



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 19

Kátia da Silva Oliveira dos Santos

“O problema da cestinha” no ambiente de educação não formal: desenvolvimento de um equipamento interativo automatizado e análises dos desempenhos argumentativos dos alunos

Londrina - PR

2024

Kátia da Silva Oliveira dos Santos

“O problema da cestinha” no ambiente de educação não formal: desenvolvimento de um equipamento interativo automatizado e análises dos desempenhos argumentativos dos alunos

Dissertação apresentada ao Polo 19 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Dr. Osmar Henrique Moura da Silva

Londrina - PR
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

K19" Santos, Katia da Silva Oliveira dos Santos.
"O problema da cestinha" no ambiente de educação não formal: desenvolvimento de um equipamento interativo automatizado e análises dos desempenhos argumentativos dos alunos / Katia da Silva Oliveira dos Santos Santos. - Londrina, 2023.
113 f. : il.

Orientador: Osmar Henrique Moura da Silva.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2023.
Inclui bibliografia.

1. Ensino Fundamental I - Tese. 2. Ensino de física - Tese. 3. Equipamento interativo automatizado - Tese. 4. Ambiente não formal - Tese. I. Henrique Moura da Silva, Osmar. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

CDU 53

Kátia da Silva Oliveira dos Santos

“O problema da cestinha” no ambiente de educação não formal: desenvolvimento de um equipamento interativo automatizado e análises dos desempenhos argumentativos dos alunos

Dissertação apresentada ao Polo 19 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Osmar Henrique Moura da Silva - Orientador
Universidade Estadual de Londrina - PR

Dr. Thiago Queiroz Costa
Instituto Federal (Campus de Ivaiporã – PR)

Dr. Ricardo Vignoto Fernandes
Instituto Federal (Campus de Pitanga – PR)

Londrina, 13 de maio de 2024.

Dedico aos meus pais Maria e Manoel Oliveira, aos meus filhos Marcelo e Milena Cardoso, e ao meu esposo Maurício Cardoso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus pelo fôlego de vida e pela oportunidade dada de alcançar mais um objetivo.

Aos meus pais que acreditaram em mim e mesmo com pouco estudo, sempre priorizaram minha educação e me encorajaram a buscar sempre mais.

Aos meus filhos e esposo pela compreensão, pelas inúmeras vezes que eu estive ausente.

Agradeço ao corpo docente do programa do MNPEF da UEL pela competência e, em especial, ao meu orientador Dr. Osmar Henrique Moura da Silva, pela paciência e orientação deste trabalho.

Agradeço ao Engenheiro Eletricista Luiz Fernando Schmidt, pelo grande auxílio no desenvolvimento da automação do presente produto educacional.

À SBF, pela oportunidade que me ofereceram, assim como à milhares de professores, acerca da capacitação e melhoria da qualidade de ensino do país, e à CAPES, pelo aporte todo dado a SBF para a realização do MNPEF.

À UEL por abraçar essa causa e nos dar todo o suporte estrutural e humano para a execução desse trabalho.

Ao colégio de aplicação e toda a equipe diretiva que me abriram as portas tão gentilmente para que pudesse concluir meu trabalho.

À equipe do Museu de ciência e tecnologia da UEL, em especial o estagiário Bruno, que nos ajudou na condução do restante da turma de alunos durante as filmagens possibilitando uma melhor qualidade audiovisual.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram com essa pesquisa, meus mais sinceros agradecimentos.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Cada vez que alguém ensina a uma criança algo que ela poderia ter descoberto, essa criança é impedida de inventá-la e, conseqüentemente, de compreendê-la completamente.



JEAN PIAGET

SANTOS, Katia da Silva Oliveira dos: “O problema da cestinha” no ambiente de educação não formal: desenvolvimento de um equipamento interativo automatizado e análises dos desempenhos argumentativos dos alunos.

RESUMO

Tópicos de Física são dificultosamente abordados nas séries iniciais do ensino fundamental mediante a barreira primária de viabilização de quaisquer adequações com linguagem inteligível a esse nível escolar. Alguns trabalhos na literatura buscam defender uma proposta de inserção das Atividades de ‘Conhecimento Físico’, envolvendo determinados arranjos experimentais demonstrativos e de âmbito qualitativo. Foca-se, no presente trabalho, na divulgação de uma dessas Atividades de ‘Conhecimento Físico’, denominada “O problema da cestinha”, originalmente arquitetada para uso com alunos em sala de aula por intermédio do professor. Objetiva-se apresentar uma inovadora proposta de montagem automatizada, cuja diferenciação a torna viável aos ambientes de educação não formal que almejam a peculiar interatividade de aprendizado por livre-escolha. Em complemento, ainda se realizou uma investigação dos desempenhos argumentativos dos alunos do primeiro ciclo do ensino fundamental, quando interagem com o equipamento automatizado em situação de visita a um Museu de Ciências e Tecnologia (MCT) de pequeno porte. Para isso, adaptou-se uma proposta de análise das interações vídeo-gravadas entre sujeitos e equipamento, ora verbalmente estimuladas por um monitor do setor, indicando aprendizados similares àqueles já divulgados por meio do equipamento original destinado às escolas. Às contribuições, portanto, permite-se concluir que tal proposta de equipamento automatizado torna-se pedagogicamente interessante aos espaços educativos não formais, implicando ser recomendável sua reprodução pelas equipes técnicas desses setores a fim de inseri-la nos salões de exposições e ampliar seus acervos de atividades interativas. De modo peculiar, o produto educacional aqui desenvolvido torna-se adequado para os ambientes de educação não formal que mais precisamente são idealizados para crianças, designados de Museus para Crianças, mas que igualmente vem a ser proveitoso aos demais museus e centros de ciências empenhados com atividades interativas dirigidas às crianças.

Palavras-chave: Ensino fundamental I, “O problema da cestinha”, equipamento interativo automatizado, ambientes de educação não formal, ensino de física.

SANTOS, Katia da Silva Oliveira dos: “The basket problem” in the non-formal education environment: development of automated interactive equipment and analysis of students’ argumentative performances.

ABSTRACT

Physics topics are difficult to cover in the initial grades of elementary school due to the primary barrier of making any adaptations viable with intelligible language at that school level. Some works in the literature seek to defend a proposal for the inclusion of ‘Physical Knowledge’ Activities, involving certain demonstrative and qualitative experimental arrangements. This work focuses on the dissemination of one of these ‘Physical Knowledge’ Activities, called “The basket problem”, originally designed for use with students in the classroom through the teacher. The aim is to present an innovative proposal for automated assembly, whose differentiation makes it viable for non-formal education environments that aim for the peculiar interactivity of free-choice learning. In addition, an investigation of the argumentative performances of students of the first cycle of elementary school was also carried out, when they interacted with the automated equipment in a situation of visit to a small Museum of Science and Technology (MCT). To this end, a proposal for analyzing video-recorded interactions between subjects and equipment was adapted, sometimes verbally stimulated by a sector monitor, indicating learning similar to those already disseminated through the original equipment intended for schools. The contributions, therefore, allow us to conclude that this proposal for automated equipment becomes pedagogically interesting for non-formal educational spaces, implying that it is recommended to reproduce it by technical teams in these sectors in order to insert it in exhibition halls and expand their collections of interactive activities. In a peculiar way, the educational product developed here becomes suitable for non-formal education environments that are more precisely designed for children, called Museums for Children, but which are equally useful for other museums and science centers committed to interactive activities aimed at children.

Key-words: Elementary School I, “The basket problem”, automated interactive equipment, non-formal education environments. physics teaching.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – A) Experimento original denominado de “O problema da cestinha” (CARVALHO et al., 1998, p. 162); B) Uso de uma bacia paracaptura da esfera quando ela não acerta o alvo (“cestinha”); C) CAP DE PVC utilizado como “cestinha”21 e 72

Figura 2 – A) Esfera que foi elevada lentamente desde o nível de referência por aplicação de uma força para cima F . B) A quantidade x dá a posição vertical da esfera em relação à sua posição inicial (final da rampa), onde $x = 0$, sendo ainda seu deslocamento a partir desta posição. Obs.: m é a massa da esfera, e g é o módulo da aceleração da gravidade.....32

Figura 3 – A energia cinética K , a energia potencial U e a energia mecânica total E de uma esfera que cai a partir do repouso da altura x até o final da rampa, na altura 0 (nível de referência). Estas quantidades são plotadas versus x' em pontos intermediários. Durante a queda, o valor de x' vai para a esquerda desde $x' = x$ até $x' = 0$35

Figura 4 – Alunos interagindo com o aparato automatizado “O problema da cestinha”.....44

Figura 5 – Estrutura metálica do trilho que inclui a rampa de lançamento da esfera.....74

Figura 6 – A) Fixações de trilho da rampa, trilho da impressora e da haste móvel do alvo (cestinha); B) Vista ampliada do servomotor com seupino no vão livre do trilho, segurando a esfera. Optou-se por parafusar o servomotor num pequeno pedaço de madeira então parafusada no corpo de plástico do trilho da impressora.....74

Figura 7 – A) Servomotor do elevador com estrutura de arame arquitetada para captura da esfera; B) Servomotor fixado no elevador movido à rotação do parafuso de rosca sem fim, com indicação da Chave S8 na passagem da esfera; C) Haste da cestinha, chão com inclinação, vista completa do elevador com chaves de fim de curso S6 e S7, e indicação das localizações das chaves de fim de curso S4 e S5 adaptadas ao trilho da impressora.....76

Figura 8 – Mecanismo “do tipo gaveta”.....	76
Figura 9 – Diagrama de blocos do sistema elétrico/eletrônico do protótipo.....	78
Figura 10 – A) Diagrama de conexões do protótipo.....	79
Figura 11 – Detalhe indicando para remover jumper de 5V.....	81
Figura 12 – Equipamento para interação.....	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Modelo padrão de argumento de Toulmin (COLOMBO Jr. et <i>al.</i> , 2012, p. 493), cuja apresentação básica pode ser simplificada como: D (dados); assim, Q (qualificadores); C (conclusão); já que W (garantia); considerando que B (conhecimento básico).....	43
Quadro 2: Análise do grupo 1 baseada no TAP.....	51
Quadro 3: Análise do grupo 2 baseada no TAP	52
Quadro 4: Análise do grupo 3 baseada no TAP.....	53
Quadro 5: Análise do grupo 4 baseada no TAP	53
Quadro 6: Quadro TAP em branco	96
Quadro 7: Modelo padrão de argumento de Toulmin (COLOMBO Jr. et <i>al.</i> , 2012, p. 493) preenchido com possíveis falas das crianças adaptado pela autora, retirando o campo R	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCCM	Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAP	Nome dado à tampa usada em canos de PVC
IDE desenvolvimento	Integrated development environment ou ambiente integrado de desenvolvimento
MCT	Museu de Ciências e Tecnologia
MCTL	Museu de Ciências e Tecnologia de Londrina
PVC	Policloreto de vinila
UEL	Universidade Estadual de Londrina
TAP	Toulmin's Argument Pattern

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	20
INTRODUÇÃO	21
CAPÍTULO 1 – REFERENCIANDO AMBIENTES DE EDUCAÇÃO NÃO FORMAL COM PONDERAÇÕES DA INTERATIVIDADE À QUAL SE INSERE O PRODUTO EDUCACIONAL	25
CAPÍTULO 2 – UMA DISCUSSÃO DA TRANSFORMAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA RELACIONADA COM O PRODUTO EDUCACIONAL	31
CAPÍTULO 3 – PRESSUPOSTOS TEÓRICOS EDUCACIONAIS DIRECIONADOS AO MEDIADOR	37
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA À INVESTIGAÇÃO DA INTERATIVIDADE COM ALUNOS VISITANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL I NO MCTL	42
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS DADOS	46
5.1 SITUANDO O PROBLEMA EXPERIMENTAL PARA OS ALUNOS	46
5.2 AGINDO MEDIANTE COMANDOS DE REGULAGENS E DE ACIONAMENTO DO APARATO	47
5.3 COMO/ POR QUE?	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE A– PRODUTO EDUCACIONAL	63
APRESENTAÇÃO	72

CAPÍTULO 1 - MONTAGEM AUTOMATIZADA DO PROBLEMA DA CESTINHA....	73
1.1	PROTÓTIPO AUTOMATIZADO “O PROBLEMA DA CESTINHA”.....73
1.2	ORIENTAÇÕES ELÉTRICAS/ELETRÔNICAS VIA ARDUINO.....74
1.3	A PREPARAÇÃO FINAL.....83
CAPÍTULO 2 – PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO.....	87
CAPÍTULO 3 – SUGESTÃO DE CONDUÇÃO DE INTERATIVIDADE.....	96
3.1	ENTENDENDO COMO FUNCIONA O TAP NO CONTEXTO DA INTERAÇÃO COM O EQUIPAMENTO “O PROBLEMA DA CESTINHA”..96
3.2	COMO SITUAR O PROBLEMA EXPERIMENTAL PARA OS ALUNOS.....98
3.3	AGINDO MEDIANTE COMANDOS DE REGULAGENS E DE ACIONAMENTO DO EQUIPAMENTO.....99
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
APÊNDICES COMPLEMENTARES.....	103
APÊNDICE B– TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	104
APÊNDICE C – DADOS BRUTOS.....	106

APRESENTAÇÃO

Na minha formação inicial em ciências da natureza aprendi que esta disciplina, no ensino fundamental, envolve várias áreas do conhecimento como a: física, química, biologia e matemática. Quando iniciei a minha carreira como professora de ciências no ensino fundamental I, senti falta da física nos currículos, bem como, nos livros didáticos que eram usados nas escolas para essa faixa etária. Analisando mais minuciosamente, percebi que há uma predominância de conteúdos ligados à biologia. Essa constatação me gerou diversos questionamentos ao longo de minha carreira e os considero bastante interessantes, tais como: Os conteúdos de ciências abrem a possibilidade de uma abordagem dos aspectos relacionados ao estudo de fenômenos físicos a este nível escolar? As crianças do ensino Fundamental I conseguem aprender conceitos de Física?

Partindo dessas questões acredito ser válido pensar na importância da abordagem de conceitos físicos para compreender a natureza das coisas a nossa volta desde o ensino fundamental I, já que, possuímos nossas premissas sobre os fenômenos físicos tirados de nossa experiência cotidiana desde a mais tenra idade. Os temas de física podem ser abordados pelos professores de maneira qualitativa como conhecimentos de natureza física.

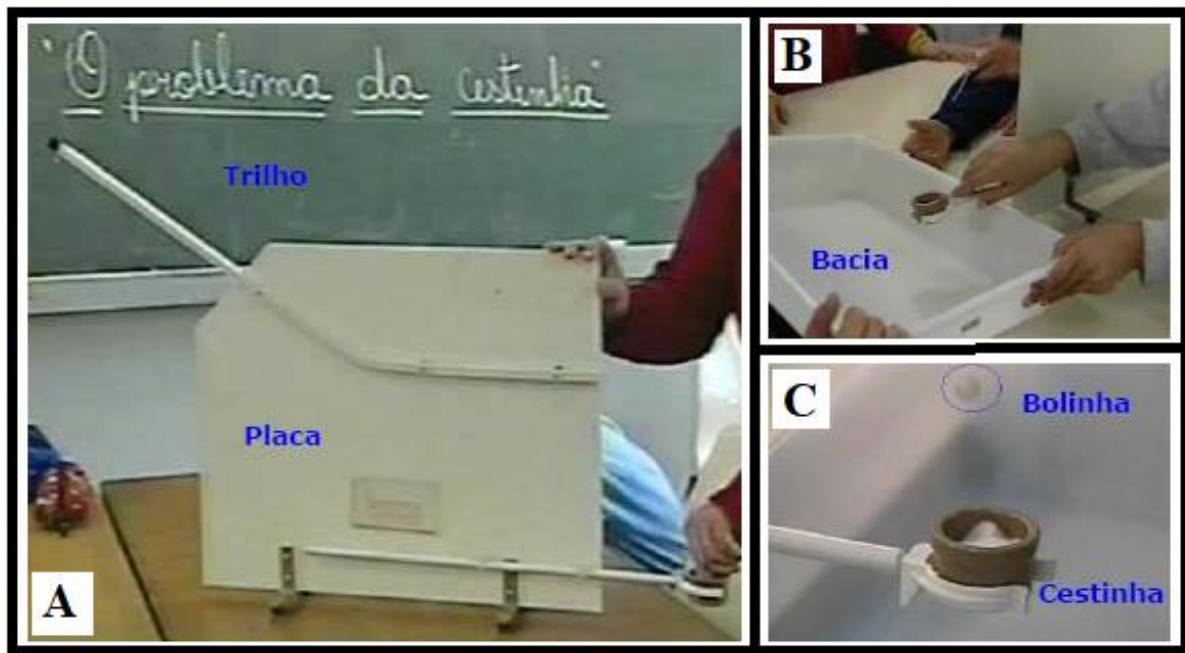
Assim, podemos aprender sobre esses conhecimentos primeiramente de maneira mais geral, observando os fenômenos de forma qualitativa e, assim, facilitar o aprofundamento nas séries posteriores. Será que tendo contato com a física desde bem cedo na escola, daqui uns anos poderíamos ter mais jovens interessados por essa área do conhecimento?

INTRODUÇÃO

Tópicos das ciências naturais, em especial de Física, são dificilmente abordados no ensino fundamental I (PEREIRA et al., 2017, p. 3; COLOMBO Jr. et al., 2012, 490), mediante a dificuldade primária ao se buscar uma viabilização de quaisquer adaptações com linguagem inteligível a esse nível escolar. Além disso, a literatura ressalta uma resistência que persiste da inserção desses tópicos aos seguintes motivos: é comum professores não conseguirem (ou não saberem) lidar com assuntos desagregados da sua formação inicial, situação que se aponta inalterada diante insuficiente formação continuada nesse sentido (FERREIRA, 2014; AUGUSTO 2010); há um obstáculo correspondente à insegurança gerada em qualquer tentativa de mudança no domínio escolar, atrelado a isso o fato de grande parte dos professores vir a se tornar presa num cenário pedagógico de pouca flexibilidade, dificultando e até impedindo uma inovação (COLOMBO Jr. et al., 2012, p. 490); ausência de infraestrutura e de material adequado para a realização das aulas (RAMOS; ROSA, 2008).

Não obstante, alguns estudos abordam o ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental brasileiro, visando contribuir, em distintos vieses, “*para tornar o ensino de ciências mais ‘agradável’ e acessível ao aluno no início do processo de escolarização*” (COLOMBO Jr. et al., 2012, p. 494). Destaca-se aí a iniciativa de Carvalho et al. (1998), que caracterizam quinze atividades de “Conhecimento Físico” para serem empregadas nos anos iniciais do ensino básico, como base inclusive para demais estudos com esse intuito. Em particular a uma dessas atividades, que é indicada na Figura 1 e denominada de “*O problema da cestinha*” (CARVALHO et al., 1998, p. 162), Colombo Jr. et al. (2012) investigaram a sua potencialidade em sala de aula defendendo-a como proveitosa em alunos de 8 a 10 anos de idade do ensino fundamental I, um estudo legitimador dos resultados de Carvalho (2003), cujos objetivos pedagógicos do experimento da Figura 1 serão mais adiante discutidos.

Figura 1 – A) Experimento original denominado de “O problema da cestinha” (CARVALHO et al., 1998, p. 162); B) Uso de uma bacia para captura da esfera quando ela não acerta o alvo (“cestinha”); C) CAP de PVC utilizado como “cestinha”.



Fonte: Colombo et al. (2012, p. 496).

Entretanto, perante a relevância dessa atividade específica da Figura 1 numa conjuntura que necessita o envolvimento de um mediador (um educador/professor) junto à experimentação com o aprendiz em sala de aula, é sensato ponderar que tal experimentação possa ainda abranger para além dos espaços de educação formal (escolas), explorando-a de um modo interativo distinto. Há atualmente muitas instituições de educação não formal, como museus e centros de ciência, em crescente expansão no Brasil (ABCMC, 2015) e que almejam atividades numa perspectiva diferenciada de “*aprendizagem por livre escolha*” (DIERKING, 2005)¹, ocorrida entre visitante e objeto de interação (SILVA et al., 2022, p. 36). Inclusive nesse contexto, Ferreira (2014, p. 7) chegou a relatar a “*quase inexistência de trabalhos que mostram como as exposições e objetos de um museu de ciências são produzidos*”. Considerando isto, e por consequência, o presente trabalho se insere numa linha de publicações que divulgam propostas de desenvolvimentos de equipamentos interativos ao público visitante desses ambientes educacionais específicos (SILVA et al., 2019, p. 2; SILVA; LABURÚ, 2019, p. 514; BRAVO, 2018, p. 62; SILVA; ARRUDA, 2016, p. 195; ALMEIDA; SILVA; 2015, p. 3505-1; SILVA; MATHIAS, 2015, p. 2; SILVA, 2015, p. 911; SILVA et al., 2014, p. 78). Mais precisamente, objetiva-se desenvolver um produto educacional constituído de uma atividade experimental relacionada ao “Problema da cestinha”, mediante inserção de uma automação com

¹ “*Esses aparatos interativos ilustram circunstâncias nas quais aprendizagens são movidas por livre escolha, de modo voluntário e não sequencial, visto que os visitantes permanecem liberados no salão de exposição*” (SILVA et al., 2022, p. 51).

a popular placa Arduino controlando dispositivos/mecanismos ajustados, e que se insere nessa perspectiva de aprendizado por livre escola, vindo assim a proporcionar uma interatividade típica desses ambientes planejados à educação não formal.

Em termos funcionais, durante a comunicação entre sujeito e objeto de interação, intenciona-se que o equipamento automatizado permita a reprodução de todas as ações e resultados do original arranjo experimental desta mencionada Atividade de ‘Conhecimento Físico’ (Carvalho et al., 1998; Carvalho, 2003; Colombo Jr. et al., 2012). Por assim ser, igualmente promover-se-ão reflexões acerca de distintas possibilidades que, antecipadamente via comando de orientação por texto explicativo anexado no aparato, se conduzem a criança a fazer, e que o experimento venha, a posteriori, corroborar relações físicas ali pensadas caracterizadas nos seguintes intentos pedagógicos: “*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); “*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). Acerca disto, portanto, os detalhes da elaboração deste produto educacional automatizado seguem apresentados no apêndice A.

Antes, porém, no tocante à modalidade de interação do aparato, cabe citar o conhecido movimento de boa parte dos museus de ciência que ocorreu no mundo inteiro “*a favor da troca da proposta ‘push-button’ para a ‘hands-on’*” (SILVA et al, 2019, p. 10), visando incentivar o visitante “*não só a tocar (no sentido de apertar um botão e ver o que ocorre), mas também a interagir com os módulos em exposição*” (CONSTANTIN, 2001, p. 197), em que mais um esclarecimento torna-se oportuno realizar. Em vista disso, por uma questão de refinamento da categorização dessa interatividade do equipamento em foco, há uma abrangência às modalidades de interação *hands-on* e *minds-on* que seguem posteriormente contextualizadas no âmbito da educação não formal, já no Capítulo 1.

Após o desenvolvimento do aparato, então discutido no apêndice A, este estudo caminha para o segundo objetivo, que é o de investigar, mediante interação, os desempenhos argumentativos de alunos com faixa etária entre 9 a 10 anos do ensino fundamental I, em situação de visita a um museu de ciências e tecnologia (MCT), quando interagem individualmente (ou em pequenos grupos)², acompanhados por um mediador³.

² Em ocasião da aprendizagem por livre escolha proporcionada pelo equipamento automatizado.

³ Um monitor do salão de exposição, termo este que não ignora as diferentes funções desses agentes que, de acordo com Massarani (2020, p. 2), nesse contexto diverso o próprio nome dado a esse profissional é variável: “*guia, monitor, mediador, facilitador, educador, animador, explicador, anfitrião, para citar alguns*”.

Acompanhamento este coerente com a seguinte orientação: “*as crianças podem permanecer por um tempo maior nas exposições, e aprender mais, quando são acompanhadas por um adulto (monitor) que esteja ativamente envolvido nas atividades*” (AHMAD et al., 2018, p. 33). As ponderações sobre os pressupostos teóricos de ensino de aprendizagem inspirados nesta investigação, e que são direcionadas a um mediador do ambiente educacional não formal para este produto educacional, são apresentadas no Capítulo 3. O Capítulo 4 encarrega-se de descrever a metodologia empregada neste estudo. Em precedência a isto, no Capítulo 2 se apresenta uma discussão do princípio físico envolvido nesta atividade de “Conhecimento Físico”, buscando-se fazer uma transposição do tratamento da linguagem em nível universitário para o nível básico desejado.

As análises dos desempenhos argumentativos dos visitantes (alunos) a respeito dessa atividade de ‘Conhecimento Físico’ é apresentada no Capítulo 5, por aplicação de uma proposta fundamentada no TAP de Tolmim (COLOMBO Jr. et al, 2012) em falas transcritas de interações vídeo-gravadas entre sujeitos e equipamento, ora verbalmente estimuladas pelo monitor. Antes de tudo, como dito acima, algumas reflexões à discriminação acerca da interatividade deste produto educacional automatizado seguem logo adiante estabelecidas no contexto da educação não formal.

CAPÍTULO 1 - REFERENCIANDO AMBIENTES DE EDUCAÇÃO NÃO FORMAL COM PONDERAÇÕES DA INTERATIVIDADE À QUAL SE INSERE O PRODUTO EDUCACIONAL

Aos ambientes de educação não formal, cabe ressaltar entidades com as nomenclaturas de “Museus de Ciências” e de “Centros de Ciências” que podem ser diferenciadas em essência, embora por alguma distinção feita nesse sentido ainda existam entidades com ambas as finalidades pelas quais se procurou distingui-las (DURANT, 1992, p. 8). Às terminologias usuais desses núcleos, Jacobucci (2006) avalia que “*elas não estão muito definidas*” (p. 13), prevalecendo o entendimento corriqueiro “*na literatura e coloquialmente no Brasil, como espaços idênticos*” (p. 14). E, nessa totalidade, também predomina a terminologia “Museu de Ciências e Tecnologia” (MCT), atrelando-se a visão popular de entidade com objetivo de caracterizar a ciência de forma lúdica e interativa, mediante o papel educativo comum desses ambientes de “*complementação do ensino escolar*” (SILVA et al., 2019, p. 1). Dessas considerações, portanto, não se pretende aqui aprofundar detalhes acerca das distintas nomenclaturas de tal aglomerado de entidades educacionais.

Todavia, um ponto a realçar nesses ambientes planejados para a educação não formal está na diversidade de aparatos com os quais o público interage, majoritariamente, ou por manuseio de manivelas ou por aperto de botões (ISZLAJI, 2012, p. 90; CAZELLI et al., 2003). Inseridos numa perspectiva de entretenimento, os experimentos desse último tipo constituem-se com particulares automatizações estabelecidas por uma equipe especializada do setor, motivo que gerou o famoso apelido da atividade museal de “*interatividade push-button*” (DAMICO, 2004, p. 25). Assim, conforme Silva e Mathias (2015, p. 1), “*os equipamentos são percebidos como confiáveis ‘brinquedos’, compostos por comandos que conduzem o que fazer e observar, além de textos explicativos direcionados ao público-alvo*”, em que a tradicional automatização das demonstrações controladas por aperto de botões permite que elas sejam realizadas pelos próprios visitantes em interações ocorridas de forma livre e espontânea acerca de um fenômeno.

