletrostática, para a estabilidade do átomo. Um elétron em movimento circular tenderia a perder energia até se chocar com o núcleo, inviabilizando o modelo de elétrons em órbitas ao redor do núcleo. Isso levou o próprio Niels Bohr a postular, sem uma

explicação mais detalhada, que o elétron só poderia assumir determinados valores de energia, bem como não perderia energia quando em seu estado estacionário. Por outro lado, o verso mais respondido foi referente à reação da glicose que trazia símbolos como ATP e foi associada à energia na maior parte das respostas. Já o verso “É ressonância de pensamento”, que exibiu a segunda maior taxa de resposta inicial, foi aquele em que os termos empregados mais se afastaram de um significado científico com o poema, evidenciando-se maior dificuldade em estabelecer essa relação, muito provavelmente em função do desconhecimento da representação.

Após a exposição, a taxa de respostas aumentou e grande parte dos estudantes foi capaz de propor termos adequados para os versos. Os versos que anteriormente apresentaram alta taxa de respostas em branco tiveram proposições que se assemelharam, de um modo geral, aos termos originalmente empregados no poema. O termo

combustão, por exemplo, foi empregado em 12 oportunidades. Já os termos “oxida” ou “enferruja” apareceram também de modo significativo, respectivamente em 12 e 8 ocasiões. No caso da última estação, em que apenas 5 respostas foram apresentadas inicialmente, o termo “atração” prevaleceu em 22 dos 28 participantes, provavelmente devido ao fenômeno de atração entre as esferas metálicas e o centro do objeto. Para os dois versos mais respondidos inicialmente (É explosão de energia / É ressonância de pensamento) não houve alteração significativa da taxa de respostas, mas estas se aproximaram do pensamento científico original. Esses resultados indicam a influência dos objetos expositivos na capacidade de inferência dos participantes.

Carvalho⁸ relata que uma das dificuldades do visitante em compreender as exposições decorre da falta da apresentação dos objetos e de atividades desvinculadas do seu interesse e entendimento. Nessa direção, embora não tenha havido mediação verbal na exposição, cada estação continha um banner indicando o verso ao qual o experimento correspondia. Os participantes poderiam assim inferir a associação entre o verso e o objeto. Ainda que a interpretação pudesse exigir outros conhecimentos, tal estratégia permitiu que as respostas apresentadas após a exposição apresentassem uma relação mais próxima de um sentido científico. Segundo Mcclafferty e Rennie,¹³ as relações de interação (verbais ou observando o que os outros fazem) que se estabelecem entre pares podem estimular outros tipos de interação com os objetos. As observações de campo denotaram justamente uma grande interação estabelecida entre os pares e com os objetos. Os estudantes propuseram ideias, discutiam entre si e checaram as informações. Todos os estudantes repetiram ao menos dois experimentos. A estação 4 foi aquela em que permaneceram o maior tempo em interação (mais de 10 minutos em algumas situações), bem como repetiram o experimento mais vezes, demonstrando significativo engajamento.

O engajamento em uma exposição é favorecido por experiências interativas que promovam participação nas atividades.¹⁴ Para Adams et al.,¹⁵ a interatividade é central desde que estimule uma variedade de respostas nos indivíduos, funcionando não como fim, mas como meio de proporcionar experiências de aprendizagem. Meisner et al.¹⁴ também sugerem que as influências sociais criadas pelas ações dos visitantes atraem

outras pessoas para a interação, além de fornecer recursos que auxiliariam o entendimento da exposição. Isso é o que pode acontecer quando um grupo interage fortemente com um objeto, discutindo hipóteses, apresentando conhecimentos anteriores e questionando-os. Desta forma, o compartilhamento de experiências cria um ambiente participativo que favorece o engajamento. É importante que as atividades ativem aspectos físicos, cognitivos e emocionais, catalisando comportamentos de aprendizagem.¹⁶

Os comportamentos de aprendizagem podem ser divididos em três tipos: iniciais, de transição e avançados.¹⁶ O que difere cada um deles é justamente a resposta dos participantes frente a situação ou objeto da exposição. Os comportamentos iniciais se caracterizam pela manipulação direta dos objetos ou somente pela observação de outras pessoas que os manuseiam diretamente. Não há um envolvimento completo na manipulação ou interação. Os comportamentos de transição configuram-se pela manifestação de reações emocionais e de prazer (sorrisos, alegria, olhares atentos) juntamente com a repetição de experimentos ou manipulação mais intensa dos objetos. Há demonstração de satisfação, indicando que os visitantes estão dispostos e até mesmo ansiosos com um maior envolvimento nas atividades. Ocorrem manipulações repetidas cujos resultados são o que mais desperta atenção e curiosidade. Por sua vez, os comportamentos avançados (de maior engajamento) sinalizam para a relevância da atividade, assim como a aprendizagem adquirida, seja a partir da experiência, do cotidiano ou fruto de momentos anteriores. A atividade verbal é constante, com referências a conhecimentos anteriores, perguntas, partilha ideias e saberes. A interação com os objetos, com a exposição e com os outros (colegas ou demais presentes) torna-se uma experiência mais intensa.

