

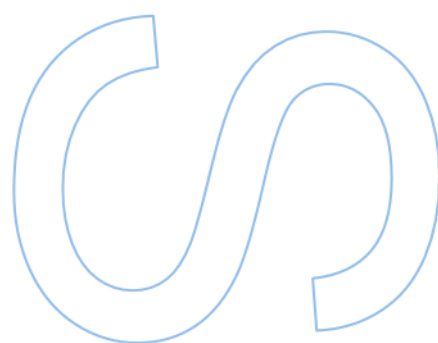
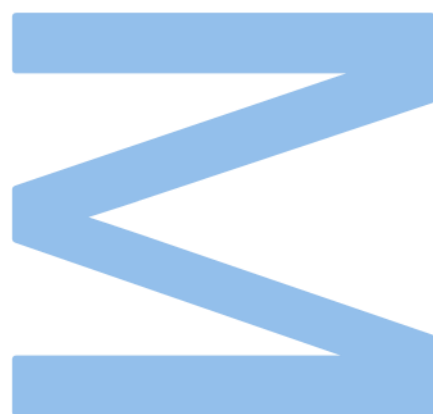
Recursos audiovisuais em Simulações Computacionais como alternativa à Universalização do Ensino Interativo em Física para Pessoas com Necessidades de Saúde Especiais

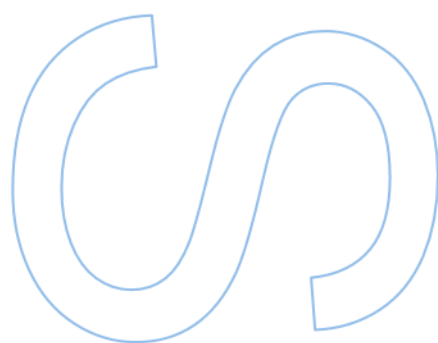
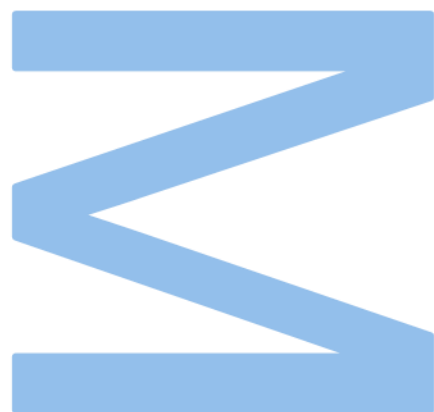
Léo Rodrigues Macena dos Santos

Mestrado em Ensino e Divulgação das Ciências
Unidade de Ensino das Ciências
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2022

Orientador

Paulo Simeão de Oliveira Ferreira de Carvalho, Professor Auxiliar,
Departamento de Física e Astronomia
Unidade de Ensino das Ciências
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto





Dedico este trabalho à minha mãe, o pilar mais primordial da minha formação

Declaração de Honra

Eu, Léo Rodrigues Macena dos Santos, inscrito no Mestrado em Ensino e Divulgação das Ciências da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto declaro, nos termos do disposto na alínea a) do artigo 14.º do Código Ético de Conduta Académica da U.Porto, que o conteúdo da presente dissertação reflete as perspetivas, o trabalho de investigação e as minhas interpretações no momento da sua entrega.

Ao entregar esta dissertação declaro, ainda, que a mesma é resultado do meu próprio trabalho de investigação e contém contributos que não foram utilizados previamente noutros trabalhos apresentados a esta ou outra instituição.

Mais declaro que todas as referências a outros autores respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, encontrando-se devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção de referências bibliográficas. Não são divulgados na presente dissertação quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor.

Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

Léo Rodrigues Macena dos Santos

Porto, 15 de novembro de 2022.

Agradecimentos

A Deus, por ser o meu fiel companheiro durante toda a minha jornada. À Nossa Senhora de Aparecida por ter sido a minha base nos momentos mais difíceis.

À minha mãe, que sempre me apoiou nas minhas escolhas e que me incentivou a obter este grau, suportando a minha ausência e por vezes a minha falta de paciência nos últimos 3 anos.

Ao meu orientador, Paulo Simeão, por toda a parceria, orientação, amizade e principalmente paciência em todos os aspectos.

Aos professores do Mestrado em Ensino e Divulgação das Ciências, em especial a Carla Morais e Clara Vasconcelos pelo incentivo a trabalhar na temática desta dissertação. Também agradeço aos professores João Paiva e Eduardo de Sousa com quem tive aulas de “Contextos de E-Learning” e “Software Educativo” juntamente com a professora Carla Morais, aulas essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do Grupo de Investigação em Ensino e Divulgação da Física, pela troca de experiências e ideias, que me fizeram enxergar além do que pudera.

Aos professores Rafael Dutra do IFRJ – Paracambi, as professoras Paula Figueiredo e Professora Helena Rosário da Escola Secundária da Maia, e aos alunos que responderam aos questionários, parte essencial deste trabalho.

Ao grupo de amigos que conheci no Porto, pelos bons momentos e pela parceria em manter a saúde mental durante a pandemia. Em especial e em ordem alfabética, Ana Arruda, Djenifer Luana, Crysthian Leal, Gracielle Sampaio, Guilherme Carasek, Hellen Silva, Laura Freitas, Rafael Belokurows, Raphael Nunes, Tamires Garcia, Thayane Lucena, Vanessa Carvalho e Victória Silva. Aos amigos do Brasil e que continuaram importantes apesar da distância, Benvindo Oliveira, Francisco Laudares, Janeide Lima, Marcelo Kesseles, Sarah de Olivera, Vanessa Ferreira e Wanessa Afonso.

A mim mesmo, que fui e continuo sendo o meu maior desafio e desejo de superação, sempre em busca de ser melhor do que fui ontem.

Muito obrigado.

Resumo

É cada vez mais frequente o desenvolvimento de recursos educacionais para alunos com dificuldades específicas de aprendizagem. Entretanto, existe um número insuficiente de recursos digitais adaptados para este público com diferentes necessidades. O presente trabalho pretendeu desenvolver simulações de física adaptadas em especial para alunos com dislexia e/ou discalculia, e estudar o efeito que os recursos audiovisuais integrados às simulações podem ter no processo de aprendizagem da física.

Para tal, foram criadas duas simulações autoexecutáveis em Java com a temática de mecânica, em específico “Queda e ascensão dos corpos” e “Pêndulo simples”, em que são usados sons específicos para a substituição sensorial visual-auditiva na animação das simulações, bem como uma assistente virtual para leitura dos textos inseridos nas simulações. Foi também criada uma versão sem estes recursos para efeitos comparativos.

Terminada a construção dos materiais, as simulações foram apresentadas a alunos de diferentes contextos os quais, por inquérito, responderam qualitativamente a questões sobre a simulação e os recursos audiovisuais. Foi feita também uma entrevista com um dos professores das turmas que utilizaram uma das simulações para perceber o valor pedagógico da simulação na experiência dele.

Os resultados revelam a integração de recursos visuais em simulações como um benefício, em especial para os alunos inquiridos com dislexia, reforçando a aprendizagem multissensorial para este público, amplamente defendida na literatura. Os resultados também apontam para uma forma segura de adaptar recursos digitais para alunos com dificuldades de aprendizagem, em especial disléxicos e não só, através da substituição sensorial visual-auditiva. Assim, esta revela-se uma área com potencialidades para exploração de diferentes adaptações que podem ser feitas com estes recursos.

Palavras-chave: recursos audiovisuais, TICs, dislexia, ensino de física, dificuldades de aprendizagem, substituição sensorial, estudante NEE.

Abstract

It is increasingly common to develop educational resources for students with specific learning difficulties. However, there is an insufficient number of digital resources adapted for this public with different needs. The present work aimed to develop physics simulations adapted especially for students with dyslexia and/or dyscalculia, and to study the effect that audiovisual resources integrated into the simulations can have on the physics learning process.

For this purpose, two self-executable simulations were created in Java with the theme of mechanics, specifically "Fall and rise of bodies" and "Simple pendulum", in which specific sounds are used for visual-auditory sensory substitution in the animation of the simulations, as well as a virtual assistant for reading the texts inserted in the simulations. A version without these features was also created for comparative purposes.

After the construction of the materials, the simulations were presented to students from different contexts who, by means of a survey, answered qualitatively to questions about the simulation and the audiovisual resources. An interview was also carried out with one of the teachers of the classes that used one of the simulations to understand the pedagogical value of the simulation in his experience.

The results reveal the integration of visual resources in simulations as a benefit, especially for surveyed students with dyslexia, reinforcing multisensory learning for this audience, widely advocated in the literature. The results also point to a safe way to adapt digital resources for students with learning difficulties, especially dyslexics and not only, through visual-auditory sensory replacement. Thus, this proves to be an area with potential for exploring different adaptations that can be made with these resources.

Keywords: audiovisual resources, ICTs, dyslexia, physics teaching, learning difficulties, sensory substitution, SEN student.

Índice

Lista de Tabelas	vi
Lista de Gráficos.....	vii
Lista de Figuras	viii
Lista de Abreviaturas.....	ix
Introdução.....	1
1. Contextualização.....	2
1.1. Pessoas com necessidades especiais na sociedade portuguesa contemporânea	2
1.2 Contexto educativo e o aluno com NEE	4
1.3 Classificação médica	5
1.3.1 Dislexia.....	6
1.3.2 Discalculia	6
1.4 Tecnologias Informação e Comunicação e seu uso como recurso didático.	7
1.4.1 Computadores.....	8
1.4.2 Smartphones e Tablets.....	9
1.4.3 As TICS no ensino de Física	9
1.4.4 Aplicações em linguagem Java/Javascript.....	11
1.5 Substituição Sensorial	13
2. Problema e objetivos da investigação	13
2.1 Problema da investigação	14
2.2 Objetivos da investigação.....	14
3. Metodologia da investigação.....	15
3.1 Caracterização da investigação	15
3.2 Técnicas e instrumentos de recolha de dados	18
3.2.1 Observação de campo.....	18
3.2.2 Inquérito	19
3.3 Testagem com os alunos	23

4. Construção de recursos digitais.....	25
4.1 Modelo em Cascata.....	25
4.2 Desenvolvimento das simulações	29
4.2.1 Lançamento Vertical	31
4.2.1.1 A teoria.....	31
4.2.1.2 Estrutura e funcionamento da simulação.....	32
4.2.1.3 Versões da aplicação criada.....	34
4.2.2 Pêndulo Simples	34
4.2.2.1 A teoria.....	34
4.2.2.2 Estrutura e funcionamento da simulação.....	36
4.2.2.3 Versões da aplicação criada.....	39
5. Resultados e discussão	39
5.1 Simulação de Lançamento Vertical.....	41
5.1.2 Assistente virtual	44
5.2 Simulação do Pêndulo Simples.....	48
5.2.2 Assistente virtual	51
Considerações gerais e conclusões	54
Referências Bibliográficas.....	57
Apêndice	63

Lista de Tabelas

Tabela 1. Utilidade do questionário conforme o tipo.	20
Tabela 2. Classificação das perguntas utilizadas na entrevista aos professores, em categorias e subcategorias.	22
Tabela 3 – Quantidade de alunos que foram apresentados à simulação.....	39
Tabela 4 – Quantidade de alunos que responderam aos questionários.	40
Tabela 5 – Percentual de respostas.	40
Tabela 6 - Condição saudável dos indivíduos	40
Tabela 7 - Relação de respostas sobre os sons auxiliarem a perceber qualitativamente o fenômeno.....	42
Tabela 8 - Relação de respostas sobre a possibilidade de sons associados a animação poderem auxiliar na percepção qualitativa do fenômeno.	42
Tabela 9 - Percepção dos textos segundo os indivíduos que testaram a simulação com som.	45
Tabela 10 - Percepção dos inquiridos sobre problemas dos textos.	45
Tabela 11 - Percepção dos textos segundo os indivíduos que testaram a simulação sem som.	45
Tabela 12 - Reflexão dos indivíduos sobre a possibilidade dos textos forem falados.	45
Tabela 13 - Percepção dos indivíduos sobre a compreensão dos textos com a leitura dos mesmos pela assistente virtual.	46
Tabela 14 - Relação de respostas sobre os sons auxiliarem a perceber qualitativamente o fenômeno.....	49
Tabela 15 - Relação de respostas sobre os sons auxiliarem a perceber qualitativamente o fenômeno.....	49
Tabela 16 - Percepção dos textos segundo os indivíduos que testaram a simulação com som.	51
Tabela 17 - Percepção dos textos segundo os indivíduos que testaram a simulação sem som.	51
Tabela 18 - Reflexão dos indivíduos sobre a possibilidade dos textos forem falados.	52
Tabela 19 - Percepção dos indivíduos sobre a compreensão dos textos com a leitura dos mesmos pela assistente virtual.	52

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Facilidade em interpretar qualitativamente o fenômeno de ascensão ou queda dos corpos.....	41
Gráfico 2 - Percepção dos indivíduos sobre a presença constante de som na animação.	44
Gráfico 3 - Reflexão dos indivíduos sobre possíveis alterações nos bipes da animação.	44
Gráfico 4 - Classificação da presença das falas dos textos pelos indivíduos.....	46
Gráfico 5 - Facilidade em interpretar qualitativamente o fenômeno (escala Likert).	48
Gráfico 6 - Percepção dos indivíduos sobre a presença constante de som na animação.	50
Gráfico 7 - Reflexão dos indivíduos sobre possíveis alterações nos bipes da animação.	51
Gráfico 8 - Classificação da presença das falas dos textos pelos indivíduos.....	53

Lista de Figuras

Fig. 1 - Evolução do número de trabalhadores com deficiência no setor privado, por sexo (2016–2019) (Portugal continental).....	3
Fig. 2 - Evolução do desemprego registrado na população com deficiência, por sexo, 2011–2021 (Portugal continental).....	3
Fig. 3 - Proporção de agregados familiares com ligação à internet e ligação através de banda larga em casa, Portugal, 2010–2020.....	8
Fig. 4 - Interface do GeoGebra (esquerda) e Modellus (direita) com exemplos.....	11
Fig. 5 - Interfaces de modelagem do EjsS.....	12
Fig. 6 - Roteiro da investigação.....	17
Fig. 7 - Modelo em cascata.....	25
Fig. 8 - Modelo de cascata de Boehm.....	26
Fig. 9 - Exemplo de interface da secção “Description”.....	27
Fig. 10 - Exemplo de uma simulação e seus elementos no painel View.....	29
Fig. 11 - Janelas para leitura dos textos com a reprodução sonora dos textos.....	29
Fig. 12 - Representação de ascensão (esquerda) e queda (direita) de um corpo.....	31
Fig. 13 - Interface da simulação “Lançamento vertical”.....	32
Fig. 14 - Lançamento ascensional desabilitado (cima) e habilitado (baixo).....	33
Fig. 15 - Representação das forças no Pêndulo simples.....	35
Fig. 16 - Interface da simulação “Pêndulo Simples”.....	37
Fig. 17 - Eixos de origem visíveis (à esquerda) e não visíveis (à direita).....	37
Fig. 18 - Algumas respostas gerais sobre a influência sonora associada a animação.....	42
Fig. 19 - Reflexões dos indivíduos sobre a possibilidade de sons associados a animação para ajudar na percepção qualitativa do fenómeno.....	43
Fig. 20 - Relatos dos indivíduos com dislexia sobre qual aspecto o som auxiliou na percepção qualitativa do fenómeno.....	47
Fig. 21 - Relatos dos indivíduos com baixa visão sobre qual aspecto o som ajudou a entender o fenómeno.....	47
Fig. 22 - Algumas respostas sobre a influência dos sons na percepção dos movimentos oscilatórios.....	49
Fig. 23 - Reflexões dos indivíduos sobre a possibilidade de sons associados a animação para ajudar na percepção qualitativa do fenómeno.....	50
Fig. 24 - Relatos dos indivíduos com dislexia sobre qual aspecto o som auxiliou na percepção qualitativa do fenómeno (Pêndulo simples).....	53

Lista de Abreviaturas

CID	CLASSIFICAÇÃO INTERNACIONAL DE DOENÇAS
SLV	SIMULAÇÃO DE LANÇAMENTO VERTICAL
SPS	SIMULAÇÃO DO PÊNDULO SIMPLES
CPLP	COMUNIDADE DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA
DAE	DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM ESPECÍFICAS
EDO	EQUAÇÃO DIFERENCIAL ORDINÁRIA
EJSS	EASY JAVA/JAVASCRIPT SIMULATIONS
FED	FÓRUM EUROPEU DA DEFICIÊNCIA
INE	INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA
NEE	NECESSIDADE EDUCACIONAL ESPECIAL
NSDL	COMPADRE NATIONAL SCIENCE DIGITAL LIBRARY
NSF	NATIONAL SCIENCE FOUNDATION
ODDH	OBSERVATÓRIO DA DEFICIÊNCIA E DIREITOS HUMANOS
OSP	OPEN SOURCE PHYSICS
PCDI	PESSOAS COM DEFICIÊNCIAS E INCAPACIDADES
PT-BR	TRADUÇÃO VERSÃO PORTUGUÊS DE BRASIL
PT-PT	TRADUÇÃO VERSÃO PORTUGUÊS DE PORTUGAL
TDIC	TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO
TIC	TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO
UNESCO	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E A CULTURA

Introdução

Assim como diversos setores da sociedade contemporânea, a educação tem por necessidade adaptar-se aos diferentes cenários e públicos para a universalização do processo pedagógico, seja pelos meios de comunicação, linguagem e/ou recursos utilizados. Na existência de desafios de aperfeiçoamento e adaptação dos processos de ensino-aprendizagem em diferentes *status* geográfico, financeiro e político, o acesso e permanência à educação para pessoas com deficiência é um dos desafios atuais essenciais para a sociedade contemporânea, visando um futuro melhor.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta um estudo do desenvolvimento e aplicação de simulações computacionais de física com recursos audiovisuais, para que possam beneficiar estudantes com Necessidades Educativas Especiais (NEE), mais especificamente alunos com dislexia e discalculia. Espera-se que a utilização destes materiais possa ajudar a integrar estes alunos no mesmo processo de aprendizagem que os demais colegas de classe sem deficiência, democratizando um pouco mais a educação para todos.

1. Contextualização

1.1. Pessoas com necessidades especiais na sociedade portuguesa contemporânea

Quando lidamos com as necessidades especiais dos indivíduos, é necessário atentar-se mais profundamente no contexto em que o sujeito está inserido já que o conceito de deficiência é complexo, necessitando uma visão histórica. Os casos mais comuns estão relacionados aos indivíduos com lesões aparentes que supostamente dificultam a sua vida em situações cotidianas para cidadãos comuns, como direito de ir e vir, acesso à educação, entre outros. Dessa forma, o indivíduo é visto e tratado de diversas formas e com diferentes denominações conforme a cultura dominante e os seus respetivos especialistas (Rasteiro, 2017), sujeito a não alcançar objetivos e deveres gerais na vida estudantil, profissional e cívica, com reforço de desigualdades sistemáticas para cidadãos com deficiências (CRPG e ISCTE, 2007, p. 21).

Além disso, Rasteiro (2017) enfatiza que de acordo com Diaz (1995), ao longo da história existem avanços tímidos que geralmente ocorrem referentes a questões a resolver do contexto das pessoas com NEE, das quais vale destacar a marginalização, variações de concepções da deficiência e tratamentos, integração social das pessoas com deficiência de acordo com a necessidade da sociedade, dificuldades de alocação de recursos à educação especial em épocas de crises económicas e o enaltecer das pessoas com deficiência que se destacam e do esconder daqueles que atingem ou não atingem os objetivos propostos pelas políticas de inclusão.

Em Portugal, conseguimos avaliar a situação das Pessoas com Deficiências e Incapacidades (PCDI) segundo os Indicadores de Direitos Humanos no que diz respeito a Pessoas com Deficiência (em Portugal), elaborados pelo *Observatório da Deficiência e Direitos Humanos (ODDH)*. Considerando a ausência de um inquérito ao nível nacional específico para a questão das pessoas com deficiências, tem-se em conta o censo 2011 realizado pelo *Instituto Nacional de Estatística (INE)*. De acordo com este último, 18% da população nacional, cerca de 1 milhão e 900 mil pessoas, declararam apresentar alguma dificuldade em atividades diárias como andar, ouvir, compreender, memorizar ou tomar banho/vestir-se.

Segundo os Indicadores apresentados (ODDH, 2022), os números mais recentes referentes ao ano de 2021 são apresentados nos campos da “proteção social e condições de vida”, “trabalho e emprego”, “educação” e “discriminação”.

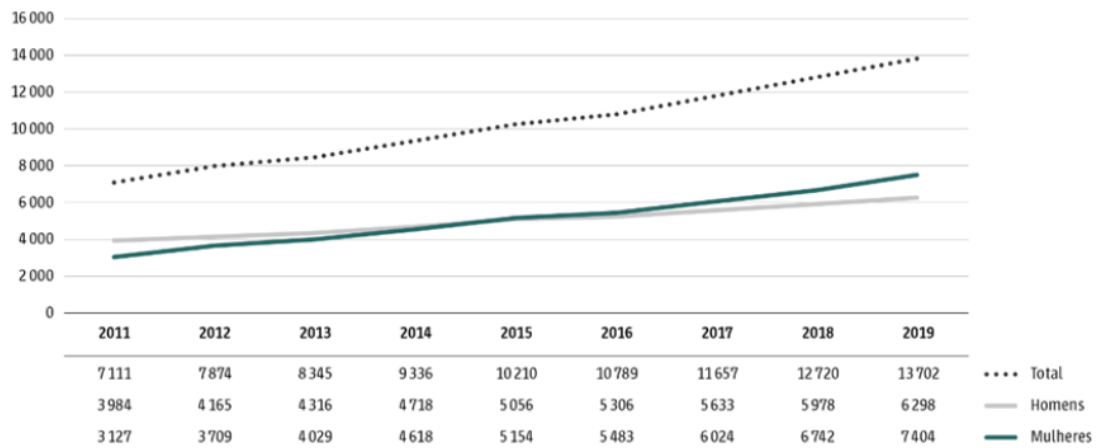


Fig. 1 - Evolução do número de trabalhadores com deficiência no setor privado, por sexo (2016–2019) (Portugal continental). Fonte: ODDH (2022 apud IEFP, 2022)

Apesar dos números com tendência positiva, é necessário reafirmar a necessidade dessas políticas públicas visto que, por exemplo, o número de PCDIs empregados cresce ao longo dos anos, ao passo que o número de desempregados também cresce.

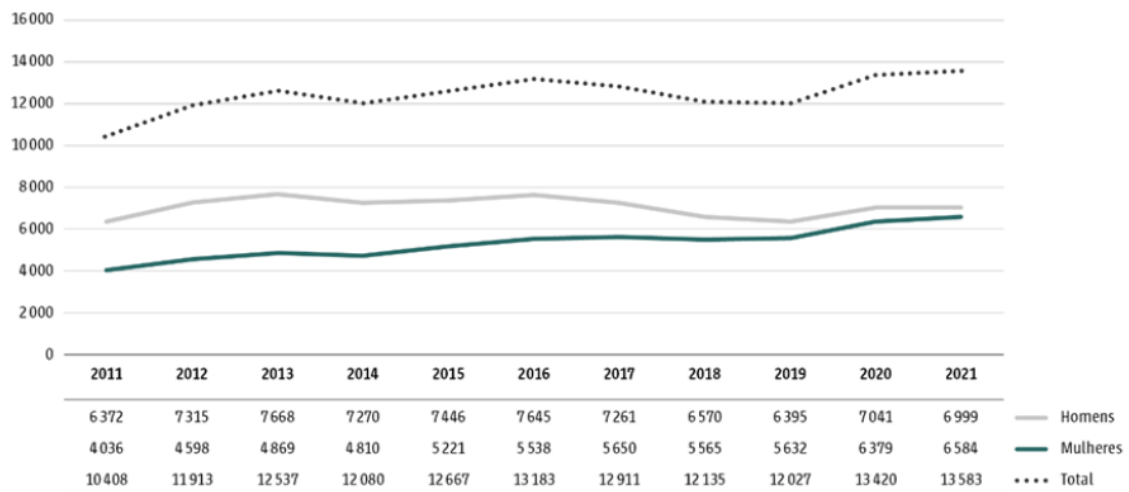


Fig. 2 - Evolução do desemprego registrado na população com deficiência, por sexo, 2011–2021 (Portugal continental). Fonte: ODDH (2022 apud IEFP, 2022).

É possível observar uma ascensão nos anos de 2020 e 2021 do número de desempregados com deficiência, podendo ser reflexos do contexto pandémica da covid-19, afetando também a população portuguesa em geral.

1.2 Contexto educativo e o aluno com NEE

Diversas mudanças aconteceram nas duas últimas décadas, principalmente a partir da *Conferência Mundial da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura* (UNESCO) sobre Necessidades Educacionais Especiais, em 1994, de onde resultou a Declaração de Salamanca, documento mundialmente reconhecido para modificação e implementação de políticas de inclusão do aluno com deficiência em contexto escolar.