Na medida em que os mais variados visitantes são designados a livremente experimentarem o que ali se encontra preparado ao entretenimento⁴, afirmam Pavão e Leitão (2007, p. 41) que, além do entretenimento e informação, tais experimentos interativos “*representam um progresso ao oferecerem certo envolvimento lúdico do público*”,

⁴ Chelini e Lopes (2008, p. 228-235), Valença (2006, p. 333), Cazelli apud Constantin (2001, p. 197).

entendimento este exemplificado por Bonatto et al. (2007, p. 49). E, para que esse modo ‘divertido’ (PAVÃO; LEITÃO, 2007, p. 44) de envolver o conhecimento científico ocorra, os equipamentos interativos constituem, como dito, em tecnologias com adaptações que os diferenciam daqueles que se demonstram no ensino escolar tradicional. Surpreendentemente acerca disto, tem-se avaliado que equipamentos assim preparados chegam a suplantar o papel daqueles experimentos alternativos e baratos sugeridos para escolas sem laboratórios (CHINELLI et al., 2008, p. 4505-9) e que, segundo Pereira et al. (2008, p. 100), após interação com um conjunto desses equipamentos em atividades museais, é perceptível o impacto benéfico de maior empenho dos participantes em saber mais sobre algum tópico evidenciado.

Em razão de seus acervos de experimentos interativos, há décadas que os ambientes de educação não formal seguem consolidados 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 num mínimo de orientação textual ou mediadora possível, a fim de que a informação se faça clara apenas com a ‘descoberta’ do visitante (DURANT, 1992, p. 8).

Ajuizamentos educacionais à parte, fato é que a interatividade almejada nesses ambientes abrange diferentes tipos e graus: “*alguma ocorre ‘com aperto de botão e algo acontece’⁵, noutra se abre um compartimento para encontrar uma informação escondida, outras são jogos de perguntas e respostas ou quebra-cabeças*” (SILVA et al., 2019, p.). E mesmo que coexistam diferentes propostas educacionais entre esses ambientes, uma concepção comum pode ser exemplificada na elaboração de um pequeno museu de ciência no país, na qual, pela alegação de um dos educadores inseridos no projeto, Nelson Cazian da Silva, concebe-se que as pessoas não vão ao museu para aprender sobre física ou outra ciência (SILVA, 2008). Segundo Silva (2008), é necessário fornecer ao visitante a liberdade de ser guiado por sua curiosidade e, se ele quiser dirigir perguntas aos monitores⁶, proceda dessa forma, ou até permitir que o visitante simplesmente interaja com aquilo que mais chame a sua atenção ao estar sensibilizado com a experimentação proporcionada e, com isso, tomar contato com um

⁵ Modalidade *push-button*.

⁶ 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). O termo monitor aqui utilizado não ignora as diferentes funções desses agentes que, de acordo com Massarani (2020, p. 2), nesse contexto diverso o próprio nome dado a esse profissional é variável: “*guia, monitor, mediador, facilitador, educador, animador, explicador, anfitrião, para citar alguns*”.

vocabulário novo. Em defesa desse posicionamento, sobressai a fala do então diretor da ABCMC⁷, Antônio Carlos Pavão: “*Os centros e museus de ciência não são espaços para aprender ciência, mas sim para estimular o interesse dos estudantes. À escola cabe o papel de organizar esse conhecimento*” (AGÊNCIA CIÊNCIA WEB, 2009).

À vista do último levantamento da Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência (ABCMC, 2015), nota-se uma crescente expansão de MCTs (e similares) no país, em que se destaca, a partir da penúltima edição em 2009, um aumento de “41% do número de instituições incluídas, 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”. Com essa tendência crescente do número desses ambientes no Brasil (DENTILLO, 2013), boa parte deles costuma adquirir seus “brinquedos” educacionais por meio de fabricantes específicos que os comercializam a um custo considerável ou mesmo de ‘admirados’ MCTs que possuem uma equipe técnica habilitada em fabricá-los. Este último caso é lembrado pelo orientador dessa dissertação quando participou de um congresso nacional realizado no MCT da PUC/RS, relacionado ao *design* e construção de equipamentos interativos. Aliás, esse é o quadro que desperta o surgimento de uma linha de trabalhos⁸ que divulgam como as exposições e os objetos de um museu de ciências são produzidos a fim de contribuir com as equipes técnicas desses ambientes e que, segundo Ferreira (2014, p. 7), “*este trabalhos são quase inexistentes*”, seguindo uma demanda de desmistificação da sofisticação de *exhibits*⁹ para aumentar a proliferação dos mesmos (ARGÜELLO, 2001).

Levando em conta os comentários de Pavão de que “*A Física, talvez pela facilidade dessa interatividade por manipulação, historicamente tem sido a grande atração nos museus de ciência*” (AGENCIA CIÊNCIA WEB, 2009), caso este do produto educacional então investigado e direcionado ao ensino fundamental I, torna-se oportuno refletir um pouco mais a respeito dessa interatividade. Em geral, a interatividade focada nesses ambientes pode ser apresentada em níveis cada vez mais complexos e que se inicia com a ajuda em explorações mais intensas pelos sentidos de forma direta (MORAES et al., 2007, p 59). Moraes et al. (2007, p. 59) descrevem que um nível simples e direto no qual isto pode ser feito é estimulando o

⁷ Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência.

⁸ Silva et al. (2019, p. 2); Bravo (2018, p. 62); Silva e Mathias (2015, p. 2); Silva (2015, p. 911); Silva al. (2014, p. 78).

⁹ *Exhibits* são peças, artefatos, equipamentos, experimentos, etc., que ficam em exibição nos espaços preparados e com os quais os visitantes afortunadamente podem interagir.

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*”. Há pouco mais de uma década, uma categorização mais ou menos consagrada da interatividade entre sujeitos e objetos nesses lugares, baseada em Wagensberg (2005), abrange três níveis: 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; 3) e a interatividade *heart-on*, relacionada com a emoção e a cultura.

Sobretudo numa interação por manipulação, tem-se o entendimento no qual ela pode ocorrer diretamente (*hands-on*) ou por meio de mecanismos acionados pelo visitante num simples apertar de botão (*push-button*)¹⁰ (CHELINI; LOPES, 2008, p. 232). Entendimento este de experimentação por manipulação que parece estar, segundo Colinvaux (apud CHELINI; LOPES, 2008, p. 231), na origem de muitos museus de ciências, nos quais “*a interatividade tem sido a palavra de ordem*” (PAVÃO; LEITÃO, 2007, p. 44). Ocorre, no entanto, uma crítica particular à interatividade do tipo *push-button*. A crítica aponta que aparatos desse tipo, por si sós, não permitem um estímulo maior à reflexão. Nesse entendimento, o apertar de botão faz o equipamento gerar uma resposta hermética, fixa, com uma interação limitada. Levanta-se, assim, a possibilidade de a interatividade advir como “*compulsão psicomotora*” ao se apertar o botão, sem que o experimentador ao menos aguarde a conclusão do efeito gerado nem se deixe alargar sua percepção e cognição, haja vista que a resposta é única e não é possível fazer funcionar de modo diferente, a fim de, por exemplo, se testar uma hipótese (MASSABKI, 2011, p. 62). Logo, é natural que críticas como essa a respeito da interatividade *push-button* façam surgir alternativas que visam melhorar o engajamento intelectual dos usuários por meio de uma interação física que não se restrinja a simples toques.

Aliás, embora o uso restrito desse tipo de interação aparente certas limitações, indicando não ser o simples fato de permitir tal manipulação pelo público que se garantirá a compreensão daquilo que está exposto, há estudos com comprovações de diferenças não significativas no grau de aprendizagem comparativamente a distintos e separados modos de interação nesses ambientes educativos não formais (EASON; LINN apud GASPAS, 1993).

¹⁰ Tipo de interatividade manipulativa (PADILLA, 2001, p. 123) que resulta num direcionado processo ou fenômeno a ser pensado e que se origina por meio de mecanismos acionados pelo experimentador num simples apertar de botão (CHELINI; LOPES, 2008, p. 232).

Para uma comparação nesse sentido, Studart (2003, p. 35) descreve os resultados das investigações de Blud com cinquenta 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. Diante disso, cabem aos equipamentos interativos *push-button*, assim como para aqueles classificados em outras modalidades, textos explicativos¹¹ a eles anexados que contribuem para uma clareza de entendimentos, pois os sujeitos, conforme Gaspar (1993, p. 148), “na sua maioria, leem os textos apresentados pelo menos até que tenham uma ideia do objetivo ou proposta da demonstração”. E ainda que qualquer elaboração de uma leitura nesse sentido continue alvo de melhorias, é significativo dizer que a essência de uma orientação explicativa, que se recomenda atrelar nos equipamentos, mantém-se conservada.

Entre as modalidades interativas, é razoável mencionar um movimento de boa parte dos museus de ciência que ocorreu no mundo inteiro “a favor da troca da proposta ‘*push-button*’ para a ‘*hands-on*’, objetivando viabilizar o visitante ‘não só a tocar’”, no sentido de apertar um botão e ver o que ocorre, “mas também a interagir com os módulos em exposição” (CONSTANTIN, 2001, p. 197). E por uma questão de refinamento da categorização de interatividade do equipamento automatizado relacionado ao “Problema da cestinha”, há uma abrangência às modalidades de interação *hands-on* e *minds-on*¹². Na *hand-on*, “a interatividade manual” do equipamento faz do visitante um elemento ativo na exposição, usando as mãos para provocar e controlar variáveis envolvidas no fenômeno físico ali investigado, em sucessivas tentativas de acerto do alvo (cestinha)¹³. Deste modo, promovem-se reflexões acerca de distintas possibilidades da relação física de proporção entre a altura de lançamento da bolinha e sua velocidade adquirida para acerto do alvo em determinada distância. Durante a experimentação, e segundo Denzin e Lincoln (apud STUDART, 2005, p. 58), a natureza de análise qualitativa dos resultados se destaca, “a fim de examinar a frequência com que os

¹¹ “Mais do que explicações dos fenômenos pensadas com linguagem inteligível à maioria dos visitantes experimentadores, textos que direcionam o que observar e comandos de acionamento são indispensáveis” (SILVA, 2015, p. 903).

¹² Pretendendo não estabelecer uma hierarquia das formas e dispositivos expositivos pelas modalidades de interação, à outra modalidade, denominada de “*heart-on*”, “necessita abordar su aspecto más genuinamente cultural”, permitindo uma “*conversa com la identificación colectiva a que pertenece la sociedad donde se inserta el museo*” (WAGENSBERG, 2006, p. 38).

¹³ Aliás, de acordo com Studart (2005, p. 63), “Os comentários dos visitantes sugerem que a abordagem *hands-on*, usada nas exposições, é considerada, tanto pelos pais quanto pelas crianças, educativa e motivadora para o aprendizado infantil”.

eventos ocorrem e explorar possíveis relações entre variáveis”. Isto se traduz em uma ‘interatividade mental’ ou *minds-on*. Nesta última, os elementos de interação estimulam o funcionamento da mente, instigando o sujeito a empreender um “exercício mental” à situação.

Por fim, ressalta-se ainda, nesta interação lúdica com o equipamento, o papel auxiliador importante na prática pedagógica de professores dos anos iniciais do ensino fundamental, na medida em que os incentivam “*a relacionar a visita com o trabalho feito na escola*” (BERNASIUK et al., 2009, p. 1). Nesse caso, acredita-se possibilitar que os fenômenos observados sejam posteriormente bem lembrados na sala de aula quando o tema discutido tenha sido por ele relacionado, possibilitando que o professor então usufrua dessas lembranças em benefício do aprendizado de conceitos científicos relacionados no decorrer das discussões. Caso este benéfico aqui das associações dos termos energia potencial e energia cinética, atrelados, respectivamente, às grandezas altura e velocidade da esfera.

CAPÍTULO 2 – DISCUSSÃO DA TRANSFORMAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA RELACIONADA COM O PRODUTO EDUCACIONAL

Mediante caracterização anterior da Atividade de “Conhecimento Físico” (COLOMBO Jr. et al., 2012; CARVALHO, 2003; CARVALHO et al., 1998) do presente produto educacional então direcionado ao ensino fundamental I, cabe situar os seguintes comentários relativos à aproximação instrucional com conteúdos da Física:

Não estamos propondo neste livro atividades de Física na concepção que a palavra tem no meio científico. Nossa proposta é a de oferecer aos alunos das primeiras séries do ensino fundamental atividades de conhecimento físico que irão levá-los a pensar e a resolver um problema do mundo físico, dentro de suas condições. Estamos principalmente ensinando os alunos a gostar de Física. (CARVALHO et al., 1998, p. 7)

Em atenção a esse esclarecimento essencial à situação, este capítulo trata de apresentar *“uma introdução aos conceitos físicos envolvidos no produto educacional, em nível universitário e contextualizados, o que significa o uso adequado da linguagem científica e sua notação, em contraste com textos de divulgação científica ou livros do ensino médio”* (COMUNICADO SBF/MNPEF 07-2018, 2018, p. 1), em que os comentários mais acima já demarcam o contraste com os textos (livro e artigos)¹⁴ citados quanto à preocupação de tal conteúdo escolar para com o ensino fundamental I. Isto, portanto, mostra-se procedente com a normativa pela qual *“o tema de pesquisa envolva, necessariamente, conceitos de física e estratégias de ensino e aprendizagem, no contexto de ensino fundamental e médio”* (COMUNICADO SBF/MNPEF 07-2018, 2018, p. 1).

Por assim ser, a descrição do princípio físico desta Atividade de “Conhecimento Físico” refere-se a uma esfera posicionada a uma altura x na rampa, possuindo determinada energia potencial U que, na medida em que ela é solta e cai¹⁵, essa energia potencial gravitacional da esfera vai se transformando gradualmente em energia cinética K , transformada totalmente quando a esfera atinge o nível de referência (final da rampa). A lei que rege esse comportamento é a Lei da Conservação de Energia, expressa simbolicamente pela equação (1):

$$E_{\text{final}} = E_{\text{inicial}} \quad (\text{eq. 1}).$$

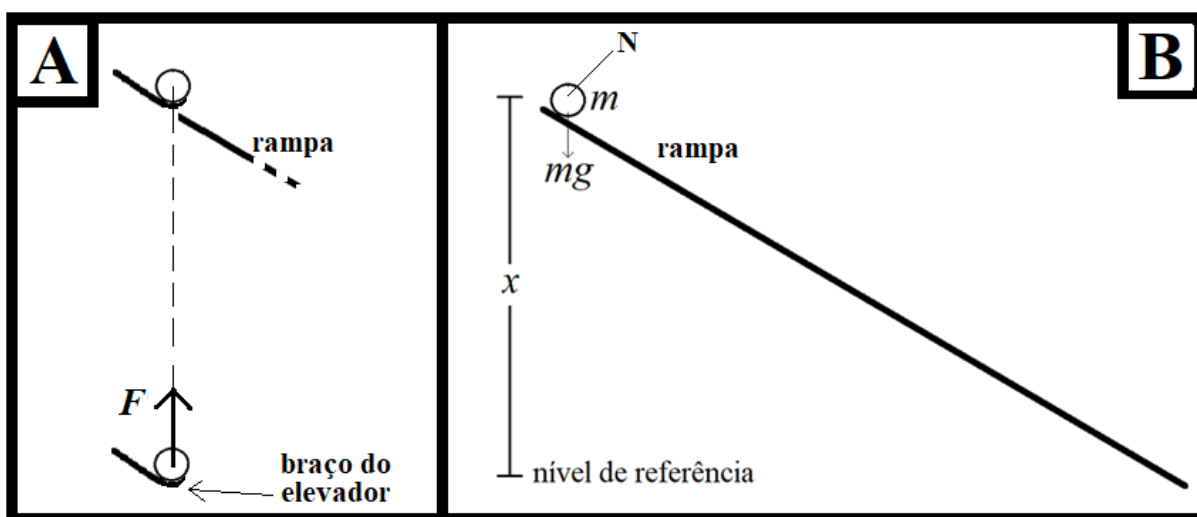
¹⁴ Colombo Jr. et al., 2012; Carvalho, 2003; Carvalho et al., 1998.

¹⁵ Desprezando-se a resistência do ar, sua rotação e atrito no trilho.

De acordo com Eisberg e Lerner (1982, p. 335), essa eq. (1) representa “*uma das mais importantes leis da conservação da Física*”, da qual os aspectos conceituais relacionados e aplicados à Atividade de “Conhecimento Físico”, em termos qualitativos, seguem abaixo tratados.

A princípio, tem-se uma situação de posicionamento da esfera em determinada altura, supondo a altura x (máxima na rampa), ilustrada na Figura 2. Esta situação é feita de modo automatizado neste produto educacional, que assim fornece a energia potencial U em relação ao nível de referência (final da rampa), constituindo-se nada mais que a realização de um trabalho positivo sobre o sistema esfera. Pela indicação na Figura 2, define-se um eixo x de sentido para cima (ascendente) e com origem no nível de referência (final da rampa). Logo, a altura da esfera é a quantia positiva x , exatamente o valor de sua coordenada no fim do deslocamento, sendo o módulo de x a altura da esfera acima desse nível de referência.

Figura 2 – A) Esfera que foi elevada lentamente desde o nível de referência por aplicação de uma força para cima F . B) A quantidade x dá a posição vertical da esfera em relação à sua posição inicial (final da rampa), onde $x = 0$, sendo ainda seu deslocamento a partir desta posição. Obs.: m é a massa da esfera, e g é o módulo da aceleração da gravidade.



Fonte: autora.

Logo, é possível afirmar que o trabalho positivo realizado sobre a esfera ao elevá-la é dado pela eq. 2:

$$W = mgx \quad (\text{eq. 2})^{16}.$$

Após esse procedimento (realização de trabalho) com o qual resulta na esfera no alto da rampa (Figura 2), é sensato afirmar que a esfera possui uma propriedade que não tinha quando no nível de referência (final da rampa). Dito de outra forma, a esfera armazena uma quantidade de energia, possibilitando-a então de realizar o equivalente trabalho de volta a esse nível de referência¹⁷. Isto resulta no trabalho positivo realizado pela força peso da esfera, equivalente ao trabalho mostrado na eq. 2, pois $W = (-mg).(-x) = mgx$ (EISBERG; LERNER, 1982, p. 332). Esse tipo de energia atrelada à esfera é chamado de energia potencial¹⁸, dizendo-se que ela possui energia potencial gravitacional em relação à posição de referência (final da rampa).

Por aplicação do símbolo U para a energia potencial, diz-se, portanto, que a esfera, com numa posição vertical x acima do nível de referência ($x = 0$, definido no final da rampa), possui uma energia potencial gravitacional U quantitativamente igual ao valor do trabalho W antes realizado para elevá-la da posição $x = 0$ até a posição x , sendo:

$$U = mgx \quad (\text{eq. 4}).$$

Todavia, ao retorno até a posição inicial $x = 0$ a partir da energia potencial U dada pela eq. 4, surge um comportamento de aumento de velocidade da esfera à medida que a esfera vai passando posições x' menores que x , mediante uma transformação dessa energia potencial U em outro tipo de energia, denominada de energia cinética K . A dedução dessa energia cinética K , pode ser estabelecida a partir da eq. 3, que por uso de uma equação do movimento retilíneo uniformemente acelerado (eq. 5)¹⁹, procede que $W = F\Delta x = \frac{Fv^2}{2a} = \frac{mav^2}{2a}$, implicando em:

¹⁶ Partindo-se de que o trabalho W realizado sobre a esfera, por aplicação de uma força resultante F (constante) para fornecê-la o deslocamento x , é definido como:

$$W = F\Delta x \quad (\text{eq. 3}).$$

¹⁷ Agora por meio de uma força descendente com valor de $-mg$, e correspondente deslocamento para baixo com valor de $-x$.

¹⁸ A palavra “potencial” é usada porque a esfera é potencialmente capaz de realizar o trabalho de retorno dessa posição “alta” até a inicial (referentemente “baixa”); em verdade, é válido dizer que o sistema “esfera-mais-terra” tem energia potencial gravitacional quando a esfera está numa posição mais alta que o nível de referência, o que implica na energia potencial realmente armazenada no sistema “esfera-mais-Terra”, mas nunca na esfera isoladamente (uma consequência da força gravitacional que a Terra exerce sobre a esfera).

¹⁹ Cujas equação (EISBERG; LERNER, 1982, p. 54) é:

$$\Delta x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \quad (\text{eq. 5}).$$

$$W = \frac{mv^2}{2} \dots\dots\dots \text{(eq. 6)}$$

Logo, a esfera ao cair de x para x' , ela adquire uma velocidade negativa v' , que pela transformação em razão da eq. 6, diz-se que ela possui a seguinte energia cinética K positiva:

$$K = \frac{mv'^2}{2} \quad \text{(eq. 7)}$$

Nesta consideração ideal de a esfera mover-se com aceleração constante ao quadrado da velocidade que ela adquire durante o deslocamento em queda, é possível expressar em termos comparáveis tais valores de U e K na situação abordada.

Nesse sentido, por uso da eq. 5 e ponderando que a coordenada da posição inicial seja igual a x , que a coordenada da posição final seja igual a x' ; que a velocidade inicial seja igual a zero; que a velocidade final seja igual a v' ; e que a aceleração seja igual a $-g$, tem-se:

$$x' = x + \frac{v'^2}{-2g}, \text{ ou } \frac{v'^2}{2g} = x - x', \text{ que resolvendo-se em relação a } v'^2 \text{ chega-se a}$$

$$v'^2 = 2g(x - x') \quad \text{(eq. 8)}$$

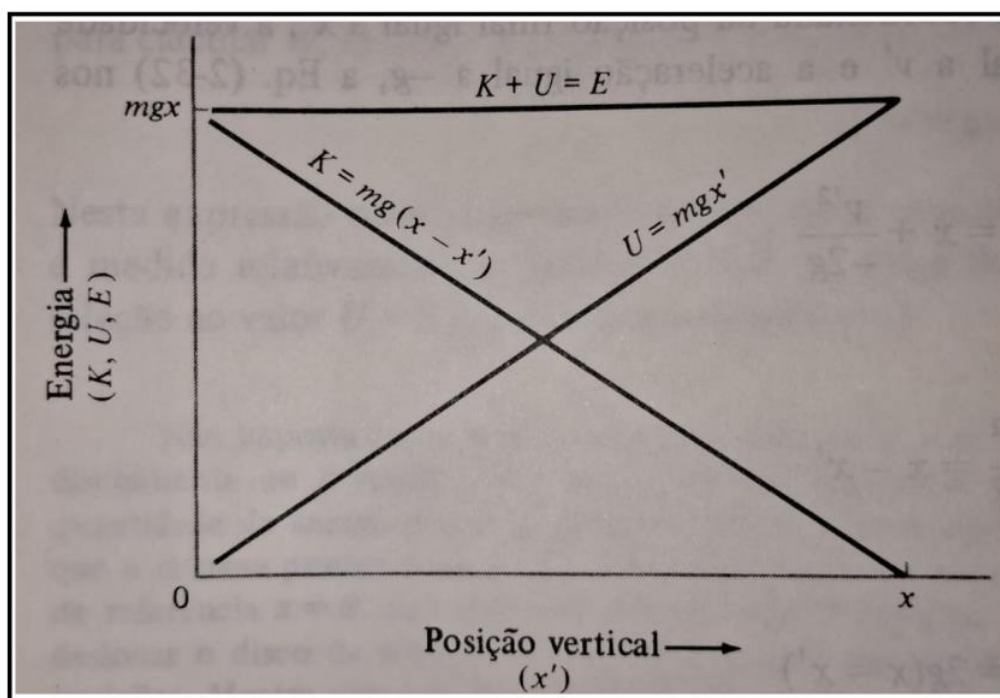
Em tais circunstâncias particulares, pode-se então exprimir o valor de K da eq. 7 como

$$K = \frac{m[2g(x-x')]}{2}, \text{ ou } K = mg(x - x'). \quad \text{(eq. 9)}$$

Eisberg e Lerner (1982, p. 334) exibem a Figura 3, que representa um gráfico das energias cinética e potencial, em conformidade com as equações 4 e 9. Transpondo a discussão desses autores para a esfera do produto educacional, a queda começa com $x' = x$ e termina com $x' \cong 0$; exatamente “antes” de a esfera incidir no nível de referência. Quando $x' = x$, a energia cinética K é zero na condição de a esfera apenas começar a se mover, e a energia potencial U tem o valor mgx . Após atingir em queda certa altura intermediária x' , a energia cinética K da esfera aumenta em razão de adquirir velocidade, porém, à custa de uma perda de energia potencial U (visto que a esfera diminui sua altura). Torna-se claro, assim, que pouco antes de a esfera atingir o nível de referência (final da rampa, quando $x' \cong 0$), a energia potencial U é quase zero e a energia cinética K aproxima-se do valor inicial da energia potencial U . A Figura 3 ilustra esse decréscimo de energia potencial U , que é exatamente compensado por um aumento em energia cinética K em “todos” os pontos da queda. Tal comportamento leva à introdução de uma energia mecânica total E , definida pela soma dessas energias cinéticas e potenciais, assim descrita:

$$E = K + U \quad \text{(eq. 10)}$$

Figura 3 – A energia cinética K , a energia potencial U e a energia mecânica total E de uma esfera que cai a partir do repouso da altura x até o final da rampa, na altura 0 (nível de referência). Estas quantidades são plotadas versus x' em pontos intermediários. Durante a queda, o valor de x' vai para a esquerda desde $x' = x$ até $x' = 0$.



Fonte: Eisberg e Lerner (1982, p. 334).

De acordo com Eisberg e Lerner (1982, p. 334), quando esfera cai, “a energia do sistema gradualmente muda de forma potencial para a forma cinética. Mas sua soma, a energia mecânica total, permanece constante”, resultando as equações 4, 9 e 10 que $E = K + U = mg(x - x') + mgx' = mgx$. Logo,

A quantidade mgx é uma constante porque x é o valor fixo que especifica a altura inicial (da esfera). Esta simples experiência proporciona um exemplo da LEI DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA TOTAL de um sistema isolado no qual não há atrito. A lei pode ser expressa simbolicamente pela equação $E_{\text{final}} = E_{\text{inicial}}$. (EISBERG, LERNER; 1982, p. 335).

Enfim, por tais esclarecimentos físicos com nível qualitativo de fundamentado universitário, e aplicados à Atividade de “Conhecimento Físico” deste estudo, buscou-se atender à orientação apontada na primeira página deste capítulo (COMUNICADO SBF/MNPEF 07-2018, 2018, p. 1), à medida que essa linguagem abordada venha alcançar certa

compatibilidade com aquela do nível básico de ensino. Quanto à interatividade de alunos do ensino fundamental I com o aparato no museu, o entendimento qualitativo acerca das relações de energia que um monitor (ou professor) do museu precisa comunicar explicitamente para assimilação de termos científicos “*aos aspectos mais importantes da energia cinética e da energia potencial*”, cabe sintetizar o seguinte: “*energia cinética é energia de movimento e energia potencial é energia de posição*” (EISBERG; LERNER, 1982, p. 333).

