



differentiated controls, which allow experimentation in a reproducible way and contextualize it in the perspective of free choice learning, which is characteristic of non-formal education environments. Analysis of the interactions, captured on video and mediated by monitors, revealed the impact of the equipment in stimulating the formulation of hypotheses, reflections on variables and the construction of scientific concepts in a playful and meaningful way. The results corroborate previous studies carried out in formal teaching contexts, which validate the instructional viability of the apparatus for children between the ages of 8 and 10. The study reinforces the importance of integrating science and technology in non-formal educational spaces, highlighting the role of mediators and pointing to future improvements in the design and application of interactive equipment.

**Keywords:** Museum of Science and Technology. “Physical Knowledge” Activity. Elementary School.

## 1 Introdução

A inserção de tópicos de Física no Ensino Fundamental I é amplamente reconhecida como um desafio devido à dificuldade de adaptação da linguagem para esse nível escolar (Pereira *et al.*, 2017; Colombo Jr. *et al.*, 2012). Por essa razão, a iniciativa de Carvalho *et al.* (1998) ganhou destaque na literatura ao propor quinze atividades de “Conhecimento Físico” voltadas para os anos iniciais e passou a servir de referência para outros estudos com o mesmo propósito. Em particular, enfatiza-se uma das atividades, ilustrada na Figura 1A, denominada “O problema da cestinha”.

Colombo Jr. *et al.* (2012) investigaram a potencialidade dessa atividade em sala de aula, defendendo-a como adequada para alunos de oito a dez anos de idade do ensino fundamental I. Os intentos pedagógicos envolvem “levar o aluno a compreender a relação entre a altura de lançamento de uma bolinha e seu alcance ao sair de uma rampa” (Colombo Jr. *et al.*, 2012, p. 489) e “relacionar as transformações entre a altura de lançamento de uma bolinha e a velocidade adquirida por ela num trilho inclinado” (Carvalho *et al.*, 1998, p. 162).

Dada a relevância dessa experimentação – a qual requer o envolvimento de um mediador (educador/professor) junto ao aprendiz em sala de aula –, um Museu de Ciências e Tecnologia vinculado à universidade dos autores deste estudo desenvolveu um aparato automatizado e inovador, ilustrado na Figura 1B. Adaptado ao contexto da educação não formal, o equipamento foi concebido para promover uma exploração interativa, distinta daquela usualmente realizada no ambiente escolar. O aparato permite a reprodução das ações e dos resultados do arranjo experimental original (Figura 1A). No que se refere às dimensões, o experimento mantém um trilho com rampa de comprimento e inclinação semelhantes aos da versão original, além de possibilitar a regulagem da distância do alvo (“cestinha”) e da esfera utilizada.

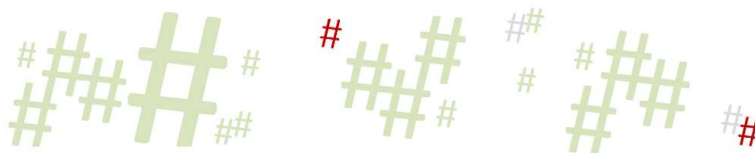


Figura 1A - Experimento original denominado de “O problema da cestinha” (Carvalho *et al.*, 1998, p. 162), em que há uma bacia para captura da esfera quando ela não acerta o alvo (“cestinha”), constituído de um CAP de PVC.

Figura 1B - Experimento similar com automatização e mecanismos adaptados aos ambientes de educação não formal.



Fonte: A) Colombo Jr. *et al.* (2012, p. 496); B) autores.

O que diferencia as duas versões é o fato de que a primeira (Figura 1A) é de simples montagem e de baixo custo. Foi projetada para viabilizar seu uso em sala de aula, com a presença essencial de um professor que direciona e monitora as ações experimentais dos alunos, oferecendo reflexões construtivas sobre os resultados obtidos. Nessa atividade, tudo é realizado manualmente, desde o reposicionamento da esfera no trilho até o ajuste da distância do alvo (“cestinha”).

Na segunda versão do aparato (Figura 1B), cujos detalhes de confecção o MCT se dispõe a compartilhar com equipes técnicas de outros espaços de educação não formal no país e com demais interessados, destaca-se a ênfase na interatividade baseada na aprendizagem por livre escolha (Silva *et al.*, 2022). Trata-se de uma situação em que os aparatos operam, em geral, por meio de botões ou manivelas (Iszlaji, 2012, p. 90). No caso específico do equipamento ilustrado na Figura 1B, o usuário controla a altura do lançamento da esfera por meio de um joystick, aciona o disparo com um botão e ajusta manualmente a distância do alvo (“cestinha”) utilizando uma haste externa. Esse aprimoramento insere a segunda versão do aparato na perspectiva da aprendizagem por livre escolha ao promover interações livres e espontâneas em torno do fenômeno explorado.

Com base nas diferenças descritas acima, o presente estudo objetiva investigar a seguinte questão: Quais desempenhos de aprendizagem podem ser alcançados quando crianças interagem com o aparato recentemente desenvolvido durante visitas a um ambiente de educação não formal (MCT) em horários de aula? Nesse contexto, analisam-se os desempenhos de alunos do Ensino Fundamental I ao interagir tanto de forma individual (ou em pequenos grupos)<sup>6</sup> como acompanhados por um mediador<sup>7</sup>, utilizando o equipamento da Figura 1B no salão de exposições do MCT.

Para as análises dos desempenhos dos alunos visitantes na atividade de “Conhecimento Físico”, denominada “O problema da cestinha”, será aplicada uma proposta fundamentada no Toulmin’s Argument Pattern (TAP) (Colombo Jr. *et al.*, 2012) a falas transcritas de interações

<sup>6</sup> Em situação da aprendizagem por livre escolha proporcionada pelo equipamento automatizado.