Dessa forma, países e blocos políticos puderam ter uma orientação para a criação de políticas para seus Estados, como *Os direitos das pessoas com deficiência na União Europeia* (1997) com origem no Fórum Europeu da Deficiência (FED).

Olhando para a Comunidade de Países de Língua Portuguesa (CPLP), temos uma cooperação nos domínios da educação, com efeitos desde 1997, com exemplos como a implementação do Projecto 534/Ang/10 em Angola, também em 1997, a *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional* no Brasil no ano de 1996 (Lei nº 9394/96) e Portugal baseado no documento originado no FED citado, com reforço no Decreto-Lei 54/2018 que vigora atualmente.

Além desses incentivos, é importante diferenciarmos qual é o público-alvo dessas políticas. De acordo com Hudson (2019),

“Em qualquer sala de aula haverá, entre os estudantes, uma variedade de habilidades académicas, de personalidade, de pontos fortes e fracos. Normalmente, os alunos têm desempenho bastante uniforme em todas as matérias, porém, pode haver alguns que sejam muito bons em algumas coisas, mas tenham um desempenho surpreendentemente ruim em outras.”

Estas discrepâncias académicas podem ser indicadores de sujeitos com Dificuldades Específicas de Aprendizagem, cujas mais comuns em ambientes formais de ensino são: dislexia, discalculia, disgrafia, dispraxia, transtorno do défice de atenção com hiperatividade, transtornos do espectro autista e transtorno obsessivo-compulsivo Hudson (2019).

Outras condições como deficiências visuais, auditivas e mentais, também são circunstâncias que necessitam a adaptação de planeamentos e materiais, ora específicos para esses alunos, ora para sua inclusão no processo de aprendizagem junto dos seus colegas de classe. Tais adaptações podem ser planeadas e trabalhadas

utilizando o Desenho universal para a aprendizagem (DUA), que serve para elaboração de estratégias e para acessibilidade de todos os estudantes (Zerbato & Mendes, 2018).

Em Portugal, o estudante que tiver identificada a sua condição e que frequenta ou frequentará uma escola regular, poderá contar com medidas educativas como adequações no currículo, matrícula, avaliação e material adaptado.

1.3 Classificação médica

Apesar do esforço em distinguir pessoas com necessidades especiais e doentes, podemos classificar de forma técnica as diversas condições existentes e que o indivíduo possa ter, percebendo assim as necessidades e possibilidades gerais da população. É importante explicitarmos que para Massi e Santana (2011) existem duas linhas de pensamento sobre a dislexia (e extrapolando, também para a discalculia), uma ligada às ciências médicas que tratam as dificuldades de leitura e escrita como parte de uma patologia, e a outra relacionada às humanidades que veem estas dificuldades como inerentes ao processo de desenvolvimento da leitura e escrita (Vygotsky, 1992, como citado em Brandão, 2015, p.16). Sem querer fazer generalizações e considerando também que “cada sujeito acomoda a plurivocidade, a plasticidade e a heterogeneidade” segundo Massi e Santana (2011), utilizaremos neste trabalho o reconhecimento das características gerais da condição disléxica como associada a uma situação médica.

Portanto, com base na Classificação Internacional de Doenças (CID-11¹) pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e de acordo com Almeida et al. (2020), a CID é uma forma fundamental para organizar políticas públicas conforme as necessidades sociais.

Para este trabalho, focamo-nos nas condições referentes ao Transtorno de Aprendizagem do Desenvolvimento classificadas como 6A03: o prejuízo na leitura (6A03.0) também designado por **dislexia** e o prejuízo em matemática (6A03.2) também chamado **discalculia**. Conforme a CID, este transtorno acarreta dificuldades significativas e constantes na aprendizagem que podem incluir leitura, escrita ou cálculos. Ademais, vale ressaltar consoante a CID, que:

“O transtorno de aprendizagem do desenvolvimento não se deve a uma desordem de desenvolvimento intelectual, deficiência sensorial (visão ou audição), distúrbio neurológico ou motor, falta de disponibilidade de educação, falta de proficiência na linguagem do ensino académico ou adversidade psicossocial.”

¹ A numeração final é por ser a 11.^a revisão do documento, publicada a 25 de maio de 2019, consultada a versão mais recente de fevereiro de 2022.

Ou seja, é uma condição que pode afetar qualquer cidadão, independente do contexto em que está inserido.

1.3.1 Dislexia

Geralmente, a dislexia é relacionada com a condição de dificuldade de aprendizagem na leitura, seja na precisão, fluência e compreensão, sendo assim considerada um transtorno de aprendizagem do desenvolvimento. Entretanto, esta acaba por ser a classificação da Dislexia do Desenvolvimento, ou prejuízo na leitura, 6A03.0, já que na CID-11 a Dislexia é classificada como a perda, geralmente na idade adulta, da capacidade prévia do indivíduo nas habilidades de leitura, novamente, em precisão, fluência e compreensão, seja por um derrame ou outra lesão cerebral. Neste último caso, a Dislexia é codificada como MB4B.0, uma das disfunções simbólicas que envolvem o sistema nervoso (MB4B).

Assim, o nosso trabalho é focado em estudantes com Dislexia do Desenvolvimento cuja população tem sido alvo de vários estudos na literatura (Barbosa, 2014; Laranjeira, 2015, Silva & Coutinho, 2019; Avila et al., 2018) e não nos sujeitos que desenvolveram dislexia após o período de escolaridade.

Para diferenciação de outras condições, os disléxicos possuem características específicas da sua condição, que podemos separar em 5 áreas (Moojen et al., 2016, citado em Dias, 2018). No texto original de Dias (2018), essas áreas estão descritas da seguinte forma:

- “Indicadores: demora na fala, bloqueio na aprendizagem de música com rimas, palavras erradas, fala infantil, confusão em aprender e se lembrar dos nomes das letras, falha em entender que palavras podem ser divididas e dificuldade de alfabetização;
- Dificuldades básicas: alfabetização, leitura com dificuldades, leitura oral retalhada com pouca ênfase, embaraços na leitura de palavras longas, adivinhações de palavras, necessidade de uso do contexto para entender o que está sendo lido;
- Desdobramentos com o avanço na escolaridade: leitura demorada, embaraço em ler legendas, ausência de compreensão do enunciado, substituição de palavras por aproximação lexical;
- Alterações na escrita: modificações de grafemas em sílabas complexas e outros desvios da fala, objeção à escrita, dificuldades na concordância, dificuldade para criar e estruturar textos, dificuldades em escrever palavras irregulares;
- Habilidades: percepção para histórias contadas, memória fotográfica, criatividade, imaginação aguçada, facilidade com raciocínio, bom desempenho em outras áreas (quando não dependem da leitura)”

1.3.2 Discalculia

A discalculia é uma desordem que se traduz na dificuldade de aprendizagem na realização de cálculos matemáticos simples, seja no aspeto de numeração,

memorização de fatos numéricos, cálculo fluente ou raciocínio matemático preciso. A classificação da Discalculia do Desenvolvimento, ou prejuízo na leitura, é 6A03.2 na CID-11. Para os casos em que a discalculia ocorre após um caso de alguma lesão cerebral, ela é codificada como MB4B.5. Outra disfunção simbólica que envolve o sistema nervoso (MB4B).

Neste trabalho, o nosso foco é lidarmos com estudantes com Dislexia do Desenvolvimento. Contudo, os recursos gerados também foram adaptados a estudantes com Discalculia do Desenvolvimento, até porque as duas desordens por vezes coincidem no mesmo indivíduo e além disso.

1.4 Tecnologias Informação e Comunicação e seu uso como recurso didático.

Atualmente, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) fazem parte de muitas atividades cotidianas, desde procurar direções para ir a um endereço não habitual, fazer compras, assistir quase que instantaneamente seriados, filmes e até aulas. Como o ambiente escolar necessita atualizar-se com outros campos da sociedade como a indústria, comunicação, ciência e tecnologia, a utilização das TICs digitais (TDIC) torna-se um recurso alternativo e por vezes até fundamental para a abordagem de diversos temas em diferentes disciplinas.

A CPLP, a partir do Plano Estratégico de Cooperação Multilateral no Domínio da Educação (2015–2020) e do Ensino Superior, Ciência e Tecnologia (2014–2020), reforça o investimento em desenvolvimento e utilização das TICs em língua portuguesa:

“O Plano de Ação de Brasília (2020) e o Plano de Ação de Lisboa (2013) apresentam recomendações no domínio da educação, preconizando que o papel da Língua Portuguesa seja pensado a partir da sua relevância no acesso equitativo de todos à educação, nas suas múltiplas dimensões (alfabetização e educação de jovens e adultos, ensino profissionalizante, educação técnica e profissional, etc.), bem como a partir da utilização das tecnologias da informação e comunicação na educação e das bibliotecas digitais, em reconhecimento ao papel primordial da educação de qualidade e na difusão e fortalecimento da Língua Portuguesa entre os Estados-membros da CPLP.”

Muito embora pelo menos um terço dos professores portugueses não estejam preparados para o uso das novas tecnologias em sala de aula (Carmo, 2022), a presença de recursos digitais possibilita um ensino mais imersivo, dinâmico e universal visto que cerca de 85% dos agregados familiares em Portugal têm acesso à *internet* em casa (INE, 2020).

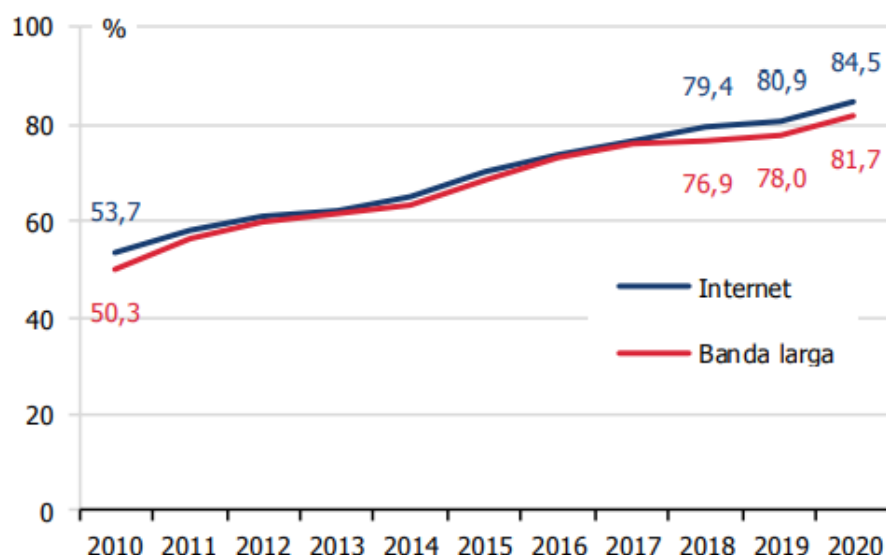


Fig. 3 - Proporção de agregados familiares com ligação à internet e ligação através de banda larga em casa, Portugal, 2010–2020. Fonte: INE (2020).

Além disso, é importante lembrar que textos, simulações, jogos e outras mídias digitais necessitam de computadores, *tablets* e *smartphones* para serem partilhados e reproduzidos. Assim, tem-se a considerar:

1.4.1 Computadores

Em essência, o computador é uma máquina que possibilita processar dados com pouca intervenção humana. Na era moderna estes aparelhos afetam diretamente o consumidor em vários aspetos do seu cotidiano, mas somente nos últimos 20 anos a população geral pôde ter acesso a este recurso de uma forma democratizada.

Computadores modernos, por definição, são computadores que não são baseados em componentes analógicos e sim digitais. A computação moderna pode ser dividida em várias gerações, entretanto, atualmente usamos computadores de quarta geração (1970 até hoje) que incorporam microprocessadores com grande capacidade de cálculo incorporados em computadores pessoais/de trabalho (Gugik, 2009). Para facilitar a categorização temporal dos computadores, trataremos computadores contemporâneos que tenham sido disponibilizados no mercado a partir de 2015 por possuírem pelo menos as penúltimas versões estáveis de sistemas operacionais (Microsoft Windows, macOS, Android e Linux).

O aperfeiçoamento dos computadores tornou-se cada vez mais rápido e colaborativo, à medida da popularização do computador pessoal no final da década de 70 do século

XX e da *Internet* na vida cotidiana na década de 90, possibilitando a partilha de informações, interações e outras relações interpessoais.

Estes computadores podem ser utilizados como uma poderosa ferramenta de partilha e reprodução de diversas mídias e podem atuar como uma ferramenta muito útil na implementação de qualquer metodologia de ensino, seja ela ativa ou expositiva, visto que também existem diversos materiais digitais pedagógicos desenvolvidos para todas as disciplinas básicas. A familiaridade dos estudantes com os computadores contemporâneos também possibilita uma maior imersão no processo de aprendizagem com recursos interativos (sites, simulações, filmes).

Como propõe Basso (2000),

“A integração de novas tecnologias nas escolas precisa dar ênfase na importância do contexto sócio-histórico-cultural em que os alunos vivem e a aspectos afetivos que suas linguagens representam. O uso de computadores como um meio de interação social, onde o conflito cognitivo, os riscos e desafios e o apoio recíproco entre pares está presente, é um meio de desenvolver culturalmente a linguagem e propiciar que a criança construa seu próprio conhecimento.”

1.4.2 Smartphones e Tablets

Não é nenhum exagero afirmar que a sociedade contemporânea, na sua maioria, tem acesso à massiva informação na palma da mão, graças aos *smartphones* que possibilitam ter *internet* e aplicações das mais variadas funções de organização pessoal e financeira, e aceder a redes sociais, programas de entretenimento, etc. A diversidade de modelos a preços acessíveis em relação ao salário mínimo tanto no Brasil quanto em Portugal para um aparelho que é um facilitador no cotidiano, tornam irresistíveis e quase indispensáveis essas tecnologias móveis. No ano de 2020, constatou-se que cerca de 84,2% da população portuguesa no Continente utiliza *smartphones* (marketeer, 2020); no Brasil, no último relatório anual do uso de Tecnologias da Informação (FGV, 2022), reporta-se que há mais de um *smartphone* por pessoa.

1.4.3 As TICS no ensino de Física

Frequentemente, o ensino de Física é alvo de desinteresse por grande parte dos estudantes por ser necessária uma familiaridade com a Matemática, gramática e reconhecimento de símbolos. Além disso, muitos dos assuntos trabalhados necessitam de uma abstração de acontecimentos dinâmicos (e.g. o cair de uma bola) ou de fenômenos que estão além da nossa capacidade de observação (partículas subatômicas) ou de impossibilidade de reprodução (gravidade de planetas próximos a um buraco negro). Esses fatores influenciam negativamente o interesse daqueles que pouco ou nada têm interesse na Física (Soegeng, 1998, como citado em Medeiros &

Medeiros, 2022). Dessa forma, a utilização de imagens torna-se uma forma de contornar essa problemática, para complementar a interpretação dos textos descritivos e da Matemática (Medeiros & Medeiros, 2002).

Como Fiolhais e Trindade (2003) apontam, são conhecidos pelo menos 5 meios de utilização dos computadores no ensino das ciências e da Física em específico: 1. aquisição de dados por computador para atividades práticas e/ou laboratoriais; 2. modelização e simulação; 3. Multimídia; 4. realidade virtual e 5. *Internet*, esta última usada para reproduzir e partilhar por ambientes virtuais as simulações, multimídia e ambientes de realidade virtual.

Com isso, atualmente, o uso de vídeos, ilustrações e simulações fazem parte não só como material complementar, mas são parte essencial para o ensino de Física, fazendo com que a análise no abstrato de fenômenos seja feita para situações particulares de fenômenos já conhecidos; ou seja, o estudante não gastará "carga neural" para abstrair o movimento de queda de um corpo quando já viu isso acontecer ao longo da vida, mas pode abstrair-se para casos particulares (queda no ar, na água, com maior altitude, com corpos mais leves, mais pesados, etc.).

Assumindo a classificação de Objeto de Aprendizagem (OA), isto é, um material digital educativo para suportar a aprendizagem (Tarouco et al., 2004), reutilizável (Wiley, 2000) e reproduzível (Koper, 2003), as simulações computacionais surgem também como alternativa não excludente de práticas experimentais, para a representação de fenômenos físicos. Estes OAs possuem uma imensa classe de tecnologias (vídeo, animações, experimentos remotos, realidade virtual, etc.) que podem ser classificadas consoante o grau de interatividade que o estudante tem com o programa (Medeiros & Medeiros 2002 p. 79, como citado em Gaddis 2000).

Existem vários *softwares* que podem ser utilizados para criar ou modificar representações dinâmicas e experimentação virtual (Khan, 2011), como, por exemplo: 1. Tracker (Brown, 2005), uma ferramenta gratuita de vídeo-análise bem conhecida por investigadores em ensino de física, que combina elementos virtuais e reais para a experimentação; 2. GeoGebra (Hohenwarter, 2001), uma aplicação de matemática dinâmica que explora estatísticas, gráficos e cálculos a partir de um modelo matemático com condições iniciais; 3. Modellus (Teodoro, 2004) com uma proposta semelhante à do Geogebra (Fig. 4); 4. Easy Java/Javascript Simulations (Esquembre, 2004) destinado a professores não programadores para recriar simulações de física. Estas aplicações

são os exemplos mais comuns de ferramentas que podem ser utilizadas numa metodologia ativa de ensino de ciências.

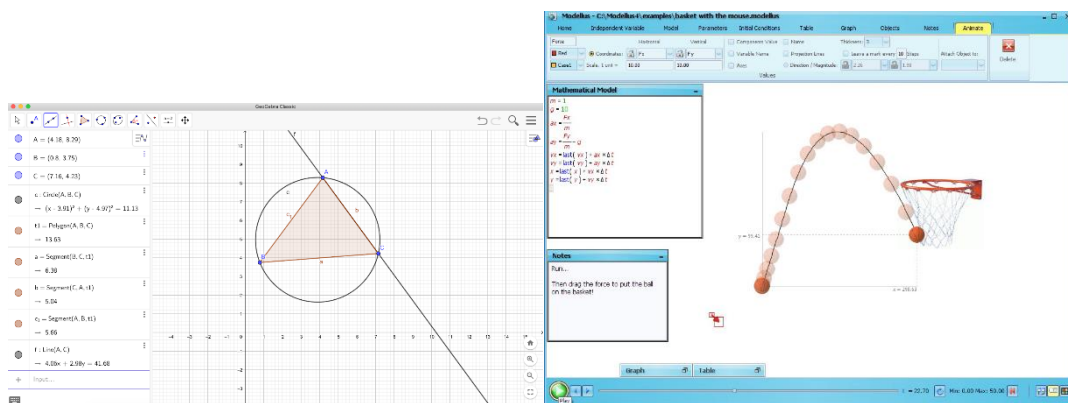


Fig. 4 - Interface do GeoGebra (esquerda) e Modellus (direita) com exemplos. Fonte: Wikimedia Commons e Tatiana Salvador (2012).

1.4.4 Aplicações em linguagem Java/Javascript

Os *applets* são pequenas aplicações escritas em linguagem Java que podem ser executados em qualquer sistema operacional e em *browsers*. Por ser de fácil implementação e reprodução, a sua popularização atraiu os olhares para o desenvolvimento das *physlets*, *applets* com conteúdo físico, simulações interativas desenhadas para uso em ensino da Física.

Essa classe de *applet* tem vantagens significativas quando falamos de TDICs. Em termos pedagógicos, Cox et al. (2003), reconhece vantagens nas práticas interativas baseadas em *physlets*, como proporcionar visualização interativa de conceitos abstratos, estimula os alunos a irem além da estratégia de solução de problemas, e dinamiza a observação da mudança de parâmetros em diferentes sistemas físicos. Em termos técnicos, Carvalho et al. (2013) aponta que as *physlets* são flexíveis tanto para desenvolvimento/modificações quanto para implementação, são criadas para Internet correndo em quase todas as plataformas e sendo compartilhadas para correr *offline* por ser uma aplicação leve, distribuídas gratuitamente para uso não comercial.

Neste último ponto apresentado, devemos reforçar a importância do projeto *Open Source Physics* (OSP, 2011), que provê *online* materiais digitais e recursos computacionais em código aberto (*physlets*, inclusive), hospedado no repositório ComPADRE *National Science Digital Library* (NSDL) e financiado pela *National Science Foundation* (NSF), e também é possível encontrar alguns recursos no GitHub (2008).

Existem outros repositórios conhecidos com *applets* de física em Java, Javascript e HTML5, como PhET (2011), Apps de Física Walter Fendt (2009) e Educaplus (2022)

com simulações de ótimo aspecto visual e interativas. Entretanto, muitas dessas simulações não são autoexecutáveis, não são acompanhadas por roteiros de exploração e nem é possível editá-las e adequá-las conforme o contexto de cada turma. Além disso, muitas simulações são do tipo “ilustração/demonstração”, passando apenas a ser “exploração” caso estejam acompanhadas de algum roteiro de exploração disponível pelo repositório (ou desenvolvido pelo professor).

Com isso em mente, neste trabalho foram construídas as simulações utilizando o Easy Java/Javascript Simulations (EjsS), *software* desenvolvido por Francisco Esquembre e pertencente ao OSP, para a criação de simulações computacionais que tentam reproduzir, seja por intuito pedagógico ou científico, um fenômeno natural a partir da visualização da evolução dinâmica do mesmo. Com os parâmetros e elementos necessários inseridos no programa, é possível recriar os fenômenos e alterarmos quaisquer condições para explorar possibilidades ao nível científico e interfaces e estruturas ao nível de experiência do utilizador.

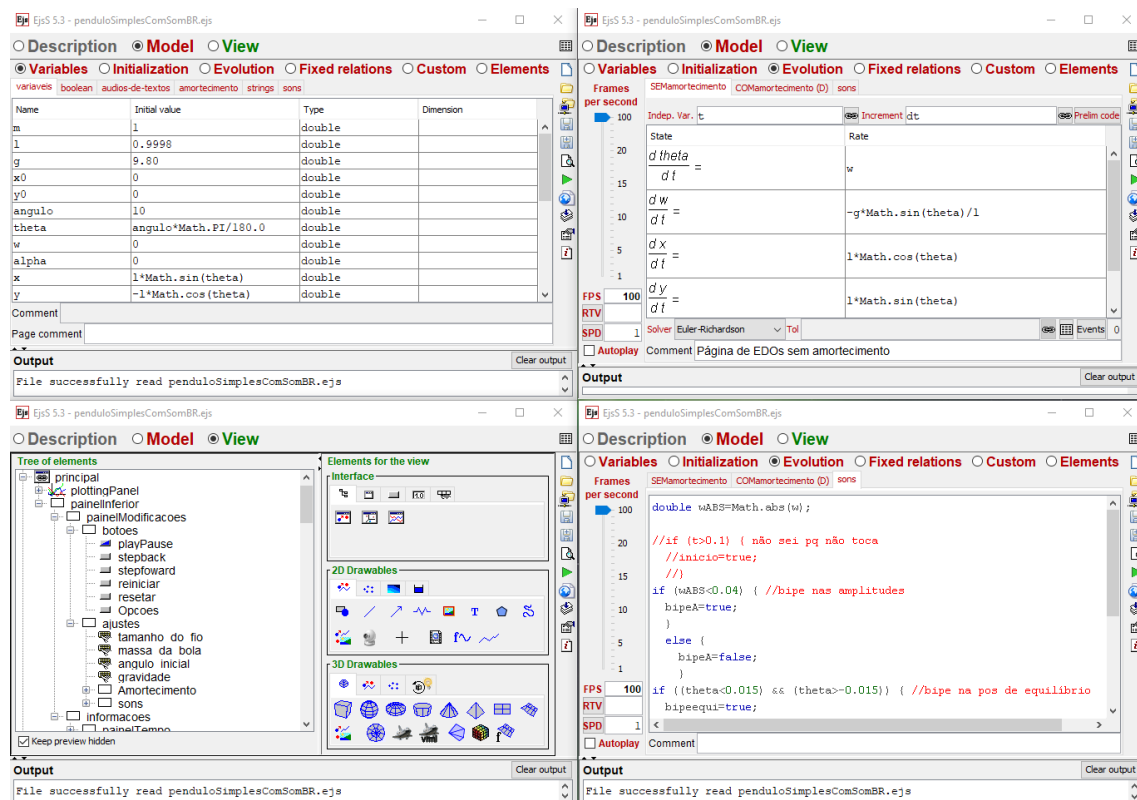


Fig. 5 - Interfaces de modelagem do EjsS. Fonte: Autor

A ideia do EJS é permitir a simplificação da programação por parte do utilizador, possibilitando que a maioria do trabalho seja focada em trabalhar os aspetos científicos da simulação. Isso permite que o professor com o mínimo conhecimento em lógica de

programação e em linguagem Java, possa construir as suas simulações sem depender de um programador nível júnior para criar ou modificar simulações para utilizar no processo de ensino. De acordo com Esquembre (2009):

“O público-alvo da EjsS são estudantes de ciências, professores ou investigadores que possuem conhecimentos básicos de programação de computadores, mas que não podem suportar o grande investimento de tempo necessário para criar uma simulação gráfica completa. Conseguem descrever os modelos de fenómenos das suas respectivas disciplinas como equações ou algoritmos. Mas ainda precisam de um esforço extra para criar uma interface gráfica de utilizador sofisticada e interativa, no estilo de simulações e programas de software que se pode encontrar hoje em dia na Internet.”²

1.5 Substituição Sensorial

A substituição sensorial é um conceito em que as características de uma modalidade sensorial são alteradas em estímulos de outra modalidade sensorial. O termo foi introduzido por Paul Bach-y-Rita et al. (1969) no estudo para obter informações e características da visão para ser utilizada pelo tato. Estas substituições são feitas a todo tempo, por exemplo a escrita de palavras pronunciadas e vice-versa, ou mesmo a língua de sinais que permite compreender a fala a partir de um estímulo visual.