CAPÍTULO 3 – PRESSUPOSTOS TEÓRICOS EDUCACIONAIS DIRECIONADOS AO MEDIADOR

Este capítulo busca situar uma inspiração aqui ocorrida em um modelo didático de orientação pedagógica construtivista fundamentada na formulação de perguntas (LORENCINI Jr., 2000; LABURÚ et al. 2010; SILVA; LABURÚ, 2013), em que se insere como etapa final o momento “*não-interativo/de autoridade*” (MORTIMER; SCOTT, 2002), proposto como adaptação instrucional²⁰ à interatividade dos alunos com o aparato museal. Como se verá mais adiante, esta adaptação instrucional é conduzida na interatividade pela mediadora, sendo a própria orientanda desta dissertação de mestrado. Ainda cabe salientar que: não há necessidade de se preparar os alunos antes dessa visita no ambiente de educação não formal; apenas para o professor da turma interessado numa visita, no Apêndice A (Capítulo 3) há uma proposta de atuação para que ele prossiga uma mediação com seus alunos.

A fundamentação de maior desenvoltura sucede no modelo didático pelo qual o professor se limita a fazer questionamentos aos alunos, defendido por Lorencini Jr (2000) e inspirado por Silva e Laburú (2013), agora voltado para a condição dos aparatos interativos presentes nos ambientes de educação não formal, e mais precisamente para o produto educacional então elaborado. O modelo, conforme Lorencini Jr. (2000, p. 4), “*tem como unidade central o discurso interativo entre professor e alunos para atribuição de significados compartilhados, que denominamos de ‘discurso reflexivo’*”, a fim de “*provocar efeitos significativos nos processos cognitivos e interativos em sala de aula*” por meio de formulação de perguntas. Para isso, Lorencini Jr. (2000, p. 43) adverte que:

As perguntas devem ser precisas e não ambíguas na sua formulação para que tenham a intenção para a qual o professor planejou; Uma conexão em série de questões é difícil de organizar de improviso numa sequência lógica; O professor estará mais bem preparado para negociar com o inesperado se possuir um corpo de questões já pensadas e refletidas.

Segundo Silva e Laburú (2013), o encaminhamento didático baseado na formulação de perguntas pelo educador estabelece sua participação para mediar uma ação do estudante sobre um conteúdo específico em determinada situação, independente de ser experimental ou teórica, uma ação portadora do processo de construção que o próprio estudante faz do seu

²⁰ Para um monitor do setor, podendo ser inclusive um professor de uma turma em visita ou ainda um adulto (pai ou mãe) interessado nesta mediação.

conhecimento. Abaixo é apresentada uma categorização de perguntas fundamentada em Silva e Laburú (2013) e que se constata nos dados brutos desta investigação quanto às perguntas, agora exemplificadas abaixo, e que se mostram típicas de uma mediação na ocasião da interatividade das crianças de tal faixa etária com o produto educacional:

- Perguntas de Levantamento – constituem-se de perguntas de primeiro nível ou de primeiro contato do medidor com as crianças, que após uma apresentação de funcionamento do experimento, objetivam conduzir uma atitude inicial das crianças do que elas podem fazer. Exemplos: *Vamos experimentar?; O que você acha?; Vamos lá! Quem quer começar?; Óh, esse equipamento funciona assim, a gente tem aqui uma cestinha aqui, a gente pode movimentar ela mais para frente quando a gente quiser. Aqui a gente tem uma alavanca que vai fazer com que aquela bolinha ali, óh, mude de posição, tá vendo a bolinha? Então eu posso colocar a bolinha mais por cima, ou a bolinha mais para baixo, e aí, quando eu apertar o botão, a bolinha vai descer a rampa, e você tem que acertar cestinha, entendeu?*
- Perguntas de Aplicação – constituem-se de perguntas de objetivam a reflexão da criança mediante dúvidas à análise da situação, estendendo o diálogo em forma de perguntas. Exemplos: *Se o alvo (cestinha) aqui está longe, que regulagem da altura de lançamento você tem que fazer? Lançar a bolinha na posição mais alta ou mais baixa?; O que você achou do experimento aqui?; E se eu trazer aqui, óh? Onde a gente vai ter que mudar lá para acertar aqui?, Óh, no meio, onde a gente tem que colocar?*
- Perguntas de Desenvolvimento – são perguntas de segundo nível de compreensão em razão de buscar conduzir a criança à tomada de consciência das dificuldades que ela encontra, à geração de hipóteses próprias, explicações ou mudança nas ações. Exemplos: *E nesse caso que disse, a cestinha está mais próxima ou está mais longe?; E aí, o que será que deu errado (para acertar o alvo/cestinha)? Será que tem que mudar alguma coisa aí? Você acha que tem que mudar o que, pode falar sua ideia?; Voltar tudo? Você voltou mais para cá, é isso? É isso que você fez? Vamos fazer agora? E lá você vai mexer ou não precisa manter lá?*
- Perguntas de Finalização – são perguntas de segundo nível que levam a criança a se situar no conhecimento do qual necessita. Estas perguntas podem induzir a criança a comparar ideias nessa construção de explicações mais consistentes e auxiliar o monitoramento, do mediador, de suas mudanças tanto em atitudes, quanto de raciocínios. Elas podem provocar, como também explorar, novas previsões das crianças. Exemplos: *Vai apertar assim (com a cestinha nessa distância)?; E então, o que a gente*

poderia ter mudar? Olha, tá assim. E aí que a gente muda? então A1, imagina aqui? Qual a estratégia? Como? Trouxe mais para cá por que?

- **Perguntas de Informação** – são perguntas típicas em que o mediador pede para a criança uma análise do resultado da atividade experimental, ou seja, em termos qualitativos, para que ela explique em suas palavras, uma compreensão compatível com relações diretamente proporcionais do tipo: maior altura de lançamento da esfera na rampa, maior sua velocidade no final da rampa. Exemplos: *Hum...quando tá no meio, então a velocidade é mais fraquinha?; Então... e quando fica mais alta? Então?; Quanto mais alta, mais rápida a bola sai (no final da rampa)?*

Todavia, faz-se oportuno, no âmbito construtivista, descrever algumas ponderações do emprego de estratégias instrucionais por meio das quais questionamentos partem do professor. Laború et al. (2010) afirmam que no Ensino Médio os alunos vêm para a sala de aula com um conjunto de ideias problemáticas sobre medição, diametralmente opostas às científicas, reunidas no definido paradigma Pontual. Esses autores investigam até que ponto os alunos do primeiro ano do Ensino Médio conseguem construir uma aproximação com o conceito científico de medição, denominado de paradigma de Conjunto, quando estão envolvidas apenas questões provocativas do professor e experimentos preparados para induzir essa construção (LABURÚ et al., 2010, p. 1402-1). Eles concluem que, embora a problemática posta pelas questões à atividade experimental que adotaram²¹ tenha mostrado que cada estudante reage com uma trajetória característica, todos eles romperam com a barreira do núcleo central do paradigma Pontual, baseada na medida única, exata e verdadeira, perante a propositura de contínuas questões lançadas pelo professor sem explicitar uma resposta (LABURÚ et al., 2010, p. 1402-1). Em continuidade a este estudo e pela mesma atividade experimental, mas já se destinando para construção de conhecimentos próximos aos do paradigma de Conjunto, Silva e Laború (2013) apresentam um caso real de categorização de perguntas por eles estabelecida em que o educador se restringiu a fazer em uma amostra de estudantes recém-ingressados na universidade e de bagagem instrucional circunstanciada ao Ensino Médio. Por fim, eles constatam um proveito do uso desta categorização de estilo construtivista no intuito de orientar, direcionar e avaliar a construção do conhecimento científico dos estudantes, mas salvaguardam o “*entendimento comum de que o professor que ficar apenas formulando perguntas encontrar-se-á bem limitado em relação ao objetivo instrucional*” (SILVA; LABURÚ, 2013, p. 211).

²¹ “*Um experimento de lançamento para a determinação do alcance d de uma bola sobre um plano inclinado, lançada de uma altura h ” (LABURÚ et al., 2010, p. 1404-5).*

Paralelamente ao produto educacional e se limitado nessa metodologia de perguntas, isto significa que, por mais que as crianças assimilem relações diretamente proporcionais do tipo “maior altura de lançamento da esfera na rampa, maior sua velocidade no final da rampa bem como maior seu alcance”, termos como “energia potencial” e “energia cinética” jamais serão assimilados de forma individual apenas pela experimentação. É aí que se justifica o incremento da etapa final de momento “*não interativo/ de autoridade*” (MORTIMER; SCOTT, 2002). Um apoio desta etapa final segue na atenção de Matthews (apud LABURÚ et al., 2001, p. 167) para a situação exemplar de se empurrar um objeto e receber uma variedade de respostas sensoriais desta ação, e que isto não vai implicar em ideias de pressão, elasticidade, força, esforço, tensão etc. Em outras palavras, como se essas ideias pudessem ser derivadas diretamente da observação, quer dizer, antes destas palavras terem sido definidas e aprendidas, acrescentando: “*Definições (significados) não são construídas pelo indivíduo, elas são ‘aprendidas’ pelo indivíduo*” (MATTHEWS apud LABURÚ et al., 2001, p. 167). Ressaltam Mortimer e Scott (2002, p. 302) que “*os estudantes podem discutir por uma eternidade as formas pelas quais carrinhos descem um plano inclinado e nunca chegarem às grandes ideias contidas nas Leis de Newton para o movimento*”. Logo, em termos gerais, conforme Laburú e Arruda (2002, p. 478) a crítica feita resume-se assim: “*didaticamente falando, nenhuma experiência ou observação individual pode, de todo, estabelecer ou orientar a construção de conceitos científicos, que são, em última instância, construções abstratas, idealizadas*”.

No ambiente educacional não formal e com intuito de contribuir com a perspectiva do aprendizado por livre escolha (DIERKING, 2005), Ahmad et al. (2018) estabelecem reflexões sobre a importância de um adulto como educador da aprendizagem em museus mediante interatividade com aparatos, e citam uma variedade de estudos que examinam o potencial positivo do adulto educador em moldar a compreensão das crianças acerca dos artefatos. Gaspar (1993) e Carvalho e Pacca (2015) chegam a defender essas interações sociais, inclusive, por uma visão mais vigotskiana que piagetiana, quando a finalidade esteja no aprendizado de conceitos científicos mediante um objeto de exposição do museu de ciências. E para justificar a incorporação desse estilo educacional, cabe a questão: “*Como poderia qualquer aprendiz reinventar definições, conceitos e conhecimentos, se as melhores e mais privilegiadas cabeças da história levaram anos ou séculos para elaborá-los?*” (LABURÚ et al., 2001, p. 169).

Assim sinalizada essa preocupação em educação científica nas condutas instrucionais pelas quais um mediador apenas se encontre balizado em perguntas que ele direcione aos aprendizes, o momento “*não interativo/de autoridade*” faz-se necessário. Este momento é quando “*o professor apresenta um ponto de vista específico*” (MORTIMER; SCOTT, 2002, p.

11), relacionado com a apresentação dos termos físicos envolvidos com a conservação de energia em nível qualitativo às crianças que, como já dito, pode ser assim associados à relativa energia da esfera na rampa: “*energia cinética é energia de movimento e energia potencial é energia de posição*” (EISBERG; LERNER, 1982, p. 333). Caber notar, de modo óbvio com o término educacional estabelecido, portanto, que este momento “*não interativo/ de autoridade*” tornar-se-á inevitável e sempre ocorrerá invariavelmente para esses termos físicos nesta experimentação. À conduta do mediador, portanto, e de acordo com Mortimer e Scott (2002, p. 302), é fundamental que o mediador realize intervenções de autoridade e introduza novos termos e novas ideias “*para fazer a estória científica avançar*”, em que tais intervenções são parte indispensáveis do ensino de ciências, afinal, “*a linguagem social da ciência é essencialmente de autoridade*”.

CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA À INVESTIGAÇÃO DA INTERATIVIDADE COM ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL I EM UM MUSEU DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

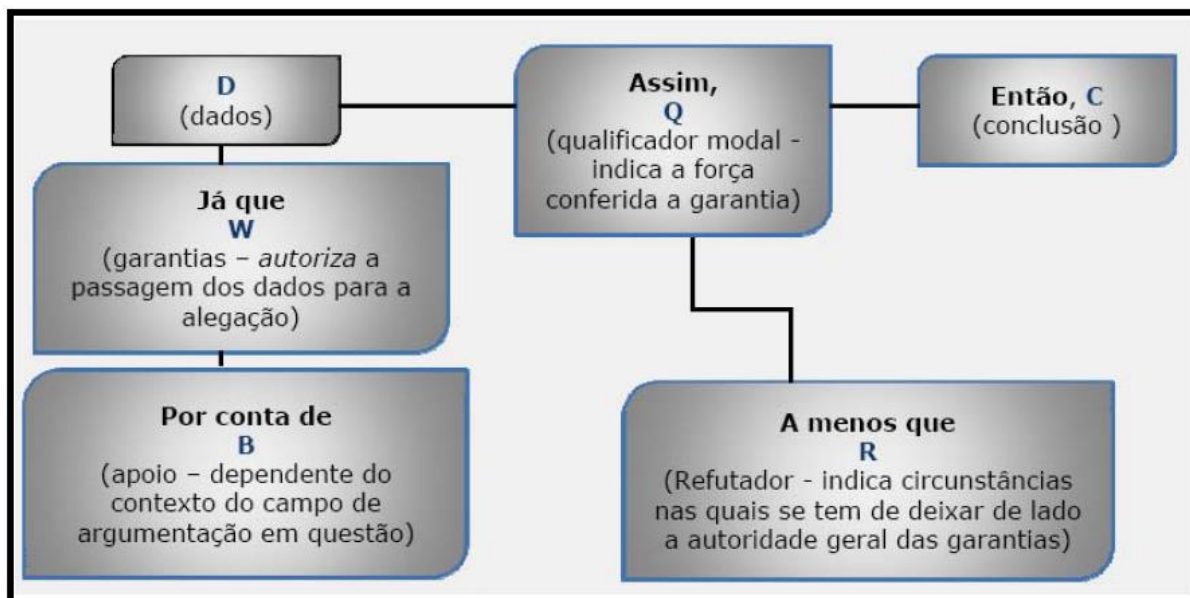
Com uma situação de 60 alunos de 2 turmas do ensino fundamental I no salão de exposição do museu, selecionou-se uma amostra composta de 12 alunos, divididos em 4 grupos de 3 integrantes, assim reunidos interagindo cada grupo por vez com o aparato “O problema da cestinha”, sempre acompanhados pelo monitor. Esta seleção ocorreu em razão de possibilitar uma representação significativa de exemplares desempenhos argumentativos dos alunos desse nível escolar, o que descarece a exibição de extensivas e repetitivas análises de dados do típico comportamento observado.

Todas as interações foram vídeo gravadas para transcrição do ocorrido, selecionando-se os momentos de interesse conforme o objetivo traçado, tanto entre visitante-aparato, visitante-visitante, e visitante-monitor. Obteve-se aprovação do comitê de ética (75693423.3.0000.5231) à ocorrência do registro dessas observações, realizadas no segundo semestre de 2023 *in loco*, no museu de ciência e tecnologia da Universidade Estadual de Londrina – PR (MCTL). Dessas interações selecionadas, os desempenhos argumentativos dos alunos com o equipamento automatizado do museu seguem avaliados por um instrumento analítico baseado em Colombo Jr. et al. (2012), pelo qual se dividiu o desenrolar da interatividade nas seguintes categorias: “Situando o problema experimental para os alunos”; “Agindo mediante comandos de regulagens e de acionamento do aparato”; “Como? / Porque?”. Assim, por uma reunião dos resultados de tais categorias, permitiu-se concluir os desempenhos argumentativos das crianças mediante essas interações que circundam a atividade investigativa proporcionada pela resolução do problema experimental. Os participantes possuem identificações como M, para o monitor, e A1, A2 e A3 para os alunos da turma, totalizando a amostra do estudo. Para grupos de alunos tem-se a identificação de G1 para o grupo 1, G2 para o grupo 2, e assim por diante, pela qual a junção G1A1 exemplifica identificar o aluno 1 pertencente ao grupo 1. Ainda cabe mencionar dessa amostra investigada que: 1) houve uma situação esperada da participação de alguns alunos de grupos sem pronunciamentos, talvez por timidez diante de outros sobressalentes mais comunicativos e/ou pela filmagem, não gerando totais dados; 2) para evitar extensas análises de dados, segue apresentada uma seleção de falas de alguns grupos de alunos que se mostraram típicas e representativas à avaliação dos desempenhos argumentativos por meio do instrumento analítico, logo à frente descrito. Todas as falas transcritas seguem em itálico, com alguns comentários da pesquisadora entre parênteses

para maior esclarecimento do ocorrido.

Em presença das falas dos alunos, porém, surge a imediata indagação à análise de dados no sentido traçado: O que pode estar envolvido no processo de estabelecer conclusões mediante a produção de argumentos? E como “ferramenta” auxiliar nesse sentido, optou-se empregar a adaptação realizada por Colombo Jr. et al. (2012) acerca do padrão de argumentação denominado de TAP (*Toulmin’s Argument Pattern*), indicado no Quadro 1 e amplamente utilizado no contexto da pesquisa sobre argumentação em aulas de ciências.

Quadro 1 – Modelo padrão de argumento de Toulmin (COLOMBO Jr. et al., 2012, p. 493), 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).

Uma síntese norteadora dos “elementos” constituintes desse modelo padrão de argumentação à análise de dados cabe ser assim descrita:

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). 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 4 ilustra a situação típica investigada dessa interação dos visitantes com o aparato no museu de ciências e tecnologia da UEL (MCTL), com a qual se efetuou a tomada dos dados.

Figura 4 – Alunos interagindo com o aparato automatizado “O problema da cestinha”.



Fonte: Autora.

Aos testes da viabilidade deste particular produto educacional no setor de educação não formal, a pesquisa caracteriza-se pela abordagem qualitativa (LÜDKE; ANDRÉ, 1986) às análises das interações mencionadas. O reforço desta classificação da presente metodologia de pesquisa como de natureza qualitativa ocorre ainda em razão de não envolver uma das características comuns de uma abordagem quantitativa, que é, conforme Bogdan e Biklen (1994, ps. 72, 23, 24), a realização de algum tratamento estatístico para análise de dados. Os alunos são do ensino fundamental I e possuem faixa etária de 9 e 10 anos, pertencentes ao Colégio de Aplicação da UEL. Logo, os resultados seguem avaliados comparativamente, e por alinhamento, com aqueles desempenhos argumentativos divulgados por Colombo Jr. et al.

(2012) em situação formal na escola. Na obtenção dos dados, em que se atenta para as interações *aluno/objeto de interação*²², uma breve entrevista semi-estruturada pelo monitor é coerente com os questionamentos anexados no aparato, então direcionados à leitura pelos alunos, e que se encontram mencionados no apêndice A (Capítulo 3). Tais questionamentos, ora explicitados pelo monitor, se mostram importantes para acompanhar os raciocínios dos alunos mediante a gravação em áudio e vídeo como forma de concretização dessa coleta de dados. Dessa gravação, ainda não se descarta a possibilidade de exploração de uma gama de gestos, expressões, entonações, sinais não verbais, hesitações, alterações de ritmo, enfim, uma comunicação não apenas verbal, cuja captação torna-se tão importante à compreensão e validação dos dados (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Diante dessas assertivas, enfim, o presente estudo planeja uma sequência de atuação com os alunos mediante um aporte do ensino de ciências por investigação, idealizado por Carvalho (1998; 2013), então caracterizado no próximo capítulo.

²² Produto educacional, que é o aparato.

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DOS DADOS

Conforme descrito anteriormente, os desempenhos argumentativos dos alunos seguem analisados no desenrolar da interatividade pelas três categorias das próximas subseções.

5.1 SITUANDO O PROBLEMA EXPERIMENTAL PARA OS ALUNOS

Dessa situação inicial com um grupo de 3 alunos, o monitor explicou o funcionamento do equipamento para elucidação do que é proposto na atividade, isto é, buscar a compreensão do fenômeno que envolve as variáveis ‘altura de lançamento’ e ‘distância do alvo’, possíveis de serem controladas de modo automático e mecânico, respectivamente. As orientações iniciais típicas do monitor nesse sentido, de modo similar a cada um dos grupos, podem ser assim generalizadas:

Monitor: 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?

Com o cuidado de não fornecer respostas, o monitor auxiliou a instigar as crianças na interação com o aparato, convidando-as para a manipulação individual e ao consequente

aprendizado do que possibilitam experimentar. Devido a sua preparação planejada aos ambientes de educação não formal, observou-se que, de modo geral, o aparato se tornou um brinquedo automatizado que desperta a curiosidade²³. Essa característica imprescindível para o aprendizado por livre- escolha originou insistentes e espontâneas manipulações dos controles do aparelho que assim permitiram às crianças exercitarem e amadurecerem o raciocínio envolvido mediante tentativas de acerto e erro, semelhante a um jogo de videogame. As descrições do desenrolar dessa interatividade iniciam-se na próxima categoria. Todavia, cabe adiantar que a situação da categoria abaixo descrita tem um papel fundamental para a construção do entendimento do conceito central (transformação de energia), isso após algumas tentativas de acerto e discussão do mediador (monitor).

5.2 AGINDO MEDIANTE COMANDOS DE REGULAGENS E DE ACIONAMENTO DO APARATO

Nessa perspectiva de aprendizado por livre escolha, portanto, almeja-se que a atividade prática garanta o espaço de reflexão de modo investigativo, cujo desdobramento das ações e efeitos transcorra, por parte dos próprios alunos, por similaridade a levantamento de hipóteses e testes²⁴. Algumas falas dos alunos selecionadas, e incorporadas nesse contexto da mediação, são abaixo exemplificadas:

Pode mexer? (G1A1); Pode, tenta aí! (M); Aqui vai... (G1A1 dizendo para G1A2);

Vai lá, aperta! (M); Eu vou errar... (G1A3)

Eu entendi, você pode mudar aí. Ah, tem que apertar aqui e esperar a bolinha?

Acho que eu tenho uma estratégia. (G2A2); Melhor coisa que você faz é colocar para longe... (G2A3)

Será que vai de primeira? (G3A2)

Vai ficar no mesmo lugar! (G4A1)

No decorrer dessas tentativas, viu-se interessante que o monitor acompanhava os visitantes experimentadores no intuito de realizar uma mediação do problema, com o

²³ *Eu queria ter um desses em casa! Ia ficar o dia inteiro só mexendo! (G3A2).*

²⁴ 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”.

estabelecimento de dicas, sem impor a resolução do mesmo. Isto, inclusive, no caso de as crianças exibirem ações que resultarão em um erro, pois este erro é o que ela ainda não aprendeu/experimentou, uma condição com valor positivo na problematização dos conceitos e no processo de construção do conhecimento. Em uma interação primária com o aparato, ainda cabe salientar ser natural a criança não partir de um raciocínio com ideias fechadas. Alguns aprendizados surgem diante da manipulação do aparato, intuitivamente forjados por momentos de percepções do tipo “fazendo isso, acontece isso”²⁵, sobressaindo hipóteses iniciais que, quanto mais testadas, aglomeram mais evidências favoráveis para a construção de determinado conceito. Nesse sentido, portanto, as crianças são conduzidas a avançar na compreensão da relação diretamente proporcional que há entre a altura de lançamento da esfera e seu alcance. De modo implícito, hipóteses típicas dos alunos podem ser indicadas a partir das falas:

Solte aqui, no (lugar) mais alto... (G1A1); Tentamos de baixo [...] (G1A2).
Vou colocar ela mais pra cima (G2A1); Melhor coisa que você faz é colocar para longe... (G2A3); Vou manter (G2A1)
Vou deixar na mesma altura, vou mexer só a cestinha.... (G3A1); Tenho que deixar um pouco mais próximo... cestinha (G3A1); Sim! Mas eu to pensando que vou colocar baixinho depois aqui que aí ela só vai e click... (G3A2); Ah mais eu já fui nessa posição! (G3A2); Eu coloquei no mesmo lugar mais ela saiu, sei lá (G3A3); Acho que você tinha que pôr um pouco mais longe (a cestinha) (G3A1)
Mais afastada! (G4A1); Vai ficar no mesmo lugar! (G4A1); Eu acho que eu tinha que colocar um pouquinho mais pra cá! (a aluna afasta a cestinha mais um pouco) (G4A1); Pra baixo eu acho! (G4A1)

E para as respectivas constatações qualitativas de resultados experimentais, seguiram-se as falas:

Caiu atrás da cestinha (G1A3); Nossa de primeira? (Alegremente, G1A1 acertou na primeira tentativa e, de imediato, olhou para a professora (monitor) com uma expressão de surpresa, enquanto outros alunos apresentaram um sorriso). Acertou, caiu certinho (na cestinha)! (G1A3 dizendo para G1A1).
Acertei! Ela pega muito mais velocidade. (G2A1);

²⁵ 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”.

Eu acho que porque eu consegui ver a velocidade daí...e eu vi onde a bolinha caiu daí e tentei botar certinho onde ela caiu (G3A1);

De acordo com Colombo et al. (2012), é preciso se ater à provável barreira na qual uma criança obtém acerto no alvo e deixa de modificar variáveis (altura e distância) para novas tentativas de acerto, situação que afortunadamente viu-se ocorrer com o aluno G1A1. Como solução, o monitor propôs a alteração da posição da cestinha ou altura da bolinha para sustentar novas tentativas da criança, à medida que restou a ela identificar a manipulação da variável altura de lançamento ou distância da cestinha, levando para resultados de acertos de distintos pares de variáveis (altura de lançamento e alcance da esfera). No entanto, cabe ressaltar que essa situação de acerto imediato no alvo vê-se incomum, e é normal carecer de várias tentativas para tal ocorrência de acerto, assim constatado nos demais grupos de alunos que ali interagiram com o aparato. Logo, esse produto educacional mostrou-se atrativo à atuação razoável dos alunos para distintas tentativas de acertos, inclusive ao desfecho relevante para a mediação do monitor, descrito na próxima categoria.

5.3 COMO? / POR QUE?

Em consequência, observou-se a tomada de consciência a partir dos relatos das crianças sobre ‘como’ fizeram, pois retomam suas hipóteses e evidências durante a experiência. Atrelado a isso, ao argumentarem sobre o ‘por quê’, elas mostraram-se em busca de uma explicação causal e sistematização. E para capturar dados nesse sentido, a fim de analisar o potencial de interação do aparato com as crianças, ressalta-se determinado diálogo cultivado pelo monitor que se mostrou permanecer (movido por questionamentos), em geral, praticamente invariável entre ele e os pequenos grupos que realizaram a experimentação. Uma seleção de típicos comentários nesse sentido segue abaixo descrita no que concerne ao G1:

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 (G1A1); E nesse caso que disse, a cestinha está mais próxima ou está mais longe? (M); Está pouco (afastada a cestinha) aqui (G1A1); 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) (G1A2); 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) (G1A2); 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) (G1A1); Por causa da altura da rampa, se eu solto mais alto, ela sai mais rápida (maior velocidade) (G1A1); Quanto mais colocar ela (a bolinha) para cá (indicando o ponto alto da rampa) a bolinha consegue chegar mais aqui (distância maior da cestinha) (G1A3); 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! (G1A2).*

Vê-se que com as tentativas de acerto, as crianças observaram resultados experimentais que os auxiliaram a trabalhar na resposta do “Problema da cestinha”, cujas variáveis foram sendo, lentamente, reconhecidas. 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 frase do aluno (G1A1), *Pondo em cima, ela (a bolinha) vai (mais) rápido e pondo embaixo ela sai (da rampa) devagar (com menos velocidade)*, exemplifica indiretamente o B a sua W, e indica a passagem de D para C. O surgimento de R decorre da percepção da mudança experimental, isto é, a menos que o alvo (cestinha) estivesse mais perto: *para cair na cestinha aqui (indicando com o dedo uma distância menor)*.