<sup>7</sup> Um monitor do salão de exposição.

videogravadas entre os sujeitos e o equipamento, ora verbalmente estimuladas pelo monitor. Antes disso, porém, faz-se oportuno estabelecer algumas reflexões sobre a interatividade desse produto educacional automatizado no contexto da educação não formal.

## 2 Contextualizando ambientes de educação não formal com algumas ponderações acerca da interatividade na qual se insere o produto educacional

Nos ambientes de educação não formal, destacam-se entidades com as nomenclaturas de “Museus de Ciências” e “Centros de Ciências” que podem ser diferenciadas em essência. Entretanto, ainda existem entidades que acumulam ambas as funções, dificultando a distinção clara entre elas (Durant, 1992, p. 8). Quanto às terminologias usuais desses núcleos, Jacobucci (2006, p. 13, 14) avalia que “não estão muito definidas”, prevalecendo o entendimento corriqueiro “na literatura e coloquialmente no Brasil, como espaços idênticos”. Predomina, ainda, a terminologia “Museu de Ciências e Tecnologia” (MCT), que reflete uma visão popular de entidades dedicadas a apresentar a ciência de forma lúdica e interativa, com o papel educativo comum de “complementação do ensino escolar” (Silva *et al.*, 2019, p. 1). Assim, este trabalho não tem como objetivo aprofundar-se nas distinções terminológicas dessas entidades educacionais.

Um aspecto relevante desses ambientes de educação não formal é a diversidade de aparatos interativos, geralmente operados por manivelas ou botões (Iszlaji, 2012, p. 90). Esses experimentos, inseridos em uma perspectiva de entretenimento, são automatizados por equipes especializadas e popularmente conhecidos como “interatividade *push-button*” (Damico, 2004, p. 25).

Ao serem incentivados a explorar livremente os experimentos preparados para entretenimento<sup>8</sup>, Pavão e Leitão (2007, p. 41) afirmam que, para além do entretenimento e informação, tais experimentos interativos “representam um progresso ao oferecerem certo envolvimento lúdico do público” – um entendimento exemplificado por Bonatto *et al.* (2007, p. 49). Para que essa abordagem “divertida” de transmitir o conhecimento científico seja eficiente, os equipamentos interativos incorporam tecnologias adaptadas que os diferenciam daqueles usados no ensino escolar tradicional (Pavão; Leitão, 2007, p. 44). Estudos indicam que esses equipamentos podem superar os experimentos alternativos e de baixo custo sugeridos para escolas sem laboratórios (Chinelli *et al.*, 2008, p. 4505-9). Segundo Pereira *et al.* (2008, p. 100), após interagirem com esses equipamentos em atividades museais, os participantes demonstram maior interesse em se aprofundar nos tópicos explorados.

Com seus acervos de experimentos interativos, os ambientes de educação não formal consolidaram-se, ao longo de décadas, como importantes veículos de divulgação científica, sendo muitos deles identificados como:

[...] um aparelho que incorpora princípios físicos e/ou tecnológicos fundamentais, em que os visitantes são encorajados a “brincar” com este aparelho com pouca ou nenhuma orientação textual ou mediadora, a fim de que a informação se faça clara apenas com a “descoberta” do visitante” (Durant, 1992, p. 8).

---

<sup>8</sup> Chelini e Lopes (2008, p. 228-235), Valença (2006, p. 333), Cazelli apud Constantin (2001, p. 197).

Independentemente das avaliações educacionais, é fato que a interatividade nesses ambientes ocorre em diferentes formas e graus: “alguma ocorre ‘com apertado de botão e algo acontece’, outras incluem compartimentos que se abrem para revelar informações, jogos de perguntas e respostas, ou quebra-cabeças” (Silva *et al.*, 2019, p. 11).

Embora existam diferentes propostas educacionais nesses ambientes, uma concepção comum é exemplificada na elaboração de um pequeno museu de ciência no país. Segundo Nelson Cazian da Silva, um dos educadores do projeto, as pessoas não vão ao museu para aprender diretamente sobre física ou outras ciências (Silva, 2008). Silva (2008) afirma que é essencial oferecer aos visitantes a liberdade de seguir sua própria curiosidade, dirigir perguntas aos monitores<sup>9</sup> se desejarem, ou simplesmente interagir com o que mais lhes chamar a atenção, sensibilizando-se com a experimentação e entrando em contato com um vocabulário novo.

De acordo com o último levantamento da Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência (ABCMC, 2015), observa-se uma significativa expansão de MCTs (e similares) no Brasil, com destaque para o aumento de 41% no número de instituições entre 2009 e 2015, passando de 190 para 268. De acordo com Silva *et al.* (2019, p. 2), “a totalidade estimada evidencia uma amostra heterogênea, destacando-se alguns museus de ‘grande porte’, perante muitos outros que, num contraste, mostram-se em fase inicial de preparação e ampliação de suas atividades interativas”.

A interatividade nesses ambientes é geralmente apresentada em níveis crescentes de complexidade, começando por explorações mais intensas pelos sentidos de forma direta (Moraes *et al.*, 2007, p. 59). Moraes *et al.* (2007, p. 59) descrevem que uma forma simples e direta de fazer isto é estimular o visitante a interagir com os equipamentos por meio dos sentidos: “tocar, observar, manusear, ler, registrar, são modos de interação que podem ser incentivados, tendo como um de seus resultados fazer o visitante ficar mais tempo junto ao experimento”.

Uma categorização amplamente aceita da interatividade entre sujeitos e objetos nesses ambientes, baseada em Wagensberg (2005), abrange três níveis principais: 1) a interatividade *hands-on*, relacionada ao toque e manipulação física. Nessa modalidade, almeja-se que o visitante “esteja no papel do cientista” ao experimentar métodos científicos quando manipula objetos, modelos ou montagens que lhe permitem entender o funcionamento e o desenrolar de processos e fenômenos; 2) a interatividade *minds-on*, relacionada ao engajamento intelectual; e 3) a interatividade *heart-on*, relacionada com a emoção e a cultura.