Nessa direção, os objetos da exposição desempenham um papel relevante, pois são um dos fatores responsáveis pelo estímulo dos visitantes, interatividade e o consequente engajamento. Para a avaliação dos objetos os participantes responderam um questionário no qual deveriam indicar e justificar quais das estações haviam gostado mais e menos. Os resultados mostraram um equilíbrio entre a estação “1” da combustão (13 alunos) e a estação “4” do “colapso do elétron” (12 alunos). No caso da combustão,

o experimento explorou as características da reação, que aliadas à interatividade foi uma das principais justificativas.

Aluno 3: “Permite que o observador participe do experimento.”

Aluno 4: “Participar da queima do algodão com o béquer impedindo a entrada de oxigênio foi legal e motivador além de intrigante.”

Para o colapso do elétron, mesmo sem uma completa compreensão da analogia com o modelo atômico, o objeto educativo teve um apelo lúdico e motor, pois o arremesso das esferas remetia a brincadeiras de infância e à ludicidade.

Aluno 5: “Um campo elétrico é bem lúdico e dinâmico.”

Aluno 6: “Interessante observar o movimento de atração das bolas de ferro pelo ímã, foi muito divertido.”

Já a estação que menos gostaram foi a estação “2” do pêndulo (18 alunos). Em um primeiro momento isso ocorreu pela maior dificuldade em associar o poema com este experimento. Tanto a ressonância de pêndulos não é um tema comum, como a ressonância entre as ligações é um dispositivo teórico mais utilizado no Ensino Superior.

Aluno 7: “Não conseguiu associar ao poema.”

Aluno 8: “Ficou confuso o significado das reações do objeto.”

Neste verso em específico, o próprio desconhecimento do análogo, que não é comum aos estudantes, não viabiliza a mediação do conhecimento. A compreensão do funcionamento do análogo, neste caso do pêndulo de ressonância, é uma dificuldade adicional, já que a razão pela qual ocorre a troca de energia entre as bolas de sinuca era provavelmente desconhecida. O modelo analógico não foi compreendido, dado a sua complexidade e necessidade de elaboração mental. Não obstante, os estudantes se mostraram intrigados com este fato e com a conservação da energia.

A compreensão do análogo é condição essencial para o valor pedagógico de uma analogia.^{17,18} Isso exige um processo de mediação que problematize de modo criterioso os aspectos similares da analogia, bem como aqueles que não podem ser comparados. A instauração de um processo de mediação, que problematize o funcionamento da ressonância no pêndulo e discuta as possibilidades de transposição do conceito de ressonância, se mostra importante para que a analogia tenha sentido e possa ser útil.

Ainda no que se refere à avaliação dos objetos expositivos, os estudantes atribuíram notas a cada um deles (Figura 7). A estação da combustão e do colapso do elétron tiveram as médias mais altas (9,54 e 9,4 respectivamente), enquanto o pêndulo teve a nota mais baixa (8,5).

Estes resultados corroboram os dados em que os estudantes escolheram as estações que apreciaram mais e menos. Mostram, ainda, uma boa recepção do conjunto expositivo. As

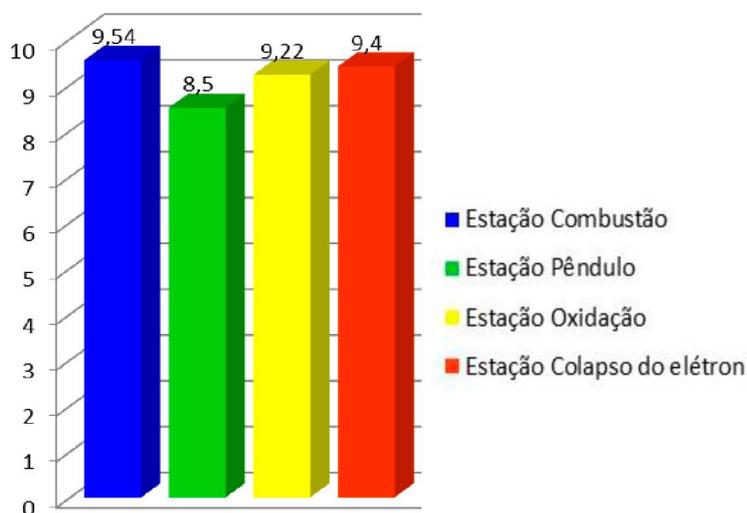


Figura 5. Médias aritméticas das notas atribuídas pelos estudantes a cada estação. Fonte: Os autores