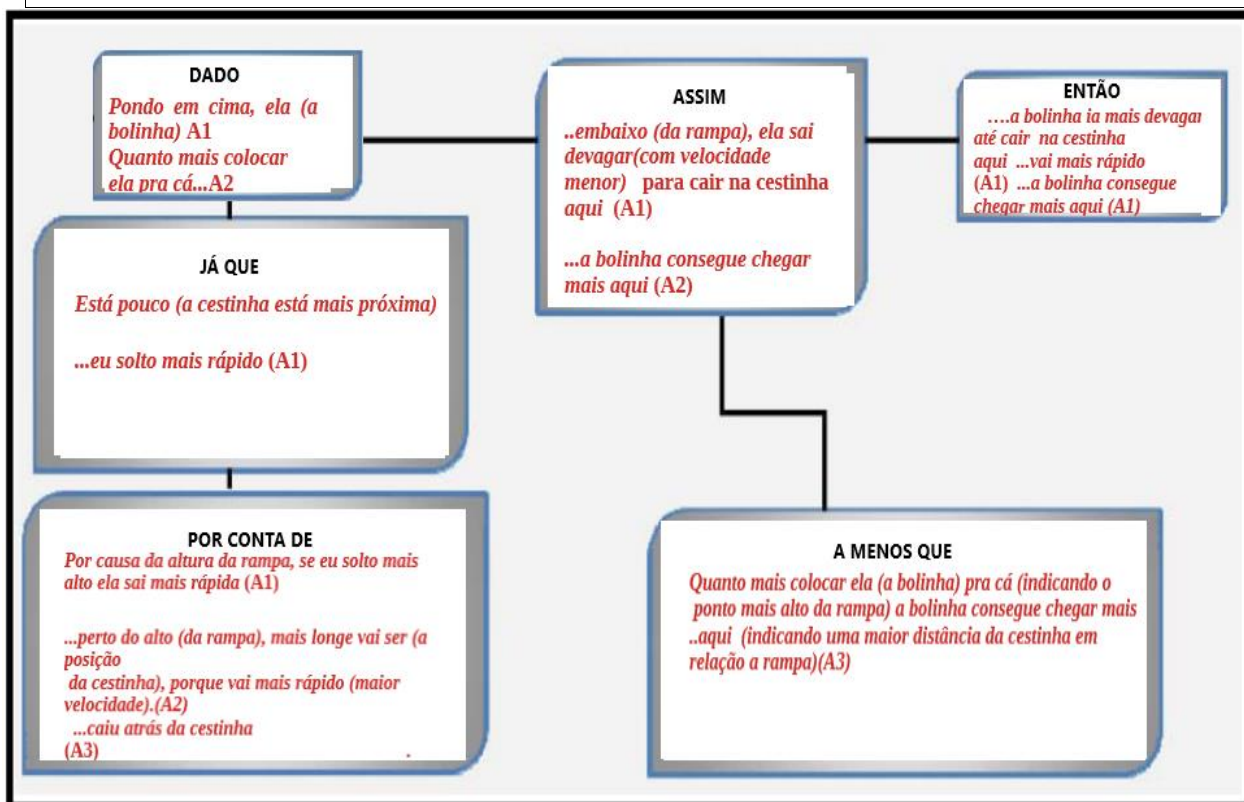
Pode-se notar na fala de G1A1 que, após a indagação do monitor, ele entende que quanto mais alto a bolinha estiver maior será sua distância em relação à rampa. Fica demonstrado que os alunos entenderam, ao final das tentativas, que a altura da bolinha está relacionada com sua velocidade e seu alcance. Daí a importância do papel do monitor ao conduzir a atividade interativa, propondo questões que os façam refletir sobre o resultado observado.

O Quadro 2 apresenta uma análise inspirada no TAP, dos processos argumentativos enunciados pelos alunos do grupo 1, resultantes desta atividade de ‘Conhecimento físico’, e por

intermédio da mediação do monitor (M).

Quadro 2 . Análise do grupo 1 baseada no TAP.

Monitor: *Qual altura da rampa se lança a bolinha para acertar a cestinha na distância escolhida? Consegue acertar a cestinha? o que você acha? Se o alvo (cestinha) aqui está longe, que regulagem na altura de lançamento você teve que fazer: Lançar a bolinha mais alta ou mais baixa? G1*



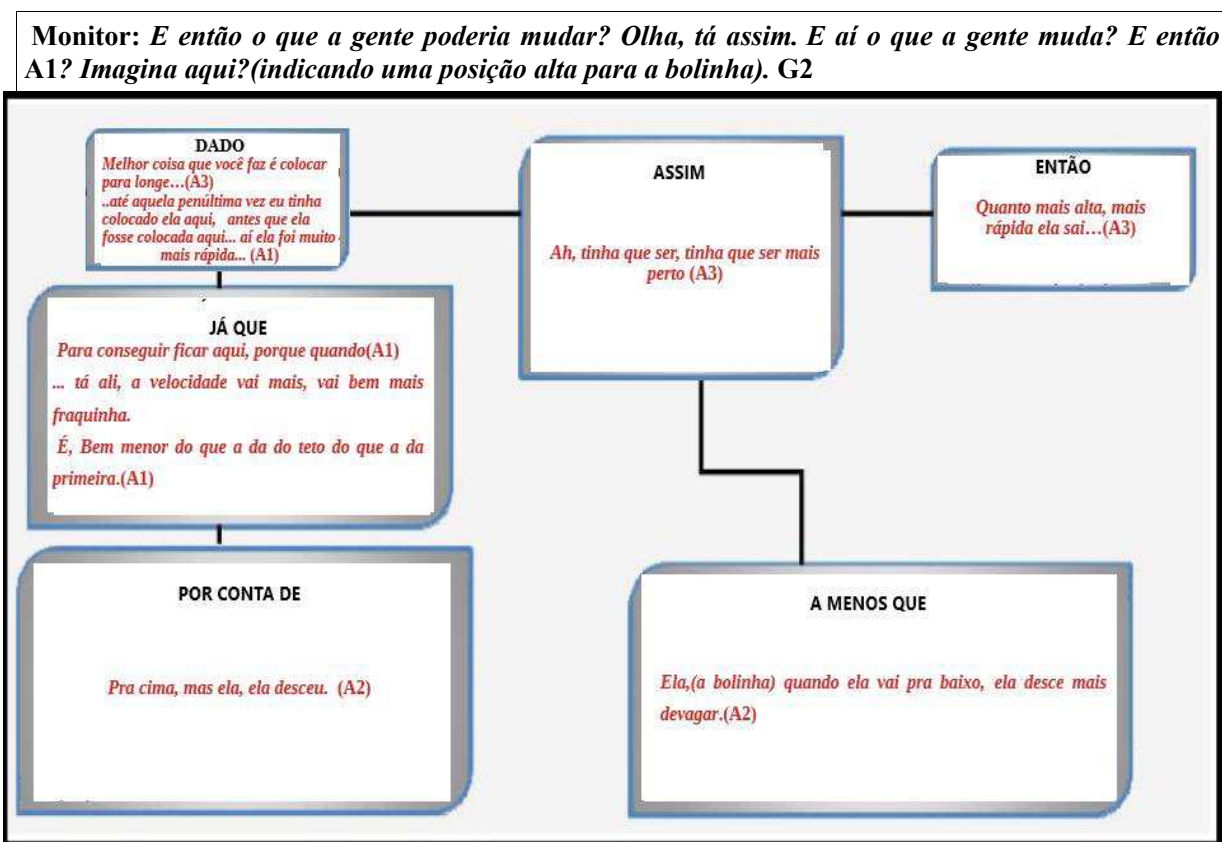
Fonte: autora.

Referente a este grupo de alunos, cabe exemplificar pela fala de A1G1, *pondo em cima, ela (a bolinha) vai (mais) rápido e pondo embaixo ela sai (da rampa) devagar*, é fruto de uma hipótese então corroborada pelas tentativas experimentais, assim como a fala: *Aqui (na posição) mais baixo, (a bolinha) ia mais devagar até cair na cestinha aqui*. (A1G1). Esta análise se sustenta na medida em que se nota a constatação do aluno da refutação de outra hipótese inicialmente implícita/embutida nas tentativas de acerto, cujo raciocínio da relação diretamente proporcional, entre altura de lançamento vs. distância do alvo, é percebida na fala: *Está pouco (afastada a cestinha) aqui* (A1G1). Em termos educacionais a essa faixa etária, tais comentários revelam passos iniciais importantes à construção de um pensamento científico, cuja relação diretamente proporcional entre as grandezas envolvidas permaneceu com potencial de assimilação, de forma qualitativa e lúdica, nesta interação com o equipamento automatizado.

Embora a dinâmica das interações não seja única mediante tempos variados em razão inclusive das discussões preliminares entre os grupos de alunos observados, em cada deles coube ao monitor (M), por fim, aproveitar de modo estratégico uma breve instrução inserida no que a literatura recomenda de momento “*não-interativo/de autoridade*”, momento esse em que se “*apresenta um ponto de vista específico*” (MORTIMER; SCOTT, 2002). De modo invariável, o monitor então buscou atrelar os resultados percebidos pelos alunos, 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). Tal procedimento final instrutivo se justifica, portanto, da oportunidade de se beneficiar da apresentação aos alunos desses termos científicos à familiaridade dos mesmos nesse nível escolar.

Os quadros abaixo descrevem semelhantes análises inspiradas no TAP para os demais grupos de alunos investigados.

Quadro 3. Análise do grupo 2 baseada no TAP.



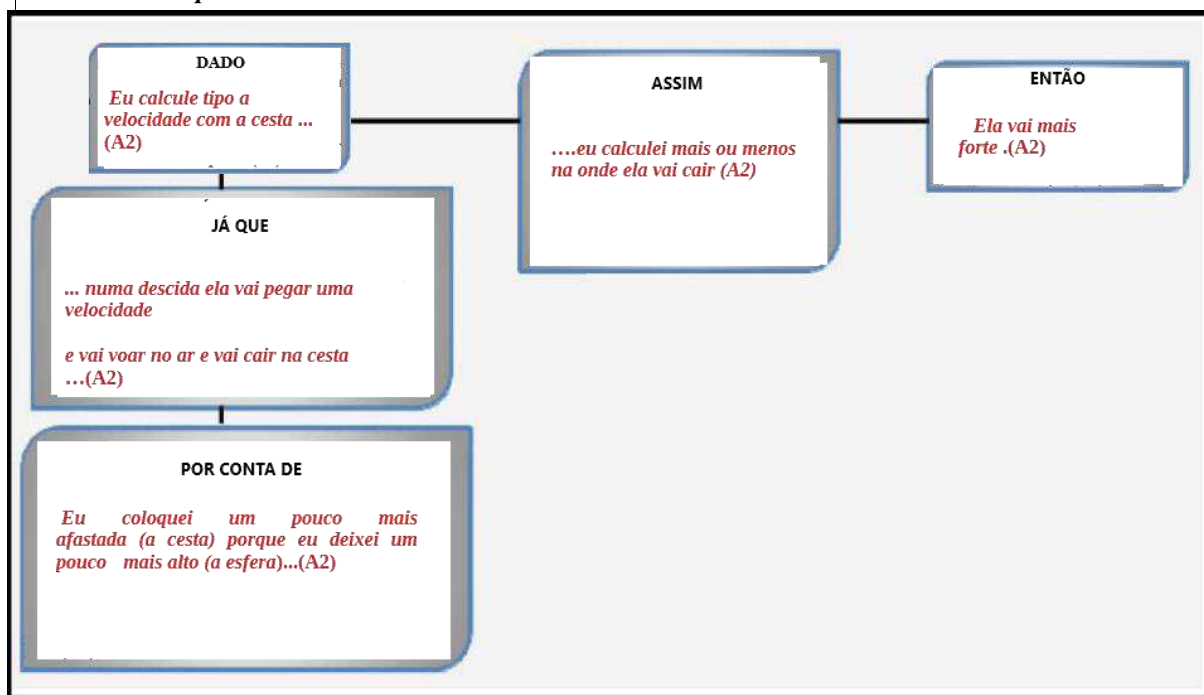
Fonte: autora.

O Quadro 3 mostra uma situação, após uma tentativa fracassada, na qual o monitor

propõe uma mudança na posição da bolinha, colocando-a no ponto mais alto da rampa. Os alunos discutem entre si e relacionam a posição anterior e o alcance da bolinha: *Eu vi que a bolinha ela tava...até aquela penúltima vez eu tinha colocado ela aqui, antes que ela fosse colocada aqui... aí ela foi muito mais rápida* (G2A1), confirmando assim que conseguiram compreender que quando a bolinha está numa posição mais alta, ela sai com maior velocidade e, portanto, atinge maior alcance.

Quadro 4 – Análise do grupo 3 baseada no TAP.

Monitor: *Explica aqui pra mim aqui, o que cê teve que mudar tanto pra poder pra acertar aí? Que você entendeu do experimento?G3*

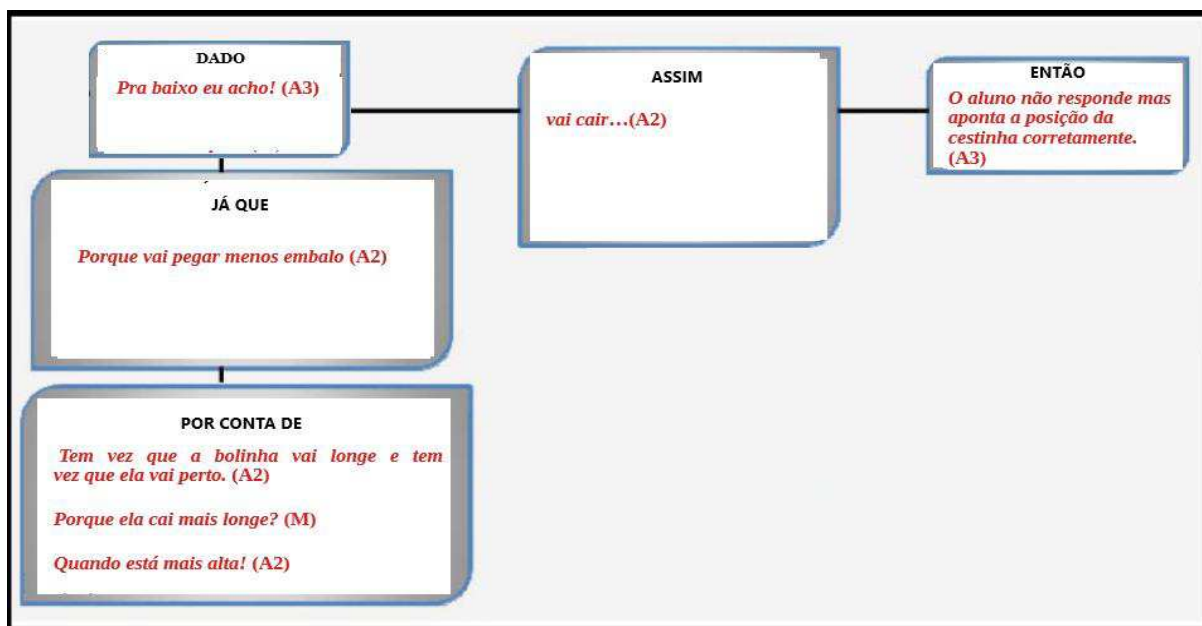


Fonte: autora.

Analisando as falas do grupo 3, fica evidente que G3A2, ao longo de suas tentativas de acerto, percebeu a diferença entre a velocidade da bolinha quando lançada em diferentes alturas da rampa, em que a relação se mostra diretamente proporcional: maior altura de lançamento, maior a velocidade atingida pela bolinha. Após erros e repetições experimentais, este aluno chegou à conclusão de que necessitou afastar um pouco mais a cestinha para que a bolinha, posicionada mais no alto da rampa, atingisse o alvo.

Quadro 5 – Análise do grupo 4 baseada no TAP.

Monitor: *Aqui...se eu colocar a cestinha bem perto (da rampa)? Onde você acha que tem que colocar a bolinha? Mais pra cima ou mais pra baixo? O que você acha? G4*



Fonte: autora.

O grupo 4 também caracterizou percepções construídas ao longo das tentativas de que, estando a cestinha mais próxima da rampa, é necessário que a bolinha tenha uma velocidade relativamente menor de escape para que esta acerte o alvo (cestinha).

Vale destacar, pelos Quadros 4 e 5, que o não surgimento de falas que compatibilizem enquadramentos no quadrante “*a menos que*”²⁶ não descaracteriza a conclusão atingida pelos alunos no quadrante “*então*”.

Logo, os resultados então analisados seguem pedagogicamente satisfatórios a essa faixa etária no que tange à compreensão da “*relação entre a altura de lançamento de uma bolinha e seu alcance ao sair de uma rampa*” (COLOMBO Jr. 2012, p. 489). Tais construtos se mostram cognitivamente importantes e preliminares ao estudo posterior mais aprofundado referente à transformação e conservação da energia, visto que as noções apresentadas pelos alunos compatibilizam com uma instrução direcionada às “*transformações entre a altura de lançamento de uma bolinha e a velocidade adquirida por ela num trilho inclinado*” (CARVALHO et al., 1998, p. 162).

²⁶ Uma situação provável de resultados e que também coincide com os de Colombo Jr. et al. (2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo justificou-se na reunião das seguintes considerações: 1) Pelo destaque da crescente ampliação dos espaços planejados à educação não formal no Brasil nos últimos anos (ABCMC, 2015), com grande parte deles comparativamente classificados de pequeno porte e ainda em fase inicial de desenvolvimento e ampliação de suas atividades interativas (SILVA et al., 2019, p. 2); 2) Pelo relato da “quase inexistência de trabalhos que mostram como as exposições e objetos de um museu de ciências são produzidos” (FERREIRA, 2014, p 7); 3) e, por consequência, pela sua inserção numa linha de publicações que visam atender essa demanda de propostas de montagens inovadoras e apropriadas a esses ambientes educacionais (SILVA et al., 2019, p. 2; SILVA; LABURÚ, 2019, p. 514; BRAVO, 2018, p. 62; SILVA; ARRUDA, 2016, p. 195; ALMEIDA; SILVA; 2015, p. 3505-1; SILVA; MATHIAS, 2015, p. 2; SILVA, 2015, p. 911; SILVA et al., 2014, p. 78).

De modo peculiar, o produto educacional aqui desenvolvido torna-se adequado para os ambientes de educação não formal que mais precisamente são idealizados para crianças, denominados de Museus para Crianças (VALENÇA, 2006)²⁷, mas que igualmente vem a ser proveitoso aos demais museus e centros de ciências empenhados com atividades interativas dirigidas às crianças. Espera-se, portanto, contribuir com as equipes técnicas locais desses espaços educativos, cuja análise pedagógica avalie o interesse por essa experimentação automatizada e viabilizada ao ensino fundamental I, proporcionando sua reprodução e inserção em salões de exposição, logo vindo a expandir seus acervos de atividades interativas destinadas ao público visitante. Nesse contexto, àqueles comprometidos com a educação não formal visando entretenimentos e simulações, a presente contribuição de elaboração de equipamento interativo permanece numa reorientação que perpetua em museus e centros de ciência na qual se enfatiza que “*Del lema ‘proibido tocar’ se ha pasado al lema ‘proibido no tocar’, del concepto vitrina se há evolucionado a la idea de experimento...*” (WAGENSBERG, 2002, p. 296).

Ainda na perspectiva de aprendizagem por livre escolha, cabe complementar a respeito do seguinte dilema que tais ambientes educacionais enfrentam, qual seja: Como podem se manter como ambientes reverenciáveis de aprendizado científico ao mesmo tempo que incitam o visitante a decidir por si só quais *exhibits* observar e interagir (ALLEN, 2007, p. 44)? Conforme Allen (2007, p. 44), pesquisas nesse campo indicam a viabilidade de criação de um

²⁷ Mesmo com a avaliação de que essa tipologia de museus voltados para o público infantil ainda se encontra quase inexistente no Brasil (DO VALLE, 2019, p. 28).

ambiente de aprendizagem no qual os visitantes estão, simultaneamente, “*em um constante estado de livre escolha e em processo de aprendizagem de, pelo menos, algum aspecto da ciência*”. Obviamente que, para isso, e pelo grau de dificuldade, deva-se abarcar um programa de pesquisa focado aos detalhes da ‘atmosfera’ onde tal aprendizagem aconteça.

Acerca do experimento da Figura 4, o qual compõe com os demais equipamentos desenvolvidos²⁸ o acervo de *exhibits* do setor de exposição do MCTL, apresentou-se aqui uma investigação com análises dos desempenhos argumentativos de alunos visitantes do ensino fundamental I, quanto à interatividade mediante tal experimentação. Os resultados nesse sentido corroboram aqueles ora apresentados no ensino formal por uso do experimento original, simples e de baixo custo, indicado na Figura 1 (COLOMBO Jr. et al., 2012; CARVALHO, 2003; CARVALHO et al., 1998). Às contribuições, portanto, os resultados aqui mostrados permitem concluir que tal proposta de equipamento automatizado torna-se pedagogicamente interessante e funcional em espaços educativos não formais, implicando ser recomendável, e enaltecendo o que se mencionou a pouco, a sua reprodução pelas equipes técnicas desses setores, a fim de inseri-las nos salões de exposição e ampliar seus acervos de atividades interativas.

Aliás, é possível afirmar que há décadas se sugere pensar em formas de orientar os professores para que eles possam aproveitar ao máximo o potencial pedagógico dos museus (ALMEIDA, 1997, p. 55). Todavia, segundo Soares (2015, p. 27), embora “*museus e escolas têm realizado esforços no sentido de um trabalho articulado ..., notamos que essa perspectiva ainda não se tornou hegemônica*”. Pelo que se discutiu da proposta de uso interativo deste produto educacional, busca-se, portanto, subsidiar essa fragilidade das relações entre museu-escola. Quanto ao conteúdo físico abordado, vale ressaltar a consonância com as orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) direcionadas aos anos finais do ensino fundamental I, visto ser recomendável que o docente explore a temática “Matéria e Energia”, orientação igualmente conduzida pela Secretaria de Estado da Educação do Estado do Paraná²⁹.

Por fim, como contextualizado na perspectiva dos ambientes de educação não formal, o inovador produto educacional automatizado abrange as almejadas modalidades de interação *hands-on*, na medida em que a criança controla manualmente as variáveis envolvidas no fenômeno físico investigado em tentativas de acerto do alvo (cestinha), e *minds-on*. Esta última,

²⁸ Entre outros comprados. Um vídeo curto deste produto educacional em funcionamento no MCTL pode ser visto em: <https://drive.google.com/file/d/1HWiQi76mFCxfE9V9PMnEDADDBVZiSbp1/view?usp=sharing>

²⁹ <http://www.referencialcurricular.doparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=43#>. Último Acesso: 25 de outubro de 2023.

caracterizada pela conseqüente análise qualitativa dos resultados, quando examinam a frequência com que os eventos ocorrem, atentando-se às relações entre as variáveis envolvidas, em que os elementos de interação estimulam o funcionamento da mente, instigando o indivíduo a empreender um “exercício mental” à situação.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA CIÊNCIA WEB (Agência Multimídia de Difusão Científica e Educacional – IEA/USP). **Museus de Ciência: o conhecimento de forma divertida**. 2009. Disponível em: <<http://agenciacienciaweb.wordpress.com/2009/02/06museus-de-ciencia-o-conhecimento-de-uma-forma-divertida/>>. Último acesso: 02 de novembro de 2022.
- AHMAD, S.; ABBAS, M.Y.; MOHD, W.Z.; MODH, Y.T.; Zafrullah, M. Creating Museum Exhibition: What the public want? **Asian Journal of Behavioural Studies (AjBeS)**, 3(11), p. 27-36, may/jun, 2018.
- ALLEN, S. Exhibit Design in Science Museums: Dealing with a constructivist dilemma. In: FALK, DIERKING e FOUTZ (Ed). **In principle, in practice**. Lanham: AltaMira Press, 2007.
- ALMEIDA, A. M. Desafios da relação museu-escola. **Comunicação & Educação**, São Paulo. V. 10, p. 50-56, set/dez, 1997.
- ALMEIDA, B.S.G.; SILVA, R.C. Aerodinâmica de bolas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 37, n. 3, 3505, 2015.
- ARGÜELLO, C. A. Produção e desenvolvimento de equipamentos para centros de Ciências. In: CRESTANA, S. et al. (Org.) **Educação para a ciência: curso para treinamento em centros e museus de ciência**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2001. p. 145-148.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CENTROS E MUSEUS DE CIÊNCIA (ABCMC). **Centros e museus de ciência do Brasil 2015**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência: UFRJ/FCC. Casa da Ciência; Fio Cruz. Museu da Vida, 2015. 312p.
- AUGUSTO, T.G.S. **A formação de professoras para o ensino de ciências nas séries iniciais: análise dos efeitos de uma proposta inovadora**. 315p. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- BERNASIUK, M. E.; BORCELLI, A. F.; AURICH, N. K. Atividades interativas e suas contribuições para o ensino de Física. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**, 18., 2009, Vitória. Anais... Sao Paulo: SBF, 2009. p. 1-7.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.
- BONATO, M. P. O.; SEIBEL, M. I.; MENDES, I. A. Ação mediada em museus de ciências: o caso do Museu da Vida. In: MASSARANI, L; MERZAGORA, M.; RODARI, P. (Orgs.). **Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de Ciência**. Rio de Janeiro: Museu da Vida/ Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, 2007.
- BRAVO, I.D.N. **A física em espaços não formais de ensino: uma proposta de divulgação científica na cidade de São Mateus norte do Espírito Santo**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica do Centro Universitário Norte do Espírito Santo – Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica, São Mateus, 2018.
- BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CARVALHO, A.M.P. Trabalho apresentado no **IV ENPEC – Encontro Nacional de Ensino de Ciências** – Bauru, 26 a 29 de novembro de 2003.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências por investigação:**

- Condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.
- CARVALHO, T. F. G.; PACCA, J. L. A. A aprendizagem num museu de ciência e o papel do monitor. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 20, p. 167-180, 2015.
- CARVALHO, A.M.P.; VANNUCCHI, A.I.; BARROS, M.A.; GONÇALVES, M.E.R.; REY, R.C. **Pensamento e Ação no Magistério - Ciências no Ensino Fundamental: O conhecimento físico**. 1ª edição. São Paulo: Editora Scipione Ltda, 1998.
- CAZELLI, S.; MARANDINO, M.; STUDART, D. Educação e Comunicação em Museus de Ciências: aspectos históricos, pesquisa e prática. In: GOUVÊA, G.; MARANDINO, M.; LEAL, M. C. (Org.). **Educação e Museu: a construção social do caráter educativo dos museus de ciências**. Editora Access/Faperj, Rio de Janeiro, p.83-106 (2003).
- CHELINI, M. E.; LOPES, S. G. B. C. Exposições em museus de ciências: reflexões e critérios para análise. **Anais do Museu Paulista**, São Paulo, v. 16, n. 2, p.205-238, jul. /dez. 2008.
- CHINELLI, M. V.; PEREIRA, G. R.; AGUIAR, L. E. V. Equipamentos interativos: uma contribuição dos centros e museus de ciências contemporâneos para a educação científica formal. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, p. 4505-10, 2008.
- COLOMBO Jr., P.D.; LOURENÇO, A.B.; SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Ensino de Física nos anos iniciais: análise da argumentação na resolução de uma “atividade de conhecimento físico”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 489-507, 2012.
- COMUNICADO SBF/MNPEF 07-2018. **SBF – Sociedade Brasileira de Física**. Disponível em:
[extension://ibjllhemkfgfbkgohldepcdgiigpdkb/pdfjs/web/viewer.html?file=http%3A%2F%2Fwww1.fisica.org.br%2Fmnpef%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fanexospagina%2FOrientacoesParaDissetacoesEProdutos.pdf](http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/anexospagina/OrientacoesParaDissetacoesEProdutos.pdf). Último acesso: 5 de dezembro de 2023.
- CONSTANTIN, A.C.C. Museus interativos de ciências: espaços complementares de educação? **Interciência**, v. 26, n. 5, maio de 2001.
- DAMICO, J. S. “**Uma nova relação estrutural para a sustentabilidade do Museu da Vida**”. Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca para obtenção do título de Mestre em Gestão de Ciência, Tecnologia e Saúde. Rio de Janeiro, 2004.
- DENTILLO, D. B. Centros e museus crescem, mas investimento ainda é insuficiente. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, n. 2, p. 12-13, abr./jun. 2013.
- DIERKING, L. D. Lessons without limit: how free-choice learning is transforming science and technology education. **História, Ciências, Saúde –Manguinhos**, v. 12 (supplement), p. 145-160, 2005.
- DO VALLE, D.D. Análise da missão e dos programas educativos na dimensão do brincar nos espaços interativos do Brooklyn Children’s Museu. **Revista Eletrônica da ABDF**, v. 3, n. 2., p. 27-45, jul/dez, 2019.
- DURANT, J. **Museums and the public understanding of science**. London: NMSI Trading Ltd, Science Museum, 1992.
- EISBERG, R.M.; LERNER, L.S. **Física - Fundamentos e Aplicações**, Volume I. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.
- FERREIRA, G.L. **A interatividade nos museus de ciências: o processo de criação de um**

artefato museal. Dissertação aprovada para a obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2014.