Para Auvray et al. (2005) como citado em Perez (2021), a substituição sensorial está relacionada com a capacidade de atribuir a causa de um estímulo sensorial proximal a um objeto externo distinto. Perez (2021) explicita que a substituição visual-auditiva, utilizada na tecnologia de leitura de tela em computadores, possibilita a leitura de textos digitais para pessoas cegas. Porém, elementos visuais estáticos ou dinâmicos (imagem e vídeo), não podem ser descritos pelos leitores de tela. A vantagem em utilizar a substituição da visão pela audição é pela capacidade do sistema auditivo lidar com rápidas e complexas variações de padrões sonoros, com limiares sensíveis à discriminação de frequência e intensidade, interpretando características sonoras como timbre, altura e intensidade sonora (Auvray et al., 2007; Perez 2021).

2. Problema e objetivos da investigação

Apesar das simulações de Física serem boas alternativas como materiais de apoio pedagógico, muitos desses materiais não estão adequados para alunos com DAEs,

² Tradução livre do texto: “The target audience for EjsS is science students, teachers or researchers who have a basic knowledge of programming computers, but who cannot afford the big investment of time needed to create a complete graphical simulation. They are able to describe the models of phenomena of their respective disciplines in terms of equations or algorithms. But they still need an extra effort to create a sophisticated, interactive graphical user interface, in the style of simulations and software programs one can find nowadays in the Internet.”

necessitando então de adaptação ou desenvolvimento desses recursos para que estes alunos possam estar inclusos e com autonomia no processo de aprendizagem.

Na elaboração do referencial teórico para o trabalho, constatamos a importância do uso das simulações para alunos com NEE, ao passo que é necessário também adaptar esses OAs conforme as DAEs (Perez, 2021, Santos et al., 2019, Camargo & Nardi, 2007). Por exemplo, Carvalho e Oliveira (2021) perceberam que uma simulação computacional de cinemática aliada às ferramentas de acessibilidade do computador, favoreceu um ensino mais igualitário para um estudante com 95% de perda da visão.

Aos alunos disléxicos, materiais e práticas pedagógicas podem ser adaptadas para um ou mais métodos de ensino. Teles (2004) aponta que a Associação Internacional de Dislexia enfatiza a importância de métodos sensoriais para que o aluno possa utilizar mais de um sentido simultaneamente, como ler e ouvir, ler e falar o que se lê, ou ler e mecanizar a escrita. Para tal, pode ser feito uso de recursos audiovisuais como filmes e séries, apresentações teatrais, simulações ou práticas *hands on*. Além disso, se for adotada uma abordagem ativa, diferentes categorias de exercícios podem ser trabalhadas com esses alunos tais como percepção-visual, percepção e discriminação auditiva, memória-visual e memória auditiva (Brandão, 2015).

2.1 Problema da investigação

Tendo especificado o público-alvo deste trabalho de investigação como estudantes com dislexia e/ou discalculia e atendendo a que o nosso propósito é proporcionar um ensino inclusivo dentro da sala de aulas, coloca-se o problema de conseguir adaptar simulações computacionais para este público, que lhes propicie práticas de manipulação mais efetivas e, assim, condições para uma melhor aprendizagem, sem que tal impeça uma exploração profunda dos conteúdos científicos para todos os alunos. O caminho a explorar neste trabalho é a adaptação desses OAs com recursos audiovisuais que possibilitem a substituição sensorial e analisar se o processo escolhido é adequado para a aprendizagem desses estudantes.

2.2 Objetivos da investigação

A partir da problemática apresentada, o objetivo do trabalho é avaliar qualitativamente o impacto que a integração de recursos audiovisuais em OAs no ensino da Física possa ter para alunos com dislexia e/ou discalculia, com o intuito de clarificar os elementos e

características necessárias para adaptar/criar esses OAs, que incluam tais alunos ao processo de aprendizagem da Física com os demais colegas sem as referidas DAEs.

Para alcançar esse objetivo geral, traçamos como objetivos específicos:

- Desenvolver simulações de Mecânica com e sem recursos audiovisuais integrados (objetivo processual);
- Avaliar características de elementos audiovisuais e sua necessidade para efeitos de inclusão, tendo em vista a aprendizagem de conteúdos selecionados em cinemática (objetivo de investigação).

3. Metodologia da investigação

O presente é um estudo de caso que consiste em 5 etapas distintas. Primeiramente, foram desenvolvidos dois *applets* de Física com recursos audiovisuais apoiando visual e oralmente os textos e ações das simulações. Seguidamente, foram criados questionários qualitativos/quantitativos de avaliação para serem respondidos por estudantes, sobre a influência destes recursos nas simulações. Depois, foram exploradas as simulações com alunos em diferentes contextos educativos. Em sequência, fez-se a interação aluno-computador individual e recolhida a resposta dos estudantes aos questionários. Por fim, foi feita uma análise qualitativa/quantitativa dos questionários.

3.1 Caracterização da investigação

Este trabalho é um estudo de caso conforme Bogdan & Biklen (1992) utilizando uma abordagem quali-quantitativa, com maior peso no aspeto qualitativo em relação ao aspecto quantitativo. Esta investigação tem as características de um estudo de caso, por permitir estudar profundamente um ou poucos objetos e assim obter conhecimento amplo destes objetos num contexto amostral muito bem definido (Gil, 2008, como citado em Perez, 2021). Este é, também, o estudo mais adequado quando “o investigador tem um escasso controlo sobre os acontecimentos e quando o objeto de estudo é um fenómeno que se desenvolve em contexto real” (Yi, 1989, como citado em Vale, 2004, como citado em Ferreira, 2011). Qi (2009) reforça a utilização deste método para avaliar situações na educação a partir de uma análise contextual e limitada de condições, tornando essa análise uma base para futuras investigações, processos e ideias.

Para este trabalho, trabalhamos na modalidade³ de estudos de casos múltiplos, pois foi feito o estudo com dois ou mais sujeitos e contextos, configurando a situação de estudos de casos sucessivos (Colás, 1992, como citado em Aires, 2011). A investigação foi roteirizada na forma apresentada na figura 6, com base no modelo de Manzato e Santos (2012):

³ Outras modalidades são citadas por Aires (2011), como “Estudos de casos ao longo do tempo”, “Estudos de casos observacionais”, “Estudos de comunidades”, “Estudos micro-etnográficos” e “Estudos multi-situacionais”

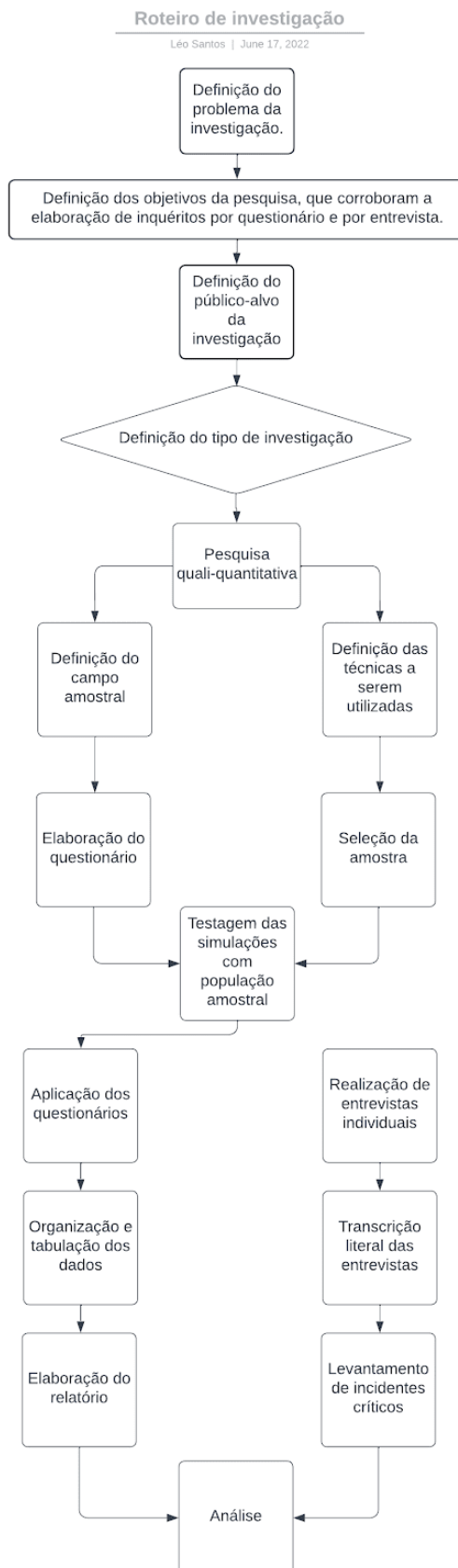


Fig. 6 - Roteiro da investigação. Fonte: autor

A amostra foi constituída por uma escolha deliberada dos elementos, neste caso sendo por conveniência, caindo assim na definição de amostragem não probabilística de Freitag (2018, p. 671) “seleccionando indivíduos que se mostraram acessíveis, colaborativos ou disponíveis para participar do processo”. Assim, o público-alvo é composto por alunos com ou sem dislexia e/ou discalculia, que estejam a estudar ou já estudaram formalmente os conteúdos de “Movimento Retilíneo Uniformemente Variado” ou do “Pêndulo Simples”.

Também optamos por incluir na amostra de estudo estudantes sem dislexia/discalculia, para nos certificarmos que a adaptação das OAs também serve para esse público, não sendo necessário separar o aluno com DAE daqueles que não têm DAE, em ambiente de aprendizagem.

3.2 Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Neste capítulo apresentaremos as técnicas de recolhas de dados não-documentais utilizadas, como a observação de campo e inquéritos, além dos instrumentos utilizados como notas de campo, questionários e entrevistas. A utilização de técnicas e instrumentos variou conforme o contexto e limitações de diferentes turmas.

Em tempos de pandemia de Covid-19, com exceção da observação de campo, as técnicas e instrumentos foram em contexto virtual, já que para Vaz et al. (2009) “A utilização das TIC na investigação qualitativa não tem provocado alterações na forma das investigações, mas facilita a recolha de dados, o acesso a públicos mais diversificados e diminui os tempos de acesso aos participantes e à documentação.”

3.2.1 Observação de campo

A observação é uma estratégia valorizada na investigação em educação, em especial quando é maioritariamente qualitativa.

Para esta investigação, faz sentido o uso de uma observação qualitativa por poder ser realizada num contexto usual de sala de aula, entre os indivíduos que participam naturalmente na interação (Adler e Adler, 1994, como citado em Aires, 2011).

A observação de campo foi feita com uma turma do 10.º Ano do Ensino Secundário na Escola Secundária da Maia, com tempo cedido pela professora de Físico-Química ao investigador para aplicação das simulações com atividades planeadas.

Como a observação foi realizada pelo investigador de forma panorâmica não participante, ou seja, não sendo um participante frequente da vida social do grupo, a incidência excepcional do investigador pode ter alterado a dinâmica do grupo. Além

dessa desvantagem, Aires (2011) destaca também o perigo da subjetividade por parte do investigador em pré-juízos ou expectativas e a incompleta capacidade crítica a uma possível identificação com o grupo.

Para Colás (1998), segundo Aires (2011), apesar dos inconvenientes acima referidos, a técnica de observação conta com algumas vantagens como a facilidade na obtenção de informações que outros métodos não detetam (e.g. reações não verbais) e credibilidade dos resultados pelas amostras próximas.

Neste caso, o investigador registrou o que foi observado ao longo da investigação, analisou e interpretou o que foi registrado. Este processo consistiu, assim, numa abordagem de carácter exploratório a partir de uma observação não estruturada. As notas de campo foram sistematizadas para a coleta de informações, segmentando o texto para reconhecer as unidades de sentido e a frequência de ocorrência mais perceptíveis nos elementos da população, procedimento necessário para a “reflexão teórica sobre os aspetos observados, bem como na formulação de conexões entre as diversas dimensões das realidades observadas” (Aires, 2011, p. 25–26).

3.2.2 Inquérito

O inquérito é uma técnica bastante utilizada para recolha de dados da população através de perguntas e frequentemente utilizado na investigação em Educação (Coutinho, 2011). Batista et al. (2019) reforçam também que a recolha de dados é sistematizada para responder a um determinado problema, obtendo as respostas dos participantes via escrita/oral por entrevistas ou questionários, ambos os instrumentos utilizados neste trabalho.

Para todos os participantes e contextos, foi aplicado um inquérito por questionário para obter respostas objetivas e subjetivas sobre a utilização das simulações. Esta ferramenta foi utilizada devido à quantidade de elementos da população, que apesar de não ser em grande escala, constitui um número suficiente de indivíduos que demandam tempo e recursos elevados dos participantes e investigador.

3.2.2.1 Questionário

O questionário é uma ferramenta das pesquisas em educação, que permite a recolha de dados através de um número limitado de perguntas respondidas pelos indivíduos da amostra. Dependendo do número de participantes na investigação, estes questionários podem ser estruturados, semiestruturados ou não estruturados, com a preferência de serem estruturados para um número elevado de participantes (Cohen et al., 2007).

Segundo Hill (2014) adaptado por Batista et al. (2019), também podemos usar a categoria mais adequada de questionário conforme a necessidade do problema (cf. tabela 1).

Questionário só com perguntas abertas	Útil quando utilizado de forma conjunta com o inquérito por entrevista; importa ponderar fatores como tempo e/ou custo de aplicação; adequado a investigações cuja literatura existente relacionada é parcial ou insuficiente, já que permite estudos preliminares para encontrar variáveis mais importantes; permite obter informação qualitativa em vez de quantitativa.
Questionário só com perguntas fechadas	Útil quando a natureza das variáveis mais relevantes é conhecida; adequado quando o investigador pretende criar uma “variável latente”; permite obter informação quantitativa.
Questionário misto	Útil quando o investigador pretende obter informação qualitativa que sirva, por exemplo, como complemento ou elemento indicador do contexto da informação quantitativa obtida.

Tabela 1. Utilidade do questionário conforme o tipo (adaptado de Hill, 2014, p. 139, por Batista et al., 2019, p. 18).

Neste trabalho foi utilizado um questionário misto estruturado, já que tornou-se necessário atestar a qualidade das simulações em relação à quantidade de participantes. Para isso, foram utilizadas questões de múltiplas escolhas ordenadas, onde o participante escolheu um grau de concordância com afirmações colocadas. Essa escala, denominada escala Likert (1932), permite fugir de perguntas dicotômicas e fornece respostas mais abrangentes desde “discordo plenamente com a afirmação” até “concordo plenamente com a afirmação”, inferindo a intensidade de sentimento sobre uma afirmação (Cohen et al., 2007).

Embora os questionários necessitem ser fiáveis e validados para obter credibilidade metodológica (Pereira, 2001), os resultados não são generalizáveis, tanto pela justificativa anteriormente exposta com base em Massi e Santana (2011), quanto por tratar-se de um estudo de caso. Foi desenvolvido um questionário anônimo para cada tipo de simulação criada (como veremos em 4.1.1.3 e 4.1.2.3), com três seções cada, de acordo com normas para aperfeiçoar a eficácia de questionários *online* (Cohen et al., 2007, como citado em Vaz et al., 2009). A validação de conteúdo dos questionários foi feita por um professor doutorado e um estudante de doutorado também professor do ensino secundário.

A primeira seção é uma pequena apresentação do questionário. A segunda seção é para a recolha de informações individuais como nível de escolaridade, sexo e se há

algum problema de saúde. A terceira seção é para obter percepções dos inquiridos sobre a simulação trabalhada, utilizando perguntas de resposta livre e curta, múltipla escolha, caixas de seleção e escala Likert, para classificar elementos e o uso da simulação.

No total foram criados quatro questionários, um para a Simulação de Lançamento Vertical (SLV) com som e outro para sem som, um para a Simulação de Pêndulo Simples (SPS) com som e outro sem som.

3.2.2.2 Entrevista

A entrevista é uma ferramenta flexível de coleta de dados através da interação entre entrevistador e entrevistado(s) por canais sensoriais: verbal, não-verbal, ouvido e falado (Cohen et al., 2007). Este instrumento pode ser usado para fins comerciais, políticos ou científicos, podendo estender-se por curto (minutos), médio (dias) ou longo prazo (meses). (Aires, 2011).

Robson & McCartan (2016) classificam as entrevistas conforme a sua estrutura em:

- Entrevista totalmente estruturada: são feitas perguntas pré-determinadas com um sistema de codificação pré-estabelecido e seguindo um roteiro predefinido.
- Entrevista semiestruturadas: o entrevistador utiliza um guião como um *checklist* de tópicos a serem abordados segundo o sistema de codificação e ordem das questões, porém a ordem pode ser modificada conforme as respostas dos entrevistados, bem como a realização de perguntas adicionais não planejadas.
- Entrevista não estruturada: o entrevistador tem uma área geral de interesse, podendo direcionar a conversa para dentro dessa área e pode ser uma conversa informal.

É usual as entrevistas serem realizadas para complementar as respostas obtidas por questionário, já que Robson & McCartan (2016) apontam que a combinação de entrevistas e outros instrumentos de recolhas de dados como benéfica, necessária para aprofundamento de informação sobre as dinâmicas com os entrevistados. Todavia, não é obrigatório coexistir esta relação entre entrevistas e questionários durante as investigações.

Neste estudo, como as entrevistas foram feitas com professores de diferentes contextos, optou-se pela forma semiestruturada, havendo então necessidade de um guião para integrar os objetivos da investigação e orientar a interação da entrevista (Aires 2011), admitindo ainda perguntas não planejadas feitas conforme informações adicionais

dadas pelos entrevistados. Foi formulado então um guião com perguntas chaves sobre assuntos de interesse da investigação. Essas perguntas foram classificadas em categorias e subcategorias, conforme a tabela 1.

Categoria	Subcategoria
A - Atividade pedagógica	A1 - Adequação e implementação da simulação e atividades
	A2 – Dificuldade
	A3 - Impacto na aprendizagem
	A4 - Crítica a simulação
B - Competências	B1 – Autonomia
	B2 - trabalho colaborativo em realizar atividades do guião
C - Afetividade	C1 – Motivação
	C2 - Familiaridade com TICS.

Tabela 2. Classificação das perguntas utilizadas na entrevista aos professores, em categorias e subcategorias.

As entrevistas individuais destinaram-se apenas aos professores responsáveis pelas turmas onde foram usadas as simulações, para indagar a percepção desses professores sobre a receptividade dos alunos no uso das simulações.

Também não foi feita qualquer entrevista com os estudantes por uma combinação de fatores: por falta de tempo e agenda, bem como por considerarmos que as respostas aos questionários nos iriam fornecer elementos necessários a este estudo, sem necessidade de maior aprofundamento através da entrevista.

Assim, as perguntas que serviram de base ao questionário, foram:

A1 – Esta simulação e as atividades sugeridas no guião são adequadas aos estudantes?

A1 -A simulação foi utilizada para revisão do conteúdo, reforço do conteúdo ou introdução do conteúdo?

A1 - A implementação da Simulação foi uma atividade para casa ou utilizada em sala de aula?

A2 - Os sons da animação causaram confusão ou esclarecimento acerca do fenómeno? Por quê?

A2 - A assistente virtual fazendo a leitura dos textos e informando alterações feitas pelo usuário, pode ter auxiliado na leitura do texto?

A3- A presença de sons na animação foi um diferencial com impacto em relação aos alunos que usaram a simulação sem som? E a presença da assistente virtual?

A4 - Existem elementos que precisam ser melhorados, implementados ou retirados da simulação, do ponto de vista pedagógico?

B1 - A autonomia do aluno em usar a simulação foi afetada pela presença de sons da animação? E da assistente virtual?

B1 - Houve algum aluno que teve dificuldades em habilitar/desabilitar os sons pela simulação?

B2 - Se a simulação foi passada para ser feita individualmente, houve colaboração entre os estudantes para responder as atividades propostas? Se foi em grupos, a colaboração foi suficiente para entendimento do conteúdo?

C1 - A presença de uma assistente virtual foi um elemento motivador ou desmotivador para os alunos quando foram aos textos da simulação?

C1- Os sons da animação geraram incômodo, foram indiferentes ou ...

C1 - Os sons da animação reforçaram a dificuldade da percepção do fenómeno ou auxiliou na percepção?

C2 - Algum aluno informou que não conseguiu utilizar/executar a simulação. Se sim, faltaram instruções?

C2 - Houve resistência em utilizar um recurso pelo computador ao invés do *smartphone*?

C2 - A simulação sendo autoexecutável, sem a necessidade de acessar a internet, foi uma vantagem, desvantagem ou indiferente?

Para a validação de conteúdo das entrevistas, procedeu-se de forma semelhante à da validação do questionário. Optou-se ainda por fazer uma análise comparativa dos resultados das entrevistas com outros procedimentos da investigação (Aires, 2011), em específico os questionários neste trabalho, para testar a fiabilidade do estudo.

3.3 Testagem com os alunos

A fase de testagem com os alunos foi realizada em diferentes momentos e contextos, visto que a nossa amostra de conveniência era constituída por elementos de várias turmas, de escolas portuguesas e brasileiras.

Em parceria com um professor do Instituto Federal do Rio de Janeiro (campus Paracambi, Rio de Janeiro, Brasil) e duas professoras da Escola Secundária da Maia

(Porto, Portugal), pudemos trabalhar com um número significativo de alunos, por forma a tornar o estudo comparativo do ponto de vista internacional, com base no Plano Estratégico de Cooperação Multilateral no Domínio da Educação da CPLP.

Para simplificar, separamos a aplicação de cada simulação em cada turma e seus respectivos momentos:

- Turma 1 (T1) — 1.º Ano do Ensino Médio — 28 alunos — SLV com som;
- Turma 2 (T2) — 1.º Ano do Ensino Médio — 30 alunos — SLV com som;
- Turma 3 (T3) — 1.º Ano do Ensino Médio — 29 alunos — SLV sem som;
- Turma 4 (T4) — 10.º Ano do Ensino Secundário — 23 alunos — SLV sem som;
- Turma 5 (T5) — 11.º Ano do Ensino Secundário — 25 alunos — SLV com som;
- Grupo 1 (G1) — Grupo de pessoas em diferentes contextos em Brasil – 12 indivíduos SPS com som e 18 indivíduos SPS sem som;
- Grupo 2 (G2) — Grupo de pessoas em diferentes contextos em Portugal – 7 SLV com som e 4 SPS com som.

A aplicação com os estudantes diferiu de modo a não interferir no planeamento curricular do professor, visto que o contato com os professores para realizar a abordagem foi feito após o início das atividades letivas. Assim, em T1, T2, T3 e T4, os professores utilizaram o OA para consolidação do saber após a aula. Em T5, o OA foi trabalhado pelo investigador com os alunos em sala de aula, trabalhando as atividades recomendadas na simulação e tomando nota de observação. O G1 é composto por estudantes brasileiros de licenciatura em Física, que já haviam estudado os fenômenos físicos trabalhados nas simulações (lançamento vertical e pêndulo simples) e se voluntariaram para colaborar a responder os questionários. O G2 é composto por estudantes de licenciatura e de mestrado residentes em Portugal, que também já haviam estudado os fenômenos descritos nas simulações e se voluntariaram para a colaboração nesta investigação. A simulação SPS foi testada apenas com os grupos G1 e G2, uma vez que os estudantes destes grupos eram os únicos cientificamente preparados para o conteúdo do pêndulo simples.

Após a testagem das simulações com os alunos brasileiros (turmas T1, T2 e T3), foi feita uma entrevista semiestruturada com o professor responsável (P1) por estas turmas para sabermos a percepção dele sobre a receptividade e comprometimento dos alunos com o OA. No mesmo formato que a entrevista com o professor P1 e com o mesmo intuito, foi feita uma entrevista com a professora responsável (P2) pela turma T5 referente à experimentação dos seus alunos com o AO em um momento pós-aula. Não

houve necessidade de fazer tal entrevista com a professora responsável (P3) pela turma T4 visto que o AO não foi utilizado durante o processo de aprendizagem.