Nas interações por manipulação, esta pode ocorrer diretamente (*hands-on*) ou por meio de mecanismos acionados pelo visitante, como no caso do simples apertado de um botão (*push-button*)<sup>10</sup> (Chelini; Lopes, 2008, p. 232). Esse conceito de experimentação por manipulação parece estar, segundo Colinvaux (apud Chelini; Lopes, 2008, p. 231), na origem de muitos museus de ciências, onde “a interatividade tem sido a palavra de ordem” (Pavão; Leitão, 2007, p. 44).

<sup>9</sup> Para Pavão e Leitão (2007, p. 41), “[...]o visitante deve sair com uma interrogação maior do que aquela que ele trouxe. Esse é o objetivo central: oferecer respostas sim, mas sobretudo gerar a indagação. O monitor deve estar a serviço dessa visão”. Em virtude de uma intervenção competente do monitor, “os visitantes são estimulados a interagirem uns com os outros (social-on) e com o objeto de conhecimento (*hands-on/minds-on/hearts-on*)” (Pavão; Leitão, 2007, p. 41).

<sup>10</sup> Tipo de interatividade manipulativa (Padilla, 2001, p. 123) que resulta num processo ou fenômeno direcionado a ser pensado e que se origina por meio de mecanismos acionados pelo experimentador num simples apertado de botão (Chelini; Lopes, 2008, p. 232).

A interatividade *push-button* enfrenta críticas específicas, segundo as quais, considerados isoladamente, esses aparatos não promovem maior estímulo à reflexão. Nesse entendimento, o apertar de botão faz o equipamento gerar uma resposta hermética, fixa, com uma interação limitada. Essa interação pode ser vista como uma “compulsão psicomotora”, na qual o visitante aperta o botão sem aguardar a conclusão do efeito gerado nem ampliar sua percepção e cognição, já que a resposta é única e não permite testar hipóteses (Massabki, 2011, p. 62). Assim, é compreensível que críticas à interatividade *push-button* inspirem o desenvolvimento de alternativas que busquem promover maior engajamento intelectual, oferecendo interações físicas que vão além de simples toques.

Embora o uso restrito desse tipo de interação apresente limitações (uma vez que permitir a manipulação pelos visitantes não assegura, por si só, a compreensão do conteúdo exposto), estudos apontam que as diferenças nos níveis de aprendizagem entre distintos modos de interação em ambientes educativos não formais tendem a ser pouco significativas (Eason; Linn apud Gaspar, 1993). Para uma comparação nesse sentido, Studart (2003, p. 35) descreve os resultados das investigações de Blud com 50 grupos de indivíduos em três exposições diferentes, que objetivavam demonstrar e instruir determinado conceito: uma completamente interativa, uma do tipo “aperta botão” (*push-button*) e uma estática. Surpreendentemente, Blud (apud Studart, 2003) concluiu não haver diferença significativa de aprendizado de conteúdos específicos entre os participantes de cada uma das três exposições, apesar de as primeiras promoverem mais discussões.

Dessa forma, sugere-se que os equipamentos interativos *push-button*, assim como aqueles de outras modalidades, contenham textos explicativos anexados, a fim de contribuir para a clareza de entendimento. Isso porque, conforme observa Gaspar (1993, p. 148), “na sua maioria, [os visitantes] leem os textos apresentados, pelo menos até que tenham uma ideia do objetivo ou proposta da demonstração”. Ainda que a elaboração desses textos siga passível de aprimoramentos, é relevante destacar que a essência da orientação explicativa, cuja presença se recomenda junto aos equipamentos, permanece válida e necessária (Silva *et al.*, 2013, p. 423).

Entre as diferentes modalidades de interatividade, destaca-se um movimento global, observado em muitos museus de ciência, que propõe a transição do modelo *push-button* para o *hands-on*, com o objetivo de permitir ao visitante “não apenas tocar” (Constantin, 2001, p. 197). No caso do equipamento automatizado relacionado ao “problema da cestinha”, a categorização da interatividade pode ser refinada ao englobar tanto a modalidade *hands-on* quanto a *minds-on*.

Na abordagem *hands-on*, a interatividade manual transforma o visitante em um participante ativo, que usa as mãos para provocar e controlar variáveis envolvidas no fenômeno físico investigado em sucessivas tentativas de acertar o alvo (“cestinha”). Essa experiência promove reflexões sobre diferentes possibilidades de relação física entre a altura de lançamento da bolinha e a velocidade necessária para acertar o alvo em determinada distância. Durante a experimentação, destaca-se, segundo Denzin e Lincoln (apud Studart, 2005, p. 58), a análise qualitativa dos resultados, “a fim de examinar a frequência com que os eventos ocorrem e explorar possíveis relações entre variáveis”. Essa dimensão caracteriza a chamada “interatividade mental” ou *minds-on*, na qual os elementos de interação estimulam o raciocínio do visitante, instigando-o a realizar um “exercício mental” diante da situação proposta.

Por fim, destaca-se o papel pedagógico dessa interação lúdica, especialmente como apoio à prática docente nos anos iniciais do ensino fundamental, uma vez que incentiva os professores a “relacionar a visita com o trabalho feito na escola” (Bernasiuk *et al.* apud Silva; Laburú, 2019, p. 523). Essa conexão permite que os fenômenos observados durante a visita

sejam retomados posteriormente e associados aos conteúdos curriculares. Dessa forma, o professor pode mobilizar as vivências dos estudantes para aprofundar a compreensão de conceitos científicos em discussões posteriores. Um exemplo disso são as relações entre energia potencial e energia cinética – vinculadas, respectivamente, às grandezas altura e velocidade da esfera –, explicadas pelos monitores no espaço expositivo.