GASPAR, A. **Museus e Centros de Ciências: conceituação e proposta de um referencial teórico.** Tese (Doutorado, na área de Didática) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

JACOBUCCI, D. F. C. **A formação continuada de professores em centros e museus de ciências no Brasil.** Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Campinas, Campinas, 2006.

JAVED, Adeel. **Criando Projetos com Arduino Para Internet das Coisas.** 1 ed. São Paulo: Novatec, 2017.

ISZLAJI, C. **A criança nos museus de ciências: análise da exposição mundo da criança do museu de ciência e tecnologia da PUCRS.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências da Faculdade de Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; SALES, D. R. Superações conceituais de estudantes do ensino médio em medição a partir de questionamentos de uma situação experimental problemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** V. 32, n. 1, p. 1402 (1-15), 2010.

LABURÚ, C. E.; CARVALHO, M.; BATISTA, I. L. Controvérsias construtivistas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física.** V. 18, n. 2, p. 152-181, ago. 2001.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M. Reflexões Críticas sobre as Estratégias Instrucionais Construtivistas na Educação Científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** V. 24, n. 4, dez., 2002.

LORENCINI Jr., A. **O professor e as perguntas na construção do discurso em sala de aula.** Tese de doutorado apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2000.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

MASSABKI, P. H. B. **Centros e Museus de Ciência e Tecnologia.** 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) -Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MASSARANI, L. “Museus de ciência e a mediação entre ciência e sociedade”. **JCOM – América Latina**, v. 3, n. 2, 2020. Disponível em: https://jcomal.sissa.it/pt-br/03/02/JCOMAL_0302_2020_E. Acesso em: 18 nov. 2021.

MORAES, R. et al. Mediação em museus e centros de ciências: o caso do Museu de Ciências e tecnologia da PUCRS. In: MASSARINI, L. (org.). **Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de ciência.** Rio de Janeiro, 2007. p. 55-67.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências.** V. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

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

PARANÁ. **Secretaria de Estado da Educação. Referencial curricular do Paraná.** Disponível em: <http://www.referencialcurricularoparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=43#>. Último Acesso: 25 de outubro de 2023.

- PAVÃO, A. C.; LEITÃO, A. 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.
- PEREIRA, G. R.; CHINELLI, M. V.; COUTINHO-SILVA, R. C. Inserção dos centros e museus de ciências na educação: estudo de caso do impacto de uma atividade museal itinerante. **Ciência & Cognição**, v. 13 (3): 100-119, 2008.
- PEREIRA, G.R.; PAULA, L.M.; PAULA, L.M.; SILVA, R.C. 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.
- RAMOS, L.B.C.; ROSA, P.R.S. O ensino de Ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do Ensino Fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 299-331, 2008.
- SILVA, N. 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: 2 novembro de 2022.
- SILVA, O.H.M 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.
- SILVA, O.H.M.; ARRUDA, S.M. Invisibilidade da garrafa: um equipamento demonstrativo de óptica geométrica para ambientes de educação informal. **Revista Ciências e Ideias**. V. 7, n. 2, p. 195-205, 2016.
- SILVA, O.H.M.; LABURÚ, C.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.
- SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. Um encaminhamento didático fundamentado na formulação de perguntas como auxílio ao processo educacional de medição. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. V. 13, n. 3, p. 195-213, 2013.
- SILVA, O.H.M.; LABURÚ, C.E.; ARRUDA, S.M.; BATISTA, I.L. Um equipamento demonstrativo de levitação magnética de uma bobina com automatização adaptada aos Museus de Ciência e Tecnologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 78-97, abril, 2014.
- SILVA, O.H.M.; LABURÚ, C.E.; CAMARGO, S. 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.
- SILVA, O.H.M.; LABURÚ, C.E.; ZIMER, T.T.B. Uma proposta de interatividade *hands-on* para MCTs a partir de um equipamento automatizado. **Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 8, n. 1, p. 1-15, 2019.
- SILVA, O.H.M.; MATHIAS, L.C. Possíveis Aplicações do Arduino em Equipamentos Interativos de Ambientes Planejados à Educação Não Formal: uma Proposta Equivalente nas Escolas. **Revista Renote** (Novas Tecnologias na Educação), v. 13, n. 1, julho, 2015.
- SOARES, O. J. Reflexões sobre a relação museu-escola: na direção de um museu permeável. **Revista Educação Online**, n. 18, p. 27-44, jan-mai, 2015.
- STUDART, D. C. Famílias, exposições interativas, e ambientes motivadores em museus: o

que dizem as pesquisas? In: **Avaliação e estudos de públicos no Museu da Vida**. Rio de Janeiro: Museu da Vida, p. 33-42, 2003.

STUDART, D. C. Museus e famílias: percepções e comportamentos de crianças e seus familiares em exposições para o público infantil. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 12 (suplemento), p. 55-77, 2005.

VALENÇA, V.L.C. A criação do Museu das Crianças de Santa Catarina: uma experiência em andamento. **Perspectiva**, v. 24, n. 1, p. 319-338, jan/jun. 2006.

WAGENSBERG, J. A Favor del Conocimiento Científico (Los Nuevos Museos).In: **Seminário Internacional de Implantação de Centros e Museus de Ciências**, 2002, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.p.1-16.

WAGENSBERG, J. O Museu “Total”, uma ferramenta para a mudança social. In: **Congresso Mundial de Centros de Ciência**, 4., 2005, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2005. p. 1-19.

WAGENSBERG, J. **Cosmocaixa: el museo total por conversación entre arquitectos y museólogos**. Barcelona: Sacyr, 2006.

APÊNDICE A– PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 19

Kátia da Silva Oliveira dos Santos

PRODUTO EDUCACIONAL

**“O problema da cestinha” num equipamento automatizado:
desenvolvimento e proposta interativa**

Londrina - PR

2024

Kátia da Silva Oliveira dos Santos

**“O problema da cestinha” num equipamento automatizado:
desenvolvimento e proposta interativa**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: “O problema da cestinha” no ambiente de educação não formal: desenvolvimento de um equipamento interativo automatizado e análises dos desempenhos de alunos, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Pólo 19 – UEL/PR, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Osmar Henrique Moura da Silva

Londrina - PR
2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao corpo docente do programa do MNPEF da UEL pela competência e, em especial, ao meu orientador Dr. Osmar Henrique Moura da Silva, pela paciência e orientação deste trabalho.

Agradeço ao Engenheiro Eletricista Luiz Fernando Schmidt, pelo grande auxílio no desenvolvimento da automação do presente produto educacional.

À SBF, pela oportunidade que me ofereceram, assim como à milhares de professores, acerca da capacitação e melhoria da qualidade de ensino do país, e à CAPES, pelo aporte todo dado a SBF para a realização do MNPEF.

À UEL por abraçar essa causa e nos dar todo o suporte estrutural e humano para a execução desse trabalho.

Ao colégio de aplicação e toda a equipe diretiva que me abriram as portas tão gentilmente para que pudesse concluir meu trabalho.

À equipe do Museu de ciência e tecnologia da UEL, em especial o estagiário Bruno, que nos ajudou na condução do restante da turma de alunos durante as filmagens possibilitando uma melhor qualidade audiovisual.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram com essa pesquisa, meus mais sinceros agradecimentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Olá prezado professor

Os tópicos relacionados à Física no contexto do ensino de Ciências frequentemente recebem pouca atenção nas séries iniciais do ensino fundamental I, principalmente devido à desafiadora tarefa de traduzir didaticamente a linguagem complexa necessária para abordar esses conteúdos junto às crianças dessa faixa etária. Algumas obras na literatura acadêmica defendem a introdução de "Atividades de Conhecimento Físico", as quais incorporam arranjos experimentais específicos com enfoque qualitativo. Essas atividades visam proporcionar um entendimento físico mais contextualizado e agradável, utilizando abordagens que tornam o aprendizado mais acessível e envolvente para as crianças.

Este produto, denominado "*O problema da cestinha*", foi concebido como parte dos requisitos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, destacando-se por ser construído de forma automatizada tendo como base um experimento apresentado por CARVALHO et al. (1998), concebido com o emprego de materiais de baixo custo e destinado à utilização em sala de aula. Com o intuito de viabilizar uma implementação eficaz, apresenta-se agora um manual minucioso para a montagem automatizada, direcionado àqueles que possuem afinidade com a robótica educacional e aspiram reproduzi-lo. Ao incorporá-lo, por exemplo, no ambiente escolar, é factível conferir às aulas de Ciências uma atmosfera lúdica e de aprendizado mais substancial. Ademais, sugere-se uma abordagem interativa com os alunos, fazendo uso do equipamento automatizado que já se encontra instalado e plenamente funcional no Museu de Ciências e Tecnologia (MCT) de Londrina³⁰. Essa interatividade visa colaborar na condução de uma experiência que promova um desempenho desejável para subsidiar a solidificação do entendimento do conceito de transformação de energia.

Nesse contexto da interatividade, cabe ressaltar que há décadas se sugere pensar em formas de orientar os professores para que eles possam aproveitar ao máximo o potencial pedagógico dos museus (ALMEIDA, 1997, p. 55). Todavia, segundo Soares (2015, p. 27), embora "*museus e escolas têm realizado esforços no sentido de um trabalho articulado ..., notamos que essa perspectiva ainda não se tornou hegemônica*". Pelo que se discutirá da proposta de uso interativo deste produto educacional, busca-se, portanto, subsidiar essa fragilidade das relações entre museu-escola. É relevante ressaltar que, em consonância com as

³⁰ <https://drive.google.com/file/d/1HWiQi76mFCxfE9V9PMnEDADDBVZiSbp1/view?usp=sharing>

orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) direcionadas aos anos finais do ensino fundamental I, em que uma orientação semelhante é também observada pela secretaria de estado de educação do Paraná³¹, é recomendável que o docente explore a temática "Matéria e Energia".

Após a sugestão de interação, disponibiliza-se um quadro de Toulmin, adaptado de COLOMBO Jr. et al. (2012), apresentado sob a forma de um modelo de formulário destinado à utilização em sala de aula.

Este recurso pode ser empregado após a visita ao museu, visando aprofundar as discussões sobre a interatividade, ou como instrumento de avaliação, conforme suas necessidades.

Espera-se que este produto contribua significativamente para o processo de ensino-aprendizagem das crianças do ensino fundamental I, proporcionando uma abordagem diferenciada ao professor na explanação desse conceito físico específico.

Katia da Silva Oliveira dos Santos
contato: katiasodosantos2@gmail.com

³¹ Disponível também em: <http://www.referencialcurricular.doparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=43#> Acesso em: 25 out. 2023

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – A) Experimento original denominado de “O problema da cestinha” (CARVALHO et al., 1998, p. 162); B) Uso de uma bacia paracaptura da esfera quando ela não acerta o alvo (“cestinha”); C) CAP DE PVC utilizado como “cestinha”10
- Figura 2** – Estrutura metálica do trilho que inclui a rampa de lançamento da esfera.....12
- Figura 3** – A) Fixações de trilho da rampa, trilho da impressora e da haste móvel do alvo (cestinha); B) Vista ampliada do servomotor com seupino no vão livre do trilho, segurando a esfera. Optou-se por parafusar o servomotor num pequeno pedaço de madeira então parafusada no corpo de plástico do trilho da impressora.....13
- Figura 4** – A) Servomotor do elevador com estrutura de arame arquitetada para captura da esfera; B) Servomotor fixado no elevador movido à rotação do parafuso de rosca sem fim, com indicação da Chave S8 na passagem da esfera; C) Haste da cestinha, chão com inclinação, vista completa do elevador com chaves de fim de curso S6 e S7, e indicação das localizações das chaves de fim de curso S4 e S5 adaptadas ao trilho da impressora.....14
- Figura 5** – Mecanismo “do tipo gaveta”15
- Figura 6** – Diagrama de blocos do sistema elétrico/eletrônico do protótipo.....17
- Figura 7** – A) Diagrama de conexões do protótipo.....19
- Figura 8** – Detalhe indicando para remover jumper de 5V.....20
- Figura 9** – Equipamento para interação.....21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAP	Nome dado à tampa usada em canos de PVC
IDE desenvolvimento	Integrated development environment ou ambiente integrado de desenvolvimento
MCTL	Museu de Ciências e Tecnologia de Londrina
PVC	Policloreto de vinila
UEL	Universidade Estadual de Londrina
TAP	Toulmin's Argument Pattern

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	72
CAPÍTULO 1 - MONTAGEM AUTOMATIZADA DO PROBLEMA DA CESTINHA.....	73
1.1 PROTÓTIPO AUTOMATIZADO “O PROBLEMA DA CESTINHA”.....	73
1.2 ORIENTAÇÕES ELÉTRICAS/ELETRÔNICAS VIA ARDUINO.....	77
1.3 A PREPARAÇÃO FINAL.....	83
CAPÍTULO 2 – PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO.....	96
CAPÍTULO 3 – SUGESTÃO DE CONDUÇÃO DE INTERATIVIDADE.....	35
3.1 ENTENDENDO COMO FUNCIONA O TAP NO CONTEXTO DA INTERAÇÃO COM O EQUIPAMENTO “O PROBLEMA DA CESTINHA”.....	96
3.2 COMO SITUAR O PROBLEMA EXPERIMENTAL PARA OS ALUNOS.....	98
3.3 AGINDO MEDIANTE COMANDOS DE REGULAGENS E DE ACIONAMENTO DO EQUIPAMENTO.....	99
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

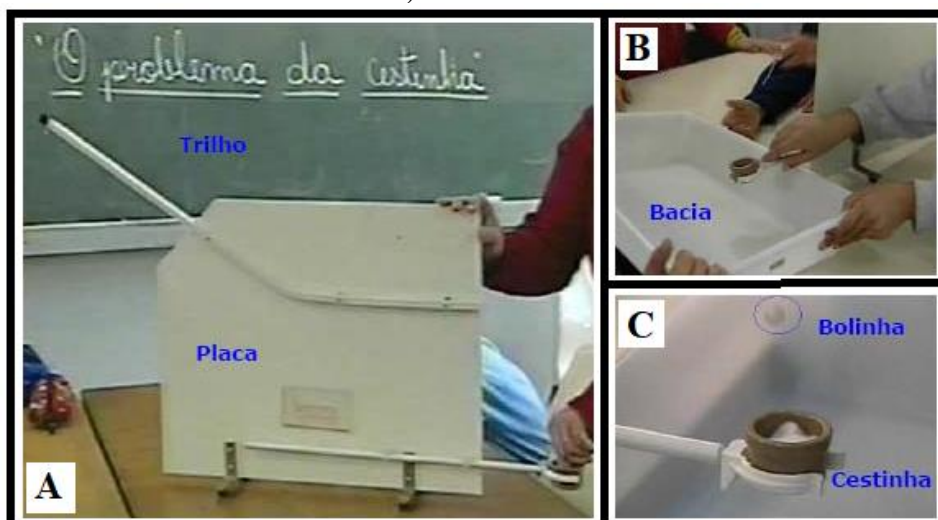
APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte de uma dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), cujo foco foi subsidiar a implementação de tecnologias educacionais em um museu de ciências ainda em fase inicial de desenvolvimento. A metodologia de elaboração dessa tecnologia educacional, bem como os materiais empregados, são minuciosamente descritos a seguir. Destina-se a fornecer orientações detalhadas para que professores interessados, particularmente aqueles familiarizados com a robótica, possam reproduzi-lo.

Dada a diversidade de componentes e procedimentos envolvidos, busca-se facilitar a compreensão ao dividir o conteúdo em subseções distintas, a saber: "Protótipo automatizado 'O problema da cestinha'"; "Orientações elétricas/eletrônicas via Arduino"; e "A preparação final". Esta última seção apresenta um modelo de instruções concebido para o equipamento, visando iniciar a interação e instigar reflexões por parte das crianças durante suas tentativas, ao mesmo tempo que respeita as recomendações de segurança mútua entre experimento e experimentador.

A seguir, na Figura 1 é exibida uma imagem do experimento original que serviu como referência para a construção do equipamento automatizado.

Figura 1 – A) Experimento original “O problema da cestinha” (CARVALHO et al., 1998, p. 162); B) Uso de uma bacia para captura da esfera quando ela não acerta o alvo (“cestinha”); C) “Cestinha”.



Fonte: Colombo et al. (2012, p. 496).

CAPÍTULO 1 - O PRODUTO EDUCACIONAL E SUA MONTAGEM AUTOMATIZADA

1.1 PROTÓTIPO AUTOMATIZADO “O PROBLEMA DA CESTINHA”

À distinção do experimento da Figura 1, na medida em que necessariamente se alteram e complementam os materiais lá observados, a lista dos itens empregados na elaboração desta montagem constitui-se de: 1 esfera de aço de 1 cm de diâmetro; um trilho de impressora de jato de tinta; arames de ferro de 3 mm de diâmetro (comumente usados em solda elétrica); 1 tubo de cobre de 45 cm de comprimento com 1 cm de diâmetro; 1 perfil cilíndrico de alumínio com 55 cm de comprimento que percorra o interior do tubo de cobre ligeiramente sem folga; 1 CAP de PVC (cestinha); 1 parafuso de rosca sem fim de 3/8, madeira de 70 cm; 2 rolamentos com diâmetros internos acertados para o encaixe justo do parafuso de rosca sem fim; 2 braçadeiras para fixar os rolamentos em madeira; 1 motor c. c., denominado de M1³², no caso de 32 V e 0,5 A; 1 barra de ferro de 7 mm de diâmetro e 70 cm de comprimento; 2 capacitores cerâmicos de 100 nF (C1 e C2); 1 led vermelho de 5 mm (D1); 1 fusível de vidro 6 x 20 mm, 1 A (F1); 1 fusível de vidro 6 x 20 mm, 0,5 A; 1 motor c.c., de 12 V e 1 A, denominado de M2 (já embutido no trilho da impressora); 2 servomotores 9g Tower Pro SG90 (M3 e M4); 1 resistor de 560 Ohms x ¼ W (R1); Interruptor do tipo chave gangorra (S0); 1 *Joystick* com 4 micro chaves do tipo normalmente aberta (S1, S2, S9 e S10); 1 botão *push-button* normalmente aberto (S3); 4 chaves de fim de curso normalmente aberta com haste (S4, S5, S6 e S7); 1 micro chave aproveitada do sensor de papel de impressora de jato de tinta (S8); 2 placas módulo ponte-h L298N para Arduino (U1 e U2); 1 Arduino UNO R3 (U3); fios com pontas para conectar no Arduino; 2 porta-fusíveis; 1 fonte de alimentação de 32 V (FA-1); 1 fonte de alimentação de 12 V (FA-2); 1 placa universal para barramento de + 5 V e terra; 2 m² de chapa de madeira de 2 cm de espessura com fórmica; 2 m² de chapa de acrílico transparente e incolor³³.

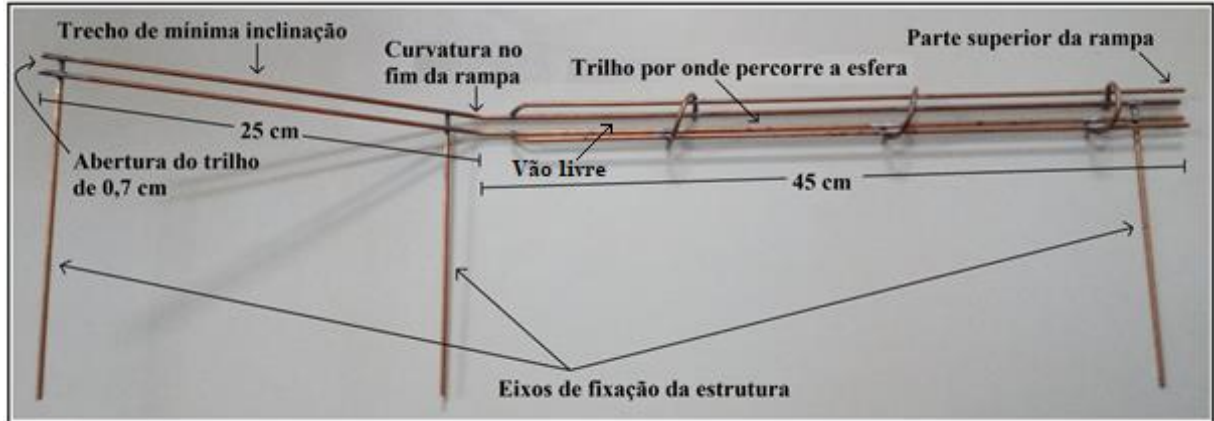
De início, é cabível destinar-se à confecção do trilho por onde percorre a esfera de aço, neste caso feito de arames de ferro de 3 mm de diâmetro, unidos por meio de uma máquina de solda ponto (popular ponteadeira). A Figura 5 apresenta essa estrutura metálica e suas dimensões, em que todos os cortes e dobramentos são obtidos por manuseio de ferramentas

³² Demais denominações são feitas aos componentes eletrônicos desta lista para auxiliar nas orientações de montagem logo adiante descritas.

³³ Há uma obviedade do uso de parafusos diversos, por exemplo, em que suas dimensões, tipos e quantidades podem ser avaliados no momento da montagem e fixação de peças.

como arco de serra e alicates.

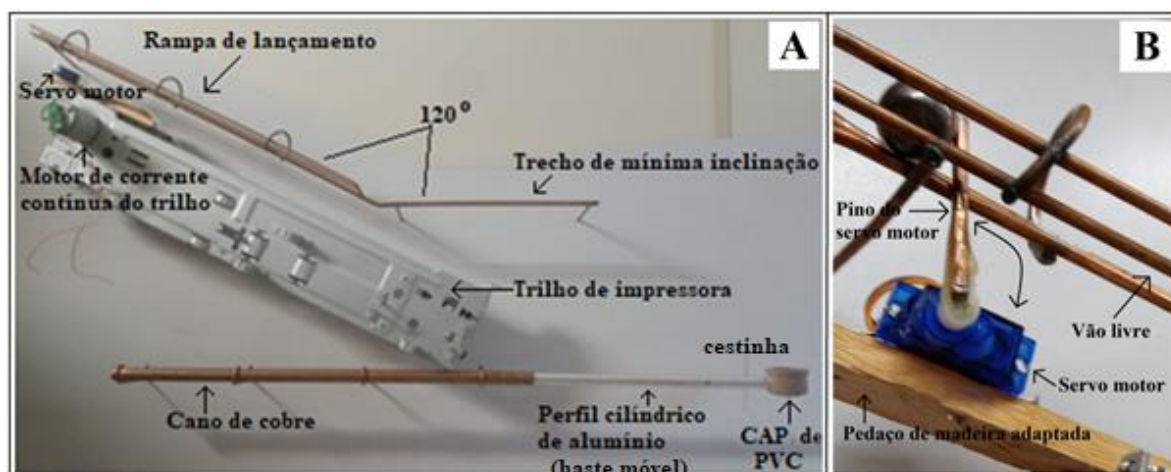
Figura 5 – Estrutura metálica do trilho que inclui a rampa de lançamento da esfera.



Fonte: autora.

Na Figura 5, a parte do trilho especificado com 45 cm constitui-se na rampa (Figura 3A), com dois segmentos extras de arames para impedir que a esfera venha a escapar pelas laterais, devendo-se notar que a união destes seguimentos ocorre por três semiarcos, em que há um vão livre para movimentação do pino lançador da esfera, via servo motor (Figura 6B). Os três eixos de fixação indicados na Figura 5 servem para posicionar a estrutura na parede de trás da caixa (chapa de fórmica de 2 cm de espessura), cuja curvatura no fim da rampa a mantém numa inclinação próxima de 120° com relação ao trecho de 25 cm de comprimento. Os três eixos de fixação são penetrados em respectivos furos na parede da caixa (Figura 6), determinando uma distância e alinhamento da rampa sobre o trilho da impressora, também fixado nessa parede com parafusos. Nesse alinhamento, é importante notar que o arranjo das peças deve permitir que o pino do servomotor transite pelo vão livre do trilho da rampa (Figura 6B), na função de posicionar a esfera em local escolhido do lançamento da mesma.