4. Construção de recursos digitais

4.1 Modelo em Cascata

Como uma das propostas deste trabalho é o desenvolvimento de um conjunto pequeno de *applets*, foi utilizado na sua construção o *Waterfall Model* (Modelo em Cascata, em português) de Winston Royce (1970) a partir de uma versão modificada por Boehm (1988), sendo esta uma das diversas versões que esse modelo possui. Trata-se de um modelo tradicional iterativo e rígido nos seus procedimentos já que se baseia em etapas sequenciais. Embora Royce considere esse modelo arriscado e potencialmente suscetível ao fracasso, com base em ressalvas do autor, esses aspectos negativos podem ser restringidos a projetos grandes de desenvolvimento de *software* onde há muitas equipes e recursos alocados para o mesmo projeto, o que não é o caso deste trabalho já que a equipe de desenvolvimento contou apenas com dois integrantes (orientador e orientado) e as simulações baseiam-se em fenômenos físicos de baixa complexidade.

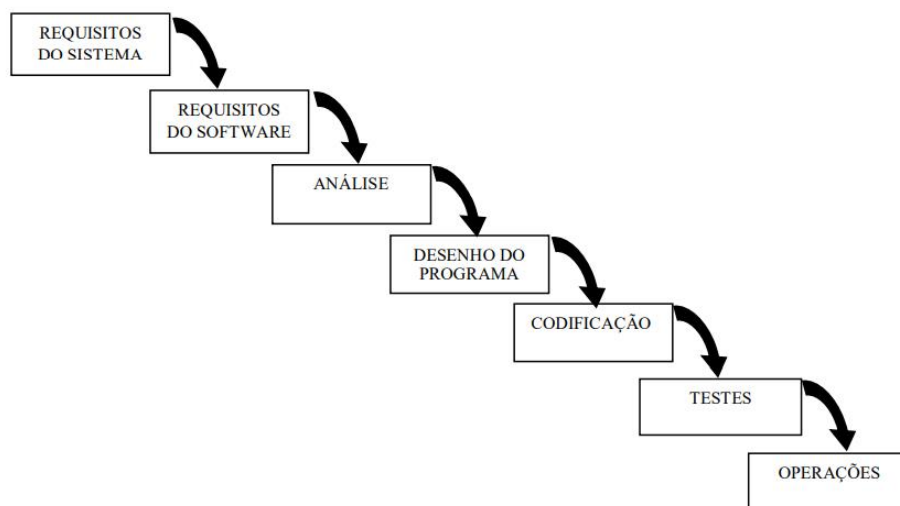


Fig. 7 - Modelo em cascata. Fonte: Winston Royce (1970) adaptado pelo autor.

Na versão modificada do modelo de cascata de Boehm, são utilizadas sub-etapas de validação, verificação e testagem, tanto para a qualidade do procedimento realizado, quanto para a redução de vezes que é necessário retornar a esta etapa. Nesta versão, também são implementados os *feedbacks* em *loops* entre os passos, caso os passos

seguintes necessitem de alguma alteração dos passos anteriores. Para este trabalho, adaptamos o modelo de Boehm da seguinte forma:

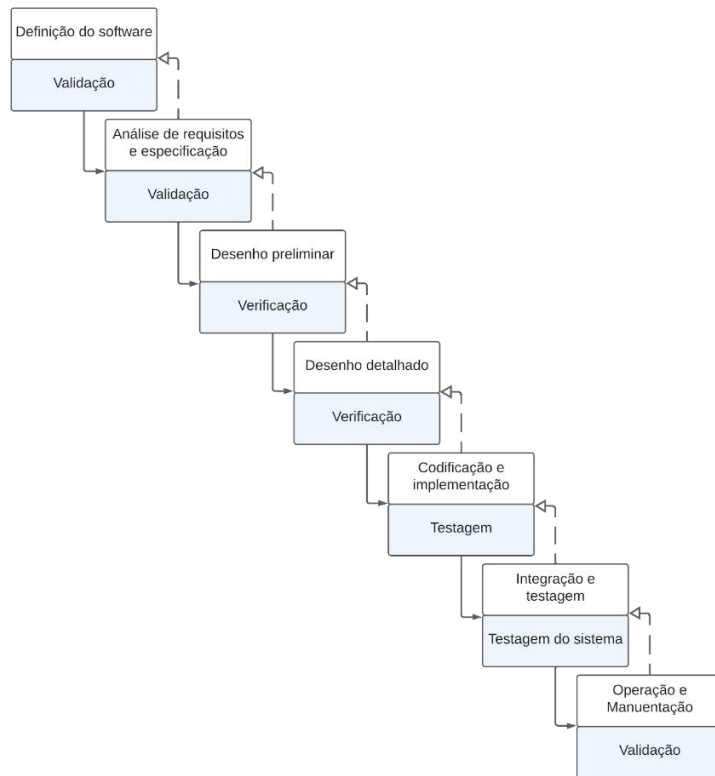


Fig. 8 - Modelo de cascata de Boehm. Fonte: adaptado pelo autor.

Adaptando este modelo para o nosso trabalho, as várias etapas podem ser descritas da seguinte forma:

- Iniciação de Sistema: É onde o conceito do produto é definido e determina o planejamento das próximas etapas. A validação aqui é o questionamento se é este o produto que queremos desenvolver para o nosso objetivo, do ponto de vista conceitual.
- Análise de requisitos e especificação: etapa para especificar os requisitos necessários para executar o programa, permitindo especificar os recursos operacionais, características de desempenho e viabilidade desejadas. A validação permite confirmar se é viável o desenvolvimento do *software* de acordo com cenários pensados no passo anterior.
- Desenho preliminar: momento em que especificamos a arquitetura processual de *software*, a estrutura de controle e dados, além da linguagem utilizada na programação do produto. Aqui fazemos uma **verificação** para adequarmos os elementos do *software* em relação aos possíveis contextos do utilizador.

- **Desenho detalhado:** definimos e inserimos os procedimentos lógicos e objetos visuais necessários e específicos para o *software*. Novamente fazemos uma **verificação**, etapa necessária para avaliarmos se o produto corresponde com as características pensadas no desenho preliminar.
- **Codificação e implementação:** aqui é feita toda a codificação dos procedimentos lógicos de todos os objetos presentes no *software*. É uma última fase de teste do código-fonte operacional e dos resultados gerados.
- **Integração e testagem:** etapa onde é feita a integração de todos os componentes do *software* em módulos, compondo o programa na sua totalidade, verificando a sua funcionalidade e testando recursos de interface e desempenho em relação aos requisitos de sistema.
- **Operação e Manutenção:** É onde o utilizador consegue testar a simulação (com instruções de instalação e utilização), onde esse mesmo utilizador identifica a viabilidade do *software* e características gerais. De acordo com esse *feedback*, é feita uma manutenção para aperfeiçoar o programa, implementando, removendo ou modificando elementos. Neste caso, a validação é feita para determinar se as modificações aperfeiçoaram o produto conforme os aprimoramentos funcionais informados.

A partir da interface do programa, pudemos trabalhar a simulação final. Esta é construída a partir de 3 painéis: *Description* (Descrição), *Model* (Modelo) e *View* (Visualização). No primeiro painel trabalhamos com elementos textuais e complementares à simulação, como a apresentação, guiões, textos de ajuda ou qualquer outro texto que o autor julgue necessário para o usuário, podendo fazê-lo de forma básica no editor de texto nativo ou ajustando diretamente no código-fonte em HTML.

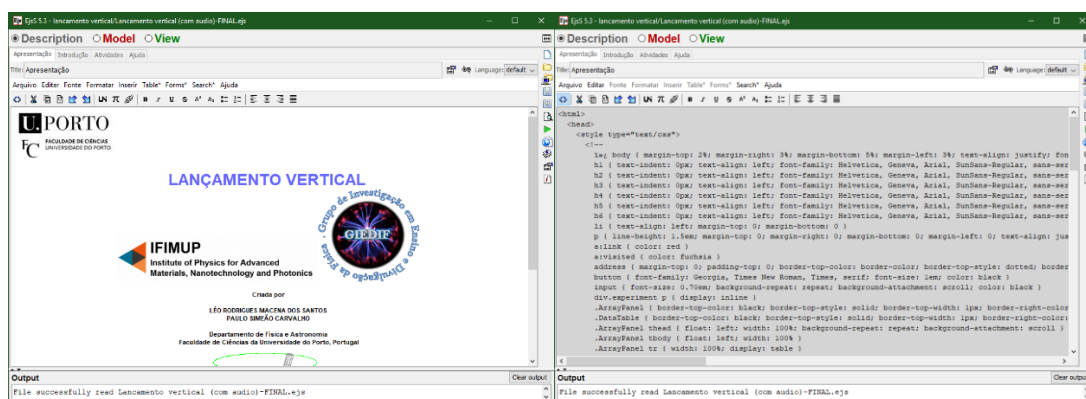


Fig. 9 - Exemplo de interface da secção "Description". Fonte: Autor.

Já no painel *Model*, é onde inserimos todos os recursos lógicos e não visuais que fazem o nosso programa ser executado. Existem menus que podem ser descritas brevemente:

- *Variables* (Variáveis): É onde declaramos e atribuímos um valor inicial e a categoria (como “boolean”, “int”, “double”, “String” e “Object”) para as variáveis utilizadas em toda a simulação.
- *Initialization* (Inicialização): permite algoritmos adicionais que correrão sempre que a simulação inicializar.
- *Evolution* (Evolução): local de inserção do algoritmo que dirá como o modelo evoluiu no tempo. Neste menu podemos descrever o algoritmo a partir de uma página de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) que utiliza uma biblioteca de *solvers*, uma página de código preliminar que correrá sempre antes da página de EDO for corrida no próximo passo temporal e uma página de “eventos” (necessária para descrição de modificações rígidas à solução das EDOs).
- *Fixed Relations* (Relações Fixas): estabelece relações fixas entre as variáveis e demais condições adicionais.
- *Custom* (Personalização): permite a criação de métodos customizados pelo autor como funções e sub-rotinas, para serem utilizadas tanto na parte visual quanto lógica do código-fonte.
- *Elements* (Elementos): oferece objetos pré-definidos adicionais (ex. Integração com Arduíno, RoboticsLabs, SoftwareLinks...)

Na secção *View*, podemos utilizar diversos objetos já programados para a visualização da simulação, necessitando apenas adequar estes objetos com as variáveis necessárias. Por exemplo, se um círculo num plano bidimensional representar uma bola a cair de uma determinada altura, podemos utilizar o elemento “Shape 2D” com formato de “*Ellipse*” (com dimensões verticais e horizontais para adequar-se a um círculo). A posição desse elemento no eixo Y será dada pela variável “h”, sendo esta definida no menu *Variables* no *Model* e será modificada no tempo conforme o algoritmo descrito no menu *Evolution*, desta forma movimentando o corpo segundo o sistema físico descrito pelo autor da simulação.

Também temos a considerar elementos de interface como botões, painéis, campos textuais ou numéricos, elementos de desenho 3D, além de objetos de áudio e imagem. Todos esses elementos podem ser arranjados em uma árvore de elementos para melhor visualizar a herança entre os objetos, conforme se mostra na figura 10:

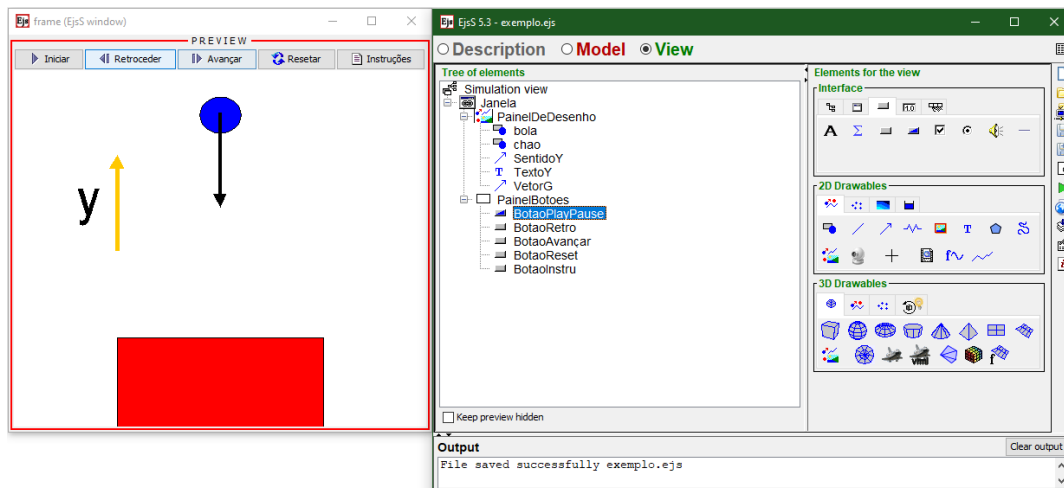


Fig. 10 - Exemplo de uma simulação e seus elementos no painel View. Fonte: Autor.

Com a disposição desses e muitos outros recursos, podemos desenvolver ou modificar simulações para serem materiais adequados tanto para motivações pedagógicas como científicas.

4.2 Desenvolvimento das simulações

Como vimos anteriormente na seção 2.1, foi utilizado o modelo de cascata (Boehm, 1981) no desenvolvimento das simulações, pois estas são de baixa complexidade, o que reduziu as problemáticas apontadas por Royce (1970).

Pelos objetivos iniciais deste trabalho, pensamos em inserir recursos audiovisuais em diversas interações utilizador-máquina, assistentes virtuais na leitura dos textos e eventos específicos da simulação (“Iniciação do sistema” e “Análise de requisitos e especificação”).

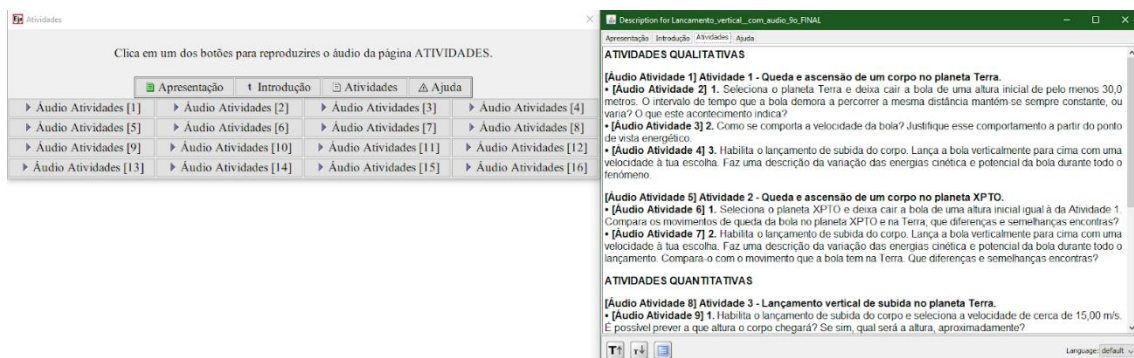


Fig. 11 - Janelas para leitura dos textos com a reprodução sonora dos textos. Fonte: autor.

Assim, os elementos presentes nas duas simulações nas componentes de Desenho preliminar e Desenho detalhado, são:

- Textos que acompanham a simulação.
 - Apresentação: É apresentada a simulação referente ao seu título e autoria.
 - Introdução: São apresentadas informações do que se trata a simulação e sua execução
 - Atividades: É onde está um guião com atividades qualitativas e quantitativas específicas e recomendadas para a exploração.
 - Ajuda: Tem informações de ajuda com relação a elementos de interação da simulação.
- Recurso sonoro: As assistentes virtuais “Inês” (PT-PT) e “Ana” (PT-BR) foram usadas para informar alterações de variáveis na simulação, instruções e leitura dos textos que acompanham a simulação.
- Recursos audiovisuais (sons da animação): São os sons associados à animação, característicos a um evento do fenômeno para associação de um acontecimento a um som. Por exemplo, na simulação “Lançamento Vertical”, um som é executado no deslocamento de um corpo a cada 5 metros; não é um som vindo do movimento, mas pode ser feita a associação entre o movimento do corpo a cada 5 metros e o som produzido.
- Interface: Secção separada para interação usuário-máquina.
 - Animação: Parte onde são colocados os elementos visuais necessários para descrever um fenômeno físico/cenário.
 - Menu: Botões de “Iniciar/pausar”, “Retroceder lento”, “Avançar lento”, “Reiniciar”, “Repetir” e “Opções”, mudança de variáveis por *checkbox* predefinidos e *sliders*, sons da animação para reprodução prévia à animação (para familiarização dos sons) e informações quantitativas de variáveis (ex. tempo, distância.)

Com estas etapas executadas, fizemos a “Codificação e Implementação”, primeiramente de variáveis globais, seguido do código de rotina e finalmente os elementos visuais. Com as simulações prontas, a “Integração e Testagem” foi realizada em diversos sistemas operacionais com características que podem ser consultadas na planilha no apêndice.

A última etapa, de “Operação e Manutenção”, foi a única realizada com os estudantes onde a validação desta foi feita a partir dos questionários de qualidade da simulação, também presente no apêndice.

4.2.1 Lançamento Vertical

4.2.1.1 A teoria

O fenômeno de lançamento vertical de um corpo é conhecido por ser um movimento unidimensional e vertical de aceleração constante, caso se despreze a resistência e a força de impulsão do ar. Nestas condições, para avaliarmos o movimento do corpo, é necessário sabermos a sua posição adotando um plano de eixos coordenados cartesianos (x,y), onde “x” informa a sua posição horizontal no eixo O_x e “y” a sua posição vertical no eixo O_y . Podemos escolher este referencial como ligado à Terra, com a sua origem no solo e O_y orientado positivamente para cima. Na Terra, o corpo está sujeito à força gravítica, que produz uma aceleração “g” no corpo, vertical e dirigida para o centro da Terra, no sentido negativo de O_y . Para baixas altitudes, a variação da aceleração é quase nula, podendo considerar como valor padrão $9,81 \text{ m/s}^2$.

Este tipo de movimento pode ser realizado em ascensão (subida) ou queda (descida) do corpo, necessitando também conhecer a sua velocidade inicial. Munidos de um relógio, podemos avaliar as posições que o corpo vai ocupar no tempo, finalizando assim as variáveis necessárias para estudarmos o fenômeno.

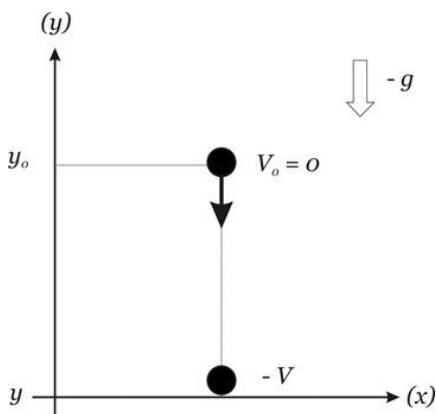


Fig. 12 - Representação de ascensão (esquerda) e queda (direita) de um corpo. Fonte: autor.

Para o sistema da figura 12, podemos descrever matematicamente a posição e velocidade do corpo como funções no tempo nas equações paramétricas gerais seguintes:

$$y(t) = y_i \pm v_{yi} \cdot (t - t_i) - \frac{g}{2}(t - t_i)^2 \quad (1)$$

$$v_y(t) = \pm v_{iy} - g(t - t_i) \quad (2)$$

$$v_y(y)^2 = v_{iy}^2 - 2g(y - y_i) \quad (3)$$

Nas equações, “ $y(t)$ ” designa a posição vertical do corpo num tempo específico, “ y_i ” a posição vertical inicial do corpo assim que iniciamos a contagem do tempo, “ v_{yi} ” como a sua velocidade vertical inicial, “ g ” como a aceleração gravitacional local, “ t ” como tempo final/específico e “ t_i ” como tempo inicial do movimento. A presença do sinal “ $\pm$ ” é devida ao nosso referencial O_y .

Podemos notar também que apesar de considerarmos o plano cartesiano, não usamos equações para descrever o movimento na horizontal (eixo O_x) já que o movimento ocorre inteiramente na vertical.

4.2.1.2 Estrutura e funcionamento da simulação

O programa foi estruturado para termos uma zona com a animação e os seus elementos essenciais para a representação do fenómeno, e outra zona com objetos de interação utilizador-máquina. Na animação, foram desenhadas as representações de escala de 0 a 100 metros, com intervalos de 5 metros de distância explícitos por faixas horizontais no fundo, uma superfície (solo) no fundo da imagem e um objeto circular representando uma bola com raio de 0,5 metro (figura 13). As cores da simulação foram consideradas tendo em conta possíveis utilizadores com a condição de daltonismo e as suas variações, conforme Ribeiro & Gomes (2012).

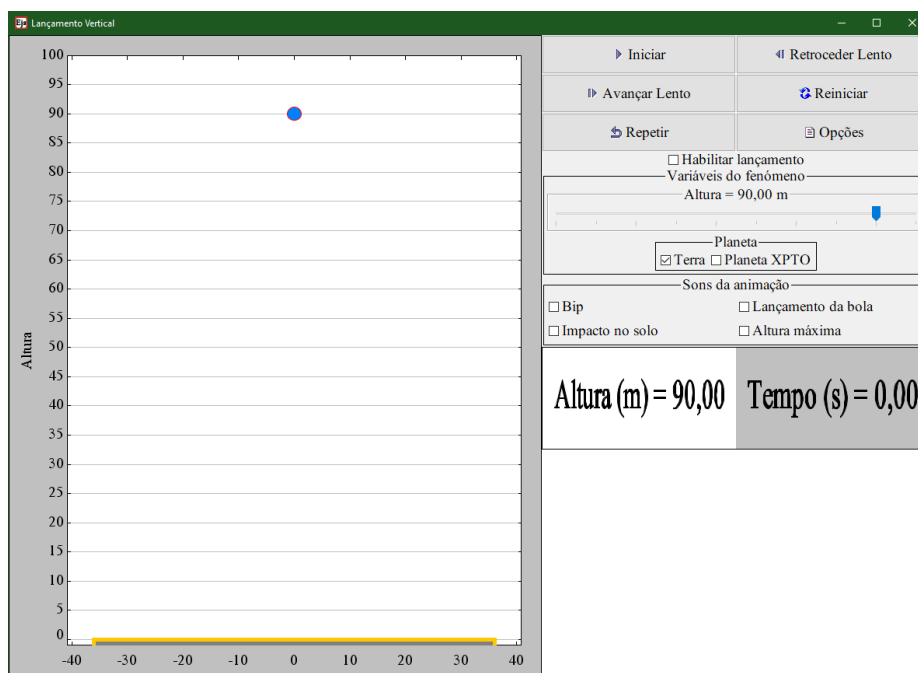


Fig. 13 - Interface da simulação “Lançamento vertical”. Fonte: Autor.

Na zona dos objetos de interação, foram criados os botões de “Iniciar/Pausar” para iniciar e pausar a animação, “Retroceder Lento” e “Avançar Lento” para retroceder e

avancar em intervalos de 0,01 segundos da animação, respectivamente. O botão “Reiniciar” funciona para reexecutar o programa sem a necessidade de o fechar, levando todas as variáveis às condições iniciais da simulação (operação conhecida em inglês por *Reset*). Esta operação difere da criada pelo botão “Repetir”, que mantém todas as alterações feitas pelo usuário, levando apenas a animação ao tempo inicial igual a zero. No botão “Opções”, é aberta uma caixa de diálogo onde a assistente virtual “Inês” ou “Ana”, fala algumas instruções para aceder aos textos integrados ao *applet*. Ao seleccionar uma das abas “Apresentação”, “Introdução”, “Atividades” ou “Ajuda”, disponíveis ao pressionar o botão “Opções”, os textos são abertos com uma janela onde é possível reproduzir os áudios de cada texto separadamente, conforme explicado anteriormente.

Neste mesmo menu lateral, é possível modificar o lançamento vertical para a subida do corpo pela *checkbox* “Habilitar lançamento”. Quando habilitado ou desabilitado, a assistente virtual informará ao usuário qual ação foi realizada. Habilitando o lançamento, o corpo passa a ser lançado a partir do solo e não podemos modificar mais a sua altura inicial, agora apenas a velocidade inicial de lançamento através de um cursor horizontal (figura 14).

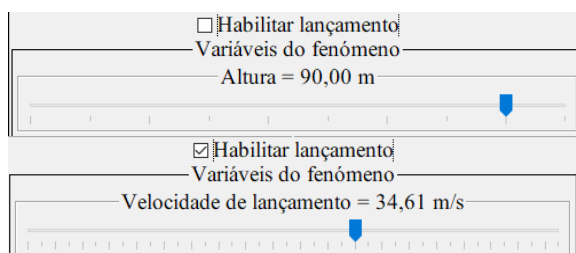


Fig. 14 - Lançamento ascensional desabilitado (cima) e habilitado (baixo). Fonte: Autor.

Com o movimento ascensional desabilitado, é permitido variar a altura do lançamento no intervalo de 10,00 a 100,00 metros, em intervalos de 10,00 metros. Já com o movimento ascensional habilitado, podemos variar o valor da velocidade de lançamento de 10,00 m/s a 40,00 m/s, em intervalos de 5,00 m/s. Também é permitido variar a aceleração gravitacional conforme o planeta escolhido (por exemplo, a Terra) ou um planeta XPTO, onde o aluno poderá descobrir a aceleração local deste planeta.

Existem dois campos textuais que informam, a cada passo, a altura a que o centro do corpo se encontra na animação e o tempo decorrido desde o início do movimento. A escolha de cores e tamanhos foi pensada aqui também para utilizadores que possam ter a condição de baixa visão (Domingues et al., 2010; Salton et al., 2017). Neste mesmo

menu, existem *checkboxes* para reprodução/inibição dos sons característicos da animação, para que o utilizador possa familiarizar-se com os sons e conseguir percebê-los melhor no decorrer da animação.

Ao iniciar a animação e conforme as condições iniciais, é executado um som semelhante ao de lançamento rápido de um foguetão para o início do lançamento, independentemente do sentido. Na passagem do centro do corpo a cada 05,00 metros é reproduzido um *bip*, também em ambos os sentidos do movimento. Ao atingir o solo, é reproduzido um terceiro som, semelhante ao de um tapa para representar o impacto ao solo. No lançamento ascensional, é reproduzido um quarto som semelhante ao de uma campainha aguda para representar a chegada do corpo na altura máxima.

4.2.1.3 Versões da aplicação criada

Para realizarmos a testagem com estudantes, precisamos construir duas versões para adequar aos diferentes cenários. Foram, assim, criadas as versões com recursos audiovisuais e outras apenas com recursos visuais e avaliadas as percepções que estas simulações criaram nos estudantes.

Em Portugal, o Lançamento Vertical é trabalhado tanto no 9.º Ano quanto no 11.º Ano. Assim, foram necessários reajustes apenas nos roteiros de exploração do 9.º Ano para o 11.º Ano. Por consequência, apenas os respectivos áudios tiveram de ser alterados. No Brasil, o tópico é trabalhado apenas no 1.º Ano do Ensino Médio, necessitando apenas de adequação de termos para o português do Brasil (ex. Ensino Secundário é designado Ensino Médio no Brasil) e mudança na voz da assistente virtual Inês, passando a ser a Ana. Com essa disposição de áudios na animação e da assistente virtual, o uso destas simulações pode ser extrapolado também para alunos com baixa visão e cegueira total, podendo ser trabalhados os textos da exploração qualitativa da simulação.

4.2.2 Pêndulo Simples

4.2.2.1 Teoria

Pêndulos são categorizados como um oscilador harmônico simples (MHS), em que o movimento de retorno à sua posição de equilíbrio se deve à gravidade local. De acordo com Halliday & Resnick (2010), um pêndulo simples é composto por corpo de massa “*m*” que podemos chamar de massa do pêndulo, sendo esta massa suspensa em uma das extremidades de um fio inextensível de massa desprezável e comprimento “*L*”; a outra extremidade do fio está fixa a uma superfície horizontal acima da massa “*m*”. Por

conveniência, estudamos o movimento de forma bidimensional, adotando o plano de eixos coordenados (x,y), onde “y” nos informa a posição vertical da massa e o “x” a posição horizontal. Além disso, essa referência pode ter o seu marco zero iniciado na posição de equilíbrio do pêndulo, coincidindo com um eixo perpendicular à superfície que chamaremos eixo normal. Assim, se abandonada de uma determinada posição A, a massa deverá oscilar neste plano, da direita para a esquerda e vice-versa, conforme observamos na figura 15.

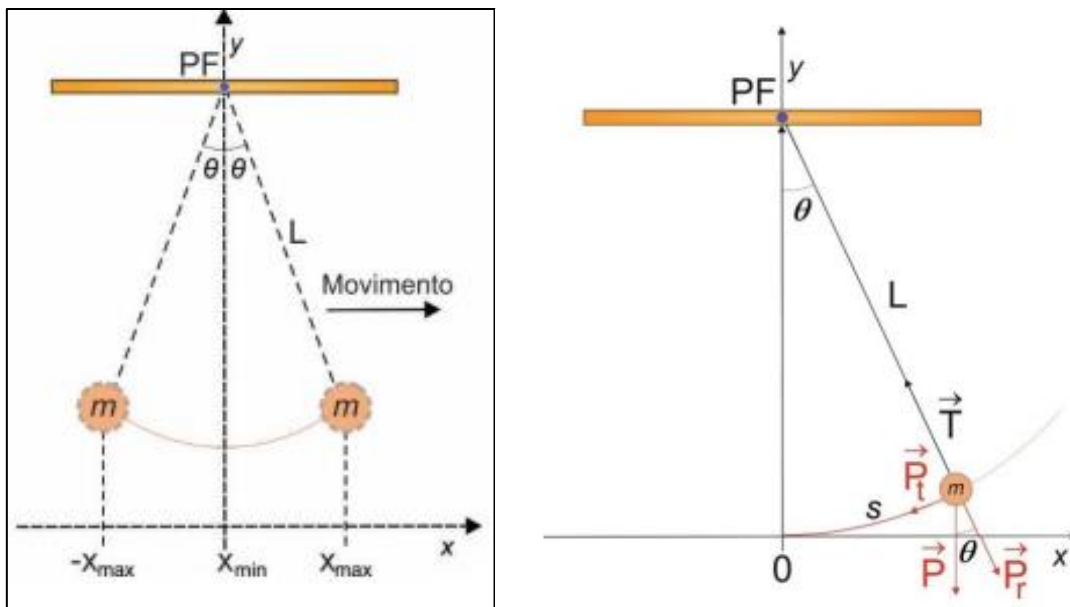


Fig. 15 - Representação das forças no Pêndulo simples. Fonte: Toledo Júnior, LF (2021).

Ao trabalhar com as forças presentes no sistema, é importante atentarmos para os referenciais e utilizando o modelo de massa pontual, podemos desmembrar essas forças em relação aos eixos X e Y.

Na massa do pêndulo, atuam a força gravitacional exercida pela terra F_g e a tração T exercida pelo fio. O movimento sendo bidimensional, é necessário então decompor a força F_g em uma componente radial F_{gr} e uma componente tangencial à trajetória F_{gt} . O pêndulo acaba sempre por voltar ao ponto de equilíbrio (perpendicular ao plano horizontal, com $\theta=0$) justamente por esta componente tangencial, já que produz um torque restaurador em relação ao ponto fixado ao teto.

Neste caso, não existem outras forças que atuam no sistema além da tração e da força gravitacional, sendo então um movimento conservativo.

Para ângulos θ pequenos até 10° , o corpo descreve praticamente uma trajetória horizontal (Lopes et al., 2018). Nesse caso, o ângulo pode ser descrito como a razão da

distância “x” pelo comprimento do fio L , nos dando a força horizontal do movimento que vale:

$$F = m \cdot g \cdot \sin \frac{x}{L} \longrightarrow F = \frac{m \cdot g \cdot x}{L} \quad (4)$$

Como m , g e L são constantes nesse sistema, consideramos então esta como equivalente a uma força restauradora

$$F = K \cdot x \longrightarrow \text{sendo } K = \frac{m \cdot g}{L} \quad (5)$$

onde F representa a resultante das forças, m é a massa do corpo, g a aceleração gravitacional, x a distância aproximada do corpo em relação à posição de equilíbrio e L o comprimento do fio. Assim, usando a analogia com o sistema massa-mola, podemos calcular o período T do MHS do corpo, como sendo:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \longrightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (6)$$

4.2.2.2 Estrutura e funcionamento da simulação

Tal qual a SLV, a estrutura desta simulação do pêndulo é bem semelhante incluindo uma zona de animação à esquerda com a representação do fenómeno e outra zona à direita com objetos de interação utilizador-máquina. Na animação, são utilizados elementos essenciais para a representação de um pêndulo simples, acrescido de escalas horizontais e verticais como referencial do sistema, como visto na imagem a seguir.

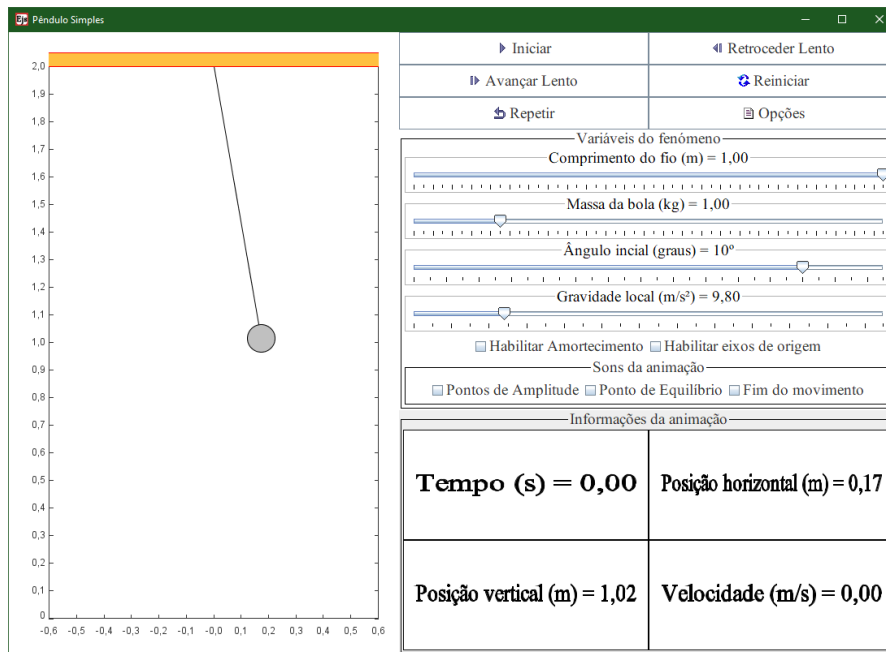


Fig. 16 - Interface da simulação “Pêndulo Simples”. Fonte: Autor.

No menu à direita, temos os elementos básicos de botões anteriormente já explicitados. O menu de variáveis do fenômeno possibilita a modificação das variáveis por cursores, podendo o comprimento do fio ser alterado entre 0,50 e 1,00 metros, com intervalo de 0,01 metros; a massa da bola pode variar entre 0,10 e 5,00 kg, com intervalo de 0,10 kg; o ângulo inicial que o pêndulo faz com a vertical pode variar entre -15° e 15° com intervalo de 1° ; e finalmente, a gravidade local permitida pode ser alterada entre 5,00 e 30,00 m/s^2 , com variação de 0,10 m/s^2 . É possível também habilitar a visibilidade dos eixos de orientação utilizados como referencial (fig. 17).

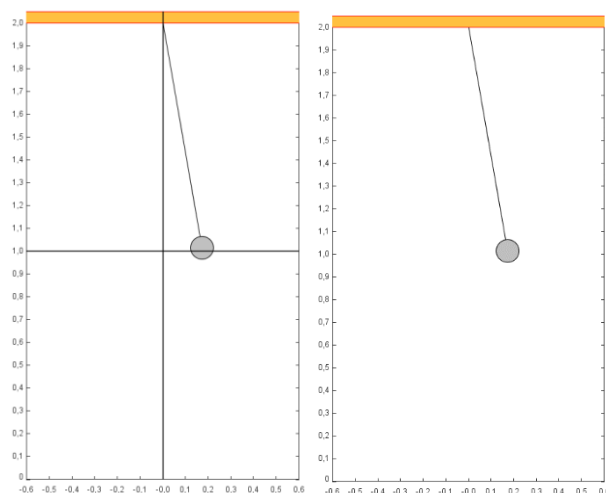


Fig. 17 - Eixos de origem visíveis (à esquerda) e não visíveis (à direita). Fonte: Autor.

Com a finalidade de experimentar um sistema real, também é possível habilitar o amortecimento do sistema. Como este sistema é realizado apenas em velocidades baixas, a presença do pêndulo em um fluido (ar, neste caso) faz surgir uma força resistiva em função da velocidade do pêndulo e dependente do meio, conforme a equação abaixo:

$$F_r(v) = bv \quad (6)$$

Onde b é a constante de amortecimento e v é a velocidade do corpo. Como é possível trabalhar com EDOs no menu *Evolution* do EjsS, utilizamos a segunda lei de Newton para o corpo, conforme as equações abaixo:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx - bv \quad (7)$$

E que sendo reorganizada adequadamente para o sistema de pêndulo simples, temos finalmente a equação inserida na simulação:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \gamma \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 = 0 \quad (8)$$

Onde $\omega_0^2 = \frac{g}{L}$ é a frequência do pêndulo não amortecido e $\gamma = \frac{b}{mL^2}$. Assim, a constante γ é a caracterização do amortecimento do sistema, necessitando apenas anular a constante de amortecimento b para habilitar ou desabilitar o amortecimento na animação. Com este amortecimento habilitado, isso nos leva a ter a diminuição da amplitude da oscilação do tipo exponencial e proporcional do tempo, consequência da solução da Equação 8, conforme as equações 9 e 10:

$$x(t) = Ae^{\frac{-\gamma t}{2}} \cos(\omega t + \varphi) \quad (9)$$

$$A(t) = Ae^{\frac{-\gamma t}{2}} \quad (10)$$

onde a frequência ω de oscilação do sistema amortecido é $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\gamma^2}{4}}$.

Nesta simulação, os sons da animação são reproduzidos em 3 casos distintos: ao atingir os pontos extremos do movimento (amplitude), é executado um *bip* grave; na passagem da massa pelo ponto de equilíbrio toca um *bip* agudo; e ao chegar ao final do movimento ouve-se um som ainda mais agudo que o anterior. A recolha de dados está disponível em 4 visores que fornecem ao utilizador o tempo do fenómeno (em segundos), posição

horizontal e posição vertical da massa (em metros) e a velocidade absoluta da massa (em metros por segundo).

Já os textos da simulação são apresentados em uma janela e os seus áudios executados tal qual explicitados anteriormente.

4.2.2.3 Versões da aplicação criada

Para este applet, só foi necessária a modificação do vocabulário e da assistente virtual de PT-PT para PT-BR para aplicação e testagem com estudantes brasileiros, já que ao nível curricular, as atividades propostas podem ser trabalhadas tanto no 12.º Ano (Portugal) quanto no 1.º ano do Ensino Médio (Brasil). À semelhança da simulação do lançamento vertical, também foram criadas duas versões para esta simulação, uma com os recursos de voz e som e outra sem esses recursos. Analogamente, o objetivo destas duas simulações é conhecer a percepção dos alunos quando usam uma e outra, na procura de melhor evidenciar as carências e as virtudes dos meios audiovisuais nas simulações em diferentes populações de utilizadores.

5. Resultados e discussão

Apesar de termos trabalhado com muitas turmas, o estudo apresenta como limitação o tamanho reduzido da amostra já que nem todos os indivíduos responderam aos questionários (cf. Tabela 3 e tabela 4), necessitando então que o tratamento dos resultados tenha mais sentido ser feito, em certas situações, em números absolutos e não percentuais.

Quantidade de alunos que foram apresentados à simulação				
Turmas	SLV com som	SLV sem som	SPS com som	SPS sem som
T1 e T2	58	-	-	-
T3	-	29	-	-
T4 e T5	48	23	-	-
G1	-	-	12	18
G2	7	-	4	-
Total	113	52	16	18

Tabela 3 – Quantidade de alunos que foram apresentados à simulação.

Quantidade de alunos que responderam aos questionários				
Turmas	SLV com som	SLV sem som	SPS com som	SPS sem som
T1 e T2	27	-	-	-
T3	-	14	-	-

T4 e T5	11	5	-	-
G1	-	-	11	12
G2	7	-	4	-
Total	45	19	15	12

Tabela 4 – Quantidade de alunos que responderam aos questionários.

Um detalhe curioso que nos chama a atenção na Tabela 4 é que quando a resposta aos questionários é incentivada apenas para colaboração nesta investigação sem implicações na classificação dos alunos (no caso das turmas T4 e T5), a taxa de respostas é de apenas 23%, enquanto nas turmas T1, T2 e T3 onde a resposta ao questionário com entrega das atividades propostas ao professor é incentivada por valores na nota final, a taxa de respostas sobe para cerca de 47% (tabela 5).

Turmas/Simulação	SLV com som	SLV sem som	SPS com som	SPS sem som
T1 e T2	47%	-	-	-
T3	-	48%	-	-
T4 e T5	23%	22%	-	-
G1	-	-	92%	67%
G2	100%	-	100%	-

Tabela 5 – Percentual de respostas.

No total de respostas aos questionários, o cenário de estudantes em relação à sua condição de saúde é (Tabela 6):

Condição	#	%
Dislexia	9	9,89%
Disgrafia	0	0,00%
Disortografia	0	0,00%
Baixa Visão	4	4,40%
Sem problemas de saúde	75	82,42%
Outros ⁴	3	3,30%
Total	91	100,00%

Tabela 6 - Condição saudável dos indivíduos

Apesar dos questionários também terem questões acerca dos elementos visuais e das atividades propostas, nos atentaremos sobretudo ao impacto que os recursos

⁴ Essas outras condições foram colocadas pelos participantes, que são "Dispraxia verbal, acompanhada em terapia da fala" (1), "Perda parcial da audição no ouvido esquerdo" (1) e "Discalculia" (1).

audiovisuais tiveram na utilização das simulações, bem como às respostas sobre a inclusão desses recursos nas simulações, dadas pelos estudantes que não experimentaram as simulações com som. Os questionários completos estão disponíveis em anexo.

5.1 Simulação de Lançamento Vertical

Utilizando a escala Likert de 1 a 5, onde o item de Likert 1 significa “Muito difícil” e o item de Likert 5 significa “Muito fácil”, o grupo que testou a simulação com som mantém um padrão de respostas semelhante ao grupo que testou sem som no que diz respeito a facilidade em interpretar qualitativamente o fenômeno físico (cf. Gráfico 1)

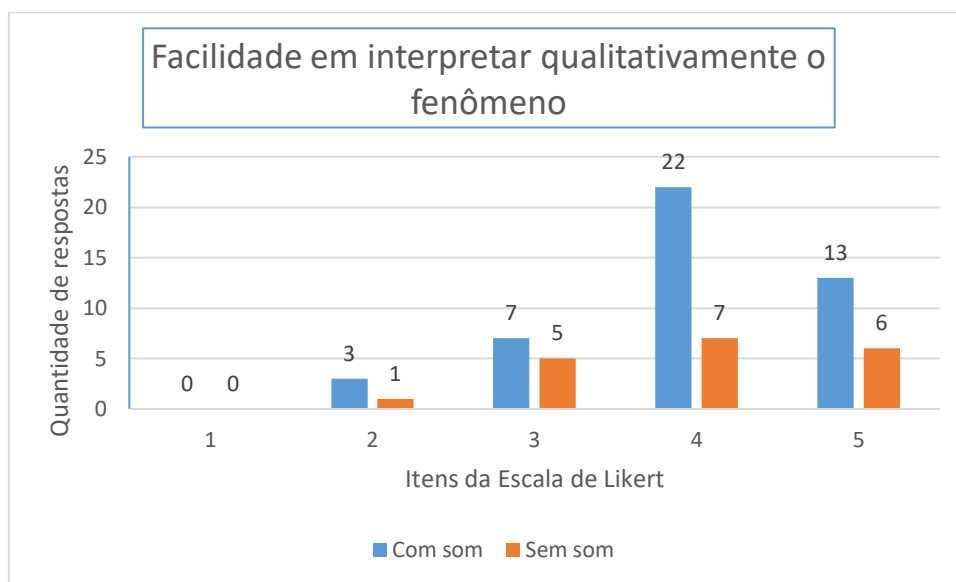


Gráfico 1 - Facilidade em interpretar qualitativamente o fenômeno de ascensão ou queda dos corpos.

Como se vê pelo gráfico 1, apenas 3 alunos (~7%) teve dificuldade na interpretação qualitativa da simulação, enquanto 35 alunos (~78%) afirma ter sido fácil ou muito fácil interpretar qualitativamente o fenômeno. Isto valida a simulação como de fácil compreensão para a grande maioria dos alunos.

5.1.1 Sons da animação

Já sobre o uso de sons relacionados a animação, dos 45 participantes, dois terços das respostas (30) apontam que a presença de sons auxilia na percepção qualitativa do fenômeno (cf. Tabela 7).

Os sons associados à animação auxiliam a perceber qualitativamente o fenômeno?	
Sim	30
Não	15

Tabela 7 - Relação de respostas sobre os sons auxiliarem a perceber qualitativamente o fenômeno.

Dentre os que responderam “sim”, a frequência em que os sinais áudio (bipes) eram reproduzidos ajudou a entender que quantas vezes mais os bipes eram tocados em intervalos curtos de tempo, maior era a velocidade da bola; este raciocínio era igualmente válido quando a velocidade da bola era baixa ou diminuía (cf. Figura 18).

quanto mais bips maior a aceleração do movimento
Auxiliou a identificar o momento em que se largou a esfera e em que esta alcançou o solo
Através do som podemos concluir que existe uma variação da velocidade
O som auxiliou na percepção do movimento como sendo retilíneo uniforme visto que o som era constante e tinha sempre o mesmo espaço de intervalo entre os bips.
O som auxiliou na percepção qualitativa do fenômeno pois eu conseguia perceber em que distâncias a bola passava sem ter de desviar a minha atenção da bola.
O som ia ficando mais alto à medida em que o objeto aumentava a velocidade.
Ajudou a identificar quando o objeto chegava na altura máxima.

Fig. 18 - Algumas respostas gerais sobre a influência sonora associada a animação.

Já os indivíduos que testaram a simulação sem som (19 alunos), 12 alunos responderam que a presença de som associados ao movimento da bola não iria auxiliar nesta percepção (cf. Tabela 8).

Sons associados a animação poderiam auxiliar a perceber melhor o fenômeno?	
Sim	7
Não	12

Tabela 8 - Relação de respostas sobre a possibilidade de sons associados a animação poderem auxiliar na percepção qualitativa do fenômeno.

O elevado número de alunos que responderam “não” na simulação sem som, contrasta fortemente com o elevado número de alunos que conclui que o som é útil para a percepção qualitativa da simulação com som. Tal leva-nos a concluir que o fato de a

maioria das simulações disponíveis na internet não ter som, faz com que os alunos não se apercebam do potencial educativo do som como recurso de aprendizagem, mas que o reconheçam quando o experienciam.

Os indivíduos que utilizaram a simulação sem som e que responderam “sim”, também foram questionados sobre como estes sons poderiam ser utilizados na simulação. Queríamos, aqui, saber as suas propostas para potenciar o uso do recurso áudio e se, eventualmente, haveria uma coincidência com a nossa proposta para a simulação com som. Os resultados obtidos são apresentados na figura 19.

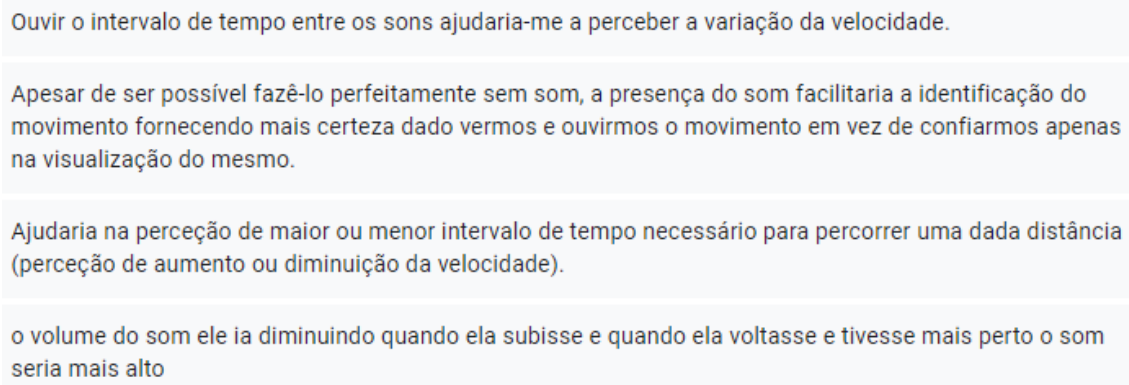


Fig. 19 - Reflexões dos indivíduos sobre a possibilidade de sons associados a animação para ajudar na percepção qualitativa do fenómeno.

Verificamos, com alguma satisfação, que são várias as sugestões coincidentes com a nossa visão para a simulação com som, mas também outras sugestões igualmente válidas, como por exemplo a variação da intensidade sonora associada à percepção da velocidade da bola.

Para a simulação com som, a presença constante de som na animação foi maioritariamente percebida como útil (29 respostas), com apenas 2 respostas para “Dispensável” e 2 respostas para “Desnecessária”, conforme o gráfico 2.

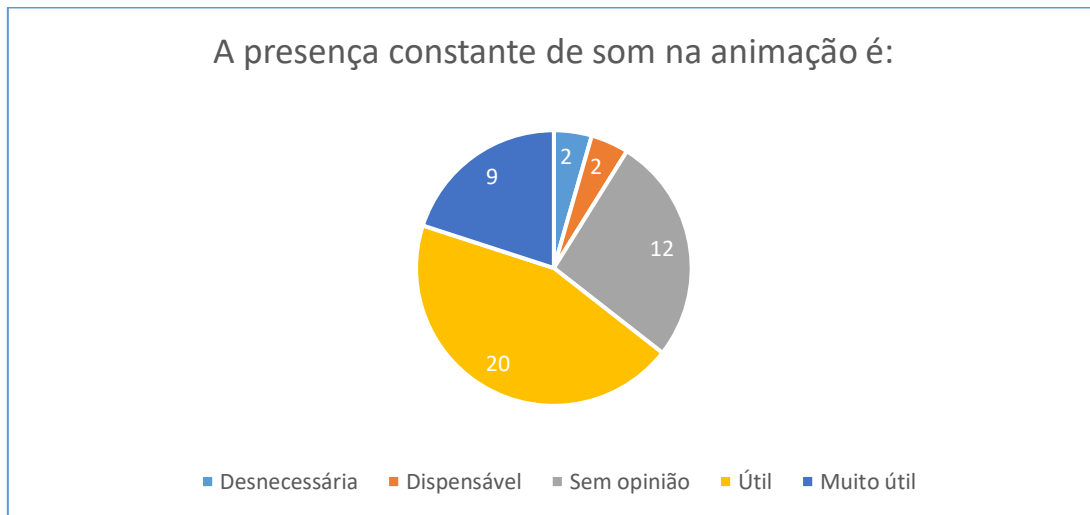


Gráfico 2 - Percepção dos indivíduos sobre a presença constante de som na animação.