### 3 Metodologia empregada

Todas as interações foram gravadas em vídeo para posterior transcrição, com a seleção dos momentos de interesse alinhados ao objetivo traçado, os quais poderiam envolver as interações entre visitante e aparato, visitante e visitante, e visitante e monitor<sup>11</sup>. Do ponto de vista ético, foi obtida autorização dos pais por meio de formulário preenchido na escola, garantindo a não identificação dos indivíduos nos dados analisados. Cabe ressaltar a aprovação do comitê de ética (75693423.3.0000.5231) à ocorrência do registro dessas observações, registradas no primeiro semestre de 2023, in loco, por um dos autores deste trabalho, em um Museu de Ciências e Tecnologia (MCT).

As interações selecionadas foram analisadas por meio de um instrumento baseado em Colombo Jr. *et al.* (2012), que divide a interatividade em três categorias: “Situando o problema experimental para os visitantes”, “Agindo mediante comandos de regulagens e de acionamento do aparato” e “Como? / Por quê?”. A consolidação dos resultados dessas categorias permitiu avaliar o desempenho das crianças em relação às interações no contexto da atividade investigativa do problema experimental.

É relevante destacar que alguns alunos não se pronunciaram, possivelmente devido à timidez frente a colegas mais comunicativos ou à presença da filmagem, resultando em dados incompletos. Além disso, para evitar análises excessivamente extensas, foi selecionado um grupo de três alunos, de uma turma com 39 indivíduos (ali divididos em pequenos grupos para interação com o aparato), cujas interações foram consideradas típicas e representativas para avaliação por meio do instrumento analítico. Os participantes foram identificados como M (monitor) e A1, A2 e A3 (alunos). As falas transcritas são apresentadas em itálico, acompanhadas de comentários do analista entre parênteses para maior clareza.

As falas dos alunos levantam uma questão central na análise de dados: o que está envolvido no processo de construir conclusões por meio da produção de argumentos? Ainda, como ferramenta auxiliar, foi utilizada a adaptação realizada por Colombo Jr. *et al.* (2012) a partir do padrão de argumentação denominado TAP de Toulmin, conforme ilustrado na Figura 2.

---

<sup>11</sup> Na ocasião de um monitor do salão de exposições junto aos visitantes perante o aparato.

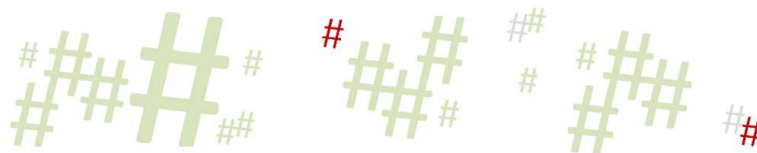
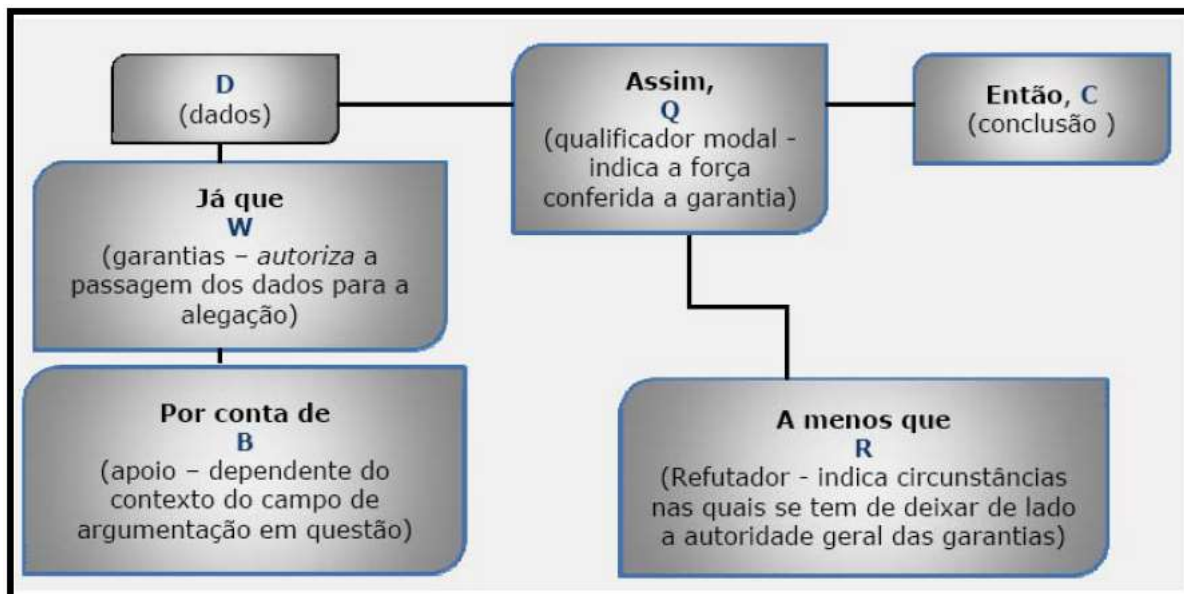


Figura 2 – Modelo padrão de argumento de Toulmin, cuja apresentação básica pode ser simplificada como: D (dados); assim, Q (qualificadores); C (conclusão); já que W (garantia); considerando que B (conhecimento básico); a menos que R (condições de exceção ou refutação).



Fonte: Colombo Jr. *et al.* (2012, p. 493).