Figura 6 – A) Fixações de trilho da rampa, trilho da impressora e da haste móvel do alvo (cestinha); B) Vista ampliada do servomotor com seu pino no vão livre do trilho, segurando a esfera. Optou-se por parafusar o servomotor num pequeno pedaço de madeira então parafusada no corpo de plástico do trilho da impressora.



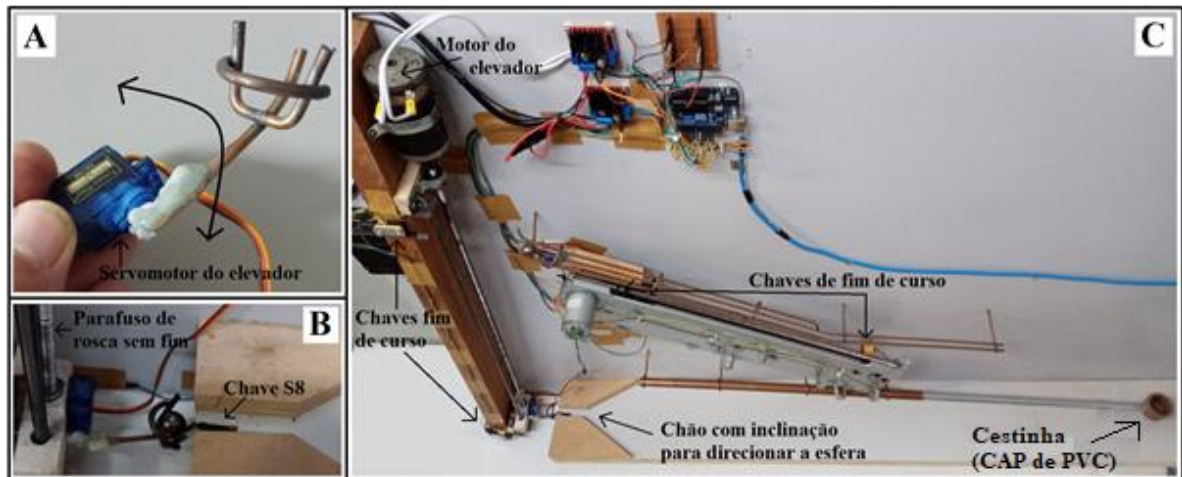
Fonte: autora.

O trilho de impressora foi adquirido de um descarte e se manteve uma adaptação viável ao comprimento de 45 cm do trilho da rampa, visto que o motor de corrente contínua (M2) movimenta um corpo de plástico (“carrinho da impressora”³⁴) de um lado a outro nesse trilho, dependendo do sentido da corrente elétrica aplicada. Assim, acoplando-se o servomotor neste corpo de plástico com seu pino no vão do trilho da rampa (Figura 6B), é possível automatizar a movimentação desse pino ao longo desse vão e pará-lo na altura de interesse de lançamento, ora efetuado por simples apertado de botão que ativa o servomotor para abaixar esse pino e liberar a esfera (Figura 6B). Para tanto, ainda se faz necessário fixar duas chaves de fim de curso em extremidades do trilho da impressora (S4 e S5), conforme se avaliam as delimitações das alturas máxima e mínima de lançamento na rampa, ou seja, a fim de parar o movimento do corpo de plástico e, juntamente, o servo motor que segura a esfera (Figura 6).

O puxador da haste da cestinha permite ser manuseado horizontalmente para posicionar o alvo (cestinha) em determinada distância e, após se acionar o botão para liberar a esfera numa altura definida, dois resultados são presumíveis: acerto ou erro do alvo (cestinha). Não acertando o alvo, a esfera cairá diretamente no chão da caixa, que possui uma inclinação proposital para conduzir a esfera numa passagem em direção ao dispositivo de captura do elevador (Figuras 7B e 7C), logo a suspendendo e depositando-a automaticamente no início da rampa (Figura 6B). Já em caso de acerto do alvo, o puxador pode ser movido para trás, em que o mecanismo elaborado “do tipo gaveta” libera a esfera pelo fundo da cestinha (Figura 8) diretamente no chão da caixa, realizando o percurso já descrito até o início da rampa para uma nova tentativa experimental.

³⁴ Que pertence ao trilho, para encaixar cartuchos de tinta.

Figura 7 – A) Servomotor do elevador com estrutura de arame arquitetada para captura da esfera; B) Servomotor fixado no elevador movido à rotação do parafuso de rosca sem fim, com indicação da Chave S8 na passagem da esfera; C) Haste da cestinha, chão com inclinação, vista completa do elevador com chaves de fim de curso S6 e S7, e indicação das localizações das chaves de fim de curso S4 e S5 adaptadas ao trilho da impressora.

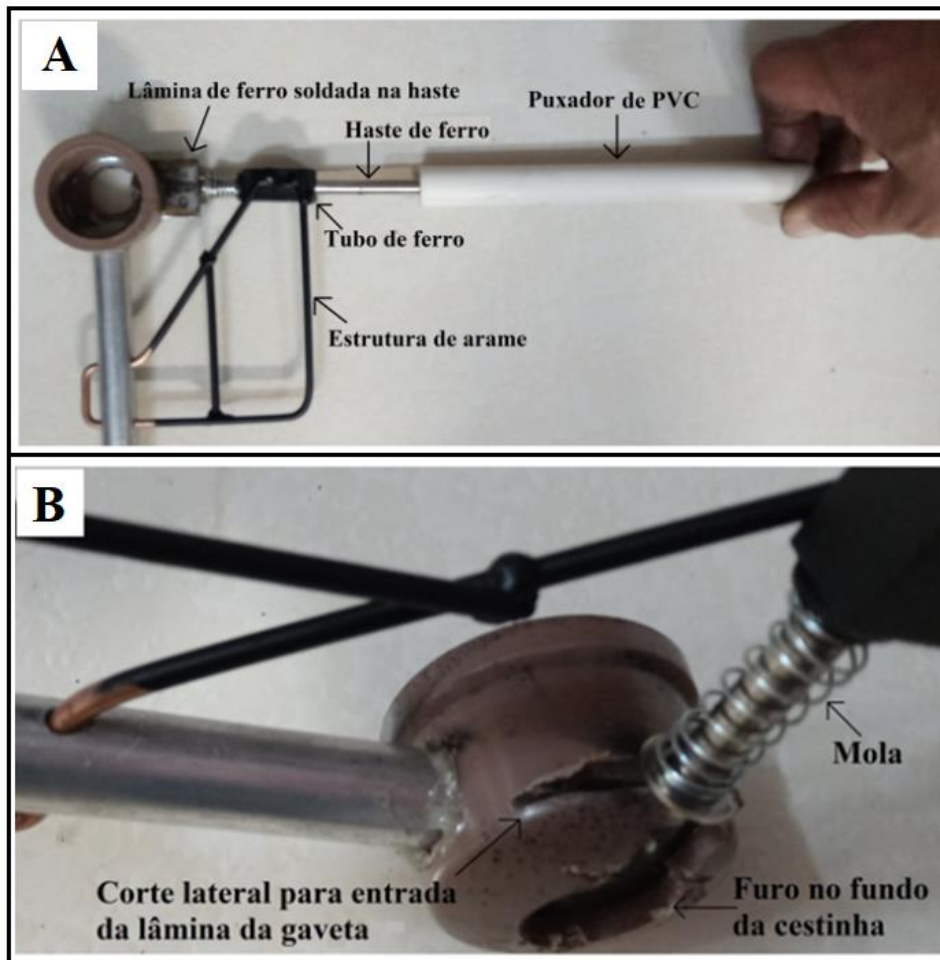


Fonte: autora.

Como se pode notar na Figura 7, o elevador é basicamente composto por adaptação de um parafuso de rosca sem fim num corpo de plástico contendo uma porca, de modo que a rotação desse parafuso permite subir ou abaixar esse corpo de plástico onde está fixado o servomotor do elevador (Figura 7A). Uma extremidade do parafuso é soldada no eixo do motor do elevador (M1), antes passando em dois rolamentos próximos de suas extremidades e que são fixos por braçadeiras numa madeira ajustada para posicionamento dessas peças. Também é válido notar que há uma haste de ferro paralela ao parafuso de rosca sem que evita o giro do corpo de plástico pela rotação do parafuso, e assim efetue o movimento vertical programado.

Os detalhes e implantação do dispositivo “do tipo gaveta” à cestinha da Figura 3C seguem na Figura 8.

Figura 8 – Mecanismo “do tipo gaveta”.



Fonte: autora.

Para isso, o CAP apresenta duas aberturas (Figura 8B): um corte na lateral para movimentação de uma lâmina de ferro então soldada na haste de 6 mm de diâmetro; um buraco no fundo, cuja abertura permite a passagem da esfera. Na Figura 8A simula-se o puxador da cestinha para trás, abrindo a gaveta e comprimindo a mola perante o tubo de ferro que possui um diâmetro interno ligeiramente maior que o de 6 mm da haste que o atravessa. Ainda pode-se notar na Figura 8A uma idealizada estrutura de arame (3 mm de diâmetro) fixa nas hastes de alumínio e que foi soldada nesse tubo de ferro. Assim, após a liberação do puxador, a lâmina desse mecanismo “do tipo gaveta” (chapa de ferro soldada na haste) retorna para dentro do CAP, impedindo a passagem da esfera (Figura 8B).

Assim caracterizado o arranjo das peças envolvidas até aqui, a próxima subseção trata de discutir demais orientações acerca da automatização empregada.

1.2 ORIENTAÇÕES ELÉTRICAS/ELETRÔNICAS VIA ARDUINO

O sistema elétrico/eletrônico está ilustrado no formato simplificado de diagrama de blocos exibido na Figura 9. Para o controle do elevador da esfera, foi utilizado um motor de 32 V com corrente de 0,5 A, identificado como M1. O motor da rampa de posicionamento da esfera, M2, foi aproveitado do mecanismo do carrinho de impressão de uma impressora antiga e opera com 12 V e 1 A. Ambos, são motores de corrente contínua.

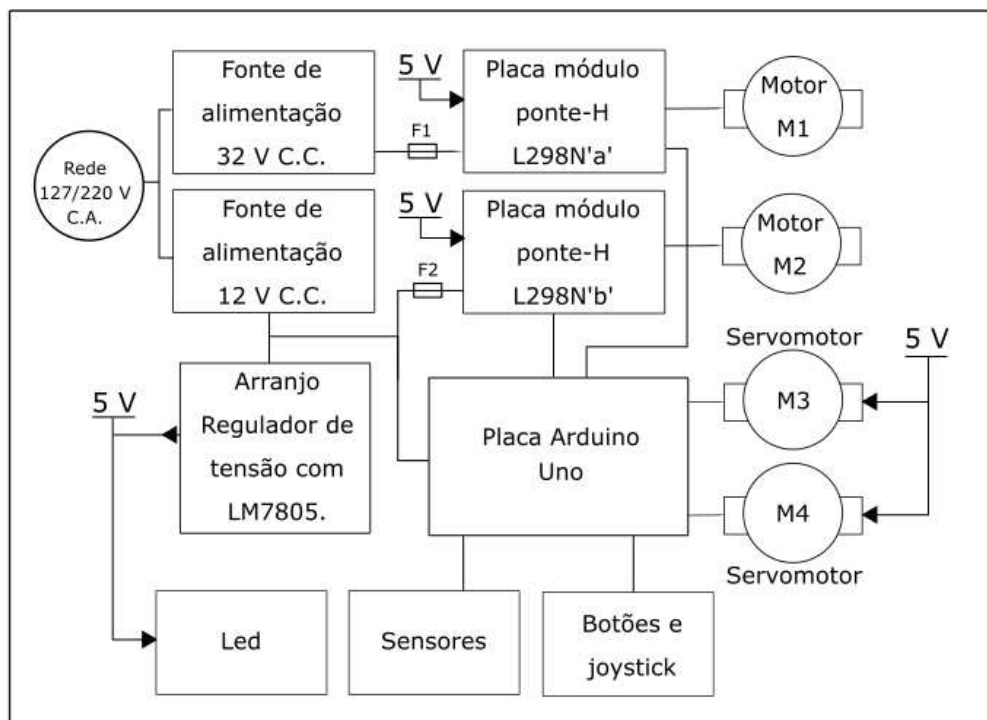
Considerando que os motores exigem maior corrente do que a placa Arduino pode fornecer em seus pinos de entrada e saída³⁵ e que operam sob diferentes tensões de alimentação, foi necessário o uso de dois módulos de *driver* de potência, mais conhecidos como ponte h com o circuito integrado L298N, iguais ao da Figura 11, um para cada motor. Dessa forma, as placas *drivers* L298N fornecem a potência necessária para cada motor e permitem a inversão do sentido dos eixos dos motores, ou seja, o controle bidirecional³⁶, conforme os comandos recebidos do Arduino.

As fontes de alimentação FA-1 e FA-2 são conversores de corrente alternada para corrente contínua daquelas que se conectam na rede elétrica de 127 V ou 220 V e foram aproveitadas de impressoras a jato de tintas antigas. Os fusíveis F1 e F2 foram utilizados para garantir proteção para as placas e motores e possuem os valores de 0,5 A e 1,0 A respectivamente.

Figura 9: Diagrama de blocos do sistema elétrico/eletrônico do protótipo.

³⁵ <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>

³⁶ <https://www.st.com/resource/en/datasheet/l298.pdf>



Fonte: autora.

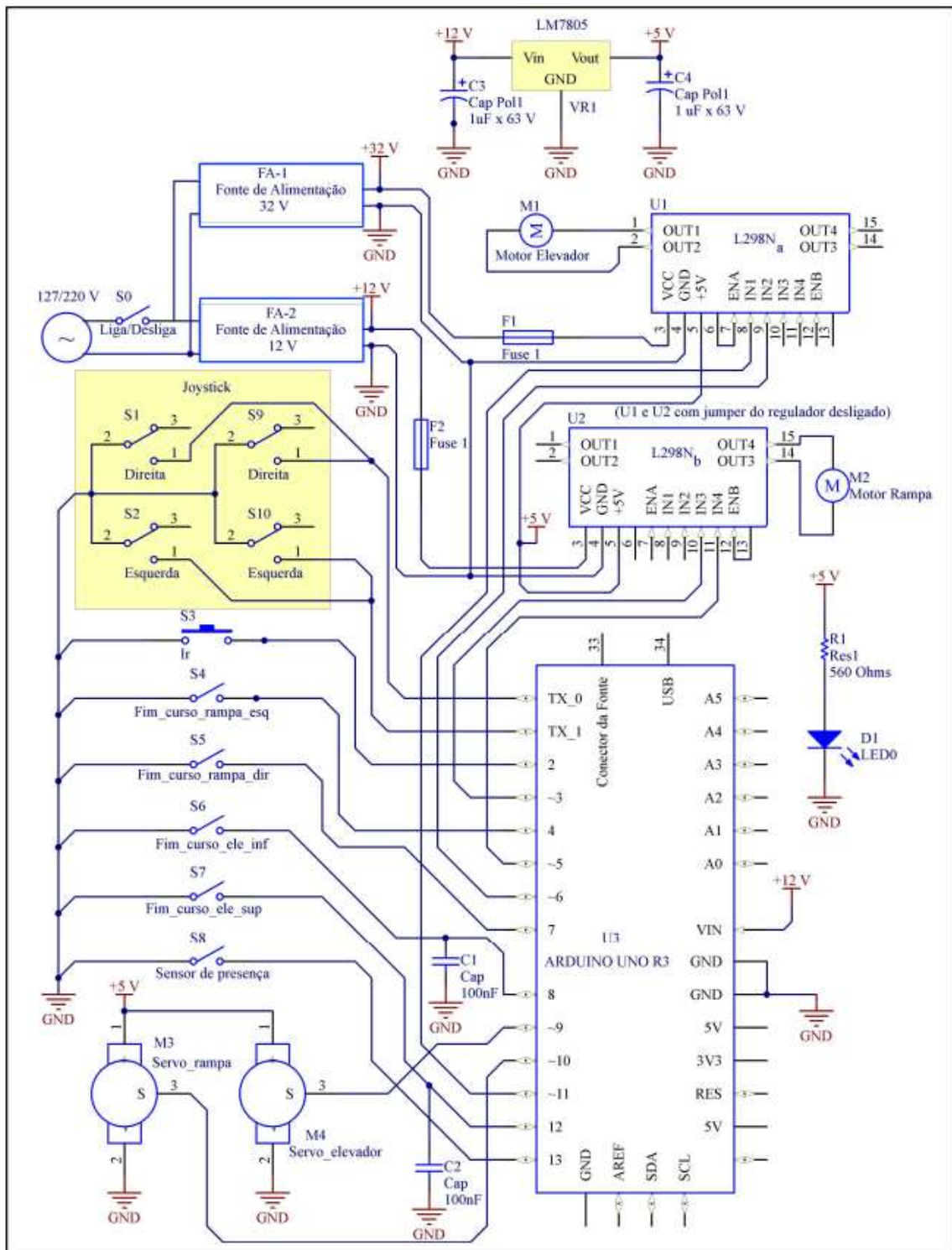
O arranjo do regulador de tensão com LM7805 recebe 12 V e os converte para 5 V estabilizados, fornecendo essa tensão para o Led, servomotores e módulos ponte h. Os sensores, botões, servomotores e *joystick* foram conectados diretamente às portas GPIO (*general purpose input output*) da placa Arduino.

A Figura 10 ilustra as conexões elétricas dos componentes. Os botões S1, S2, S9 e S10 são responsáveis pelo controle da posição do carrinho da esfera na rampa, eles estão anexados no corpo do *joystick*.

O botão S3 é do tipo *push-button* normalmente aberto e sua função principal é transmitir o sinal que libera a esfera na rampa.

As chaves de fim de curso S4, S5, S6 e S7 são utilizadas para limitar os movimentos do carrinho da rampa e do elevador da esfera, protegendo os seus respectivos motores. Essas chaves foram posicionadas nas extremidades dos cursos dos mecanismos e conectadas com fios simples de 0,75 mm² sem blindagem. Contudo, deve-se ficar atento se ocorrerem paradas inesperadas dos motores, isso significa que o Arduino está sofrendo interferência eletromagnética, e para contornar esse problema, pode-se utilizar cabos manga com blindagem. Para este projeto, as interferências foram solucionadas com os capacitores C1 e C2 conectados próximos do Arduino e uma programação adicional. A chave S8 é o sensor de presença cuja função é detectar a chegada da esfera na posição de captura e informar ao microcontrolador o momento de acionar o servomotor do elevador.

Figura 10: Diagrama de conexões do protótipo.



Fonte: autora.

Dois servomotores foram utilizados, um deles possui a função de capturar a esfera para suspendê-la até a rampa e o outro é responsável por liberar a esfera para descer sobre rampa.

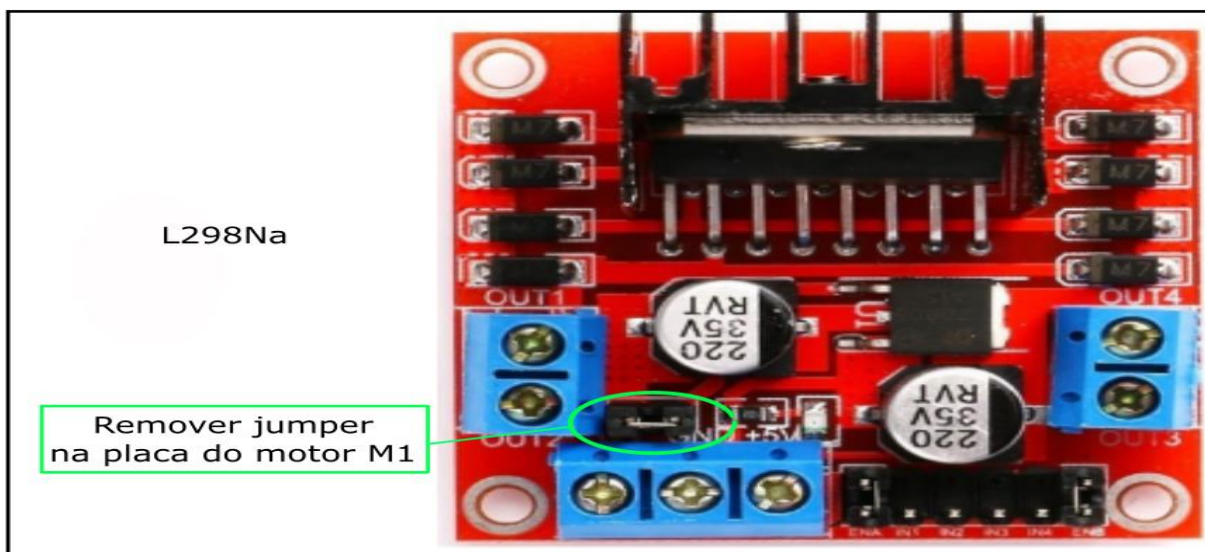
Para este projeto, foi escolhida a placa Arduino Uno R3. O Arduino é composto de hardware e software fáceis de usar e programar. Existem vários modelos (conhecidos como placas). Ele foi criado para os fins de prototipagem e para controlar outros dispositivos. É uma plataforma *open-source* (ou código aberto) que pode ser empregada na leitura de sensores e acionamento de elementos como luzes, motores e portas de garagem. Para programar as placas Arduino é oferecida a Arduino IDE (*integrated development environment* ou ambiente integrado de desenvolvimento) e uma linguagem de programação semelhante ao C (JAVED, 2017).

Para energizar o Arduino foi extraída a tensão de 12 V da fonte FA-2, sendo conectada ao terminal Vin da placa Uno R3. Já para os módulos ponte h L298N'a', L298N'b', servomotores e Led0 elaborou-se um arranjo com o componente regulador de tensão LM7805, cuja função foi a de receber 12 V, reduzir e estabilizar a tensão em 5 V, fornecendo potência para os outros elementos do sistema. Tanto o regulador como os dois capacitores C3 e C4 foram soldados em uma placa universal para eletrônica. Conforme indicado na Figura 10, o pino Vin (1) do LM7805 foi conectado ao terminal de 12 V da fonte de alimentação FA-2 e o pino Vout (3) forneceu a alimentação de 5 V. Para facilitar as conexões, foi implementada uma placa de barramentos com duas trilhas de solda, uma de +5 V e outra de terra (ou GND, abreviação de *ground*), centralizando e distribuindo esses potenciais para os componentes do circuito.

A placa do módulo de ponte h L298N possui dois pinos responsáveis pela ativação do regulador de 5 V soldado em sua placa, cuja função é fornecer energia para o circuito integrado L298N³⁷, como está mostrado na Figura 11. Em ambos os módulos, o *jumper* precisou ser removido para desabilitar o regulador, uma vez que a tensão de alimentação de 5 V foi obtida do arranjo com o LM 7805.

Figura 11: Detalhe indicando para remover jumper de 5 V.

³⁷ <https://www.st.com/resource/en/datasheet/l298.pdf>



Fonte: autora.

Todos os componentes utilizados estão listados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Lista de componentes na automação.

C1 e C2	Capacitor cerâmico de 100 nF
C3 e C4	Capacitor eletrolítico de 1 uF x 63 V
D1	Led vermelho de 5 mm
F1	Fusível de vidro 6 x 20 mm 1 A
F2	Fusível de vidro 6 x 20 mm 0,5 A
M1	Motor c.c. 32 V 0,5 A
M2	Motor c.c. 12 V 1 A
M3 e M4	Servomotor 9g Tower Pro SG90
R1	Resistor de 560 Ohms x ¼ W
S0	Interruptor do tipo chave gangorra
S1, S2, S9 e S10	Controle do tipo joystick
S3	<i>Push Button</i> normalmente aberto
S4, S5, S6, S7	Chave de fim de curso normalmente aberta com haste
S8	Micro chave aproveitada do sensor de papel de impressora de jato de tinta
U1 e U2	Placa módulo ponte-h L298N para Arduino
U3	Arduino UNO R3
VR1	Regulador de tensão LM7805 To-220
FA-1	Fonte de alimentação de 32 V
FA-2	Fonte de alimentação de 12 V
Fios com pontas para conectar no Arduino	
Porta-fusíveis	
Pinos para conexões de fios	
Placa universal para barramento de +5 V e terra	

Fonte: autora.

A respeito dos detalhes da programação do Arduino, estes podem ser consultados no próximo capítulo.

1.3 A PREPARAÇÃO FINAL

A Figura 12 apresenta o equipamento finalizado, agregando-se uma caixa protetora de madeira com a parte frontal de acrílico transparente incolor, expostos o joystick, o botão e o puxador para controle do experimentador.

Figura 12 – Equipamento para interação.



Fonte: autora.

Assim preparado, mesmo que sejam raros os acidentes, envolve-se a segurança como atenção principal³⁸, considerando os seguintes requisitos de aparatos interativos: 1) qualquer experimentador, individualmente, deve realizar a demonstração com segurança ao manipular o equipamento. O produto educacional deve ser projetado de maneira a garantir que os visitantes

³⁸ Visto ser imprescindível evitar algum acidente pelo qual judicialmente se debele as atividades do local por anos.

estejam seguros durante uma interação com o equipamento, permanecendo impossibilitados de sofrerem acidentes como por choques elétricos, diante inoportuna falha elétrica ou eletrônica³⁹; 2) há garantia de êxito da demonstração, isto é, a atividade experimental é arquitetada para que funcione sempre do mesmo modo, admitindo-se que a programação das etapas envolvidas na demonstração ocorra toda vez que, por exemplo, se apertar um botão ou movimentar uma haste, assim como concluem Chinelli et al. (2008, p. 4505-4): “*oferece resultados reprodutíveis*”; 3) todo equipamento deve encontrar-se protegido contra danos previsivelmente ocasionados por ‘curiosidades’ indesejadas, em razão de eles serem projetados para o manuseio livre dos visitantes, conforme caracteriza Silva (2015, p. 904), “*...peças internas apresentam sensibilidade ao toque indevido, e alguém, por esse motivo, poderia entortar um virabrequim, remover um eletroímã e/ou demais peças, isto é, danificar o equipamento*”.

Notável na Figura 9, uma identificação para o equipamento deve ser exposta: “O PROBLEMA DA CESTINHA”, bem como uma orientação de funcionamento com textos explicativos dos fenômenos. Em razão da automatização, frases idealizadas podem ser: “*Experimente lançar a bolinha e acertá-la na cestinha (alvo)*”; “*Manipule o joystick conduzindo a esfera na altura desejada de lançamento*”; “*Movimente o puxador para determinar a distância do alvo (cestinha)*”; “*Pressione o botão para lançar a bolinha*”; “*Quando acertar a cestinha, arraste o puxador para trás para liberar a bolinha*”.