justificativas apontam para a interatividade e o divertimento, similarmente ao que já haviam aventado outros estudos.^{19,20} Leinhardt e Crowley,²¹ por exemplo, estabelecem a característica de autenticidade como um dos aspectos importantes na interação com objetos.

A autenticidade existe somente na interação do objeto com a cultura e história do visitante, ou seja, com seu conhecimento prévio. Assim, para aqueles objetos com os quais os visitantes associaram seus conhecimentos, a avaliação foi mais positiva. Por outro lado, ao não estabelecerem uma associação com o poema ou conhecimentos anteriores, os visitantes atribuíram menor valor, como o caso do pêndulo. A autenticidade ajuda ainda explicar o motivo dos estudantes avaliarem relativamente bem o objeto em questão (média = 8,5). Tal fato reside na experiência autêntica, quando tiveram seu interesse veiculado pela troca e conservação de energia do pêndulo, algo que os intrigou.

Um fator que também parece importante são as relações sociais estabelecidas. As observações de campo demonstraram uma constante discussão e troca de experiências entre os estudantes, aspecto importante para os comportamentos avançados de aprendizagem.¹⁶ Exibições que demandam interação social e permitem múltiplos sujeitos interagindo simultaneamente com os objetos são potencialmente fomentadoras de atitudes mais favoráveis.^{20,22,23} Não obstante, a compreensão dos conceitos implícitos exige a construção de modelos mentais mais elaborados cujas representações macroscópicas são importantes, mas guardando-se as limitações de cada modelo, que neste caso pareceu também ensejar um processo de mediação para uma mais profunda compreensão.

Por vezes, mesmo que os objetos favoreçam comportamentos avançados de engajamento, a aprendizagem depende de mediações. Este foi o caso do experimento de combustão. Ainda que muitos estudantes (12 – 43%) tenham feito relações adequadas entre o objeto e o verso, nenhum participante fez menção verbal ao vapor d'água que se condensava nas paredes do béquer quando este era usado para extinguir a chama. Esse fenômeno é uma evidência da formação da água na reação de combustão fato que, hipoteticamente, poderia levar ao estabelecimento de novas relações com o poema mediante a equação expressa no verso. A observação desta estação também permitiu

identificar que muitos estudantes ainda atribuem a interrupção da queima ao término do oxigênio, ao invés do efeito extintor do dióxido de carbono na reação de combustão.

No que se refere à avaliação da exposição em sua totalidade, o resultado mostrou-se positivo, provavelmente pelos fatores já discutidos. Dos 28 estudantes, 19 indicaram a opção “muito satisfeito” e 9 optaram por “satisfeito”. As opções indiferente, pouco ou nada satisfeito não foram escolhidas. Tais dados são corroborados pela nota atribuída à exposição, bem como pelos comentários tecidos a respeito. A média das notas atribuídas foi 9,26, revelando um elevado índice de satisfação.

Na última pergunta do questionário, foi pedido que os estudantes fizessem comentários livres sobre a exposição. Entender o que os visitantes consideram importante é fundamental para se pensar em ações que fomentem o prazer, bem como auxiliar a compreensão sobre o ensino e a aprendizagem neste ambiente. Os comentários revelam aspectos da ludicidade, ponto central para a promoção do prazer e da diversão. A organização e a criatividade da exposição emergiram como elementos importantes.

Aluno 11: Tá ótima divertida e repleta de aprendizado. É importante a participação do observador nas experiências: Muito bem organizado. Gostei muito da dinâmica, estimula a observação e atenção aos detalhes mais adentro da química.

Aluno 12: Essa exposição já foi bastante criativa e motivadora, fez a gente perceber a química de forma mais poética e ver o quanto é necessário enxergar o mundo com uma visão mais química.

No campo das atividades em divulgação científica ou espaços não formais, há uma preocupação, nos últimos anos, com formas de interação entre o público e a exposição que supere uma dimensão meramente contemplativa. Quando o visitante se torna sujeito desse percurso, abrem-se possibilidades para a liberdade e a criatividade, características centrais em termos da ludicidade da ação educativa.^{24,25} Estimular a participação, permitindo em certo grau uma liberdade de agir no desenvolvimento da visita, fomenta as sensações de prazer. Logo, objetos que permitam a interatividade, a repetição e

a discussão dos seus resultados, refletiram na vivência dos estudantes.

Em um outro comentário, um estudante apontou a importância deste tipo de exposição, que possibilita o papel ativo a partir de atividades que viabilizem a participação, seja na experimentação, registro de dados, elaboração de modelos para explicar os fenômenos em questão e sua problematização:

Aluno 13: Muito enriquecedora e traz um método diferenciado de aprendizagem, pois é extremamente dinâmico e também porque as aulas somente em sala de aula deixam o aprendizado mais monótono.

Outros alunos ainda pontuaram a importância destas ações e manifestaram seus interesses em novas exposições:

Aluno 14: Acho importantíssimo esse tipo de exposição, principalmente voltado para nós (alunos), que nos encontramos através dessas ações. A matéria (química) é incrivelmente interessante e hoje ainda mais.

Aluno 15: Queria ir pra um museu. Foi ótima, me fez gostar mais de química.

Aluno 16: Gostei muito da exposição ele me possibilitou juntamente com o vídeo um aumento de conhecimento, pois tinha coisas que não sabia e agora depois dele aprendi melhor. Espero que futuramente tenhamos outras exposições como esse.

Aluno 17: Muito instrutivo, facilita a compreensão do campo imaginário, trazendo a realidade as ideias, tornando-as explicáveis. Novas exposições serão muito bem-vindas.

Tais resultados coadunam-se aos anteriores e demonstram que a exposição favoreceu experiências de autenticidade as quais, por sua vez, atuam como fator de avaliação dos objetos. Pode-se inferir, deste modo, que as interações estabelecidas com o objeto dependeram fortemente do interesse veiculado por cada objeto (já que não houve mediação verbal oral). Considerando que os objetos, no geral, foram bem avaliados, estes se tornaram um fator relevante para a exposição.

4. Considerações Finais

Ainda que boa parte dos estudantes não tenha proposto as mesmas terminologias do autor para o poema, verificou-se que após a exposição os termos empregados se aproximaram do significado científico. De tal forma, a exposição apresentou forte influência na interpretação do poema. Dois fatores parecem ter contribuído. A exposição permitiu interações entre os participantes, que discutiram entre si, levantaram hipóteses e estabeleceram, em sua maioria, correlações com conhecimentos anteriores, indicando um fator de engajamento.¹³ Tal fator está provavelmente associado à boa recepção e à interação durante a exposição, bem como a capacidade de associá-los aos versos do poema. Esta consideração tem por base as avaliações de cada objeto. Os resultados evidenciaram que o objeto com a pior avaliação foi aquele que tiveram maior dificuldade em estabelecer as correspondências. O segundo fator, que de certa forma está relacionado ao primeiro, são as experiências de autenticidade, que se caracterizam pela conexão entre os saberes dos visitantes e o sentido construído na interação com os objetos. O interesse e a avaliação dos objetos parecem exibir fortes relações com as interações estabelecidas durante a manipulação.

No geral, os objetos mais bem avaliados foram aqueles em que se observou comportamentos de aprendizagem avançados e, como consequência, associações com o poema. Assim, exposições e objetos que favoreçam a interatividade e que, ao mesmo tempo, produzam sentidos aos visitantes podem resultar em comportamentos que favoreçam sua compreensão. Este se torna um fator relevante para o planejamento de exposições, corroborando outros estudos que apontam sobre a importância de uma conexão dos visitantes com a exposição.^{8,21} De tal forma, os objetos produzidos encerraram um potencial significativo nesta exposição. Tais dados destacam a importância destes materiais em atividades de divulgação científica, indicando que precisam ser pensados criteriosamente. Neste sentido, exposições dessa natureza podem auxiliar na compreensão do fazer científico, na elaboração da imagem de um cientista humanizado, bem como na apropriação dos conteúdos científicos, reforçando o papel da divulgação científica na sociedade contemporânea. Todavia, estudos que investiguem como se constrói a relação entre interatividade,

produção de sentidos e compreensão dos objetos ainda merecem aprofundamento e parecem se constituir um caminho futuro para se melhor compreender o papel do conjunto expositivo.

Referências Bibliográficas

- ¹ Pérez-Benítez, A. La divulgación científica en México: ¡Una pasión, un reto, un arte..., una actividad incomprendida! *Educación Química* **2011**, *22*, 292. [[CrossRef](#)]
- ² Rovetta, A.; Rovida, E.; *Scientific Knowledge Communication in Museums*. Springer: Gewerbestrasse, 2018.
- ³ Marandino, M., Mônaco, L. M.; Lourenço, M. F., Rodrigues, J.; Ricci, F. P.; *A Educação em Museus e os Materiais Educativos*, GEENF/USP: São Paulo, 2016. [[Link](#)]
- ⁴ Gohn, M. G.; *Educação não-formal e cultura política: impactos sobre o associativismo do terceiro setor*, Cortez: São Paulo, 1999.
- ⁵ Mcmanus, P. M. Topics in museums and science education. *Studies in Science Education* **1992**, *20*, 157. [[CrossRef](#)]
- ⁶ Nascimento, S. S.; Ventura, P. C. Mutações na construção dos museus de ciências. *Pro-posições*, **2001**, *12*, 126. [[Link](#)]
- ⁷ Marandino, M.; *Educação em Museus: a mediação em foco*, GEENF/USP: São Paulo, 2008.
- ⁸ Carvalho, C.; *Quando a escola vai ao museu*, Papirus Editora: Campinas, 2016.
- ⁹ Francisco Junior, W. E.; *Ciência em verso e prosa: acepipes para quem ousa gostar (ou ensinar)*, Pedro & João Editores: São Carlos, 2018.
- ¹⁰ Lopes, M. J. M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Alagoas, 2019. [[Link](#)]
- ¹¹ Babbie, E.; *Métodos de pesquisas de Survey*, Editora UFMG: Belo Horizonte, 1999.
- ¹² Bardin, L.; *Análise de conteúdo*. Edições 70: Lisboa, 2011.
- ¹³ McClafferty, T. P.; Rennie, L. J. Em *Understanding interactions at science centers and museums – Approaching sociocultural perspectives*; Davidsson, E.; Jakobsson A., eds.; Sense Publishers: Rotterdam, The Netherlands, 2012, cap 8.
- ¹⁴ Meisner, R., Lehn Vom, D., Hear C., Burch, A.; Gammons B.; Reisman, M. Exhibiting performance: co-participation in science centres and museums. *International Journal of Science Education* **2007**, *29*, 1531. [[CrossRef](#)]
- ¹⁵ Adams, M., Luke, J.; Moussouri, T. Interactivity: moving beyond terminology. *Curator: The Museum Journal* **2004**, *47*, 155. [[CrossRef](#)]
- ¹⁶ Barriault, C.; Pearson, D. Assessing exhibits for learning in Science centers: a practical tool. *Visitor Studies* **2010**, *13*, 90. [[CrossRef](#)]
- ¹⁷ Dagher, Z. R. *Science Education*, **1995**, *79*, 3. [[CrossRef](#)]
- ¹⁸ Francisco Junior, W. E.; Barros, A. A. D.; Garcia, V.M.; Oliveira, A. C. G. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, **2011**, *13*, 2. [[CrossRef](#)]
- ¹⁹ Tal, T.; Morag, O. School visits to Natural History Museums: teaching or enriching? *Journal of Research in Science Teaching* **2007**, *44*, 747. [[CrossRef](#)]
- ²⁰ Shaby, N.; Assaraf, O. B.; Tal, T. A student's-eye view: what 4th grade students describing their visit to a Science Museum recall as significant. *Research in Science Education* **2019**, *49*, 1625. [[CrossRef](#)]
- ²¹ Leinhardt, G.; Crowley, K. Em *Multiple Perspectives on Children's Object-Centered Learning*; Paris, S. G., ed.; Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, 2001, cap. 2.
- ²² Allen, S.; Gutwill, J. P. Designing with multiple interactives: five common pitfalls. *Curator: The Museum Journal* **2004**, *47*, 199. [[CrossRef](#)]
- ²³ Gutwill, J. P.; Sindorf, L. Comparing the visitor experience at immersive and tabletop exhibits. *Curator: The Museum Journal* **2015**, *58*, 401. [[CrossRef](#)]
- ²⁴ Dohme, V.; *Atividades lúdicas na educação: o caminho de tijolos amarelos do aprendizado*, Vozes: Petrópolis, 2003.
- ²⁵ Francisco, W.; Francisco Junior, W. E.; Santos, A. L.; Cordero, S. Criação e Representação de Analogias por Meio de Linguagem Corporal: Investigando uma Situação em Sala de Aula. *Educa – Revista Multidisciplinar em Educação* **2019**, *6*, 13. [[CrossRef](#)]