Os elementos que compõem esse modelo padrão de argumentação podem ser descritos da seguinte forma:

Segundo Toulmin é preciso fatos (dados D) para apoiar nossa alegação, assim cabe a nós recorrer àqueles fatos e apresentá-los como fundamento no qual se baseia nossa alegação à conclusão (C) cujos méritos procuramos estabelecer. Ressalta que o processo (se D então C) pode ser expandido, com lucro, em favor da imparcialidade. A esta expansão, introdução de um novo “elemento”, Toulmin chamou garantias – proposições (W). Segundo Toulmin, talvez seja necessário acrescentar alguma referência explícita ao grau de forças que os dados conferem à alegação, vistas à garantia, neste sentido coloca a necessidade de inserir um qualificador modal (Q). Encontramos ainda no modelo de Toulmin condições de exceção ou refutação (R), ou seja, circunstâncias nas quais têm que deixar de lado a autoridade geral das garantias. Em suas assertivas, Toulmin enfatiza que por trás das garantias normalmente “haverá outros avais, sem os quais nem as próprias garantias teriam autoridade ou vigência”, assim chama estes avais de apoio (B) – campo variante. (Colombo Jr. *et al.*, 2012, p. 493).

A Figura 3 ilustra a situação investigada dessa interação entre visitantes e o aparato no MCT, com a qual se efetuou a tomada dos dados.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Para uma breve demonstração do produto educacional, em funcionamento no museu de ciências, acessar: <https://drive.google.com/file/d/1HWiQi76mFCxfE9V9PMnEDADDBVZiSbp1/view?usp=sharing>.

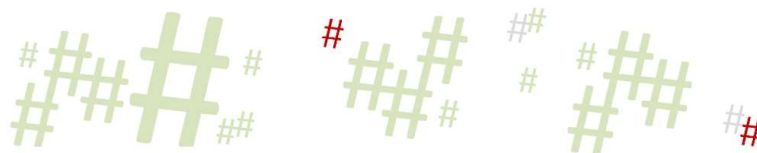


Figura 3 – Alunos interagindo com o aparato automatizado “O problema da cestinha”



Fonte: Autores.

A viabilidade deste produto educacional foi testada por meio de uma abordagem qualitativa (Lüdke; André, 1986) nas análises das interações. Essa classificação como pesquisa qualitativa é reforçada pela ausência de características típicas de abordagens quantitativas, como o uso de tratamentos estatísticos para análise de dados (Bogdan; Biklen, 1994, p. 72, 23, 24).

Os alunos participantes estão no Ensino Fundamental I, têm entre 8 e 10 anos de idade (3º ao 5º ano das séries iniciais) e frequentam o Colégio de Aplicação vinculado à Universidade Estadual de Londrina, em Londrina-PR. Os resultados foram avaliados comparativamente aos desempenhos divulgados por Colombo Jr. *et al.* (2012) em situações formais na escola. Na coleta de dados, foram realizadas interações aluno-objeto<sup>13</sup>, complementadas por uma breve entrevista semiestruturada conduzida pelo monitor com base nos questionamentos associados ao aparato. Esses questionamentos, explicitados pelo monitor durante as interações, são fundamentais para acompanhar o raciocínio dos alunos, complementados por gravações em áudio e vídeo que visam garantir a documentação da coleta de dados. Além das gravações, considera-se explorar elementos como gestos, expressões, entonações, sinais não verbais, hesitações e alterações de ritmo que enriqueçam a compreensão e validação dos dados coletados (Lüdke; André, 1986).

#### 4 Análise dos dados e discussões

Conforme descrito anteriormente, os desempenhos dos alunos foram analisados com base nas três categorias de interatividade, detalhadas nas subseções descritas a seguir.

<sup>13</sup> Produto educacional, que é o aparato.

a) Situando o problema experimental para os visitantes:

O monitor iniciou orientando os alunos a compreender o fenômeno envolvendo as variáveis “altura de lançamento” e “distância do alvo”, controladas de forma automática e mecânica, respectivamente. Essas orientações, feitas de maneira semelhante para todos os grupos, podem ser resumidas da seguinte forma:

A ideia aqui é a de vocês experimentarem atirar a esfera no alvo, que é essa cestinha (indica o monitor com o dedo). Por esse comando (joystick) você pode subir ou abaixar a esfera na rampa, na posição que quiser lançar a esfera (exemplificando tal ação para movimentar a esfera na rampa, o monitor manuseia ligeiramente o joystick). Depois que deixar na posição que escolheu lançar, aí é só apertar esse botão para liberar a esfera naquela altura e verificar se acertou o alvo. Desse outro lado tem esse puxador, que você pode aproximar ou afastar o alvo (cestinha), quando quiser fazer a tentativa de acerto. Se você errar o alvo, é só esperar um pouquinho que novamente pode realizar a experiência. É um tempo de espera para que a esfera seja automaticamente posta na rampa, e você pode aproveitar para ir pensando nas escolhas que fará da altura de lançamento e da distância do alvo. A distância do alvo você já pode ir decidindo a posição, movimentando esse puxador com a mão, enquanto aguarda para mexer no joystick. Se você acertar o alvo, você deve liberar a esfera do alvo (cestinha), arrastando o puxador para trás. Isto permite um novo lançamento, ou seja, uma nova tentativa em outra distância e/ou com outra altura da esfera, e assim por diante. Vamos experimentar? (M)

O monitor, sem fornecer respostas diretas, estimulou as crianças a interagir com o aparato, incentivando a manipulação individual e o aprendizado por meio da experimentação. Por sua preparação planejada para ambientes de educação não formal, o aparato mostrou ser um brinquedo automatizado que desperta curiosidade. Essa característica, essencial para o aprendizado por livre escolha, gerou manipulações espontâneas e persistentes, permitindo às crianças exercitar e desenvolver raciocínios por meio de tentativas de acerto e erro, semelhantes às dinâmicas de um jogo eletrônico. As descrições detalhadas dessa interatividade são apresentadas na próxima categoria. É importante enfatizar que a próxima categoria desempenha um papel importante na compreensão do conceito central (transformação de energia), especialmente após algumas tentativas de acerto e discussões mediadas pelo monitor ou pelo professor.

b) Agindo mediante comandos de regulagens e de acionamento do aparato:

Sob a perspectiva do aprendizado por livre escolha, busca-se que a atividade prática propicie um espaço investigativo, que permita aos alunos levantar hipóteses e testá-las de forma reflexiva. De acordo com Colombo Jr. *et al.* (2012, p. 498), “quando os alunos começam a agir sobre o material, se familiarizam com o experimento e começam a testar suas hipóteses e observar evidências. Esta etapa é crucial para a construção do conhecimento”. Algumas falas dos alunos, selecionadas nesse contexto de mediação, são exemplificadas a seguir: “Pode mexer?” (A1); “Pode, tenta aí!” (M); “Aqui vai...” (A1 dizendo para A2); “Vai lá, aperta!” (M); “Eu vou errar...” (A3).