Nesse estímulo de tentativas e à reflexão, convêm indagações do tipo: “*Qual altura da rampa se lança a bolinha para acertar a cestinha na distância escolhida?*”; “*Consegue acertar em várias distâncias?*”; “*Quanto maior a altura de lançamento, maior será a distância da cestinha para acertá-la?*”; “*Quanto maior a altura de lançamento, maior será a velocidade da bolinha no final da rampa?*”. Orientações como essas ajudam o início de uma interação com a demonstração perante espontâneas curiosidades sobre o fenômeno, configurando frases em linguagem inteligível ao público alvo. Obviamente que cada modelo de texto ou frase pode ser aprimorado a critério do aprofundamento estipulado das explicações científicas pela equipe técnica e pedagógica local, em termos qualitativos ou não. E, “*mesmo que qualquer preparação de leitura nesse sentido permaneça alvo de melhorias, é expressivo salientar que a essência dessa orientação explicativa, que se recomenda atrelar nos equipamentos, mantém-se conservada*” (SILVA et al., 2019, p. 9-10). Na Figura 9 inclui-se o modelo aqui estruturado e que deve ser percebido como uma alternativa àquilo anexado no equipamento, fundamentando-se na seguinte descrição dessa atividade de ‘Conhecimento físico’:

³⁹ Semelhantemente ao que noutro contexto exemplificam Silva et al. (2019, p. 3): um acidente “*por contato físico do dedo de uma criança na ‘biela’ de um motor em ‘alta’ rotação*”.

A distância alcançada pela bolinha depende da velocidade com que ela sai do trilho; quanto mais rápido sair, mais longe irá. Já a velocidade depende da altura em que a bolinha é solta; quanto mais alto for solta, mais velocidade terá ao sair do trilho. Isso ocorre porque, quando a bolinha está a certa altura, essa configuração corresponde a uma quantidade de energia chamada potencial. À medida que a bolinha vai descendo, essa energia vai se transformando em energia cinética. Então, se a energia potencial for grande no início (altura grande), a energia cinética será grande no final do trilho (velocidade grande). (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 163).

CAPÍTULO 2 - PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO

O programa desenvolvido para o Arduino incorporou elementos da linguagem C para facilitar a compreensão, como o uso de funções. Conforme Javed (2017), recomenda-se o uso das funções personalizadas, pois elas possuem funcionalidades específicas e evitam a duplicação de trechos do código, sendo requisitadas quantas vezes forem necessárias durante o processamento dos comandos. Devido à extensão do programa, em vez de descrever no corpo do texto a finalidade de todos os comandos, optou-se por adicionar comentários, que são precedidos por duas barras e explicam a função dos comandos à esquerda.

```
1 #include <Servo.h>
2
3 /* Constantes */
4 #define Direita 0           //pino para controle do motor da rampa para a direita
5 #define Esquerda 1       //pino para controle do motor da rampa para a esquerda
6 #define bot_ir 2          //define o nome do pino 11 para ligar o botão ir
7
8 #define vpwmi_ramp_esq 120 //velocidade de partida do motor da rampa quando move
para a esquerda
9 #define vpwmf_ramp_esq 160 //velocidade final do motor da rampa quando move para
a esquerda
10 #define vpwmi_ramp_dir 120 //velocidade de partida do motor da rampa quando move
para a direita
11 #define vpwmf_ramp_dir 140 //velocidade final do motor da rampa quando move para
a direita
12 #define g 45              //constante de ajuste da abertura do servomotor ao
entregar a esfera para a rampa
13 #define IN1 11           //constante para o pino IN1 da ponte H
14 #define IN2 6            //constante para o pino IN2 da ponte H
15 #define IN3 3            //constante para o pino IN3 da ponte H
16 #define IN4 5            //constante para o pino IN4 da ponte H
17 #define fim_curso_resq 4 //constante para o fim de curso da rampa, esquerda
18 #define fim_curso_rdir 7 //constante para o fim de curso da rampa, direita
19 #define fim_curso_ele_inf 8 //constante para o fim de curso do elevador, inferior
```

```

20 #define fim_curso_ele_sup 12    //constante para o fim de curso do elevador, superior
21 #define sensor_presenca 13    //constante para o sensor de presença da esfera
22
23 Servo servo_rampa;            //cria um objeto para controlar o servomotor da rampa
24 Servo servo_elevador;        //cria um objeto para controlar o servomotor do elevador
25 int sinal = 0;
26
27 /* Protótipos das funções */
28 void esquerda();
29 void direita();
30 void sobe();
31 void desce();
32 void inicio();
33 void erro();
34 void abre(int pos_atual, int pos_final, int veloc);
35 void fecha(int pos_atual, int pos_final, int veloc);
36
37 void setup() {
38   pinMode (Direita, INPUT_PULLUP);           //define o pino 0 do arduino como
entrada com resistor de pull_up
39   pinMode (Esquerda, INPUT_PULLUP);         //define o pino 1 do arduino como
entrada com resistor de pull_up
40   pinMode (bot_ir, INPUT_PULLUP);           //define o pino 2 do arduino como
entrada com resistor de pull_up
41   pinMode (IN1, OUTPUT);                    //define o pino 11 do arduino como
saída para conectar o pino IN1 da ponte H
42   pinMode (IN2, OUTPUT);                    //define o pino 6 do arduino como saída
para conectar o pino IN2 da ponte H
43   pinMode (IN3, OUTPUT);                    //define o pino 3 do arduino como saída
para conectar o pino IN3 da ponte H
44   pinMode (IN4, OUTPUT);                    //define o pino 5 do arduino como saída
para conectar o pino IN4 da ponte H
45   pinMode (fim_curso_rdir, INPUT_PULLUP);   //define o pino 7 do arduino como
entrada com resistor de pull_up

```

```

46  pinMode (fim_curso_resq, INPUT_PULLUP);      //define o pino 4 do arduino como
entrada com resistor de pull_up
47  pinMode (fim_curso_ele_inf, INPUT_PULLUP);   //define o pino 8 do arduino como
entrada com resistor de pull_up
48  pinMode (fim_curso_ele_sup, INPUT_PULLUP);   //define o pino 12 do arduino
como entrada com resistor de pull_up
49  pinMode (sensor_presenca, INPUT_PULLUP);    //define o pino 13 do arduino como
entrada com resistor de pull_up
50
51  servo_rampa.attach(10);                      //configura o pino 10 para o servo_rampa
52  servo_elevador.attach(9);                   //configura o pino 9 para o servo_elevador
53
54  servo_rampa.write(170);                     //inicia os servomotores nas posições corretas
55  delay(15);                                  //tempo necessário para atuação do servomotor
56  servo_elevador.write(140);
57  delay(15);
58  desce();                                     //aciona o motor do elevador para posicioná-
lo no ponto de espera
59  servo_elevador.write(105);                  //comando para o servomotor aguardar a esfera
60  delay(15);
61
62  while (digitalRead(fim_curso_rdir))         //laço while para posicionar o carrinho da rampa
à direita
63  {
64    digitalWrite(IN3, LOW);
65    analogWrite(IN4, 150);                    //150 é o valor do PWM para ativar o motor
na velocidade de giro correta
66  }
67  digitalWrite(IN4, LOW);                     //freia o motor da rampa
68  digitalWrite(IN3, LOW);                     //freia o motor da rampa
69
70  while (digitalRead(fim_curso_resq))         //laço while para posicionar o carrinho da
rampa à esquerda
71  {

```

```

72  digitalWrite(IN4, LOW);
73  analogWrite(IN3, 160);           //160 é o valor do PWM para ativar o motor
na velocidade de giro correta
74  }
75  digitalWrite(IN4, LOW);         //freia o motor da rampa
76  digitalWrite(IN3, LOW);         //freia o motor da rampa
77  }
78
79  void loop() {
80  int j = 0;
81  if (sinal == 0 && digitalRead(bot_ir) == 0)           //se o botão ir estiver pressionado ao
ligar, executa a rotina de inicialização
82  {
83  inicio();           //chama a função da rotina de inicialização
84  sinal = 1;         //configura a variável para que a rotina de
inicialização não atue novamente enquanto o arduino estiver ligado
85  }
86  sinal = 1;
87  /* Teste se o botão esquerdo for pressionado: */
88  if (digitalRead(Esquerda) == LOW && digitalRead(fim_curso_resq)) esquerda();
89
90  /* Teste se o botão direito for pressionado: */
91  if (digitalRead(Direita) == LOW && digitalRead(fim_curso_rdir)) direita();
92
93  /* Teste de botão para acionar o servo da rampa */
94  if (digitalRead(bot_ir) == LOW)           //testa se o botão ir foi
pressionado
95  {
96  delay(150);           //aguarda um tempo para
garantir que o botão foi pressionado
97  if (digitalRead(bot_ir) == LOW)           //se o botão ir foi pressionado
executa os comandos seguintes:
98  {
99  servo_rampa.write(80);           //abre o servo da rampa para a

```

```

esfera descer
100    delay(1000);                //aguarda 1 segundo
101    servo_rampa.write(170);    //fecha o servo da rampa
102    delay(15);
103    while (digitalRead(fim_curso_resq))    //laço while para posicionar o
carrinho da rampa à esquerda
104    {
105        digitalWrite(IN4, LOW);
106        analogWrite(IN3, 180);    //180 é o valor do PWM para
ativar o motor na velocidade de giro correta
107    }
108    digitalWrite(IN4, LOW);    //freia o motor da rampa
109    digitalWrite(IN3, LOW);    //freia o motor da rampa
110    while (digitalRead(sensor_presenca) == LOW) {}    //aguarda a esfera ativar o
sensor de presença
111    delay(1000);                //delay de 1 segundo após a esfera
ativar o sensor
112    fecha(105, 140, 15);        //chama a função para acionar o
servomotor do elevador lentamente após capturar a esfera
113    sobe();                    //chama a função para levar a
esfera para cima
114    abre(140, 45, 30);        //chama a função para acionar o
servomotor e entregar a esfera para a rampa, informando posições inicial, final do eixo do motor
e delay
115    delay(1000);                //aguarda 1 segundo
116    fecha(45, 140, 5);        //chama a função para acionar o
servomotor do elevador lentamente após entregar a esfera
117    desce();                    //chama a função para descer o
carrinho do elevador
118    abre(140, 105, 5);        //chama a função para acionar o
servo e aguardar a esfera após o lançamento do usuário
119    }//end if
120 }//end if
121 }//end loop

```

```

122
123 /* DESENVOLVIMENTO DAS FUNÇÕES */
124 void esquerda() //função para mover carrinho
da rampa para a esquerda
125 {
126   digitalWrite(IN4, LOW);
127   int i = 0;
128   for (i = vpwmi_ramp_esq; i < vpwmf_ramp_esq; i++) //laço para partida suave
do motor
129   {
130     analogWrite(IN3, i);
131   } //end for
132   while (digitalRead(Esquerda) == LOW) //laço para manter o motor
acionado na velocidade final enquanto o botão estiver pressionado
133   {
134     if (digitalRead(fim_curso_resq) == LOW) break;
135   }
136   analogWrite(IN3, 0); //desliga o motor ao acionar a
chave de fim de curso
137 } //end esquerda
138
139 void direita() // função para mover carrinho
da rampa para a direita
140 {
141   digitalWrite(IN3, LOW); //IN3
142   int i = 0;
143   for (i = vpwmi_ramp_dir; i < vpwmf_ramp_dir; i++) //laço para partida suave do motor
144   {
145     analogWrite(IN4, i);
146   } //end for
147   while (digitalRead(Direita) == LOW) //laço para manter o motor
acionado na velocidade final enquanto o botão estiver pressionado
148   {
149     if (digitalRead(fim_curso_rdir) == LOW) break;

```

```

150 }
151 analogWrite(IN4, 0); //desliga o motor ao acionar a
chave de fim de curso
152 }//end direita
153
154 void sobe() //função para mover o carrinho
do elevador para cima
155 {
156 digitalWrite(IN1, LOW);
157 while (digitalRead(fim_curso_ele_sup))digitalWrite(IN2, HIGH); //mantem o
motor acionado até ativar a chave de fim de curso
158 if (digitalRead(fim_curso_ele_sup)) //teste para reduzir o efeito de
interferências eletromagnéticas
159 {
160 while (digitalRead(fim_curso_ele_sup))digitalWrite(IN2, HIGH);
161 }
162 digitalWrite(IN1, LOW); //freia o motor
163 digitalWrite(IN2, LOW); //freia o motor
164 }//end sobe
165
166 void desce() //função para mover o carrinho
do elevador para baixo
167 {
168 digitalWrite(IN2, LOW);
169 while (digitalRead(fim_curso_ele_inf))digitalWrite(IN1, HIGH); //mantem o
motor acionado até ativar a chave de fim de curso
170 if (digitalRead(fim_curso_ele_inf)) //teste para reduzir o efeito de
interferências eletromagnéticas
171 {
172 while (digitalRead(fim_curso_ele_inf))digitalWrite(IN1, HIGH);
173 }
174 digitalWrite(IN1, LOW); //freia o motor
175 digitalWrite(IN2, LOW); //freia o motor
176 }//end desce

```

```

177
178 void abre (int pos_atual, int pos_final, int veloc)           //função de três parâmetros
para acionar o servo motor do elevador lentamente
179 {
180   int j = 0;
181   for (j = pos_atual; j > pos_final; j--)                     //laço for para ativar lentamente
182   {
183     servo_elevador.write(j);
184     delay(veloc);
185   }
186 }//end abre
187
188 void fecha(int pos_atual, int pos_final, int veloc)          //função de três parâmetros
para ativar o servo motor do elevador lentamente
189 {
190   int j = 0;
191   for (j = pos_atual; j < pos_final; j++)
192   {
193     servo_elevador.write(j);
194     delay(veloc);
195   }//end for
196 }
197
198 void inicio()                                                //função utilizada para iniciar
a máquina caso ela seja energizada com o botão ir pressionado
199 {
200   int i = 0;
201   int j = 0;
202   if (digitalRead(fim_curso_esq))                             //testa o fim de curso esquerdo
da rampa para posicionar o carrinho à esquerda
203   {
204     digitalWrite(IN4, LOW);
205     for (i = vpwmi_ramp_esq; i < vpwmf_ramp_esq; i++)         //laço para partida suave
do motor da rampa

```

```

206  {
207    analogWrite(IN3, i);
208  } // end for
209  while (digitalRead(fim_curso_resq)) {} //laço para manter o motor
ativo enquanto o fim de curso não é acionado
210  digitalWrite(IN3, LOW); //freia o motor
211  digitalWrite(IN4, LOW); //freia o motor
212  } //end if
213  delay(500);
214  if (digitalRead(fim_curso_ele_inf)) //testa o fim de curso inferior
do elevador
215  {
216    desce();
217    abre(140, 105, 15); //chama a função para acionar
o servo motor do elevador lentamente
218    servo_rampa.write(80); //ativa o servomotor da rampa
e libera a esfera
219    delay(2000);
220    servo_rampa.write(170); //fecha o servo
221    delay(30);
222    while (digitalRead(sensor_presenca) == LOW) {} //aguarda a esfera acionar o
sensor de presença
223    delay(500);
224    fecha(105, 140, 15); //chama a função para acionar o servomotor do elevador
lentamente após capturar a esfera
225    sobe(); //chama a função para levar a esfera para cima
226    abre(140, 45, 30); //chama a função para acionar o servomotor do elevador lentamente
e entregar a esfera
227    delay(1000); //aguarda um segundo
228    fecha(45, 140, 5); //chama a função para acionar o servomotor do elevador
lentamente após entregar a esfera
229    desce(); //retorna o carrinho do elevador para baixo
230    abre(140, 105, 5); //chama a função para acionar o servomotor do elevador e aguardar
a esfera

```

```

231 } else //caso a garra esteja na posição baixa com a esfera capturada,
executa os comandos:
232 {
233 fecha(105, 140, 15); //chama a função para acionar o servomotor do
elevador lentamente após capturar a esfera
234 sobe(); //chama a função para levar a esfera para cima
235 abre(140, 45, 30); //chama a função para acionar o servomotor e entregar a
esfera para a rampa
236 delay(1000); //aguarda um segundo
237 fecha(45, 140, 5); //chama a função para acionar o servomotor
do elevador lentamente após entregar a esfera
238 desce(); //retorna o carrinho do elevador para baixo
239 abre(140, 105, 5); //chama a função para ativar o servomotor do
elevador e aguardar a esfera
240 } //end else
241 } //end inicio
242
243 void erro()
244 {
245 while (1) {}
246 } //end erro

```

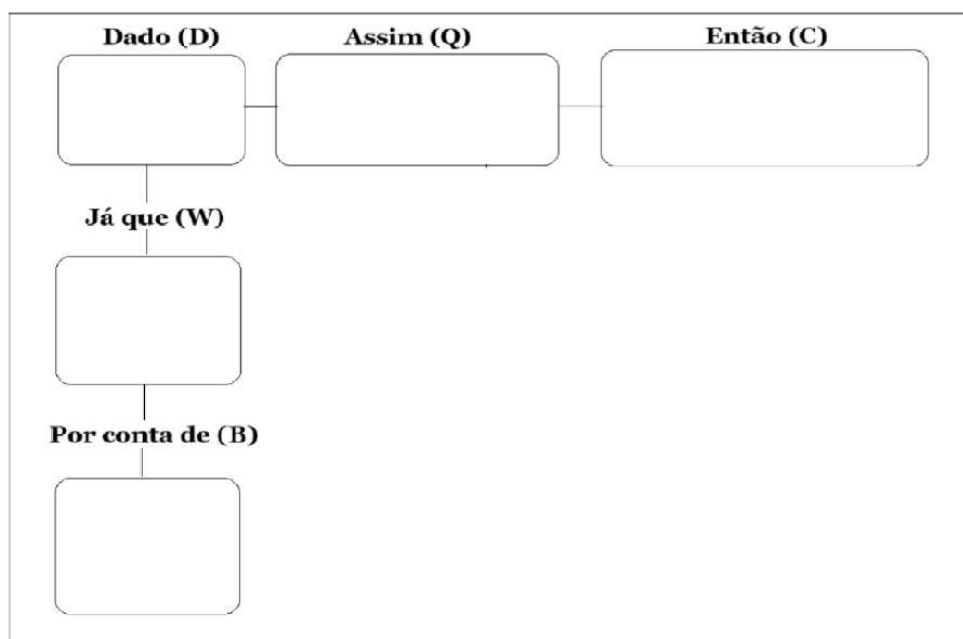
CAPÍTULO 3 - SUGESTÃO DE CONDUÇÃO DE INTERATIVIDADE

A seguir, apresenta-se um material de apoio destinado a professores que têm o interesse em realizar uma visita com seus alunos das séries finais do ensino fundamental I no MCT de Londrina.

Este material consiste em uma adaptação inspirada no TAP (Padrão de Argumento de Toulmin) desenvolvido por Colombo Jr. et al. (2012, p. 493). Essa adaptação resulta em um instrumento que facilita a leitura e a mediação do desempenho argumentativo dos alunos por meio da interatividade com o equipamento "O Problema da Cestinha".

O Quadro 6 abaixo é um modelo TAP em branco que pode ser empregado como uma atividade avaliativa, por exemplo, em uma aula subsequente à visita. Nele, o educador poderá discutir com seus alunos os dados observados durante a interação com o equipamento, seja em grupos, individualmente ou de maneira coletiva, conforme suas preferências.

Quadro 6 – Quadro TAP em branco.



Fonte: autora.

3.1 ENTENDENDO COMO FUNCIONA O QUADRO TAP NO CONTEXTO DA INTERAÇÃO COM O EQUIPAMENTO “O PROBLEMA DA CESTINHA”

Conforme Toulmin (apud COLOMBO Jr. et al., 2012), fundamentar nossas alegações requer a apresentação de fatos (dados D) que sustentem nossa afirmação, estabelecendo assim

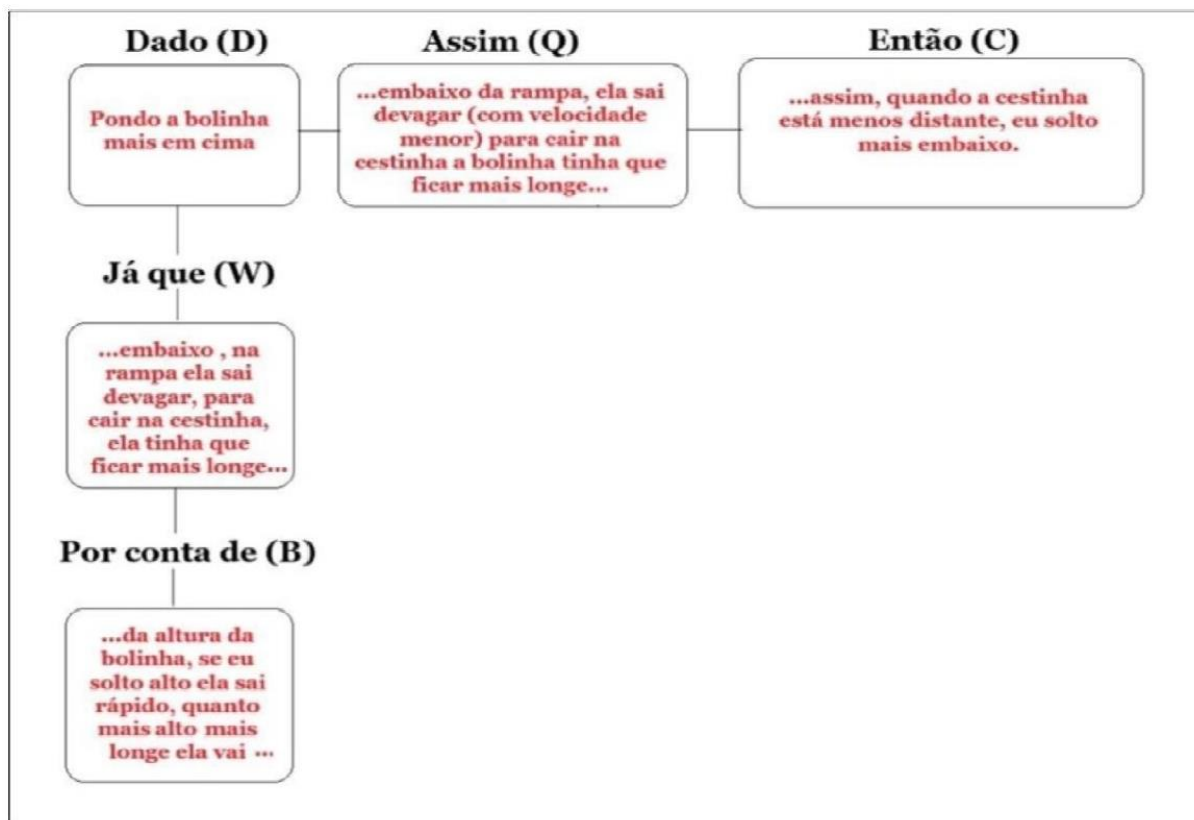
uma base sólida para a conclusão (C) cujos méritos buscamos evidenciar. Destaca que o processo lógico (se D então C) pode ser enriquecido em prol da imparcialidade pela introdução de um novo elemento, denominado por Toulmin como garantias – proposições (W).

Toulmin sugere que, talvez, seja necessário acrescentar uma referência explícita ao grau de força que os dados conferem à alegação, considerando a garantia. Nesse sentido, destaca a necessidade de inserir um qualificador modal (Q).

Em suas assertivas, Toulmin ressalta que por trás das garantias, normalmente, "haverá outros respaldos, sem os quais nem as próprias garantias teriam autoridade ou vigência". Estes respaldos são chamados por ele de apoio (B) – um campo variável (COLOMBO Jr. et al., 2012, p. 493).

O Quadro 7 ilustra um quadro de TAP preenchido com possíveis falas durante uma discussão sobre a interatividade e que o auxiliará no encaixe das premissas desenvolvidas por Toulmin. Nessa versão, bem como na versão em branco, foi retirado o campo R da refutação pensando na praticabilidade da atividade junto aos alunos do ensino fundamental I.

Quadro 7 – Modelo padrão de argumento de Toulmin (COLOMBO Jr. et al., 2012, p. 493) preenchido com possíveis falas das crianças adaptado pela autora, retirando o campo R.



Fonte: autora.

As sugestões para acompanhamento e mediação concentram-se nas duas etapas discutidas a seguir.

3.2 COMO SITUAR O PROBLEMA EXPERIMENTAL PARA OS ALUNOS VISITANTES

Inicialmente, caro professor, é recomendável que você estabeleça pequenos grupos de aproximadamente três alunos cada, permitindo a interação com o equipamento. Nesse contexto, explique o funcionamento do equipamento, elucidando os objetivos propostos pela atividade.

O foco está na busca pela compreensão do fenômeno que envolve as variáveis 'altura de lançamento' e 'distância do alvo', ambas controláveis de maneira automática e mecânica, respectivamente. As orientações iniciais, típicas da mediação com os alunos, podem seguir um padrão semelhante para cada grupo, e exemplificadas pelas seguintes falas em itálico:

A ideia aqui é a de vocês experimentarem atirar a esfera no alvo, que é essa cestinha (indica o professor 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 professor 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?

Com cautela para não fornecer respostas diretas, é sua responsabilidade, auxiliar e instigar as crianças durante a interação com o equipamento, encorajando a manipulação individual e, por conseguinte, fomentando a aprendizagem por meio da experiência prática.

Devido à sua meticulosa preparação direcionada aos ambientes de educação não formal, o mencionado equipamento se configura como um brinquedo automatizado com capacidade para suscitar a curiosidade. As narrativas que delineiam o desdobramento dessa interatividade serão apresentadas na próxima seção.

Entretanto, é imperativo antecipar que a dinâmica desejada na interação, conforme previamente sugerido, desempenha um papel fundamental na construção do entendimento do conceito central, a transformação de energia. Este processo se desencadeia após sucessivas tentativas por parte dos alunos, seguidas por enriquecedoras discussões.

3.3 AGINDO NO EQUIPAMENTO POR MEIO DOS COMANDOS DE REGULAGENS E DE ACIONAMENTO

Nessa perspectiva, objetiva-se que a atividade prática proporcione um espaço reflexivo de caráter investigativo, no qual os próprios alunos conduzam, de forma análoga a um processo de levantamento de hipóteses e experimentação, as ações e efeitos decorrentes. Durante essas tentativas, é interessante que o professor acompanhe os alunos experimentadores no intuito de realizar uma mediação do problema, com o estabelecimento de dicas, sem impor a resolução do mesmo.

Isso é válido mesmo quando as crianças cometem equívocos, uma vez que esses erros representam oportunidades valiosas para a problematização de conceitos e o desenvolvimento do conhecimento. Em uma primeira interação com o equipamento, é natural que as crianças não adotem raciocínios com ideias predefinidas. Alguns aprendizados emergem de forma intuitiva durante a manipulação do equipamento, moldados por momentos de percepção do tipo "ao realizar esta ação, ocorre este resultado".

De acordo com Colombo Jr. et al. (2012), é preciso se ater com a provável barreira na qual uma criança obtém acerto no alvo e deixa de modificar variáveis (altura e distância) para novas tentativas de acerto, situação que afortunadamente viu-se ocorrer com um aluno da amostra da dissertação durante visita no museu. Como solução, é possível sugerir a alteração da posição da cestinha ou da altura da bolinha, incentivando novas tentativas por parte da criança.

Dessa forma, ela se envolverá na identificação da manipulação das variáveis, como

altura de lançamento e distância da cestinha, resultando em acertos com diferentes combinações de variáveis (altura de lançamento e alcance da esfera).