Para aperfeiçoamento dos sons da animação para versões futuras, foi questionado também sobre as características dos bipes, pelo que a maioria dos indivíduos prefere que não seja feita qualquer alteração (cf. Gráfico 3).

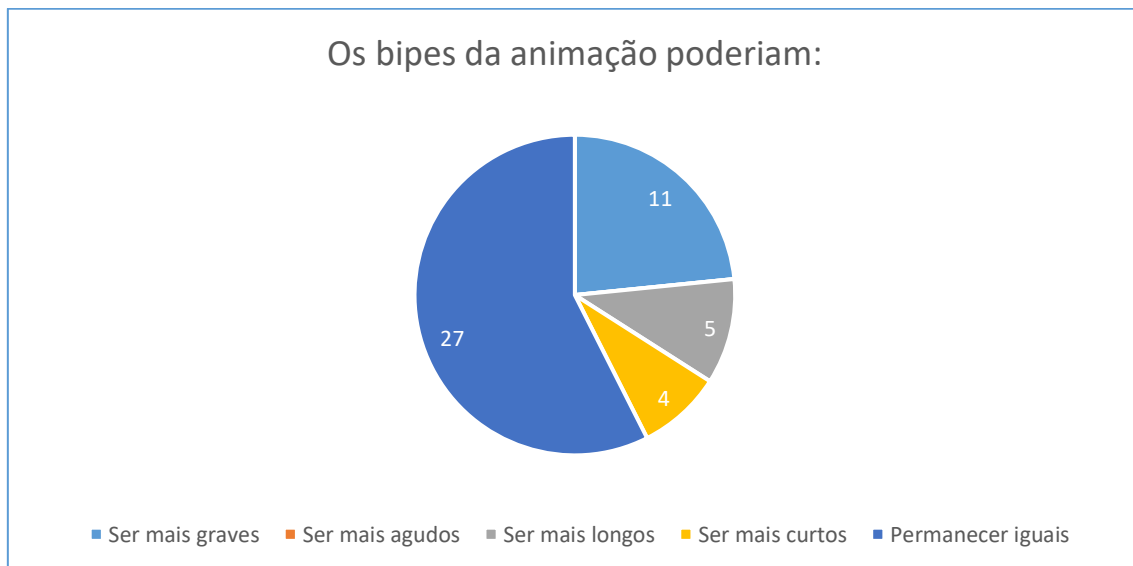


Gráfico 3 - Reflexão dos indivíduos sobre possíveis alterações nos bipes da animação.

5.1.2 Assistente virtual

Primeiramente é necessário avaliarmos se os textos dos menus (Apresentação, Introdução, Atividades e Ajuda) estavam claros e entendíveis. Os indivíduos que testaram a simulação com som (cf. Tabela 9) apresentam uma opinião muito positiva sobre a clareza e objetividade dos textos, correspondendo a 80% da amostra.

O texto escrito da exploração é objetivo e claro?	
Sim	36
Não	9

Tabela 9 - Percepção dos textos segundo os indivíduos que testaram a simulação com som.

Embora 9 respostas apontarem que o texto não é objetivo e claro, obtivemos mais respostas que indicam problemas na clareza do texto, conforme a Tabela 10. Assim, do total de 15 respostas, é natural supor que pelo menos 6 inquiridos acharam o texto claro e objetivo, apesar de apontarem problemas no texto.

Respostas sobre os motivos da não clareza do texto presente na simulação	
Linguagem não clara	5
Estrutura visual confusa	10

Tabela 10 - Percepção dos inquiridos sobre problemas dos textos.

A mesma questão, colocada aos alunos que testaram a simulação sem som, produziu os resultados indicados na Tabela 11.

O texto escrito da exploração é objetivo e claro?	
Sim	18
Não	1

Tabela 11 - Percepção dos textos segundo os indivíduos que testaram a simulação sem som.

Esta única resposta negativa aponta para a estrutura visual confusa do texto. Isso pode estar associado às limitações da página HTML para o texto que o EJS gera para a simulação, visto que a disposição do texto ajusta-se de acordo com a resolução utilizada no monitor do estudante.

Quando os alunos que testaram sem som foram questionados se caso o texto fosse falado poderia melhorar a compreensão do mesmo, 4 mostraram-se indiferentes ao uso dos sons, 4 afirmaram que não teria qualquer efeito positivo e 11 acharem que poderia ser benéfico (cf. Tabela 12).

Se o texto fosse falado, tal poderia melhorar a compreensão do texto?	
Sim	11
Indiferente	4
Não	4

Tabela 12 - Reflexão dos indivíduos sobre a possibilidade dos textos forem falados.

Neste caso, como se tratava de falar um texto escrito que lhes era conhecido, entende-se que a maioria dos alunos tenha uma opinião favorável ao uso do áudio.

Quando avaliamos as respostas dos indivíduos que testaram a simulação com som à questão análoga, vemos que de 45 respostas, apenas 4 informaram que o a assistente virtual não ajuda na compreensão do texto, mesmo que falado (cf. Tabela 13). A grande maioria, 41 alunos (~91%), considera vantajoso o texto falado.

O texto falado melhora a compreensão do mesmo?	
Sim	41
Não	4

Tabela 13 - Percepção dos indivíduos sobre a compreensão dos textos com a leitura dos mesmos pela assistente virtual.

Dentre estes mesmos 45 indivíduos, a presença constante de som nos textos é maioritariamente positiva, conforme o gráfico 4.

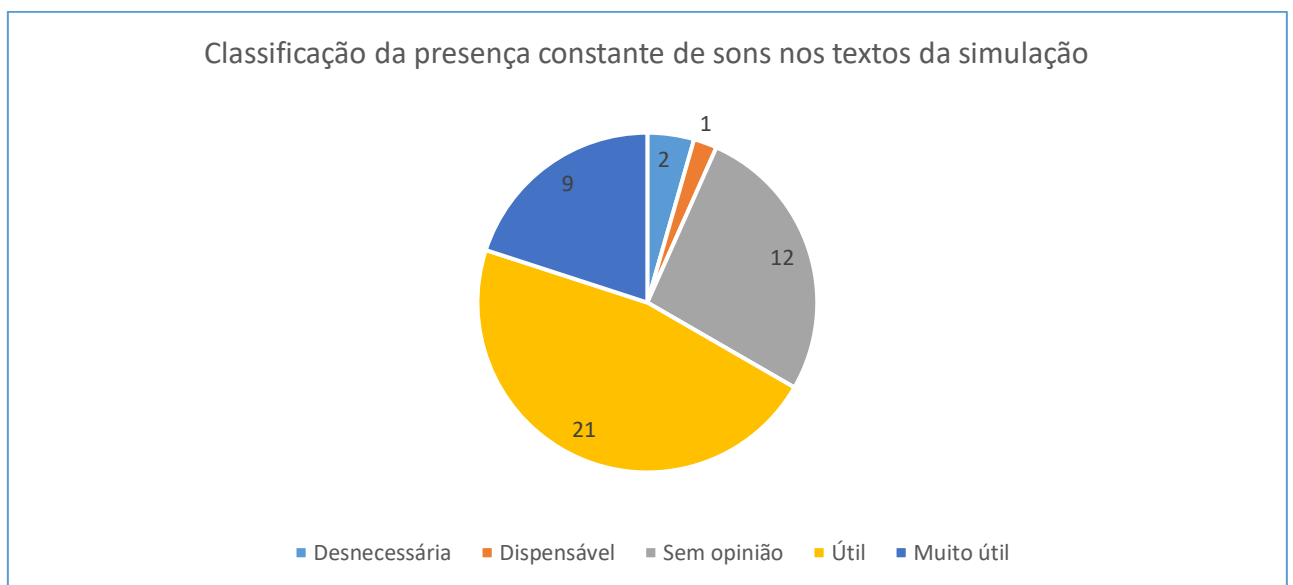


Gráfico 4 - Classificação da presença das falas dos textos pelos indivíduos.

Atentemos, agora, aos resultados obtidos com os alunos que assumiram ter algum tipo de condição de saúde particular.

O número de estudantes com alguma dificuldade associada à leitura e que testaram a SLV com som é de 8 estudantes (5 com dislexia e 3 com baixa visão). Dos que testaram a SLV sem som, um indivíduo tem baixa visão e o outro discalculia. Os relatos destes alunos vão nos servir para analisar com diferentes perspectivas os efeitos dos recursos sonoros.

Com relação à facilidade em interpretar qualitativamente o movimento de queda ou ascensão da bola com a simulação com som, dos 5 alunos disléxicos, 3 informaram ser fácil interpretar o movimento, os outros 2 acharam ser muito fácil entender o fenômeno. Destes 5, todos afirmaram que os sons ajudaram a entender qualitativamente o fenômeno, conforme os relatos na figura 20. Destes 5, 3 apontam a presença dos sons na animação como um recurso “útil”, os outros dois designam-no como “muito útil”.

Capta diferentes estímulos o que torna mais fácil de se conseguir perceber. Torna de certa forma mais "real" e interativo.

Ouvir a velocidade do Bip da uma melhor percepção do movimento da bola

Mais bipes no mesmo intervalo de tempo significa que a bola foi de um ponto ao outro mais rápido

Os bipes tocam mais rápido dando a noção de velocidade aumentando

os toques reproduzem junto com a passagem da bola nas linhas e dá a sensação de aceleração e desaceleração quando o som é reproduzido mais ou menos vezes

Fig. 20 - Relatos dos indivíduos com dislexia sobre qual aspecto o som auxiliou na percepção qualitativa do fenômeno.

Já os alunos de baixa visão, todos os 3 concordam que os sons da animação ajudaram na interpretação dos movimentos (cf. figura 21).

quanto mais "bips" maior a aceleração do movimento

quanto mais bips maior a aceleração do movimento

Os bipes ficaram mais frequentes quando a bola ficou mais rápida, assim consegui associar que a bola estava acelerando na queda

Fig. 21 - Relatos dos indivíduos com baixa visão sobre qual aspecto o som ajudou a entender o fenômeno.

Já em relação aos textos presentes nas simulações (com e sem som), dos 5 estudantes disléxicos, apenas 1 conseguiu identificar o texto da exploração como objetivo e claro, porém apontando que o texto possui uma estrutura visual confusa. Assim, 3 indivíduos disléxicos consideraram a estrutura visual confusa e 2 responderam que o texto não tinha uma linguagem clara. Os indivíduos com baixa visão, que nesta avaliação são 4 (3 da SLV com som e 1 da SLV sem som), 3 identificaram o texto da exploração como objetivo e claro, mas 2 deles consideraram que o texto possui uma estrutura visual confusa. O indivíduo com discalculia também identificou uma estrutura visual confusa no texto das atividades. Parece, então, evidente que o texto é, de uma maneira geral, objetivo e claro de interpretar para a maioria dos alunos, mas a disposição visual não agrada a muitos, se aliarmos as respostas dos inquiridos com DAE com as respostas dos demais inquiridos sem DAE. Este é um aspecto que, como anteriormente explicado,

está condicionado pela própria plataforma de criação das simulações, contudo será um aspecto certamente a melhorar no futuro.

No que tange à presença da assistente virtual para a leitura dos textos (SLV com som), todos os estudantes com dislexia apontaram que o texto falado melhora a compreensão da simulação; destes, 4 apontaram a assistente virtual como “útil” e 1 como “muito útil”. Para os 3 indivíduos com baixa visão, todos indicaram que o texto falado melhora a compreensão da simulação, apontando a assistente virtual como “útil”.

5.2 Simulação do Pêndulo Simples

Utilizando a escala de Likert de 1 a 5 onde o item de Likert 1 significa “Muito difícil” e o item de Likert 5 significa “Muito fácil”, o grupo que testou a simulação com som também mantém um padrão de respostas semelhante ao grupo que testou sem som no que diz respeito à facilidade em interpretar qualitativamente fenômeno físico (cf. Gráfico 5)

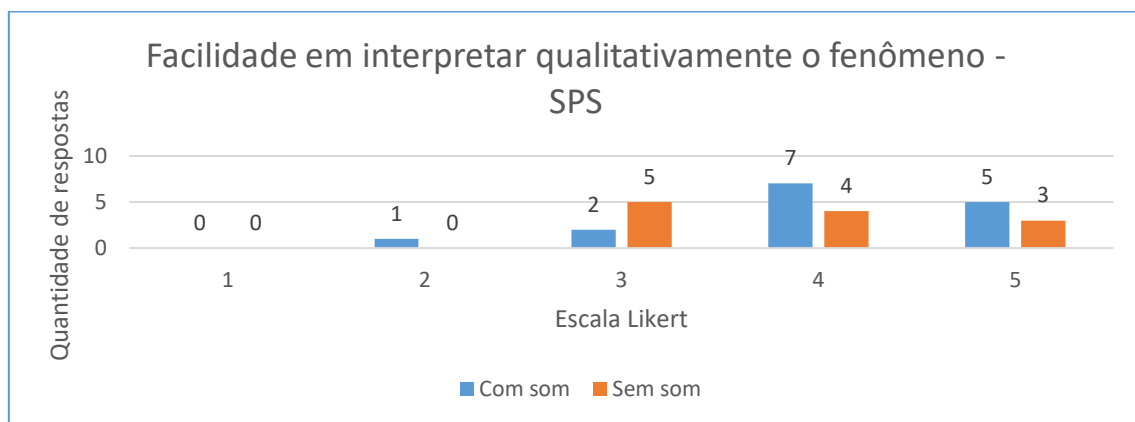


Gráfico 5 - Facilidade em interpretar qualitativamente o fenômeno (escala Likert).

Este resultado atesta a validação da simulação como de fácil compreensão, para a quase totalidade dos alunos que usaram a simulação SPS e responderam ao inquérito.

5.2.1 Sons da animação

Dos 15 alunos que exploraram a simulação com som, quando questionados sobre o uso de sons na animação, apenas 4 alunos (~27%) indicam que a sua existência não auxilia na percepção qualitativa do fenômeno, enquanto os outros 11 respondentes (~73%) afirmam o contrário (cf. Tabela 14).

Os sons associados à animação auxiliam a perceber qualitativamente o fenômeno? (SPS com som)	
Sim	11
Não	4

Tabela 14 - Relação de respostas sobre os sons auxiliarem a perceber qualitativamente o fenômeno.

Já os indivíduos que testaram a simulação sem som (12 respondentes), apenas 3 respostas apontam que a presença de som associados ao movimento da bola não poderia auxiliar nesta percepção (cf. Tabela 15).

Os sons associados à animação poderiam ajudar a perceber qualitativamente o fenômeno? (SPS sem som)	
Sim	9
Não	3

Tabela 15 - Relação de respostas sobre os sons auxiliarem a perceber qualitativamente o fenômeno.

Dentre os que usaram a simulação com som e responderam “sim”, a reprodução dos bipes nos pontos de amplitude e na posição de equilíbrio ajudaram a perceber a diferença do período de oscilação conforme as alterações das condições iniciais, bem como as diferenças do movimento não amortecido e para o amortecido (cf. Figura 22).

Ajudou a perceber que ao diminuir o comprimento do fio, o período diminui também. O mesmo ao aumentar a gravidade local.
ver a cadencia dos pêndulo
Os bipes ficam mais frequentes se diminuir ou aumentar o comprimento do fio, alterando o período. Ver também quando a bola atingia a amplitude e o meio do referencial
Ajuda a identificar os pontos de amplitude e ponto mais baixo
dá pra entender a associação dos sons com a chegada do pêndulo nas amplitudes
Os sons no amortecimento ajudam pois mostram que o período diminui conforme a amplitude do movimento diminui também, já que os sons ficam mais frequentes
No amortecimento os sons ajudam a entender a desaceleração do pêndulo. Sem amortecimento, não tem diferença

Fig. 22 - Algumas respostas sobre a influência dos sons na percepção dos movimentos oscilatórios.

Para os indivíduos que utilizaram a simulação sem som e que responderam “sim”, também foram questionados sobre como estes sons poderiam ser utilizados, conforme a figura 23. É interessante notar que algumas das propostas destes alunos coincidem com as que foram implementadas na versão SPS com som, mas há diferenças a destacar na execução dos sons. Por exemplo, há quem sugira o uso de sons contínuos e que vão alterando a frequência em vez de bipes.

Se for associado a alguma mudança do movimento, é possível que sim
O som indicando aumento e diminuição da velocidade do pêndulo ao chegar e se afastar dos pontos de amplitude poderia dar uma noção sonora de oscilação
Sons poderiam oscilar de agudo para grave assim como o pêndulo oscila para a direita e esquerda, dando a noção de oscilação do movimento
Poderia haver um som que variasse junto o movimento do pêndulo, que pudesse oscilar em intensidade ou frequência
Um som que varia junto com a variação da posição do pêndulo no referencial
Poderia tocar um som oscilando junto com o movimento
Poderiam haver sons de tiques de relógio para assimilar com o movimento de oscilação

Fig. 23 - Reflexões dos indivíduos sobre a possibilidade de sons associados a animação para ajudar na percepção qualitativa do fenómeno.

Além disso, a presença constante de som na animação SPS com som foi maioritariamente aprovada, com 13 respostas considerando que os sons tiveram alguma utilidade, contra 2 respostas que acharam pouco útil ou desnecessário (cf. Gráfico 6).

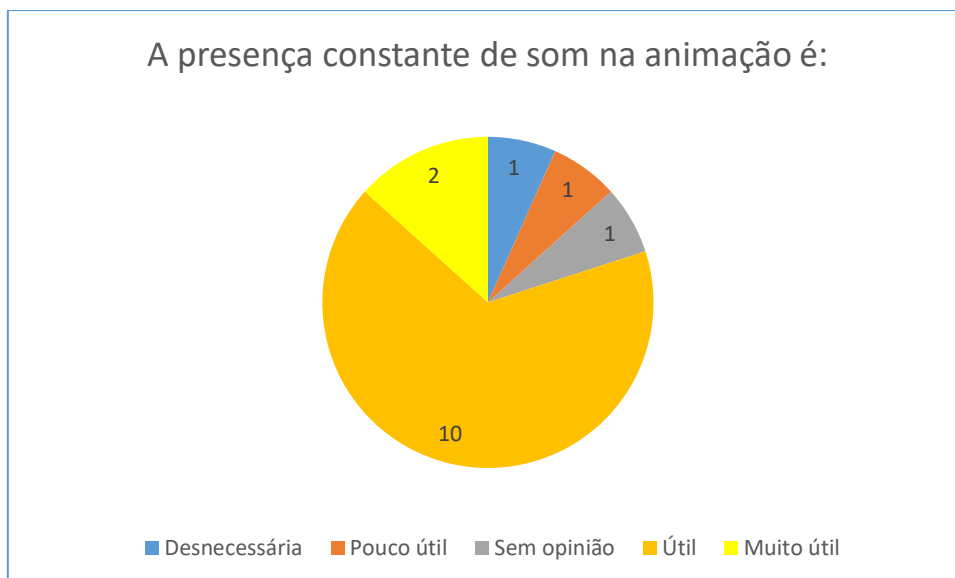


Gráfico 6 - Percepção dos indivíduos sobre a presença constante de som na animação.

Para um eventual aperfeiçoamento dos sons da animação para versões futuras, foi questionado também sobre as características dos bipes, mas a maioria dos indivíduos prefere que não seja feita qualquer alteração (cf. Gráfico 7).

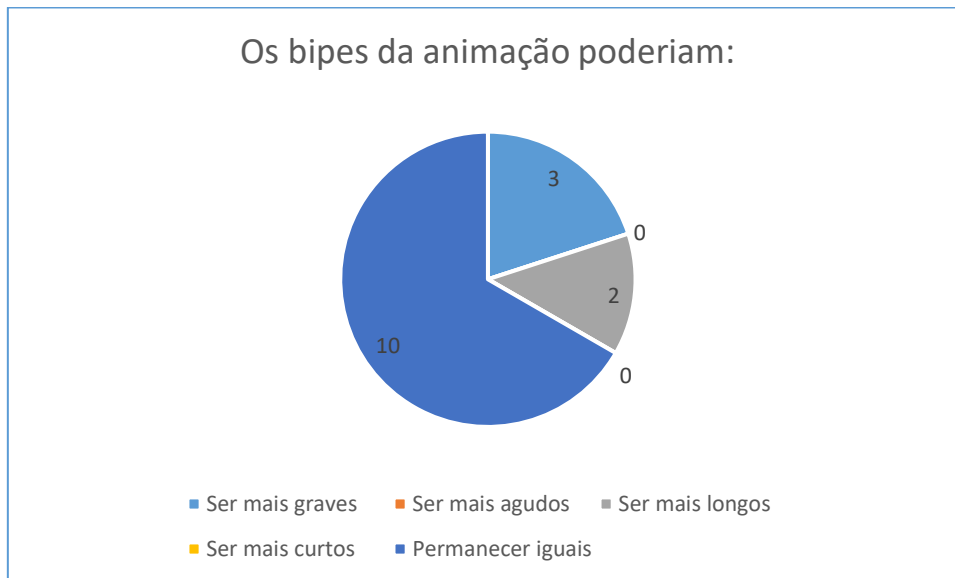


Gráfico 7 - Reflexão dos indivíduos sobre possíveis alterações nos bipes da animação.

5.2.2 Assistente virtual

Tal como na simulação SLV, primeiramente é necessário avaliarmos se os textos dos menus (Apresentação, Introdução, Atividades e Ajuda) estavam claros e entendíveis. Os indivíduos que testaram a simulação com som (cf. Tabela 16) apresentam um padrão de respostas semelhante aos que testaram sem som (cf. Tabela 17).

O texto escrito da exploração é objetivo e claro? (SPS com som)	
Sim	13
Não	2

Tabela 16 - Percepção dos textos segundo os indivíduos que testaram a simulação com som.

Embora 2 respostas apontarem que o texto não é objetivo e claro, obtivemos 2 indicações para “Linguagem não clara” e 1 resposta para “Estrutura visual confusa”, admitindo, portanto, que pelo menos um dos alunos tenha percebido o texto claramente apesar de alguma dificuldade.

O texto escrito da exploração é objetivo e claro? (SPS sem som)	
Sim	11
Não	1

Tabela 17 - Percepção dos textos segundo os indivíduos que testaram a simulação sem som.

Para as respostas à SPS sem som, a única resposta negativa aponta para a estrutura visual confusa. Tal qual a SLV, este resultado reforça as limitações das páginas HTML geradas pelo EJS tal como foi anteriormente explicitado.

Quando os alunos que testaram a simulação sem som foram questionados se o texto falado poderia melhorar a compreensão do mesmo, 2 respondentes mostraram-se indiferentes ao uso dos sons, 3 afirmaram que não teria qualquer efeito positivo e 7 acharem que poderia ser benéfico para interpretação dos textos (cf. Tabela 18). Este resultado está de certo modo em sintonia com o que foi observado para a simulação SLV e é interpretado como devido à falta de contacto dos alunos com simulações que incorporam áudio, portanto desconhecedores do potencial deste recurso na aprendizagem.

Se o texto fosse falado, tal poderia melhorar a compreensão do texto?	
Sim	7
Indiferente	2
Não	3

Tabela 18 - Reflexão dos indivíduos sobre a possibilidade dos textos serem falados.

Quando avaliamos a opinião destes alunos acerca da incorporação do texto falado, perante esta aplicação específica, vemos que em 14 das 15 respostas, a assistente virtual é vista como uma ajuda na compreensão do texto (cf. Tabela 19).

O texto falado melhora a compreensão do mesmo?	
Sim	14
Não	1

Tabela 19 - Percepção dos indivíduos sobre a compreensão dos textos com a leitura dos mesmos pela assistente virtual.

Dentre estes mesmos 15 indivíduos, a presença constante de som nos textos é maioritariamente positiva, conforme se mostra no gráfico 8.

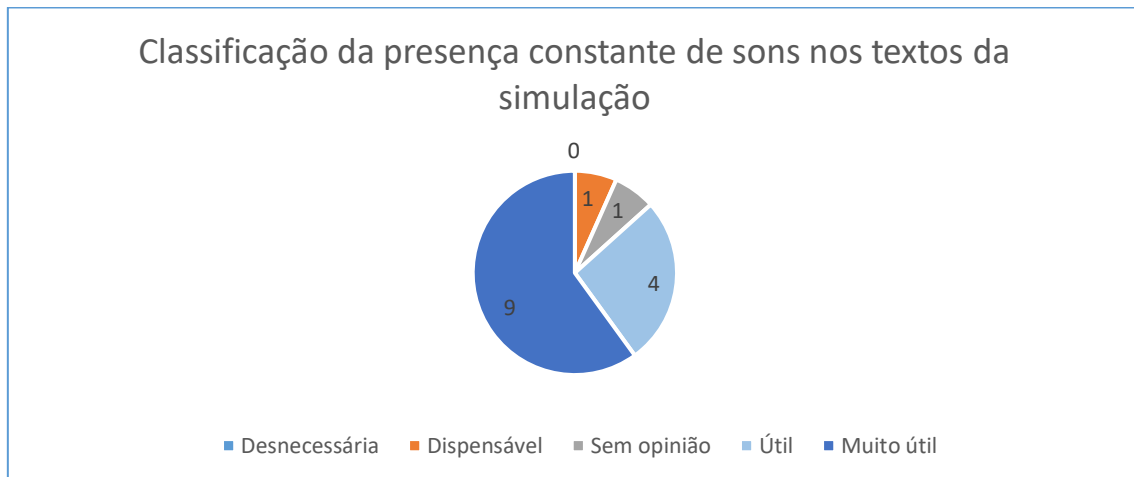


Gráfico 8 - Classificação da presença das falas dos textos pelos indivíduos.

Concentremos, agora, a nossa atenção nos resultados obtidos com os alunos que assumiram ter algum tipo de condição de saúde particular.

Tal qual a SLV, o número de indivíduos que explorou a simulação SPS (grupos G1 e G2) com alguma DAE é pequena, com apenas 3 estudantes disléxicos que testaram a SPS com som e 1 disléxico que testou a SPS sem som.

Com relação à facilidade em interpretar qualitativamente o movimento de oscilação do pêndulo simples, dos 4 alunos disléxicos, 3 acharam fácil entender o fenômeno e um achou que foi “nem fácil, nem difícil”. Dos 3 que testaram a SPS com som, todos responderam que a existência de sons durante a animação ajuda a entender qualitativamente o fenômeno e consideraram este recurso como “útil”, conforme os relatos da figura 24.

Foi mais perceptível de observar com mais atenção o movimento da bola

Dá para perceber os máximos e o ponto de equilíbrio com maior facilidade

É notável a diminuição da oscilação do pêndulo ao atingir pontos de amplitude no regime amortecido

Fig. 24 - Relatos dos indivíduos com dislexia sobre qual aspecto o som auxiliou na percepção qualitativa do fenômeno (Pêndulo simples).

Já em relação aos textos presentes na simulação, dos 4 estudantes disléxicos, apenas 1 não conseguiu identificar o texto da exploração como objetivo e claro, porém obtivemos uma resposta para “Linguagem não clara” e outra para “Estrutura visual confusa”.

No que tange à presença da assistente virtual para a leitura dos textos, 2 dos 3 estudantes com dislexia apontam que o texto falado melhora a compreensão da simulação, obtendo-se uma resposta para “útil”, “muito útil” e “sem opinião” com relação ao recurso da assistente virtual.

Considerações gerais e conclusões

Este estudo só foi possível graças ao comprometimento e disponibilidade de todos os inquiridos, uma vez que os inquéritos não constavam como parte obrigatória das atividades e sim como *feedback* dos OAs. Estes respondentes puderam ajudar, com respostas completas e gerais, a termos os resultados desejados para este trabalho, apesar do número de respostas abaixo do esperado. Os alunos disléxicos não fogem deste cenário, que ao analisando suas respostas individuais, mostraram percepções sucintas e confiáveis. Em geral, a qualidade das respostas demonstra o comprometimento em descrever a experiência de utilização dos OAs.

A colaboração com os professores, mesmo que nos limites possíveis, foi essencial para a realização deste trabalho, seja para traçar estratégias a fim de estimular o uso dos OAs pelos estudantes, seja para a realizações de reuniões para sincronizarmos as ações, bem como o *feedback* da receptividade dos professores por meio das entrevistas.

Com base nas respostas aos inquéritos escritos, constatou-se que o recurso à leitura dos textos das OAs tem valor pedagógico, já que auxilia na compreensão dos textos. A quase totalidade dos alunos que experienciaram as simulações com som concordam que o recurso áudio de leitura dos textos é benéfico à utilização da simulação e compreensão do que é necessário fazer. Mesmo entre os alunos que usaram a simulação sem som, esta particularidade específica é vista como benéfica por esses alunos, apesar de muitos não terem a mesma perspectiva relativamente ao uso generalizado dos sons nas simulações. Este aspecto parece indicar alguma desconfiança deste público relativamente ao potencial do recurso áudio por este ser desconhecido, o que já não acontece para o público que experiencia as simulações com áudio.

Assim, em relação aos recursos audiovisuais das animações, apesar de pelo menos um terço dos indivíduos afirmar que tais recursos são indiferentes, os estudantes com dislexia apontam que o recurso foi útil. Embora a amostra de indivíduos com DAE seja

relativamente pequena, os resultados obtidos nos inquéritos mostram que ela se mostra muito receptiva a estes recursos audiovisuais nas simulações, o que nos leva a concluir que se trata de uma incorporação acertada e que deve ser continuado num futuro próximo.

Em relação aos resultados menos positivos, é de suma importância atentarmos para a qualidade textual dos guiões para melhorar a clareza do texto, bem como utilizar outras ferramentas para execução da estrutura visual do texto e diferentes formatos de apresentação dos textos. Com a limitação do EjsS em possibilitar a escrita dos textos em uma página HTML, poderá ser viável, para próximas versões e outras simulações, a utilização de CSS para formatar e estilizar o texto gerado em HTML.

Outro ponto que reforçará não só o uso de HTML+CSS, mas a mudança da programação de Java para Javascript, é a receptividade dos alunos poderem usar as simulações em qualquer dispositivo, sem a necessidade do Java instalado na máquina. Apesar de não ter sido um impeditivo para esta investigação, as simulações executadas também em páginas *web*, *tablets* e *smartphones* democratizam ainda mais o acesso a estes recursos.

A partir das notas de campo geradas pela observação de uma das turmas (T5), percebeu-se que os estudantes reconhecem a identidade visual de um recurso digital com menus, representações e textos de ajuda, elementos presentes nas simulações produzidas aqui. A participação de quase toda a turma na atividade, inclusive de alguns alunos propondo alterações das condições iniciais do sistema fora das propostas do guião, foi uma situação que demonstrou curiosidade e compromisso dos alunos em utilizar o OA, mesmo que de forma assistida pelo investigador. Neste sentido, é satisfatório saber que o OA cumpriu, neste caso, o papel de recurso motivador para a experimentação científica.

Devido às restrições impostas pela pandemia de COVID-19, sentimos que os resultados dessa investigação não foram tão profundos ou abrangentes como desejávamos. Não conseguimos uma diversidade maior dos diferentes cenários em que os participantes fizeram parte, nem uma participação tão elevada quanto aspirávamos de estudantes com dislexia ou discalculia ou outra DAE. Apesar da quantidade e qualidade das respostas dos participantes e *feedback* dos professores, tivemos de nos contentar sem a realização de entrevistas aos estudantes, que poderia aumentar a credibilidade dos resultados obtidos pelos questionários, incapacitando uma maior abrangência das

conclusões. Entretanto e apesar destes constrangimentos, consideramos que isso não impediu que os objetivos da investigação fossem alcançados.

Ao finalizar este estudo, podemos afirmar com convicção nos resultados obtidos que os recursos audiovisuais integrados às simulações de física podem auxiliar os alunos na aprendizagem conceptual de cinemática (e, extrapolando, da física em geral). Em particular, destaque-se a aprendizagem dos fenómenos qualitativos e dos alunos com dislexia e discalculia, constituindo igualmente um elemento pedagógico adicional para alunos sem DAEs. É possível e até desejável, que a adaptação destes recursos audiovisuais possa ser aproveitada com benefício dos alunos para outras áreas da física que dependam de representações visuais para a sua compreensão, algo ainda a ser explorado em investigações futuras.

Esperamos, assim, que este trabalho possa incentivar e auxiliar outros profissionais da área da Educação a desenvolver e adaptar outros OAs e tornar os ambientes formais e informais de aprendizagem mais inclusivos.

Referências Bibliográficas

- Aguado Díaz, A. L. (1995). *Historia de las deficiencias*. Escuela Libre Editorial.
- Aires, L. (2011). *Paradigma qualitativo e práticas de investigação educacional*. Universidade Aberta.
- Almeida, M. S. C., Sousa Filho, L. F. D., Rabello, P. M., & Santiago, B. M. (2020). Classificação Internacional das Doenças-11ª revisão: da concepção à implementação. *Revista de Saúde Pública*, 54, 104.
- Apps de Física Walter Fendt. (2022). Disponível em: <https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/>. Acesso em 10/02/2022.
- Auvray, M., Hanneton, S., & O'Regan, J. K. (2007). Learning to perceive with a visuo—auditory substitution system: localisation and object recognition with 'The Voice'. *Perception*, 36(3), 416-430.
- Auvray, M., Hanneton, S., Lenay, C., & O'REGAN, K. E. V. I. N. (2005). There is something out there: distal attribution in sensory substitution, twenty years later. *Journal of integrative neuroscience*, 4(04), 505-521.
- Avila, Â. A. H. S., Schmidt, F. G., Wingert, M., & Klein, D. H. (2018). Discalculia e aprendizagem: um olhar psicopedagógico. *Revista Conhecimento Online*, 3, 41-56.
- Bach-Y-Rita, P., Collins, C., Saunders, F. et al. Vision Substitution by Tactile Image Projection. *Nature*, 221, 963–964 (1969)
- Barbosa, C. F. F. (2014). Dislexia: dificuldades de aprendizagem na escola.
- Basso, C. M. (2000). Algumas reflexões sobre o ensino mediado por computadores. *Linguagens & Cidadania*, 2(2).
- Batista, B. F., Rodrigues, D., Moreira, E., & Silva, F. (2019). TÉCNICAS DE RECOLHA DE DADOS EM INVESTIGAÇÃO: INQUIRIR POR QUESTIONÁRIO E/OU INQUIRIR POR ENTREVISTA?. *Metodologias de Investigação*, 13.
- Boehm, B. W. (1984). Software engineering economics. *IEEE transactions on Software Engineering*, SE-10 (1), 4-21.
- Boehm, B. W. (1988). A spiral model of software development and enhancement. *Computer*, 21(5), 61-72.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1992). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods*. Allyn & Bacon.
- BRANDÃO, L. P. M. (2015). *Dislexia: Características e Intervenções*. Especialização em Educação Especial e Inclusiva. Universidade Cândido Mendes. Rio de Janeiro: RJ.

- Brown, D. (2005). Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education. <https://physlets.org/tracker/>. Acesso em 25/05/2022.
- Camargo, E. D., & Nardi, R. (2007). Planejamento de atividades de ensino de Física para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 378-401.
- Carmo, D. (2022, February 21). Mais de um terço dos professores não tiveram qualquer formação para a tecnologia nas salas de aula. Público. Retrieved March 28, 2022, from <https://www.publico.pt/2022/02/21/sociedade/noticia/terco-professores-nao-qualquer-formacao-tecnologia-salas-aula-1996035>
- Carvalho, P. S. & Oliveira, A. C. S. (2021). Uso de simulações computacionais em aulas de Física: um estudo sobre a sua influência no processo de aprendizagem dos estudantes com deficiência. # *Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 10(1).
- Carvalho, P. S., Christian, W., & Belloni, M. (2013). Physlets e Open Source Physics para professores e estudantes portugueses. *Revista Lusófona de Educação*, 25(25).
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. Routledge.
- Coutinho, C. P. (2014). *Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas*. Leya.
- Cox, A. J., Belloni, M., Dancy, M., & Christian, W. (2003). Teaching thermodynamics with Physlets® in introductory physics. *Physics Education*, 38(5), 433.
- da Silva, J. F. B., & Coutinho, D. J. G. (2019). Alfabetização matemática de crianças com discalculia. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), 29714-29730.
- Dias, A. C. L. (2018). Conhecendo as deficiências para ensinar física: uma proposta baseada na CAA [Dissertação de mestrado]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
- Domingues, C. D. A., Sá, E. D. D., Carvalho, S. H. R. D., Arruda, S. M. C. D. P., & Simão, V. S. (2010). A educação especial na perspectiva da inclusão escolar: os alunos com deficiência visual: baixa visão e cegueira. *Brasília; Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial; Universidade Federal do Ceará*.
- dos Santos, Â. M., Carvalho, P. S., & Alecrim, J. L. (2019). O ensino de física para jovens com deficiência intelectual: uma proposta para facilitar a inclusão na escola regular. *Revista Educação Especial*, 32, 1-18.
- Easy Java Simulations. (2021). Disponível em: <https://www.um.es/fem/EjsWiki/Main/Foreword>. Acesso em 25/02/2022.

- Educapplus. (2022). Disponível em: <https://www.educapplus.org/>. Acesso em 25/02/2022
- Esquembre, F. (2004). *Creación de simulaciones Interactivas en JAVA*. Madrid, Ed. PrenticeHall.
- Esquembre, F. (2008). Easy Java Simulations Modeling and Authoring Tool (Version 4.0) [Computer software]. Disponível em: <https://www.compadre.org/Repository/document/ServeFile.cfm?ID=7305&DocID=478>. Acesso em 15/05/2022.
- FGV. (2022). *Pesquisa Anual do Uso de TI*. <https://eaesp.fgv.br/producao-intelectual/pesquisa-anual-uso-ti>. Acesso em 30/06/2022.
- Fiolhais, C., & Trindade, J. (2003). Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25, 259-272.
- Freitag, R. M. K. (2018). Amostras sociolinguísticas: probabilísticas ou por conveniência?. *Revista de estudos da linguagem*, 26(2), 667-686.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. Editora Atlas SA.
- Gugik, G. (2009). *A história dos computadores e da computação*. TecMundo, Curitiba.
- Halliday, D., Resnick, R. (1983). *Física 1* (Vol. 4). LTC.
- Halliday, D., Resnick, R., & Krane, K. S. (2010). *Physics*, Volume 2. John Wiley & Sons.
- Heller, S., Hohenwarter, M., Huber, M., & Schürer, R. (2001). *Der Chinesische Restsatz und seine Anwendung in Computer-Algebra-Systemen*.
- Hudson, D. (2019). *Dificuldades específicas de aprendizagem: Ideias práticas para trabalhar com: dislexia, discalculia, disgrafia, dispraxia, TDAH, TEA, Síndrome de Asperger e TOC*. Editora Vozes.
- INE, (2020, November 20). Aumentaram significativamente os utilizadores de internet e de comércio eletrónico. Mais que duplicou a percentagem dos utilizadores por motivos educativos - 2020. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUES_dest_boui=415621509&DESTAQUESmodo=2. Acesso em 28/03/2022.
- Khan, S. (2011). New pedagogies on teaching science with computer simulations. *Journal of Science Education and Technology*, 20(3), 215-232.
- Koper, R. (2003). Combining re-Usable Learning Resources to Pedagogical Purposeful Units of Learning In: Littlejohn, A. and Buckingham Shum, S.(Eds.) Reusing Online Resources (Special Issue). *Journal of Interactive Media in Education*, ISSN: 1365-893X.
- Laranjeira, C. A. M. (2015). *Dislexia em crianças e adolescentes-Perspetiva atual [Dissertação de mestrado]*. Universidade do Porto.

- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*.
- Lopes, F. S., Suave, R. N., & Nogueira, J. A. (2018). Uma revisão das aproximações lineares para grandes amplitudes de oscilações do período de um pêndulo simples. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40.
- Manzato, A. J., & Santos, A. B. (2012). A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa. *Departamento de Ciência de Computação e Estatística*. IBILCE–UNESP, 17.
- Marketeer. (2020). *Número de portugueses com smartphone triplica desde 2012*. <https://marketeer.sapo.pt/numero-de-portugueses-com-smartphone-triplica-desde-2012/>. Acesso em 25/05/2022.
- Massi, G., & Santana, A. P. D. O. (2011). A desconstrução do conceito de dislexia: conflito entre verdades. *Paidéia* (Ribeirão Preto), 21, 403-411.
- Medeiros, A., & Medeiros, C. F. D. (2002). Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 77-86.
- Moojen, S., Bassôa, A., & Gonçalves, H. (2016). Características da dislexia de desenvolvimento e sua manifestação na idade adulta. *Revista Psicopedagogia*. 33(100), 50-59.
- Observatório da Deficiência e dos Direitos Humanos. (2022). Disponível em: <http://oddh.iscsp.ulisboa.pt/index.php/pt/2013-04-24-18-50-23/publicacoes-dos-investigadores-oddh/item/557-relatorio-oddh-2021>. Acesso em 25/05/2022
- Pereira, A. F. (2001). Validade e fiabilidade em estudos com dados recolhidos por questionário: uma digressão pela literatura. *Estudos de Gestão – Portuguese Journal of Management Studies*, 6(1), 45-60.
- Perez, M. D. C. (2021). *Pra cego ver: desenvolvimento de simulações auditivas para o ensino de conceitos de eletromagnetismo de estudantes com deficiências visuais*. [Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul]. TEDE PUCRS. <http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/9862>
- PHET - Interactive Simulations. (2022). <https://phet.colorado.edu/pt/>
- Qi, S. H. E. N. (2010). Case study in contemporary educational research: conceptualization and critique. *Cross-cultural communication*, 5(4), 21-31.
- Rasteiro, D. (2017). *Percursos para a inclusão social em Portugal-Dois estudos de caso centrados nas políticas locais para as pessoas com necessidades especiais* [Tese de Doutorado, Universidad de Extremadura]. Repositório Comum. <http://hdl.handle.net/10400.26/19349>.

- Ribeiro, M. M. G., & Gomes, A. (2012). Recoloração de web conteúdos para daltônicos: recoloração de imagens. 2. *a Conferência Internacional em Design e Artes Gráficas* (pp. 470-473). ISEC.
- Robson, C., & McCartan, K. (2016). *Real world research*. Wiley Global Education.
- Royce, W. (1970). *Managing the Development of Large Software Systems*.
- Salton, B. P., Agnol, A. D., & Turcatti, A. (2017). Manual de acessibilidade em documentos digitais. Bento Gonçalves, RS: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul.
- Salvador, T. (2012). Modellus: Interface do software Modellus. <http://www.mat.uc.pt/~mat0839/Imagens/b.jpg>
- Soegeng, R. (1998). Simple simulation in physics education. *Proceedings from the 4th Australian Computers in Physics Education Conference*.
- Sousa, J. D., Casanova, J. L., Pedroso, P., Mota, A., Gomes, A., Seiceira, F., ... & Alves, T. (2007). *Mais Qualidade de Vida para as Pessoas com Deficiências e Incapacidades-uma estratégia para Portugal*. Centro de Reabilitação Profissional de Gaia. Disponível em: <https://repositorio.iscte-iul.pt/handle/10071/11914>. Acesso em 25/05/2022.
- Tarouco, L. M., Fabre, M. C. J. M., Grando, A. R., & Konrath, M. L. (2004). Objetos de Aprendizagem para M-learning. Florianópolis: SUCESU-Congresso Nacional de Tecnologia da Informação e Comunicação.
- Teles, P. (2004). Dislexia: como identificar? Como intervir?. *Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar*, 20(6), 713-30.
- Teodoro, V. D. (2004). Playing Newtonian games with Modellus. *Physics Education*, 39 (5), 421-428.
- Toledo Júnior, L. F. D. (2021). Tratamento do movimento oscilatório utilizando o ensino híbrido: uma proposta para o ensino médio [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos]. Repositório Institucional UFSCar. <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/14214>.
- Vaz, C., Rodrigues, M. R., Loureiro, A., Barbosa, I., & Antunes, P. (2009). Técnicas de recolha de dados de investigação qualitativa. *Proceedings of the XI SIIE'09*.
- Vygotsky, L. S. (1992). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins fontes.
- Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. *The instructional use of learning objects*, 2830(435), 1-35.
- World Health Organization. (2022). *CID-11*. Disponível em <https://icd.who.int/en>. Acesso em 25/05/2022.

Zerbato, A. P., & Mendes, E. G. (2018). Desenho universal para a aprendizagem como estratégia de inclusão escolar. *Educação Unisinos*, 22(2), 147-155.

Apêndice

Formulário Lançamento Vertical

Após a utilização da nossa simulação de Lançamento Vertical e suas atividades, gostaríamos que pudesse responder a algumas questões. Este é um questionário anônimo e não terá qualquer efeito na sua avaliação. Obrigado pela colaboração.

*Obrigatório

Informações individuais.

Por favor, apresente algumas informações confidenciais e individuais.

1. Nível de escolaridade *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 3º Ciclo (Portugal) / Ensino Fundamental (Brasil)
- ☐ Secundário (Portugal) / Ensino Médio (Brasil)
- ☐ Licenciatura (Portugal) / Graduação (Brasil)
- ☐ Outro: _____

2. Sexo: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Masculino
- ☐ Feminino

3. Saúde: *

(Assinala se tem algum problema de saúde, mesmo que em pequeno grau, de entre os indicados)

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Dislexia
- ☐ Disgrafia
- ☐ Disortografia
- ☐ Baixa Visão
- ☐ Não tenho problema de saúde
- ☐ Outro: _____

Questionário sobre a simulação

4. No primeiro item "atividade 1" quer-se saber se é possível identificar o movimento da bola, apenas pela observação da animação. Que elementos da animação (grandezas físicas, movimentação de objetos, etc) o ajudaram a chegar a uma resposta? *

5. As informações fornecidas na animação foram suficientes para descrever qualitativamente os movimentos da bola? E para a descrição quantitativa dos movimentos? *

6. Numa escala de 1 a 5, como classifica a facilidade em interpretar qualitativamente o movimento de queda ou ascensão da bola nesta simulação? *

1 - Muito difícil / 2 - Difícil / 3 - Nem fácil nem difícil / 4 - Fácil / 5 - Muito fácil

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	
Muito difícil	☐	☐	☐	☐	Muito fácil

7. A existência de sons durante o movimento da bola auxilia a sua percepção qualitativa do fenómeno? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não
- ☐ Sim

8. Se escolheu "sim" na pergunta anterior, em que aspecto o som auxiliou na percepção qualitativa do fenómeno? *

(caso tenha respondido "Não", escreva "Não")

9. O texto escrito da exploração da simulação nas diferentes atividades, é objetivo e indica com clareza o que se pretende fazer? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não
- ☐ Sim

10. Se respondeu "Não" à pergunta anterior, informe o(s) motivo(s): *

(caso tenha respondido "Sim", escreva "Sim" na outra opção)

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Linguagem não clara
- ☐ Estrutura visual confusa
- ☐ Outro: _____

11. O texto falado da exploração da simulação nas diferentes atividades melhora a compreensão da simulação? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não
- ☐ Sim

12. Como classifica a presença constante de som nos textos da simulação? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Desnecessária
- ☐ Dispensável
- ☐ Sem opinião
- ☐ Útil
- ☐ Muito útil

13. Se pudesse alterar alguma característica da voz da assistente, o que seria? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Fala mais rápida
- ☐ Fala mais lenta
- ☐ Mais pausas durante o texto
- ☐ Menos pausas durante o texto
- ☐ Opção de voz masculina
- ☐ Nada a alterar

14. Na tua opinião, a presença constante de som na animação é: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Desnecessária
☐ Dispensável
☐ Sem opinião
☐ Útil
☐ Muito útil

15. Os bipes da animação poderiam: *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Ser mais graves
☐ Ser agudos
☐ Ser mais longos
☐ Ser mais curtos
☐ Permanecer iguais

16. Os sons na animação (bips, som de impacto, etc) influenciam a sua percepção * do fenómeno?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

17. Se respondeu "Sim" à pergunta anterior, em que aspecto os sons na animação * têm influência na percepção do fenómeno?

(caso tenha respondido "Não", escreva "Não")

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Fig. A1 - Questionário aos indivíduos que testaram a SLV com som.

Formulário Lançamento Vertical

Após a utilização da nossa simulação de Lançamento Vertical e suas atividades, gostaríamos que pudesse responder a algumas questões. Este é um questionário anônimo e não terá qualquer efeito na sua avaliação. Obrigado pela colaboração.

*Obrigatório

Informações individuais.

Por favor, apresente algumas informações confidenciais e individuais.

1. Nível de escolaridade *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 3º Ciclo (Portugal) / Ensino Fundamental (Brasil)
☐ Secundário (Portugal) / Ensino Médio (Brasil)
☐ Licenciatura (Portugal) / Graduação (Brasil)
☐ Outro: _____

2. Sexo: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Masculino
☐ Feminino

6. Numa escala de 1 a 5, como classifica a facilidade em interpretar qualitativamente o movimento de queda ou ascensão da bola nesta simulação? *

1 - Muito difícil / 2 - Difícil / 3 - Nem fácil nem difícil / 4 - Fácil / 5 - Muito fácil

Marcar apenas uma oval.

- 1 2 3 4 5
Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

7. Se existisse som durante o movimento da bola, tal poderia auxiliar na percepção qualitativa do fenómeno? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não
☐ Sim

8. Se escolheu "sim" na pergunta anterior, em que aspecto o som poderia auxiliar na percepção qualitativa do fenómeno? *

(caso tenha respondido "Não", escreva "Não")

9. O texto escrito da exploração da simulação nas diferentes atividades, é objetivo e indica com clareza o que se pretende fazer? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não
☐ Sim

3. Saúde: *

(Assinala se tem algum problema de saúde, mesmo que em pequeno grau, de entre os indicados)

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Dislexia
☐ Disgrafia
☐ Disortografia
☐ Baixa Visão
☐ Não tenho problema de saúde
☐ Outro: _____

Questionário sobre a simulação

4. No primeiro item "atividade 1" quer-se saber se é possível identificar o movimento da bola, apenas pela observação da animação. Que elementos da animação (grandezas físicas, movimentação de objetos, etc) o ajudaram a chegar a uma resposta? *

5. As informações fornecidas na animação foram suficientes para descrever qualitativamente os movimentos da bola? E para a descrição quantitativa dos movimentos? *

10. Se respondeu "Não" à pergunta anterior, informe o(s) motivo(s): *

(caso tenha respondido "Sim", escreva "Sim" na outra opção)

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Linguagem não clara
☐ Estrutura visual confusa
☐ Outro: _____

11. Se o texto da exploração da simulação nas diferentes atividades fosse também falado, tal poderia melhorar a compreensão da simulação? (de uma justificação para a sua resposta) *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Fig. A2 - Questionário aos indivíduos que testaram a SLV sem som

Formulário Pêndulo Simples

Após a utilização da nossa simulação de Pêndulo Simples e suas atividades, gostávamos que pudesse responder a algumas questões. Este é um questionário anónimo e não terá qualquer efeito na sua avaliação. Obrigado pela colaboração.

*Obrigatório

Informações individuais.

Por favor, apresente algumas informações confidenciais e individuais.

1. Nível de escolaridade *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 3º Ciclo (Portugal) / Ensino Fundamental (Brasil)
☐ Secundário (Portugal) / Ensino Médio (Brasil)
☐ Licenciatura (Portugal) / Graduação (Brasil)
☐ Outro: _____

2. Sexo: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Masculino
☐ Feminino

6. Numa escala de 1 a 5, como classifica a facilidade em interpretar qualitativamente o movimento pendular com e sem amortecimento nesta simulação? *

1 - Muito difícil / 2 - Difícil / 3 - Nem fácil nem difícil / 4 - Fácil / 5 - Muito fácil

Marcar apenas uma oval.

- 1 2 3 4 5
Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

7. A existência de sons durante o movimento do pêndulo auxilia a sua percepção qualitativa do fenómeno? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não
☐ Sim

8. Se escolheu 'sim' na pergunta anterior, em que aspeto o som auxiliou na percepção qualitativa do fenómeno? *

(caso tenha respondido 'Não' na questão anterior, escreva 'Não')

9. O texto escrito da exploração da simulação nas diferentes atividades, é objetivo e indica com clareza o que se pretende fazer? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não
☐ Sim

3. Saúde: *

(Assinale se tem algum problema de saúde, mesmo que em pequeno grau, de entre os indicados)

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Dislexia
☐ Disgrafia
☐ Disortografia
☐ Baixa Visão
☐ Não tenho problema de saúde
☐ Outro: _____

Questionário sobre a simulação

4. Na atividade qualitativa 3, quer-se saber se é possível caracterizar o movimento da pêndulo apenas pela observação da animação. Que elementos da animação (grandezas físicas, movimentação de objetos, etc) o(a) ajudaram a chegar a uma resposta? *

5. As informações fornecidas na animação foram suficientes para descrever qualitativamente os movimentos do pêndulo? E para a descrição quantitativa dos movimentos? *

10. Se respondeu 'Não' à pergunta anterior, informe o(s) motivo(s): * (caso tenha respondido 'Sim' na questão anterior, escreva 'Sim' na outra opção)

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Linguagem não clara
☐ Estrutura visual confusa
☐ Outro: _____

11. O texto falado da exploração da simulação nas diferentes atividades melhora a compreensão da simulação? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não
☐ Sim

12. Como classifica a presença constante de som nos textos da simulação? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Desnecessária
☐ Dispensável
☐ Sem opinião
☐ Útil
☐ Muito útil

13. Se pudesse alterar alguma característica da voz da assistente, o que seria? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Fala mais rápida
☐ Fala mais lenta
☐ Mais pausas durante o texto
☐ Menos pausas durante o texto
☐ Opção de voz masculina
☐ Nada a alterar
☐ Outro: _____

14. Na tua opinião, a presença constante de som na animação é: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Desnecessária
☐ Pouco útil
☐ Sem opinião
☐ Útil
☐ Muito útil

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

15. Os bipes da animação poderiam: *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Ser mais graves
☐ Ser agudos
☐ Mais longos
☐ Mais curtos
☐ Permanecer iguais

16. Os sons na animação influenciam a sua percepção do fenómeno? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

17. Se respondeu "Sim" à pergunta anterior, em que aspeto os sons na animação têm influência na percepção do fenómeno? *

(caso tenha respondido "Não", escreva "Não")

Fig. A3 - Questionário aos indivíduos que testaram a SPS com som.

Formulário Pêndulo Simples

Após a utilização da nossa simulação de Pêndulo Simples e suas atividades, gostávamos que pudesse responder a algumas questões. Este é um questionário anónimo e não terá qualquer efeito na sua avaliação. Obrigado pela colaboração.

*Obrigatório

Informações individuais.

Por favor, apresente algumas informações confidenciais e individuais.

1. Nível de escolaridade *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 3º Ciclo (Portugal) / ensino Fundamental (Brasil)
- ☐ Secundário (Portugal) / Ensino Médio (Brasil)
- ☐ Licenciatura (Portugal) / Graduação (Brasil)
- ☐ Outro: _____

2. Sexo: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Masculino
- ☐ Feminino

6. Numa escala de 1 a 5, como classifica a facilidade em interpretar qualitativamente o movimento pendular com e sem amortecimento nesta simulação? *

1 - Muito difícil / 2 - Difícil / 3 - Nem fácil nem difícil / 4 - Fácil / 5 - Muito fácil

Marcar apenas uma oval.

- 1 2 3 4 5
- Muito difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito fácil

7. Se existisse som durante o movimento do pêndulo, tal poderia auxiliar na percepção qualitativa do fenómeno? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não
- ☐ Sim

8. Se escolheu 'sim' na pergunta anterior, em que aspecto o som poderia auxiliar na percepção qualitativa do fenómeno? *

(caso tenha respondido 'Não' na questão anterior, escreva 'Não')

9. O texto escrito da exploração da simulação nas diferentes atividades, é objetivo e indica com clareza o que se pretende fazer? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não
- ☐ Sim

3. Saúde: *

(Assinale se tem algum problema de saúde, mesmo que em pequeno grau, de entre os indicados)

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Dislexia
- ☐ Disgrafia
- ☐ Disortografia
- ☐ Baixa Visão
- ☐ Não tenho problema de saúde
- ☐ Outro: _____

Questionário sobre a simulação

4. Na atividade qualitativa 3, quer-se saber se é possível caracterizar o movimento da pêndulo, apenas pela observação da animação. Que elementos da animação (grandezas físicas, movimentação de objetos, etc) o(a) ajudaram a chegar a uma resposta? *

5. As informações fornecidas na animação foram suficientes para descrever qualitativamente os movimentos do pêndulo? E para a descrição quantitativa dos movimentos? *

10. Se respondeu 'Não' à pergunta anterior, informe o(s) motivo(s): *

(caso tenha respondido 'Sim' na questão anterior, escreva 'Sim' na outra opção)

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Linguagem não clara
- ☐ Estrutura visual confusa
- ☐ Outro: _____

11. Se o texto da exploração da simulação nas diferentes atividades fosse também falado, tal poderia melhorar a compreensão da simulação? (de uma justificação para a sua resposta) *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Fig. A4 - Questionário aos indivíduos que testaram a SPS sem som.

Transcrição da entrevista feita pelo autor designado como “E”, com o professor P1, designado por “P1”.

>E: Esta simulação e as atividades sugeridas no guião são adequadas aos estudantes? Por exemplo, estão sincronizadas com o conteúdo que aprenderam ou estão aprendendo?

>P1: Sim, foram adequadas e que inclusive foram usadas como trabalho para casa para reforçar o conteúdo passado em aula

>E: Em nenhum momento a simulação foi utilizada em sala de aula?

>P1: Não houve a possibilidade, pois teria que levar ao laboratório de informática, e ficou melhor coimo atividade para casa. Assim também eles conseguiam até fazer em grupos porque tinha aluno que não tem computador em casa ou fizeram as atividades na biblioteca da escola. Fica como sugestão também fazer essas simulações para celular já que quase todos têm celular.

>E: Certo, nesse caso houve uma resistência em usar a simulação pelo computador? Seria mais fácil utilizar no celular?

>P1: Sim, eu diria que seria mais fácil, não consigo dizer que tem alguns alunos que não têm computador e que não podem fazer uma atividade dessas, mas certamente o celular é uma forma que todo mundo tem de acessar uma simulação dessas.

>E: Aproveitando essa informação, a simulação é um arquivo autoexecutável, não necessitando de internet para usá-la. Seria mais prático caso essa simulação pudesse ser executada online, tanto pelo computador quanto pelo celular?

>P1: Acho que sim.

>E: Certo, se os alunos já têm uma familiaridade com essas tecnologias on-line, os alunos tiveram alguma dificuldade com o funcionamento de uma simulação ou eles nunca utilizaram uma simulação como Objeto de Aprendizagem?

>P1: É, eu não consigo dizer se antes das minhas aulas eles já tinham utilizado alguma simulação, mas eu não percebi dificuldades deles. Inclusive nós já usamos simulações do PHET para ilustrar algum fenômeno ou outro.

>E: Certo, nesse caso os alunos já tinham sido apresentados a outras simulações, mas não experimentaram com autonomia, é isso?

>P1: Sim, previamente eu não consigo dizer, mas utilizamos dessa forma para ilustrações.

>E: Com relação aos sons da simulação, os sons da animação causaram alguma confusão ou esclarecimento do fenômeno? Algum aluno relatou que teve dificuldade com a utilização do som?

>P1: Olha, tiveram alguns alunos que contaram que até facilitou o entendimento. Como acho que não tiveram muito contato com outras simulações, acho que isso não atrapalhou muito, e vi pelas respostas ao trabalho de casa que o entendimento deles foi bem satisfatório.

>E: Neste caso, os alunos foram autônomos utilizando as simulações?

>P1: Acredito que sim, o roteiro de exploração foi bem construído a ponto deles seguirem o roteiro e fazer as atividades da simulação sozinhos. Estava tudo bem encadeado, as atividades estavam encadeadas até o fim.

>E: E a assistente virtual fazendo a leitura dos textos e informando as alterações das condições iniciais feitas pelo usuário, pode ter auxiliado na interpretação do texto?

>P1: Eu creio que sim. Foi um ponto forte em possibilitar a independência do aluno na interpretação das atividades.

>E: Ótimo, e a utilização dos sons na animação foi um diferencial positivo ou até mesmo negativo para os alunos que utilizaram a simulação com som em relação aos que usaram a simulação sem som? Podemos tirar por base as respostas da atividade para casa.

>P1: Talvez tenha sido favorável, mas não dá para afirmar pois todos já tinham estudado o fenômeno e quem experimentou a simulação sem som talvez não tenha sentido falta. Mas os alunos que fizeram a simulação com som gostaram bastante. Neste aspecto o som foi favorável sim.

>E: Certo. E acha que a assistente virtual faria alguma diferença para os alunos que usaram a simulação sem som?

>P1: Seria indiferente, não tive nenhuma reclamação de que poderia haver algum recurso pra ajudar na leitura do texto e as respostas foram satisfatórias também.

>E: Neste caso, os sons da animação e o texto falado foram recursos positivos para a autonomia dos estudantes?

>P1: Acredito que sim, se não foram indiferentes, foram bons, e não houve reclamações sobre os sons.

>E: E existe algum elemento visual, escrito ou sonoro que deva ser modificado, implementado ou retirado da simulação? Isso do ponto de vista pedagógico.

>P1: Eu não tenho nada para alterar, ficou muito bem feito. Só fica a dica de ter uma versão para celular também.

>E: E teve algum aluno que teve dificuldade para habilitar e desabilitar os recursos da simulação?

>P1: Não, o único problema foi que alguns poucos alunos que não conseguiam executar o programa pois não tinham o Java instalado, mas fizeram com outros colegas e utilizaram o computador da biblioteca para fazer as atividades.

>E: A simulação como disse foi utilizada como atividade para casa e individualmente. Houve alguma colaboração entre os colegas para responder as atividades ou usar a simulação?

>P1: Teve, com certeza, é normal desses alunos trocar informações entre si.

Transcrição da entrevista feita pelo autor designado como “E”, com a professora P2, designada por “P2”

>E: Esta simulação e as atividades sugeridas no guião, são adequadas aos estudantes?

>P2: Sim, aos estudantes do 11ºano.

>E: A simulação foi utilizada para revisão do conteúdo, reforço do conteúdo ou introdução do conteúdo científico?

>P2: Revisão e reforço do conteúdo.

>E: A implementação da simulação foi uma atividade para casa, ou utilizada em sala de aula?

>P2: Foi utilizada em sala de aula.

>E: Os sons da animação podem ter causado confusão, ou esclarecimento, acerca do fenómeno, na generalidade dos alunos da turma?

>P2: Os sons da animação ajudam a esclarecer o fenómeno observado.

>E: A assistente virtual que faz a leitura dos textos e informa sobre as alterações feitas pelo utilizador, terá auxiliado a interpretação dos textos?

>P2: Sim, considero que auxilia.

>E: A presença de sons na animação foi um diferencial positivo ou negativo? E a presença da assistente virtual, foi um diferencial positivo ou negativo?

>P2: A presença dos sons na animação foram um referencial positivo e a assistente também de certo modo.

>E: Existem elementos que precisam ser melhorados, implementados ou retirados da simulação, do ponto de vista pedagógico? Se sim, quais?

>P2: Não.

>E: A autonomia do aluno em usar a simulação foi afetada pela presença de sons da animação? E pela presença da assistente virtual? Detalhar.

>P2: Suponho que não. Também não. A simulação é intuitiva.

>E: Houve algum aluno que teve dificuldades em habilitar/desabilitar os sons da simulação? Porquê?

>P2: Não.

>E: Se a simulação foi pedida para ser explorada individualmente, houve colaboração entre os estudantes para responder às atividades propostas? Se foi em grupos, a colaboração foi suficiente para entendimento do conteúdo?

>P2: A exploração foi feita em grupo e bem entendida.

>E: A presença de uma assistente virtual foi um elemento motivador ou desmotivador para os alunos, quando estes foram ler os textos da simulação?

>P2: Não considero imprescindível a presença da assistente virtual.

>E: Os sons da animação geraram incómodo, foram indiferentes ou geraram agrado nos alunos?

>P2: Geraram agrado aos alunos.

>E: Os sons da animação reforçaram a dificuldade da percepção do fenómeno, ou auxiliaram os alunos na percepção?

>P2: Auxiliaram os alunos na percepção.

>E: Algum aluno informou que não conseguiu utilizar/executar a simulação? Se sim, faltaram instruções ou foi outra a razão?

>P2: Não aconteceu.

>E: Houve resistência em utilizar um recurso pelo computador em vez do smartphone?

>P2: Suponho que não.

>E: A simulação, sendo autoexecutável, sem a necessidade de acessar a internet, foi uma vantagem, desvantagem ou indiferente?

>P2: Vantagem.

Textos em Português (Brasil) presentes na Simulação de Lançamento Vertical (SLV):

Aba “Introdução”

- Nesta simulação, uma bola de simetria esférica é lançada verticalmente. Neste sistema, as posições são dadas em metros e o tempo é dado em segundos.
- Para simplificar a simulação, não se considera o efeito da resistência do ar nem de empuxo sobre a bola.
- Apesar do movimento poder ocorrer até 100 metros, é desprezada a variação da força gravitacional dos planetas da simulação até esta distância.
- Para ter uma percepção auditiva do movimento da bola, é reproduzido um som de curta duração a cada 5 metros de deslocamento, tanto em movimento de subida quanto de descida.
- O tempo de duração do fenômeno, embora corretamente mostrado na janela da simulação, não reproduz a variação temporal real (trata-se de um movimento do tipo câmera-lenta).
- No lançamento de descida, a altura inicial da bola pode ser ajustada entre 10,00 e 100,00 metros, em intervalos de 10,00 metros. No lançamento de subida, a velocidade inicial pode ser ajustada para o intervalo indicado na simulação.
- Para estudar o movimento da bola, pressione o botão "Iniciar" para iniciar.

Aba “Atividades”

ATIVIDADES QUALITATIVAS

Atividade 1 - Queda e ascensão de um corpo no planeta Terra.

1. Selecione o planeta Terra e deixa cair a bola de uma altura inicial de pelo menos 30,0 metros. O intervalo de tempo que a bola demora a percorrer a mesma distância mantém-se sempre constante, ou varia? O que este acontecimento indica?
2. Como se comporta a velocidade da bola? Como caracteriza o seu movimento?
3. Habilite o lançamento de subida do corpo. Lance a bola verticalmente para cima com uma velocidade à tua escolha. Faça uma descrição do movimento da bola durante todo o lançamento e caracteriza-o qualitativamente.

Atividade 2 - Queda e ascensão de um corpo no planeta XPTO.

1. Selecione o planeta XPTO e deixa cair a bola de uma altura inicial igual à da Atividade 1. Compare os movimentos de queda da bola no planeta XPTO e na Terra, quais as diferenças e semelhanças encontradas?
2. Habilite o lançamento de subida do corpo. Lance a bola verticalmente para cima com uma velocidade à tua escolha. Faça uma descrição do movimento da bola durante todo o lançamento, caracteriza-o e compara-o com o que ele tem na Terra. Quais as diferenças e semelhanças encontradas?

ATIVIDADES QUANTITATIVAS

Atividade 3 - Lançamento vertical de subida no planeta Terra.

1. Habilite o lançamento de subida do corpo e selecione a velocidade de cerca de 15,00 m/s. A que altura o corpo chegará, aproximadamente?
2. E se selecionar o dobro desta velocidade, será que o corpo chega ao dobro da altura medida na situação anterior? Faça a tua previsão.
3. Execute a simulação e compare o resultado com a tua previsão. O que pode concluir acerca da relação entre a velocidade de lançamento e a altura máxima atingida?
4. Consegue identificar alguma relação entre o tempo de subida e o tempo de descida da bola? Justifique

Atividade 4 - Descobrir parâmetros físicos do movimento no planeta XPTO.

1. Habilite o lançamento de subida no corpo e selecione a velocidade de 35,00 m/s. Registre a altura máxima que a bola vai subir.
2. Repita o procedimento 1 para outros valores de velocidade (mínimo de 4 repetições distintas).
3. Faça uma representação gráfica relacionando o intervalo de tempo até a bola atingir a altura máxima e a velocidade de lançamento. O que pode concluir desse gráfico? Que grandeza física pode calcular dele e qual o valor obtido?

Nota: $a = (v_f - v_i) / (t_f - t_i)$

Aba “Ajuda”

- Na simulação, as linhas horizontais (virtuais) estão espaçadas de 5,00 metros. Quando a opção sonora está ativa, ouve-se um bip sempre que a bola cruza uma dessas linhas.
- A altura da bola e o tempo do lançamento são indicados no menu lateral, à direita.
- Quando acionado o lançamento vertical para cima, a altura inicial será sempre zero, ou seja, a bola será sempre lançada a partir do solo. Também será possível modificar o valor da velocidade de lançamento através de um cursor deslizante.
- Para correr a simulação, usa os botões de comando (Iniciar/Pausar, Retroceder Lento e Avançar lento). Existem também os botões "Reiniciar" e "Repetir", com o primeiro possibilitando voltar para as condições iniciais e o segundo botão apenas repetindo o lançamento e mantendo as condições escolhidas.
- Para acessar este e outros textos, é necessário pressionar o botão "Opções" e escolher os textos que queira ler/ouvir.

- Para ouvir os sons na simulação, basta clicar nas opções sonoras no menu "Sons da animação" para ouvir sons diferentes para "Bip" (passagem a cada 5,00 metros), "Lançamento da bola", "Altura máxima" e "Impacto no solo".

- A fim de simular uma medição experimental, foi criada propositadamente uma pequena flutuação nos valores das grandezas cinemáticas do corpo. Consequentemente, os valores gerados de posição e velocidade podem não ser os mesmos para dois lançamentos com as mesmas condições iniciais.

Textos em Português (Portugal) presentes na Simulação de Pêndulo Simples (SPS):

Aba “Introdução”

Introdução

- Nesta simulação, uma esfera está presa a um fio inextensível de massa desprezível - designado por pêndulo gravítico - que oscila em torno de um ponto fixo situado no teto. Neste sistema, as posições são dadas em metros e o tempo é dado em segundos.

- É possível considerar no sistema o atrito entre o pêndulo e o teto, assim como o atrito da esfera com o ar. Este sistema encontra-se próximo à superfície da Terra.

- Para ter uma perceção auditiva do movimento da esfera, é reproduzido um som de curta duração sempre que a bola está na posição de máxima abertura do movimento, bem como um outro som a indicar a passagem da esfera pela posição de equilíbrio do sistema. Um terceiro som é reproduzido ao fim do movimento.

- O tempo de duração do fenómeno, embora corretamente mostrado na janela da simulação, não reproduz a cadência temporal real (trata-se de um movimento do tipo câmara-lenta). A velocidade de reprodução pode ser influenciada pelo processador do computador.

- É possível alterar algumas condições iniciais do sistema, tais como:

- a) Comprimento do fio: entre 0,50 m e 1,00 m, em intervalos de 0,01 m;
- b) Massa da esfera: entre 0,10 kg e 5,00 kg, em intervalos de 0,10 kg;
- c) Ângulo inicial do pêndulo: entre -15° e 15° , em intervalos de 1° (Posição de equilíbrio não é selecionável);
- d) Gravidade local: entre $5,00 \text{ m/s}^2$ e $30,00 \text{ m/s}^2$, em intervalos de $1,0 \text{ m/s}^2$;
- e) Amortecimento do sistema;
- f) Origem dos eixos "X" e "Y".

- Para estudar o movimento da bola, prima o botão "Iniciar".

Aba “Atividades”

ATIVIDADES QUALITATIVAS

1. O que significa fisicamente o intervalo de tempo entre duas posições extremas consecutivas do pêndulo?
2. O que significa fisicamente o intervalo de tempo entre duas posições de equilíbrio consecutivas do pêndulo?
3. Averiguar, só pela observação da animação, o efeito produzido no período do movimento pendular por alteração das seguintes variáveis, fazendo o devido controlo de variáveis:
 - a. Comprimento do fio;
 - b. Massa da esfera;
 - c. Ângulo inicial;

d. Gravidade local.

4. Com base nos resultados da questão anterior, propor uma expressão matemática para o período do movimento pendular. Dica: Uso para esse efeito a análise dimensional.

5. Se o amortecimento do pêndulo for ativado, o que acontece:

a. ao período do movimento oscilatório?

b. à amplitude do movimento?

ATIVIDADES QUANTITATIVAS

1. Represente um gráfico da posição X e Y e da velocidade absoluta ao longo do tempo (regime sem amortecimento).

a. Que conclusões pode retirar desse gráfico acerca da periodicidade do movimento em X e em Y?

b. Quando é que ocorrem os máximos e mínimos da velocidade e da posição segundo X?

c. dos máximos e mínimos da velocidade e da posição segundo X.

2. Sem ativar o amortecimento, represente um gráfico das energias cinética, potencial gravítica e mecânica em função do tempo. Que conclusões pode retirar acerca das transferências de energia no sistema?

3. Se ativar o amortecimento do pêndulo, de que forma prevê que isso vai influenciar as curvas do gráfico? Confronte as suas previsões construindo o respetivo gráfico e interprete, descrevendo por palavras, o resultado obtido.

Aba "Ajuda"

Quando a opção sonora está ativa, ouvem-se três sons diferentes: quando a bola está nas extremidades do movimento oscilatório, quando passa pela posição de equilíbrio, e quando o movimento chega ao seu fim.

Para correr a simulação, use os botões de comando (Iniciar, Pausar, Retroceder lento e Avançar lento). Existem também os botões "Repetir" e "Reiniciar". O botão Repetir possibilita executar a última animação. O botão reiniciar restaura as condições iniciais.

Para aceder a este e outros textos, é necessário premir o botão "opções" e escolher os textos que queira ler/ouvir.

É possível ouvir os sons referidos previamente através do menu "Sons da animação".

A fim de simular uma medição experimental, foi criada propositadamente uma pequena flutuação nos valores das grandezas cinemáticas do corpo.

Consequentemente, os valores gerados de posição e velocidade podem não ser exatamente os mesmos para dois lançamentos com as mesmas condições iniciais.