Durante as tentativas, o monitor acompanhou os visitantes experimentadores, mediando o problema com dicas, sem impor a solução. Mesmo diante de ações que levariam ao erro, o monitor incentivou o processo, considerando o erro como uma oportunidade positiva para problematizar conceitos e construir conhecimento. Em interações iniciais com o aparato, é comum que as crianças não partam de raciocínios fechados. Aprendizados frequentemente emergem da manipulação do aparato, com percepções intuitivas do tipo “fazendo isso, acontece aquilo”. Uma vez que o aparato é construído para funcionar sempre do mesmo modo e, como

realçam Chinelli *et al.* (2008, p. 4505-4), “oferece resultados reprodutíveis”, surgem hipóteses iniciais que, quanto mais testadas, mais evidências oferecem para a construção de conceitos. Nesse contexto, as crianças avançam na compreensão da relação diretamente proporcional entre a altura de lançamento da esfera e seu alcance: “Solte aqui, no (lugar) mais alto...” (A1); “Tentamos de baixo [...]” (A2).

Para as respectivas constatações qualitativas dos resultados experimentais, foram observadas as seguintes falas: “Caiu atrás da cestinha” (A3); “Nossa de primeira?” (alegremente, A1 acertou na primeira tentativa e, de imediato, olhou para a professora (monitor) com uma expressão de surpresa, enquanto os outros alunos sorriam). “Acertou, caiu certinho (na cestinha)!” (A3 dizendo para A1).

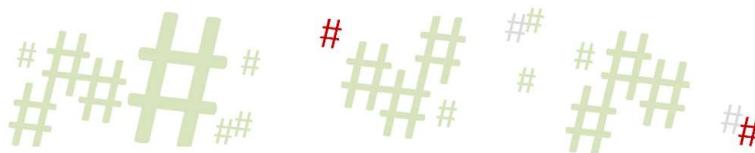
De acordo com Colombo Jr. *et al.* (2012), é importante estar atento a uma possível barreira que pode surgir quando a criança, ao acertar o alvo, deixa de modificar as variáveis envolvidas (altura e distância), interrompendo o processo de experimentação, como foi observado no caso do aluno A1. Para contornar essa situação, o mediador interveio, alterando a posição da cestinha e incentivando novas tentativas. Essa mediação permitiu que o aluno percebesse a influência da variável “altura de lançamento”, o que resultou em acertos com diferentes combinações de altura e alcance da esfera.

Cabe destacar que o acerto imediato no alvo é uma exceção; na maioria dos casos, os alunos realizam várias tentativas antes de obter sucesso, como evidenciado nos demais grupos. Nesse sentido, o aparato educativo demonstrou-se eficaz e atrativo, estimulando múltiplas tentativas por parte dos alunos. Além disso, evidenciou-se a relevância da mediação realizada pelo monitor, aspecto que será aprofundado na próxima categoria.

### c) Como? / Por quê?

Foi possível observar a tomada de consciência das crianças ao relatarem “como” realizaram a atividade, retomando suas hipóteses e evidências coletadas durante a experiência. Além disso, ao argumentarem sobre o “porquê”, as crianças demonstraram buscar uma explicação causal e uma sistematização do fenômeno. Para captar esses dados e analisar o potencial de interação do aparato, destaca-se um diálogo do monitor que, movido por questionamentos, mostrou-se consistente entre os pequenos grupos que realizaram a experimentação. A seguir, lista-se uma seleção dos comentários mais relevantes feitos nesse contexto:

Nossa, acertou? (M); Mas vamos tentar outra altura. Não vai fazer igual a ele, na mesma altura e mantendo a mesma distância (M); Você colocou mais em cima (M); Se o alvo (cestinha) aqui está longe, que regulagem da altura de lançamento você teve que fazer: lançar a bolinha na posição mais alta ou mais baixa? (M); Aqui (na posição) mais baixo, (a bolinha) ia mais devagar até cair na cestinha aqui (A1); E nesse caso que disse, a cestinha está mais próxima ou está mais longe? (M); Está pouco (afastada a cestinha) aqui (A1); Como você resolveu essa dificuldade? (M); Quanto mais colocar ela (a bolinha) pra cá (apontando para a altura maior na rampa), a bolinha consegue chegar mais aqui (distância maior) (A2); O que você achou do experimento aqui? (M); Olha... eu achei que ele é meio complicado, mas dá pra saber que quanto mais perto do alto (na rampa), mais longe vai ser (a posição da cestinha)... porque vai mais rápido (velocidade maior da bolinha) (A2); Pondo em cima, ela (a bolinha) vai (mais) rápido e pondo em baixo, ela sai (da rampa) devagar (com menos velocidade) para cair na cestinha aqui (indicando com o dedo uma distância menor) (A1); Por causa da altura da rampa, se eu solto mais alto, ela sai mais rápida (maior velocidade) (A1); Quanto mais colocar ela (a bolinha) para cá (indicando o ponto alto da rampa) a bolinha consegue chegar mais aqui (distância maior da cestinha) (A3); Isso, quanto