Diante desse contexto, algumas questões que o professor pode utilizar para mediar a interação são as seguintes: "*Vamos tentar de outra altura?*"; "*E se você colocar a cestinha mais próxima?*"; "*E se você colocar a cestinha mais distante?*"

No entanto, cabe ressaltar que essa situação de acerto imediato no alvo vê-se incomum, e é normal carecer de várias tentativas para tal ocorrência de acerto, ao passo o equipamento é atrativo à atuação razoável dos alunos para distintas tentativas de acertos, inclusive ao desfecho relevante para a mediação do professor.

Ao concluir a interação, é recomendável, caro professor, que você introduza a seguinte explicação sobre o 'Conhecimento Físico' observado:

A distância alcançada pela bolinha depende da velocidade com que ela sai do trilho; quanto mais rápido sair, mais longe irá. Já a velocidade depende da altura em que a bolinha é solta; quanto mais alto for solta, mais velocidade terá ao sair do trilho. Isso ocorre porque, quando a bolinha está a certa altura, essa configuração corresponde a uma quantidade de energia chamada potencial. À medida que a bolinha vai descendo, essa energia vai se transformando em energia cinética. Então, se a energia potencial for grande no início (altura grande), a energia cinética será grande no final do trilho (velocidade grande). (CARVALHO et al., 1998, p. 163).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreendemos que instruir Física para crianças pequenas representa um desafio considerável. Parabenizamos o professor que aceitou a responsabilidade de contribuir para essa tarefa! Expressamos a esperança de que este material proporcione um ambiente de ensino e aprendizagem enriquecedor para seus alunos, auxiliando-o nessa jornada de grande importância e contribuindo para que o ambiente de educação não formal possa ser utilizado como ferramenta em seu planejamento. Estamos comprometidos a caminhar juntos, professor, em prol do desenvolvimento educacional.

PARA SABER MAIS!

O MCTL fica localizado na Universidade Estadual de Londrina. Para agendar uma visita entre em contato com o telefone: (43) 3371-4805. Mais informações acesse <https://sites.uel.br/mct/>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. M. Desafios da relação museu-escola. **Comunicação & Educação**, São Paulo. V. 10, p. 50-56, set/dez, 1997. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/36322/39042> . Último acesso: 11 de janeiro de 2024.

BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CARVALHO, A.M.P.; VANNUCCHI, A.I.; BARROS, M.A.; GONÇALVES, M.E.R.; REY, R.C. **Pensamento e Ação no Magistério - Ciências no Ensino Fundamental: O conhecimento físico**. 1ª edição. São Paulo: Editora Scipione Ltda, 1998.

COLOMBO Jr., P.D.; LOURENÇO, A.B.; SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Ensino de Física nos anos iniciais: análise da argumentação na resolução de uma “atividade de conhecimento físico”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 489-507, 2012.

JAVED, Adeel. **Criando Projetos com Arduino Para Internet das Coisas**. 1 ed. São Paulo: Novatec, 2017.

PARANÁ. **Secretaria de Estado da Educação. Referencial curricular do Paraná**. Disponível em: <http://www.referencialcurricularoparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=43#> Acesso em: 25 out. 2023.

SILVA, O. H. M. 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.

SOARES, O. J. Reflexões sobre a relação museu-escola: na direção de um museu permeável. **Revista Educação Online**, n. 18, p. 27-44, jan-mai, 2015. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/25042/Artigo%2019.pdf?sequence=2> Último acesso: 11 de janeiro de 2024.

APÊNDICES COMPLEMENTARES

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO*

Projeto: Desempenho de alunos do ensino fundamental I mediante um equipamento automatizado abrangendo o “Problema da cestinha” num ambiente de educação não formal

Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Londrina

Prezado(a) responsável pelo (a) _____, aluno (a) da escola _____.

Gostaríamos de convidar seu filho para participar da pesquisa: Desempenho de alunos do ensino fundamental I mediante um equipamento automatizado abrangendo o “Problema da cestinha” num ambiente de educação não formal. Trata-se de uma pesquisa qualitativa em educação, cujo objetivo geral é identificar a interação dos alunos com o equipamento que trata de um conceito físico a fim de obter resultados que validem seu uso para atribuição de conhecimentos físicos pelas crianças entre 8 e 10 anos. A participação de seu filho é muito importante e ela se daria da seguinte forma: entrevistas, fotos e vídeos gravados em um ambiente não formal de ensino (no caso o museu de ciência e tecnologia da Universidade Estadual de Londrina). Esclarecemos que a participação é totalmente voluntária e o participante pode recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isso acarrete qualquer ônus ou prejuízo a ele. Esclarecemos também que as informações serão utilizadas somente para fins de pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar sua identidade. As fotos eventualmente utilizadas, terão rostos rasurados e as falas serão tratadas por nomes fictícios ou numerações. Esclarecemos ainda que o participante não pagará e nem será remunerado (a) pela sua participação nessa pesquisa. Os benefícios esperados são: contribuir para seu desenvolvimento como estudante e, como benefício social, mencionamos a melhoria do ensino aprendizagem em ciências nos diversos níveis do ensino fundamental. Quanto aos riscos na pesquisa, em geral são inexistentes, mas considerando que se acaso o participante se sentir constrangido, será amparado pelo pesquisador do projeto. Esclarecemos também que, caso não se sinta à vontade de responder às perguntas ou dar depoimentos, pode se recusar a fazê-lo.

Caso tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá contatar, ou procurar o comitê de ética em pesquisa envolvendo seres humanos da universidade estadual de londrina, situado ao LABESC-Laboratório Escola, no Campus Universitário por meio do telefone: (43)33715455, e -mail cep@uel.br.

Londrina, ____ de _____ de 20 ____

Pesquisador Responsavel: katia da Silva Oliveira dos Santos

RG: 425968479 SSP/SP

tel: (43)98408-0707

e-mail: katia.oliveira.santos2@uel.br

_____ (nome por extenso do responsável), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo e autorizo meu filho (a) a participar voluntariamente da pesquisa descrita acima.

Assinatura do responsável: _____

Data: _____

*Termo de Consentimento Livre Esclarecido apresentado, atendendo, conforme normas da Resolução 466/2012 de 12 de dezembro de 2012.

APÊNDICE C - DADOS BRUTOS

Grupo 1 (G1) – 3 alunos

Monitor: *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?

Qual altura da rampa se lança a bolinha para acertar a cestinha na distância escolhida?

G1A1: *Pode mexer?*

Monitor: *Pode, tenta aí!*

G1A1: *Aqui vai...*

Monitor: *Vai lá, aperta!*

G1A3: *Eu vou errar!*

Monitor: *Nossa, acertou de primeira!*

A1 olha para o monitor com uma expressão de surpresa (enquanto outros alunos apresentam um sorriso);

G1A1: *Solte aqui, no (lugar) mais alto...*, (A1 falando para A2)

O A2 posiciona a bolinha e solta na mesma posição que o A1 e acerta.

É a vez do A3.

G1A3: *Eu vou errar... nossa de primeira?*

G1A3: *Acertou, caiu certinho (na cestinha)!*

Monitor: *Mas vamos tentar outra altura. Não vai fazer igual a ele, na mesma altura e mantendo*

a mesma distância!

O A3 modifica a altura.

G1A3: *Caiu atrás da cestinha;*

Monitor: *Você colocou mais em cima pra acertar a cestinha.... O que você acha? 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?*

G1A1: *Aqui (na posição) mais baixo, (a bolinha) ia mais devagar até cair na cestinha aqui.*

Monitor: *E nesse caso que disse, a cestinha está mais próxima ou está mais longe?*

G1A2: *Quanto mais colocar ela pra cá (indicando altura maior na rampa), a bolinha consegue chegar mais aqui (distância maior).*

Monitor: *O que você achou do experimento aqui?*

G1A2: *Olha... eu achei que ele é meio complicado, mas dá para saber que quanto mais perto do alto (na rampa), mais longe vai ser (a posição da cestinha), porque vai mais rápido (maior velocidade da bolinha).*

G1A1: *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). Por causa da altura da rampa, se eu solto mais alto, ela sai mais rápida (maior velocidade) (A1);*

G1A3: *Quanto mais colocar ela (a bolinha) para cá (indicando o ponto alto da rampa) a bolinha consegue chegar mais aqui (distância maior da cestinha).*

Monitor: *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.*

G1A2: *Entendi!*

Monitor: *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.*

Grupo 2 (G2) – 3 alunos

Monitor: *Óh, esse equipamento funciona assim, a gente tem aqui uma cestinha aqui, a gente pode movimentar ela mais para frente quando a gente quiser. Aqui a gente tem uma alavanca que vai fazer com que aquela bolinha, ó, muda de posição, tá vendo a bolinha? Então eu posso*

colocar a bolinha mais por cima, A bolinha mais para baixo, e aí, quando eu apertar o botão, a bolinha vai descer a rampa, e você tem que acertar cestinha, entendeu?

G2 A1: Sim!

Monitor: vamos lá! Quem quer começar?

O aluno lança a bolinha e não atinge ao cestinha.

Monitor: E aí o que será que deu errado? Será que tem que mudar alguma coisa aí? Tenta de novo!

G2A2: Eu entendi, você pode mudar aí. Ah, tem que apertar aqui e esperar a bolinha?

Monitor: Você pode escolher a, posição da cestinha lá, né? Pra lá, pra cá... você tem que imaginar mais ou menos aonde você tem que colocar pro acerto se é mais longe, mais perto. A esferinha mais pra cima, mais pra baixo.

G2 A1: Vou colocar ela mais pra cima.

Monitor: Vai apertar assim? Aperta aí então!

G2A1:Quase!!!!

Monitor: E então, o que a gente poderia ter mudar? Olha, tá assim. E aí que a gente muda? então A1, imagina aqui?

Monitor: Deixa, deixa ele apertar só mais uma vez?

G2A3: Acho que eu tenho uma estratégia.

Monitor: Qual a estratégia? Como? Fala!

G2A3: Você acha que tem que mudar o que, pode falar sua ideia?

G2A3: Melhor coisa que você faz é colocar para longe...

Monitor: Voltar tudo? Cê voltou mais para cá é isso? É isso que você trouxe mais para cá. Vamos fazer agora? E lá você vai mexer ou não precisa manter lá?

G2A1: Vou manter!

Monitor: Então vai lá!

G2A1: Acertei!

Monitor: Aí acertou !!! Mas agora você puxa para libertar você tem que puxar aí óh, para soltar, puxa, não puxa, para trás.

G1A1:O que te fez pensar que era só mudar ali?

G2A1: Eu vi que a bolinha ela tava...até aquela penúltima vez eu tinha colocado ela aqui, antes que ela fosse colocada aqui, eu não sei o nome dela... aí ela foi muito mais rápida ... para conseguir ficar aqui, porque quando tá ali, a velocidade vai mais, vai bem mais fraquinha.

Monitor: Hum...quando tá no meio, então a velocidade é mais fraquinha?

G2A1: É, Bem menor do que a da do teto do que a da primeira.

Monitor: *Então... e quando fica mais alta? Então?*

G2A1: *Ela pega muito mais velocidade.*

Monitor: *Mas será que se eu mudar aqui, ó, isso fica fácil para a gente? já sabe que aí, né vai dar ...e se eu trazer aqui, óh? Onde a gente vai ter que mudar lá para acertar aqui? Óh, no meio, onde a gente tem que colocar?*

O A2 aperta o botão.

Monitor: *Quase, Hein! Ó lá, tenta de novo, só que agora você A2! Você mexeu ali?*

G2A2: *Ahã!*

Monitor: *Então você tem que imaginar mais, porque você tem que imaginar onde você parou certinho lá, porque se você também mudar lá...G2A3: Se a gente vai deixar naquele lugar, talvez até tenta então ela está batendo aqui na hora que eu falei isso e ela pode, talvez ela possa bater ali e poupar e fazer...*

Monitor: *E o que? Faz? E aí você vai colocar mais pra cima ou mais pra baixo? Quase!!!... Bateu Na Na, não, não, na, na bordinha dela, entendi que você fez agora pra pra pra.*

G2A2: *Eu mexi!*

Monitor: *Mas pra onde?*

G2A2: *Pra cima, mas ela, ela desceu. Ela, quando ela vai pra baixo, ela desce mais devagar.*

Monitor: *Ah, entendi! E que você faz daí para, para, para acertar a cestinha ali para poder....G2A2: Eu coloquei mais para frente...*

Monitor: *Mais próximo aqui? É.*

G2A2: *É coloquei aqui!*

Monitor: *Ah, mais para trás, quer dizer.*

G2A2: *É mais!*

Monitor: *É, é, entendi! Quanto mais devagar?*

G2A2: *Não sei, mas tem que esperar.* Monitor: *Termina o seu raciocínioquanto mais devagar ela desce...vc ia falar*

G2A2: *Que é mais devagar, ela desce, é.*

Monitor: *Pra acertar a cestinha, como é que você, que você faz aí? Qual a posição do acerto? Mais distante? Mais ou Menos?*

G2A2: *Mais ou menos distante.* Monitor: *Quase, Hein? Agora pegou no cantinho de trás. Deixa o A3 tentar! Espera a bolinha subir!*

G2A3: *Tem que esperar descer, né?*

Monitor: *É aí agora, sim.*

O A3 lança a bolinha.

Monitor: *Quase, hein? Como é que foi...e aí que você achou? Por que não caiu?*

G2A3: *Ah, tinha que ser, tinha que ser mais perto.*

Monitor: *Aonde tinha que ser mais...?*

G2A3: *Um pouquinho mais longe! (a cestinha)*

Monitor: *Ah, tá! Que você achou do experimento?*

G2A3: *Muito legal!*

G2A2: *Esse é o que mais gostei!*

O G2A3 errou novamente.

Monitor: *E agora que você acha que deu errado? Porque você errou?*

G2A3: *Porque eu coloquei no lugar errado a bolinha.*

Monitor: *Tinha que ter colocado onde a bolinha? Mais pra baixo ou mais pra cima?*

G2A3: *Mais pra cima.*

Monitor: *Ah tá... porque na realidade a cestinha estava muito próxima ... o que você acha?*

Quanto mais alto a bolinha a cestinha ter que estar mais próximo ou mais longe?

G2A3: *Mais longe!*

Monitor: *Certo! O que acontece com a velocidade da bola?*

G2A3: *Quanto mais alta, mais rápida ela sai...*

Monitor: *Quanto mais alta, mais rápida a bola sai?*

G2A3: *Ahã.*

Monitor: *Cê tem quantos anos?*

G2A3: *10.*

Monitor: *Quase rapaz! De novo hein! Cê tá indo bem...é que a situação não é assim imediata também não, as vezes é tem testar algumas vezes né?...Mas aí olhando a posição que os meninos lá colocaram....qual que você acha que deu mais certo? Ah...muito bem!!! está prestando atenção! É isso aí!*

G2A3: *Essa aqui! (o aluno distancia a cestinha e desce mais a bolinha).*

Monitor: *Agora você deve acertar ela pela mesma altura, mesma posição que você ajustou...se você também modificar aqui você erra lá....Ó quanto mais alta a bolinha mais distante ela vai....você acha que essa posição vai dar certo?*

O aluno 3 distancia um pouco mais a cesta e acerta.

Monitor: *E aí o que você achou?*

G2A3: *Legal!*

Grupo 3 (G2) – 3 alunos

Monitor: *Pode chegar mais perto. Esse é o equipamento que estava descrito naquela folhinha que vocês levaram para mãe assinar....então funciona assim...aqui a gente tem essa alavanca que vai mudar a posição da bolinha tá vendo? a bolinha lá...eu posso colocar a bolinha mais pra cima, no meio, eu escolho a posição da bolinha o objetivo é acertar a bolinha na cestinha tá vendo a cestinha aqui e eu posso mudar a posição da cestinha...o desafio é você modificar a altura da bolinha e a posição da cestinha de modo que você acerte aqui dentro, a bolinha....o botão é pra soltar a bolinha. Ai você puxa pra cá e a bolinha cai e sozinha ela volta pra rampa. Vai você primeiro! Qual posição você vai colocar a bolinha?*

G3A1: *Aqui!*

G3A2: *Será que vai de primeira?*

Monitor: *Foi perto hein! E aí o que você acha que deu errado? Porque você não acertou?*

G3A1: *Acho que a cestinha estava muito perto...*

Monitor: *Tinha que ficar mais longe? Vamos ver se é isso? Mas pra ficar mais longe você também vai ter que manter a mesma altura da bolinha né? Ou não? Onde você vai colocar a bolinha?*

G3A1: *Vou deixar na mesma altura, vou mexer só a cestinha....*

Monitor: *Foi aí que você colocou na última vez?*

G3A1: *Tem que para de fazer barulho?*

Monitor: *Sim tem que esperar subir! Tem que apertar forte.*

O aluno solta a bolinha e não acerta o alvo.

Monitor: *O que você errou agora? Qual foi o problema agora?*

G3A1: *Tenho que deixar um pouco mais próximo... cestinha.* Monitor: *Tinha que deixar mais próximo, é? E a esferinha tem que estar onde? No mesmo local? Certo! Quase! Lá no meio você está deixando?*

G3A1: *Sim no mesmo!*

G3A2: *Acho que agora ele acerta!*

G3A1: *Ah molequeeee!*

G3A3: *Acertou!*

Monitor: *E daí? Como você acertou isso aí? Porque você acha que você acertou?*

G3A1: *Eu acho que porque eu consegui ver a velocidade daí...e eu vi onde a bolinha caiu daí e tentei botar certinho onde ela caiu.*

Monitor: *Ah sim... Então dependendo da velocidade você mudou aqui é isso? (o aluno acena com a cabeça positivamente)...Agora você vai ter que escolher outra posição..... se ele colocar mais alto que você acha A2?*

G3A2: *Dai eu acho que ela vai mais longe!*

G3A3: *Vai mais longe!*

Monitor: *Ah sim...se for, se colocar mais alto, você acha que vai mais longe e tem que colocar a cestinha mais afastada?*

G3A2: *Sim! Mas eu to pensando que vou colocar baixinho depois aqui que ai ela só vai e click...*

O G3A2 lança a bola.

Monitor: *Olha de primeira!!!Tenta a outra posição que você falou de perto...qual a mudança que você tem que fazer pra acertar perto dai? Que você acha? Responde ai?*

G3A2: *Tenho que colocar mais perto (a cestinha).*

Monitor: *E a bolinha solta onde?*

G3A2: *A bolinha eu vou soltar mais ou menos bem pertinho aqui (mais baixo) porque ai potência vai diminuir...*

Monitor: *A velocidade vai ser maior ou menos dai?*

G3A2: *Vai ser menor.*

Monitor: *Ah tá! Vamos ver se você acerta ai na outra posição agora...que a ideia também não é só acertar uma vez e para não, tentar numa outra posição pra ver se acerta também.*

O aluno erra o terceiro lançamento.

G3A2: *Eu estava calculando....*

G3A3: *Eu acho que está muito perto!*

G3A1: *Eu acho que não vai!*

Monitor: *E ai porque errou?*

G3A3: *Porque estava muito perto.*

Monitor: *A cestinha?*

G3A2: *Eu acho que devia ficar mais ou menos aqui.*

Monitor: *O que a cestinha?*

G3A2: *Sim a cestinha... eu tinha que afastar a cestinha.*

G3A2: *Deixa eu tentar de novo?*

Monitor: *Gostou do brinquedo, né? O que você achou?*

G3A2: *Eu queria ter um desses em casa! Ia ficar o dia inteiro só mexendo!*

Monitor: *E agora? Aqui você mudou ou já tava? Tava assim?*

G3A2: *Não eu mudei!*

G3A3: *Acho que aí vai!*

Monitor: *Você mudou só aqui ou aqui também?*

G3A2: *Eu dei uma mudada! Vou colocar no meio agora! Agora dá!*

O aluno acerta.

G3A2: *Ah moleque!!!*

Monitor: *Explica aqui pra mim aqui, o que cê teve que mudar tanto pra poder pra acertar aí? Que você entendeu do experimento?*

G3A2: *Eu calculei tipo a velocidade com a cesta porque tipo tava assim aí tipo, numa descida ela vai pegar uma velocidade e vai voar no ar e vai cair na cesta só que daí eu calculei mais ou menos na onde ele vai cair.*

Monitor: *Certo! Aí você teve que colocar mais perto ou mais afastada a cestinha?*

G3A2: *Eu coloquei um pouco mais afastada (a cesta) porque eu deixei um pouco mais alto (a esfera).*

Monitor: *O que acontece com a velocidade quando você deixa mais alto?*

G3A2: *Ela vai mais forte.*

Monitor: *Ah, vai mais rápido?*

G3A2: *Ahã!*

Monitor: *Sim! Na verdade assim, a gente diz o seguinte: Que, quanto mais alto mais energia potencial tem... na física, lá na frente cês vão aprender isso...quanto mais alto, mais energia potencial e aí ele vai ter o que...como você falou, mais velocidade e então vai ter maior energia cinética e maior alcance proporcional, o maior alcance. Agora é a vez dele (a3)!Vamos colocar numa posição diferente?*

G3A2: *Eu acertei duas vezes! Vai ...não vai não pode imitar eu não hein?!*

Monitor: *Agora ele vai escolher outra posição!*

G3A2: *Ah mais eu já fui nessa posição!*

Monitor: *O que você está imaginando porque você colocou nessa posição? O que você está pensando?*

O G3A2 lança a bolinha e erra.

Monitor: *O que aconteceu? Onde você colocou?*

G3A3: *Eu coloquei no mesmo lugar mais ela saiu, sei lá.*

G3A1: *Acho que você tinha que pôr um pouco mais longe (a cestinha).*

G3A2: *Ela ficou aqui! Você tinha que colocar aqui mais ou menos...agora você deixa no mesmo lugar só coloca a cesta mais longe.*

Monitor: *Fala aí...E aí o que você mudou? Deixa eu ver...ah tá ...colocou um pouquinho mais longe. Por que você colocou mais longe?*

G3A3: *Porque a pressão sai mais forte.*

Monitor: *Ah entendi porque ali você acha mais forte?*

G3A2: *Testa, testa!*

G3A3: *não sei mas eu to achando que vai pegar só na pontinha!*

G3A2: *Eu também, eu também!*

G3A3: *Porque sei lá acho que daqui ela vai mais longe...* Monitor: *Vai lá A3 tenta aí!*

G3A3: *Êeeee!*

G3A2: *Êeeee!*

Monitor: *Aê!!! Boa!!!*

Grupo 4 (G2) – 3 alunos

Monitor: *Ó este aqui é o equipamento funciona da seguinte maneira: ali a gente tem uma bolinha lá na rampinha e aqui a gente calcula se agente quer a bolinha mais pra cima ou mais pra baixo e aqui a gente calcula onde a gente quer a cestinha e aperta esse botão. O desafio é acertar a bolinha dentro da cestinha. Vai lá? Quer começar primeiro?*

G4A1 *lança a bolinha e erra.*

Monitor: *Não deu certo! Vamos tentar de novo? O que você acha que você errou o que tem que mudar pra dar certo? O que tem que mudar?*

G4A1: *A cestinha!*

Monitor: *Mais perto ou mais afastada?*

G4A1: *Mais afastada!*

Monitor: *Esse tanto você acha que está bom?*

A1 *acena positivamente.*

Monitor: *E a bolinha você vai mudar a bolinha ou vai ficar no mesmo lugar?*

G4A1: *Vai ficar no mesmo lugar!*

Monitor: *Tem que esperar para o barulho que ele já liberar...que tá descendo o elevadorzinho...Se você deixar a bolinha assim desse jeito que tá, você acha que dá certo? Você acha que sim ou que não? Você acha que também dá? Ou é melhor permanecer a bolinha da onde estava.*

A aluna afasta a cestinha, lança a bolinha mas erra.

Monitor: *Quase hein!? Agora eu acho que ela acerta!*

G4A1: *Eu acho que eu tinha que colocar um pouquinho mais pra cá! (a aluna afasta a cestinha mais um pouco).*

Monitor: *E aí o que você acham A1 e A2? Espera aí como é que é...o que vocês estão pensando?*

G4A2: *Tem vez que a bolinha vai longe e tem vez que ela vai perto!*

Monitor: *Porque ela cai mais longe? É quando ela está mais alta ou mais baixa?*

G4A2: *Quando está mais alta!*

Monitor: *Então tem que acertar isso aí?*

G4A2: *É física!!!*

A1 acerta e todos comemoram.

Monitor: *Agora aperta aí pra liberar a bolinha...aí agora você manipula aí pra acertar...outra posição...outra altura...e agora que posição que você coloca? Aqui...se eu colocar a cestinha bem perto? Onde você acha que tem que colocar a bolinha? Mais pra cima ou mais pra baixo? O que você acha?*

G4A2: *Pra baixo eu acho!*

Monitor: *Porque mais pra baixo?*

G4A2: *Porque vai pegar menos embalo e vai cair...*

Monitor: *Vai ter menos velocidade?*

A gente fala o seguinte em física que quanto mais alta ela vai ter mais energia potencial e maior energia cinética que é relacionada a velocidade e vai ter maior alcance o inverso também vale, quanto menor a energia potencial menor a energia cinética.

Monitor: *Vamos ver se acerta aí? tá certa a posição da cestinha aí? O que você acha? E se eu colocar a bolinha aqui? (o instrutor coloca a bolinha mais alta).*

O G4A2 posiciona a cestinha na proporção exata para o acerto. A bola entra na cestinha e pula para fora. Monitor: *Ele entendeu!*

O G4A3 lança a bola e erra!

Monitor: *Quase! E aí, o que você tá achando agora aí? O que você tá raciocinando agora pra tentar acertar? O que você tá pensando aí? Mais pra cima, mais pra baixo?*

O G4A3 não quis falar.

O G4A3 lança a bolinha e erra.

Monitor: *Quase! Porque você acha que errou aí? Está muito perto?*

Monitor: *Você acha que posicionou certo? Mas aí agora você colocou a cestinha mais perto...e a bolinha onde você vai colocar ela?*

G4A3: *mais longe!*

O G4A3 lança a bolinha e chega perto da cestinha mas não entra nela.

Monitor: *Aê! Agora tem que fazer um ajuste! Deu certo? Agora você acerta! Onde você vai deixar a bolinha? Mais em cima ou mais em baixo?*

G4A3: *Meio termo.*

Monitor: *E daí o que você pode falar aí?*

O G4A3 tenta novamente e erra.

Monitor: *G4A3 dá uma ajuda pra ele aí! Agora ele vai acertar! Onde você acha que vai a bolinha?*

G4A3: *Eu acho que a cesta tinha que ficar mais pra lá.*

Monitor: *Mais afastada? Porque a bolinha estava muito alta ou muito baixa?*

G4A3: *Estava muito alta.*

Monitor: *E se tivesse no limite máximo a cesta, onde tinha que ficar a bola?*

O G4A3 aponta para o início da rampa.

O G4A3 lança a bolinha novamente, a bolinha passa a frente da cestinha e ele erra.

Monitor: *Porque você acha que errou? A bolinha tinha que ficar mais pra cima ou mais pra baixo?*

G4A3: *Mais pra cima.*

Monitor: *Você entendeu agora A3, né? Agora você acerta!!! Mas se você abaixa muito a cestinha vai ficar aonde?*

O G4A3 não responde mas mostra movimentando a cestinha mais próxima da rampa.

Monitor: *Aê! Maior campeão esse cara! Aí senti firmeza hein?!*