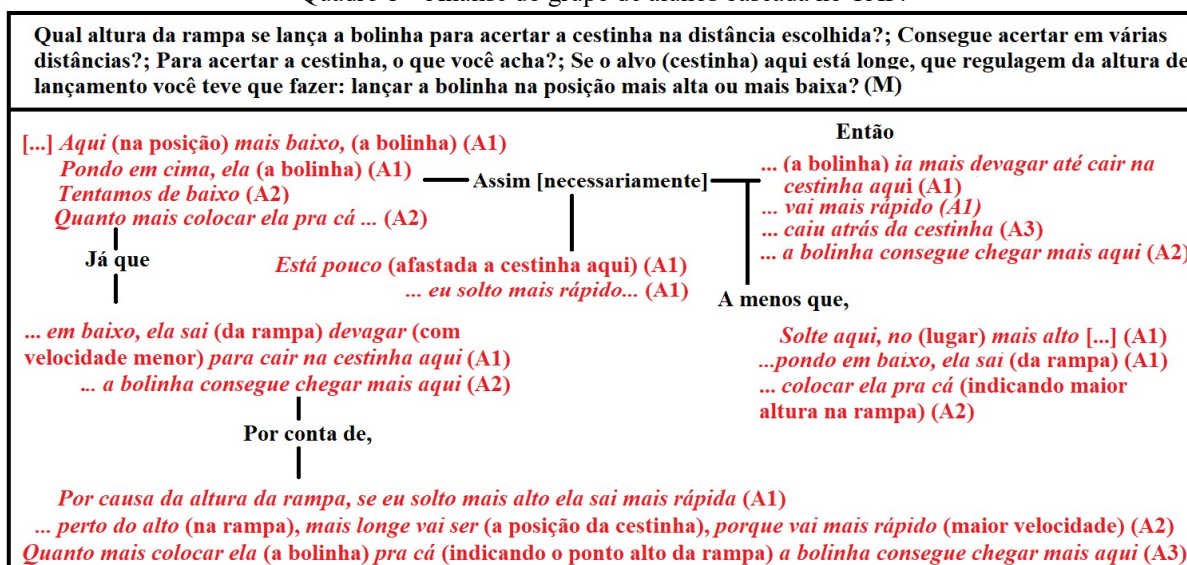


maior a altura da bolinha na rampa, dizemos que ela tem maior energia potencial, e daí ela terá maior alcance, pois terá maior velocidade no fim da rampa, que dizemos que a bolinha possui então maior energia cinética, e por isso, a cestinha deve estar mais distante para ocorrer o acerto no alvo (M); Entendi! (A2).

Com as tentativas de acerto, as crianças observaram os resultados experimentais que as ajudaram a explorar as variáveis envolvidas no “problema da cestinha”, reconhecendo-as gradualmente. Conforme Colombo Jr. *et al.* (2012, p. 500): “Este é um passo essencial para que relações causais possam vir a ser estabelecidas (Já que; Assim; Por conta de...)”. A fala do aluno (A1), “Pondo em cima, ela (a bolinha) vai (mais) rápido e pondo embaixo, ela sai (da rampa) devagar (com menos velocidade)”, ilustra indiretamente a relação entre a energia potencial (B) e sua transformação em energia cinética (W), representando a passagem de dados (D) para conclusão (C). A identificação de condições de refutação (R) surge com a percepção de alterações experimentais, como a necessidade de aproximar a cestinha para que a bolinha caia dentro dela (indicando uma distância menor).

O Quadro 1 apresenta uma análise baseada no TAP, detalhando os processos argumentativos dos alunos do grupo selecionado durante a atividade de “Conhecimento físico”, mediada pelo monitor (M).

Quadro 1 – Análise do grupo de alunos baseada no TAP.



Fonte: os autores

No caso deste grupo, a fala de A1, “Pondo em cima, ela (a bolinha) vai (mais) rápido e pondo embaixo, ela sai (da rampa) devagar”, reflete uma hipótese corroborada pelas tentativas experimentais, assim como a afirmação: “Aqui (na posição) mais baixo, (a bolinha) ia mais devagar até cair na cestinha aqui” (A1). Essa análise é sustentada pela constatação do aluno ao refutar uma hipótese inicial implícita, evidenciando o raciocínio de proporcionalidade direta entre altura de lançamento e distância do alvo, como indicado na fala: “Está pouco (afastada a cestinha) aqui” (A1). Do ponto de vista educacional, esses comentários representam etapas iniciais importantes na construção do pensamento científico, com a relação diretamente proporcional entre as grandezas sendo assimilada de maneira qualitativa e lúdica durante a interação com o equipamento automatizado.

Embora a dinâmica das interações varie em função das discussões preliminares entre os grupos, o monitor (M) utilizou estrategicamente momentos de instrução considerados “não interativos/de autoridade”, conforme a literatura recomenda (Mortimer; Scott, 2002). De forma consistente, o monitor vinculou os resultados percebidos pelos alunos a conceitos científicos, estabelecendo comentários conclusivos, como: “Olhem... quanto mais alto a bolinha está na rampa, dizemos que ela tem mais energia potencial, que está relacionada à altura; quanto mais rápida ela sair da rampa, dizemos que a bolinha tem mais energia cinética, relacionada à maior velocidade (M)”. Esse procedimento final instrutivo é justificado pela oportunidade de familiarizar os alunos com termos científicos adequados ao seu nível escolar.

## 5 Considerações finais

O produto educacional desenvolvido no MCT mostra-se particularmente adequado para espaços de educação não formal voltados ao público infantil, como os Museus para Crianças (Valença, 2006), embora também apresente potencial de aplicação em outros museus e centros de ciências que oferecem atividades interativas para essa faixa etária. Este estudo realizou uma análise detalhada do aparato inovador – ilustrado na Figura 1B e integrante do acervo de *exhibits* do MCT –, avaliando o desempenho de alunos do ensino fundamental I durante interações com o equipamento.

Os resultados obtidos corroboram aqueles reportados no contexto do ensino formal com o experimento original (Colombo Jr. *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 1998) – ilustrado na Figura 1A –, e assim validam a viabilidade pedagógica do aparato automatizado em ambientes de educação não formal para a faixa etária-alvo. Em síntese, este estudo destaca o caráter inovador do equipamento ao expandir as oportunidades de aprendizado interativo, possibilitando tanto a exploração autônoma quanto a construção significativa de conceitos científicos por meio de abordagens lúdicas. Através da interação investigativa, as crianças foram estimuladas a formular hipóteses, analisar variáveis críticas e estabelecer relações entre os fenômenos físicos observados.

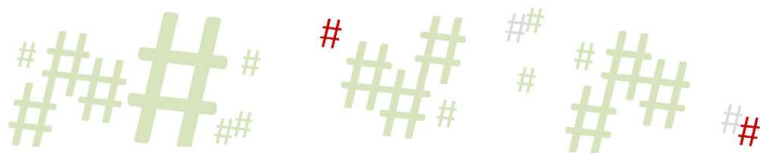
Portanto, o produto educacional desenvolvido no MCT reafirma sua relevância como ferramenta de educação não formal, integrando ciência e tecnologia de maneira acessível e atrativa para o público infantil. Além disso, este estudo contribui para ampliar o entendimento sobre o papel dos ambientes de educação não formal no desenvolvimento do pensamento científico, especialmente entre crianças nos anos iniciais do ensino fundamental.

No entanto, algumas barreiras do estudo merecem destaque. O tamanho da amostra, restrito a um único grupo etário e contexto educacional, pode limitar a generalização dos resultados. Além disso, o tempo disponível para interação com o aparato pode ter influenciado o desempenho observado. Estudos futuros poderiam explorar a aplicação do equipamento em diferentes faixas etárias e contextos, bem como realizar análises comparativas com outros tipos de aparatos interativos. Recomenda-se também que educadores e mediadores considerem a integração de equipamentos como o aqui apresentado em práticas pedagógicas formais e informais, utilizando sua capacidade de estimular o aprendizado por meio da exploração livre e da experimentação orientada. Melhorias no *design* do aparato, baseadas em *feedback* de usuários, poderiam incluir funcionalidades adicionais para ampliar a variedade de experimentos possíveis.

Finalmente, este estudo reforça a importância de ambientes de educação não formal no estímulo ao pensamento científico e à curiosidade nas crianças. Ao mesmo tempo, destaca-se o







PADILLA, Jorge. Conceptos de museos y centros interactivos. *In*: CRESTANA, S. *et al.* (org.). **Curso para treinamento em Centros e Museus de Ciência**: Educação para a ciência. São Paulo: Livraria da Física, 2001. p. 113-141.

PAVÃO, Antônio C.; LEITÃO, Ângela. Hands-on? Minds-on? Herts-on? Social-on? Explainers-on! *In*: MASSARANI, L; MERZAGORA, M.; RODARI, P. (org.). **Diálogos & Ciência**: mediação em museus e centros de ciência. Rio de Janeiro: Museu da Vida, 2007. p. 39-48. Disponível em:  
[https://www.museudavida.fiocruz.br/images/Publicacoes\\_Educacao/PDFs/MediacaoemMuseuseCentrosdeCiencia.pdf](https://www.museudavida.fiocruz.br/images/Publicacoes_Educacao/PDFs/MediacaoemMuseuseCentrosdeCiencia.pdf). Acesso em: 16 de janeiro de 2025.

PEREIRA, Grazielle R.; CHINELLI, Maura V.; COUTINHO-SILVA, Robson. Inserção dos centros e museus de ciências na educação: estudo de caso do impacto de uma atividade museal itinerante. **Ciência & Cognição**, v. 13, n. 3, p. 100-119, 2008. Disponível em:  
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/psi-58930>. Acesso em: 16 de janeiro de 2025.

PEREIRA, Grazielle R.; PAULA, Livia M.; PAULA, Lilian M.; COUTINHO-SILVA, Robson. Formação continuada de professores dos anos iniciais da educação básica: impacto do programa formativo de um museu de ciência a partir do viés crítico-reflexivo. **Ensaio:– Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, e2470, 2017. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/epec/a/gBSWCf8nMCXfcd3Tsr7qv4C/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 de janeiro de 2025.

SANTOS, Kátia S. O. **O “problema da cestinha” no ambiente de educação não formal**: desenvolvimento de um equipamento interativo automatizado e análises dos desempenhos argumentativos dos alunos. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024. Disponível em:  
<https://repositorio.uel.br/items/bc103794-e410-4377-9461-ca65296b733a>. Acesso em: 11 de maio de 2025.

SILVA, Nelson C. UFSC inicia montagem de pequeno Museu de Ciência. **Notícias da UFSC**, 2008. Disponível em: <https://noticias.ufsc.br/2008/06/ufsc-inicia-montagem-de-pequeno-museu-de-ciencia/>. Acesso em: 16 de janeiro de 2025.

SILVA, Osmar Henrique Moura da. Um equipamento interativo tipo *push-button* de uma versão de três pistões de um motor movido a eletroímãs para MCTs e similares. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, p. 902-914, 2015. Disponível em:  
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p902>. Acesso em: 16 de janeiro de 2025.

SILVA, Osmar H. M.; LABURÚ, Carlos E.; CAMARGO, Sérgio. Concepção educacional de um museu de ciências: um estudo de caso. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 39, n. 1, p. 34-58, abril, 2022. Disponível em:  
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/77756>. Acesso em: 16 de janeiro de 2025.

SILVA, Osmar H. M.; LABURÚ, Carlos E. Uma montagem de câmara de nuvens por difusão para museus de ciências e laboratórios didáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 514-528, ago. 2019. Disponível em:

