

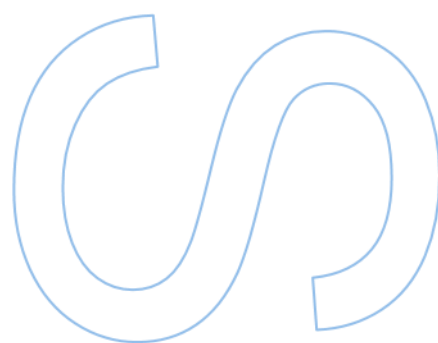
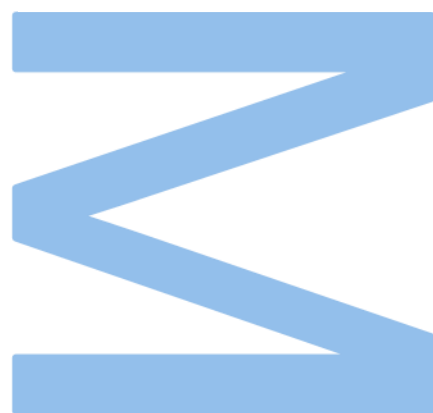
Explorando o Potencial das Simulações como Atividades Experimentais Virtuais

Mariana Silva Almeida

Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3.º ciclo do
Ensino Básico e no Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências/Departamento de Física e Astronomia
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2025



Explorando o Potencial das Simulações como Atividades Experimentais Virtuais

Mariana Silva Almeida

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado em
Ensino de Física e de Química no 3.º ciclo no Ensino Básico
e no Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências/Departamento de Física e Astronomia
2025

Orientador

Marcelo Dumas Hahn, Professor Auxiliar Convidado, Faculdade
de Ciências da Universidade do Porto

A todas as que lutaram para eu poder chegar aqui.

Agradecimentos

Aos professores da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, nomeadamente aos que me acompanharam neste Mestrado, pela ajuda em todo este processo, principalmente ao professor Marcelo Hahn.

À professora Dulce Peixoto cuja descontração, leveza e empatia permitiu que crescesse – nunca em altura, principalmente nunca à sua altura, metaforicamente e literalmente – como estagiária e como professora.

À minha família, que tem sido a âncora firme que me mantém no rumo, mesmo nas tempestades mais fortes desta jornada. E ao Mateus, por me ajudar a navegar essas tempestades com uma lente de inocência, de quem vê o mundo com olhos novos, pela primeira vez.

A todos os alunos que passaram pelas minhas mãos até ao dia de hoje: os que me deram dores de cabeça, os que se queixaram do meu sarcasmo, os que se recusam a corrigir os meus erros ortográficos e os que gozam com os mesmos, aos mais altos que eu e aos que ainda me irão ultrapassar.

Aos meus amigos e quão sortuda sou por ter tantos com quem contar. Aos que me acompanham desde os tempos de escola e ao grupo 6U pela capacidade de me ouvirem a lamentar sem revirar os olhos (acho eu, algumas de vocês estão tão longe...). Um especial agradecimento à Rita, que é a Química para a minha Física. Que me mantém em movimento com aceleração constante, mesmo quando eu esperava por uma força para me empurrar. E um especial agradecimento à Rya, que estabelece ligações invisíveis que mantém as nossas moléculas unidas, mesmo quando a separação parece longa demais.

Ao Hank Green e toda a equipa do *Crash Course*, que acenderam a chama da minha paixão pela educação nas ciências Física e Química e simultaneamente concederem-me o maior presente e o maior pesadelo da minha vida.

E por fim, a todos os que lutaram por uma educação democrática e igual para todos. Aos que compreendem a necessidade da educação como veículo da mudança de sistemas, como ferramenta da liberdade. Aos adeptos do ensino e divulgação da ciência para **todos** os cidadãos. Aos professores que diariamente incentivam os seus alunos a questionar a autoridade e a pensar criticamente.

“The classroom remains the most radical space of possibility in the academy.” – bell hooks em *Teaching to transgress* (1994)

Resumo

Este Relatório de Estágio descreve a implementação e avaliação de simulações como Atividades Experimentais Virtuais (AEVs) aplicadas na disciplina de Física e Química A do 11.º ano de escolaridade, avaliando a sua influência na motivação e autonomia dos alunos e no desenvolvimento de competências, através da observação direta da sua aplicação em sala de aula.

As AEVs desenvolvidas abrangeram conteúdos como a Lei da Gravitação Universal, o Movimento Circular Uniforme, a Lei de Faraday e a Lei de Snell-Descartes, tendo sido aplicadas em quatro momentos distintos antes da lecionação dos respetivos conteúdos teóricos nas aulas da turma de 11º ano, contando com a participação de 11 alunos, com objetivo de proporcionar um primeiro contacto investigativo com os fenómenos em estudo. Esta abordagem permite colmatar a escassa utilização de atividades experimentais como ponto de partida para a construção do conhecimento.

O estudo seguiu uma abordagem qualitativa, recorrendo à observação participante através de notas de campo e à realização de entrevistas semiestruturadas com os alunos, de modo a recolher dados sobre as suas perceções das AEVs.

Os resultados indicam que as AEVs foram, na sua maioria, bem recebidas pelos alunos, promovendo envolvimento ativo, motivação e autonomia na resolução das tarefas. Verificou-se também uma progressiva familiarização com a metodologia. No entanto, algumas dificuldades persistiram, sobretudo ao nível da interpretação de variáveis experimentais e da generalização dos resultados.

A implementação de AEVs pode representar uma estratégia eficaz para promover o ensino ativo e experimental.

Palavras-chave: Atividades Experimentais Virtuais, ensino ativo, ensino de Física, simulações

Abstract

This Internship Report outlines the implementation and assessment of simulations as Virtual Experimental Activities (VEAs) in the context of 11th-grade Physics and Chemistry A, investigating their influence on student motivation and autonomy as well as the development of skills, through direct observation of their use in the classroom.

The VEAs covered topics such as Newton's Law of Universal Gravitation, Uniform Circular Motion, Faraday's Law and Snell-Descartes' Law, and were applied at four different moments preceding the formal instruction of the theoretical content. The study counted with the participation of 11 students, with the aim of providing an initial investigative contact with the phenomena under study. This approach makes it possible to overcome the scarce use of experimental activities as a starting point for the construction of knowledge.

The study followed a qualitative approach, using participant observation through field notes and conducting semi-structured interviews with the students, to collect data on their perceptions of the VEAs.

Findings suggest that the VEAs were, for the most part, well received by the students, promoting active participation, curiosity and autonomy in solving the tasks. There was also a progressive adaptation with the methodology. However, some difficulties persisted, especially in the interpretation of experimental variables and the generalization of the results.

The implementation of VEAs can represent an effective strategy to promote active and experimental teaching.

Keywords: Virtual Experimental Activities, active teaching, Physics teaching, simulations

Índice

Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Abreviaturas	viii
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização da Investigação	1
1.2. Questões e Objetivos da Investigação	2
1.3. Organização e Estrutura do Relatório de Estágio	2
2. Dossier de Estágio.....	4
3. Enquadramento Didático.....	5
3.1. Recursos Didáticos	5
4. Enquadramento Teórico	7
4.1. Ensino Ativo e as Simulações como Ferramentas Pedagógicas	7
4.2. Lei da Gravitação Universal.....	8
4.3. Movimento Circular Uniforme	9
4.4. Lei da Indução Magnética	10
4.5. Lei de Snell-Descartes	10
5. Metodologia da Investigação	12
5.1. Classificação da Investigação	12
5.2. Caracterização da Amostra	12
5.3. Implementação das Atividades.....	13
5.4. Técnicas e Instrumentos de Recolha de Dados.....	14
5.4.1. Observações de Campo	14
5.4.2. Inquérito.....	14
5.5. Declaração Ética	16
5.6. Recolha de Dados.....	17
5.7. Tratamento de Dados.....	17
5.7.1. Notas de Campo	17

5.7.2. Entrevistas	17
6. Análise e Discussão dos Resultados	19
6.1. Notas de Campo	19
6.1.1. Atividade Experimental Virtual 1 - Lei de Gravitação Universal	19
6.1.2. Atividade Experimental Virtual 2 - Movimento Circular Uniforme.....	19
6.1.3. Atividade Experimental Virtual 3 - Lei da Indução Magnética	20
6.1.4. Atividade Experimental Virtual 4 - Lei de Snell-Descartes	20
6.1.5. Apreciação Geral	21
6.2. Entrevistas	21
6.3. Discussão Geral de Resultados	27
7. Conclusão.....	28
8. Reflexão autocrítica	30
Referências Bibliográficas	31
Apêndices.....	33
Apêndice 1 – <i>Guião de Exploração da AEV 1 – Lei da Gravitação Universal</i>	33
Apêndice 2 – <i>Guião de Exploração da AEV 2 – Movimento Circular Uniforme</i>	36
Apêndice 3 – <i>Guião de Exploração da AEV 3 – Lei de Faraday</i>	39
Apêndice 4 – <i>Guião de Exploração da AEV 4 – Lei de Snell-Descartes</i>	41
Apêndice 5 - <i>Guião de Entrevista Semiestruturada</i>	44
Apêndice 6 - <i>Transcrição das Entrevistas</i>	48
Apêndice 7 - <i>Parecer da Comissão de Ética da FCUP</i>	63
Apêndice 8 – <i>Consentimento Informado</i>	64
Apêndice 9 – <i>Assentimento Informado</i>	65

Lista de Tabelas

Tabela 1. Fases desenvolvidas no âmbito do estudo.	13
Tabela 2. Organização das perguntas em blocos temáticos.	16
Tabela 3. Categorias e Subcategorias identificadas na análise do conteúdo.	18

Lista de Figuras

Figura 1. Conteúdos do Dossier de Estágio. 4

Figura 2. Representação da reflexão e refração de um feixe de luz ao incidir numa superfície de separação entre dois meios. Estão representados os ângulos de incidência (θ_1), o ângulo de reflexão ($\theta_1' = \theta_1$) e o ângulo de refração (θ_2). (Acervo da autora) 11

Lista de Abreviaturas

AEV	ATIVIDADES EXPERIMENTAIS VIRTUAIS
DGE	DIREÇÃO-GERAL DA EDUCAÇÃO
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
FQ-A	FÍSICA E QUÍMICA A
IBL	INQUIRY-BASED LEARNING
IPP	INICIAÇÃO À PRÁTICA PROFISSIONAL
MCU	MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME
MEFQ	MESTRADO DO ENSINO DE FÍSICA E DE QUÍMICA NO 3.º CICLO DO ENSINO BÁSICO E DO ENSINO SECUNDÁRIO
PASEO	PERFIL DOS ALUNOS À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA
PES	PRÁTICA DO ENSINO SUPERVISIONADA

1. Introdução

A evolução dos contextos educativos contemporâneos, fortemente influenciada pela transição digital e pela necessidade de metodologias mais ativas e centradas no aluno, tem vindo a valorizar cada vez mais o papel das tecnologias interativas no ensino e na aprendizagem das Ciências.

As Aprendizagens Essenciais elaboradas para a disciplina de Física e Química A (FQ-A), que servem de base para a planificação, realização e avaliação do ensino e da aprendizagem, contribuem para o desenvolvimento das áreas de competências inscritas no *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória* (PASEO). Baseiam-se na articulação entre o conhecimento e o saber associado à capacidade de pensar de forma crítica e criativa. As contribuições da experimentação na disciplina envolvem o desenvolvimento de competências como a resolução de problemas, mas também a estimulação da autonomia e do desenvolvimento pessoal (DGE, 2018).

Para garantir que os alunos desenvolvem competências, os professores são encorajados a usar métodos diversos, mais do que nunca optando por métodos de aprendizagem ativa na sala de aula. Um dos recursos que pode ser usado para a mobilização de competências, principalmente em Física, é o uso de simulações interativas.

As simulações permitem que os alunos explorem relações entre variáveis, observem “fenómenos” em tempo real e repitam experiências de forma segura e controlada, além de contribuírem para a compreensão conceptual, promoverem a exploração ativa e incentivarem o raciocínio científico (Rutten et al., 2012).

Investigações sugerem que o importante na aprendizagem da Física é a manipulação, seja ela física ou virtual (Zacharia & Olympiou, 2011), apesar de não garantir ser sempre esse o caso. As Atividades Experimentais Virtuais permitem uma nova abordagem para desenvolver competências e conhecimentos dos alunos no domínio experimental. Ao permitir aos alunos mais intervenção na realização das atividades, como seria de esperar no laboratório, com recolha e análise de dados, ganha-se um instrumento que não só afeta a motivação, mas também contribui para o processo de aprendizagem dos alunos (Rodrigues & Carvalho, 2022).

1.1. Contextualização da Investigação

Este estudo foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Iniciação à Prática Profissional (IPP), incluindo a Prática de Ensino Supervisionada (PES), do Mestrado em

Ensino de Física e de Química no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário (MEFQ) que visa a compreensão e exploração de Simulações como Atividades Experimentais Virtuais (AEVs).

O estudo foi realizado com uma turma do 11.º Ano do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias do ensino secundário, durante o estágio pedagógico envolvido no IPP, tendo sido implementadas quatro AEVs ao longo de várias aulas. Os conteúdos abordados, nomeadamente, a Lei da Gravitação Universal, o Movimento Circular Uniforme, a Lei da Indução Magnética e a Lei de Snell-Descartes, integram o programa da disciplina e foram trabalhados de forma promover o envolvimento ativo dos alunos, o desenvolvimento da autonomia e outras competências relacionadas com a análise de dados, assim como a motivação para a realização das mesmas. Destaca-se que as simulações foram implementadas antes da leção dos conteúdos, assumindo um papel de atividades investigativas para a formalização dos conteúdos teóricos.

1.2. Questões e Objetivos da Investigação

Este estudo tem como principal objetivo compreender o contributo da utilização de simulações como Atividades Experimentais Virtuais em alunos do 11.º Ano da disciplina de Física e Química A. Em particular, pretende-se investigar de que forma estas atividades podem:

- Promover a motivação dos alunos na construção do conhecimento;
- Mobilizar competências (autonomia, processual, etc.) dos alunos para a obtenção de dados “virtuais” e a sua posterior análise, a partir do uso de simulações como AEVs.

Deste modo, foram formuladas duas questões de investigação:

1 – As AEVs permitem que os alunos mobilizem competências, tais como, o raciocínio e resolução de problemas, o pensamento crítico e a autonomia, previstas no Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO)?

2 – Será que a utilização de AEVs promove a motivação na realização das atividades propostas? Se sim, de que forma?

1.3. Organização e Estrutura do Relatório de Estágio

O presente relatório encontra-se estruturado em oito capítulos, organizados de forma a refletir o percurso desenvolvido ao longo da investigação e da prática pedagógica. Após o capítulo introdutório, segue-se uma descrição sucinta do Dossier de Estágio, elaborado no âmbito da PES. Os capítulos três e quatro apresentam, respetivamente, o

enquadramento didático e o enquadramento teórico da investigação, onde se exploram temas como a utilização de AEVs, o ensino ativo e os principais conteúdos de Física que sustentam as atividades implementadas.

Os capítulos cinco e seis descrevem, por sua vez, a metodologia da investigação adotada e a análise e discussão dos resultados obtidos. Finalmente, o relatório encerra com um capítulo de conclusões e considerações finais, no qual se sintetizam os principais contributos do estudo, acompanhado de um capítulo de reflexão autocrítica sobre o processo desenvolvido.

2. Dossier de Estágio

Neste capítulo é apresentado o documento que compila as atividades realizadas ao longo do ano no âmbito da Unidade Curricular de *Iniciação à Prática Profissional*, incluindo a *Prática de Ensino Supervisionada*. Este documento, com o título de *Dossier de Estágio*, contempla as atividades realizadas ao longo do ano letivo com a turma de 7.º ano, a turma de 11.º ano e a turma de 12.º ano, incluindo planos de aula com os respetivos recursos, atividades extracurriculares e não letivas realizadas no núcleo de estágio e documentos de apoio à lecionação. O núcleo de estágio foi constituído por mim, professora estagiária, pela professora orientadora cooperante Maria Dulce Peixoto e pela professora estagiária Cláudia Martins, sob a supervisão do professor Marcelo Dumas Hahn e da professora Carla Morais da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Os conteúdos presentes no mesmo são apresentados na **Figura 1** e o *Dossier* pode ser acedido no seguinte *website*: <https://shorturl.at/lrZHW>.

Índice	
Lista de Tabelas	5
Lista de Figuras	6
Lista de Abreviações	7
1 Dossier de Estágio – Informações Gerais	8
1.1 Caracterização da Escola ¹	8
1.2 Caracterização das turmas	9
1.2.1 7.º A	9
1.2.2 11.º D	10
1.2.3 12.º D	10
2 Regências	11
2.1 Física de 11.º Ano	12
2.1.1 Aula n.º 1 e 2 – Plano de aula e recursos	12
2.1.2 Aula n.º 3 e 4 – Plano de aula e recursos	23
2.1.3 Aula n.º 5 e 6 – Plano de aula e recursos	33
2.1.4 Aula n.º 7 e 8 – Plano de aula e recursos	37
2.2 Física de 7.º Ano	46
2.2.1 Aula n.º 1 – Plano de aula e recursos	46
2.2.2 Aula n.º 2 – Plano de aula e recursos	51
2.2.3 Aula n.º 3 – Plano de aula e recursos	55
2.3 Química de 11.º Ano	62
2.3.1 Aula n.º 1 – Plano de aula e recursos	62
2.3.2 Aula n.º 2 e 3 – Plano de aula e recursos	69
2.3.3 Aula n.º 4 e 5 – Plano de aula e recursos	78
2.3.4 Aula n.º 6 – Plano de aula e recursos	81
2.3.5 Aula n.º 7 e 8 – Plano de aula e recursos	85
2.3.6 Aula n.º 9 e 10 – Plano de aula e recursos	87
2.4 Química de 7.º Ano	93
2.4.1 Aula n.º 1 – Plano de aula e recursos	93
2.4.2 Aula n.º 2 – Plano de aula e recursos	101
2.4.3 Aula n.º 3 – Plano de aula e recursos	106
3 Apoio à docência	113
3.1 Elaboração de instrumentos de avaliação	113
3.1.1 1.ª Questão de aula do 11.º Ano	114
3.1.2 Rúbrica de Avaliação do trabalho de pesquisa com auxílio do programa Tracker	115
3.1.3 1.ª Teste de Avaliação do 7.º Ano	117
3.1.4 2.ª Teste de Avaliação do 11.º Ano	120
3.1.5 2.ª Teste de Avaliação do 7.º Ano	125
3.1.6 3.ª Questão de aula do 7.º Ano	129
3.1.7 3.ª Teste de Avaliação do 11.º Ano	131
3.1.8 3.ª Teste de Avaliação do 7.º Ano	136
3.1.9 4.ª Questão de aula do 7.º Ano	139
3.1.10 4.ª Teste de Avaliação do 11.º Ano	141
3.2 Atividades Formativas	145
3.2.1 Atividade “Já te perguntaste por que Plutão não é considerado um planeta?”	145
3.2.2 1.ª Teste de Avaliação Formativa do 11.º Ano	147
3.2.3 2.ª Teste de Avaliação Formativa do 11.º Ano	152
3.3 Outras	157
3.3.1 Olimpíadas de Física da ESIC	157
3.3.2 Olimpíadas de Astronomia da ESIC	161
3.3.3 Documento de Apoio ao QUALIFICA	166
3.3.4 Documento de Apoio aos Projetos de 12.º Ano	167
4 Reuniões	168
5 Atividades extracurriculares	170
5.1 Palestras	170
5.1.1 “Conhecer as estrelas do nosso céu”	170
5.2 Olimpíadas da Astronomia Júnior	171
5.3 Qualifica – Feira de Educação, Formação e Juventude	174
5.4 Aula ao CAA	175
6 Outras atividades	176
6.1. Outras Palestras	176
6.1.1 A Visita Do Sr. Engenheiro Álvaro De Campos	176
6.1.2 Exploração Mineira	177
6.1.3. Palestra da PhysikUP: núcleo de estudantes da FCUP	178
6.2 Ação de Formação	179
6.2 Pensar a Escola I – Envolver@Comunicar	179
6.3. Visitas de Estudo	180
6.3.1. Visita de Estudo às Serras de Santa Justa e Pias	180
6.4. Live ESIC’25	181
6.5. Natal ESIC	184
7 Reflexão autocritica	186

Figura 1. Conteúdos do Dossier de Estágio.

3. Enquadramento Didático

As temáticas abordadas nesta investigação têm como base os documentos orientadores do currículo nacional nomeadamente as Aprendizagens Essenciais de FQ-A do 11.º ano de escolaridade publicadas pela Direção-Geral da Educação (DGE, 2018), onde os conteúdos utilizados nas atividades desenvolvidas encontram-se inseridos em dois domínios da área da Física:

- A Lei de Gravitação Universal insere-se no domínio de *Mecânica*, no subdomínio *Interações e seus efeitos*, enquanto o estudo do Movimento Circular Uniforme insere-se no mesmo domínio, no subdomínio *Forças e Movimentos*.
- A Lei de Faraday e a Lei da refração da luz inserem-se ambas no domínio de *Ondas e Eletromagnetismo*, no subdomínio *Eletromagnetismo e ondas eletromagnéticas*.

Para além da articulação com os conteúdos disciplinares, este estudo está igualmente alinhado com diversas áreas de competências previstas no PASEO (DGE, 2017), destacando-se:

Raciocínio e resolução de problemas, uma competência central no ensino das Ciências, que envolve a capacidade de interpretar dados experimentais, formular hipóteses, aplicar conhecimentos em situações novas e construir conhecimento com base na análise de evidências;

Pensamento Crítico e pensamento criativo, traduzido na capacidade de observar, questionar, argumentar com base em diferentes premissas, interpretar relações e justificar conclusões;

e **Desenvolvimento pessoal e autonomia**, visível na capacidade dos alunos se envolverem autonomamente nas tarefas propostas, com motivação para aprender, no espírito de iniciativa e tomada de decisões fundamentadas, integrando pensamento, emoção e comportamento para uma autonomia crescente.

3.1. Recursos Didáticos

Os guiões de Exploração das AEVs são originais tendo sido elaborados pela investigadora, pelo orientador da FCUP e pela orientadora da escola. Dos quatro guiões, três envolvem o uso de folhas de cálculo para recolha e análise de dados, enquanto um foca-se numa análise qualitativa.

Os guiões de exploração das AEV encontram-se disponíveis para consulta nos Apêndices 1 a 4, onde se apresenta a versão integral de cada um.

O primeiro guião de exploração da AEV sobre a Lei da Gravitação Universal tem como objetivo a inferência das relações matemáticas entre as variáveis força, F , massas, m_1 e m_2 e distância, r , culminando na respetiva formulação da Lei, assim como a determinação da constante G .

Com objetivos semelhantes ao anterior, o segundo guião foca-se no Movimento Circular Uniforme, encontrando relações matemáticas entre as variáveis força, F , massa, m e raio, r , e a respetiva formulação da relação matemática para a aceleração centrípeta.

O terceiro guião propõe uma análise qualitativa sobre a geração de correntes elétricas por campos magnéticos. Permite a análise das variações do fluxo magnético, Φ_B , e a exploração das condições necessárias para que os campos magnéticos induzam correntes elétricas.

O quarto, e último, guião tem como objetivo a exploração de fenómenos óticos na interface entre dois meios, com a inferência da relação entre os ângulos de incidência e de refração.

4. Enquadramento Teórico

4.1. Ensino Ativo e as Simulações como Ferramentas Pedagógicas

O ensino ativo é um método de ensino que envolve os alunos no processo de aprendizagem. Este método contrasta com os modelos expositivos do ensino, muitas vezes denominados de “tradicionais”, no qual o aluno é, sobretudo, recetor passivo da informação (Prince, 2004). O ensino ativo demonstra ser eficaz no aumento do desempenho dos alunos (Freeman et al., 2014) e tem sido associado ao desenvolvimento de competências transversais, como a autonomia, comunicação e pensamento crítico (Michael, 2006).

A utilização de simulações no ensino das Ciências tem vindo a consolidar-se como uma estratégia pedagógica eficaz para apoiar e, em alguns casos, complementar a realização de atividades experimentais laboratoriais. Por exemplo, as simulações computacionais podem ser utilizadas para permitir que os alunos observem fenómenos científicos que não seriam possíveis de reproduzir com precisão ou facilidade na realidade (Park, 2019).

Num contexto em que os constrangimentos logísticos, materiais e temporais frequentemente limitam o acesso ao laboratório escolar, torna-se necessário encontrar abordagens alternativas que conservem o carácter investigativo e prático do ensino experimental (Rodrigues & Carvalho, 2022). Neste âmbito, ainda de acordo com os autores, surge o conceito de simulações computacionais interativas desenhadas especificamente com o objetivo de desenvolver competências experimentais e promover a utilização do método científico em contexto virtual. Desta forma, é possível existir intervenção humana simulando o controlo de variáveis que ocorrem num laboratório, possibilitando a experimentação por meio de simulações computacionais usadas para fins pedagógicos, surgindo uma nova abordagem às simulações interativas: Atividades Experimentais Virtuais.

Em particular, os professores utilizam simulações para ajudar os seus alunos a desenvolver a compreensão, envolver-se em processos científicos e aumentar a motivação (Price et al., 2019). Os aspetos mais valorizados pelos professores são as visualizações, a possibilidade de manipulação e a capacidade de realizar e observar fenómenos que, de outro modo, não seriam possíveis na sala de aula.

Neste contexto, destaca-se a metodologia de *Inquiry-Based Learning* (IBL), ou aprendizagem baseada na investigação, como estratégia particularmente alinhada com o uso de AEVs. Este modelo pedagógico enquadra-se no ensino ativo, colocando os

alunos no papel de “investigadores” ao incentivá-los a formular perguntas, desenvolver hipóteses, explorar dados e construir conclusões baseadas em evidências (Pedaste et al., 2015). O método é baseado numa teoria construtivista da aprendizagem, que defende que os alunos criam a sua compreensão através da participação ativa no processo de aprendizagem (Bada & Olusegun, 2015).

Em contextos de ensino secundário, metodologias como o *guided inquiry* têm-se revelado eficazes para introduzir estudantes aos processos científicos, oferecendo um equilíbrio adequado entre autonomia e suporte docente (Orosz et al., 2023). Estudos indicam que a utilização de simulações virtuais em ambientes de *guided inquiry* favorecem a compreensão conceptual e a retenção de conteúdos em fenómenos de eletricidade e ondas (Espinoza, 2020). A aplicação das AEVs e dos respetivos guiões, antes da instrução teórica, enquadra-se nos princípios de IBL, e pode proporcionar aos alunos uma experiência de investigação exploratória que apoia a construção ativa de conhecimento.

4.2. Lei da Gravitação Universal

A Lei da Gravitação Universal, formulada por Isaac Newton, estabelece que entre quaisquer dois corpos pontuais existe uma força de atração gravitacional. Esta força é diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa (Tipler & Mosca, 2007).

Matematicamente, a força gravitacional $\vec{F}_{12}$ exercida por uma partícula de massa m_1 sobre outra de massa m_2 , separadas por uma distância, r , representada por um vetor $\vec{r}_{12}$, é dada por:

$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12} \quad (1)$$

onde $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ é a constante de gravitação universal; $\hat{r}_{12}$ é o vetor unitário na direção que une o centro de massa dos corpos 1 e 2, no sentido do corpo 1 para o corpo 2. O sinal negativo indica que se trata de uma força atrativa.

Esta força satisfaz a Terceira Lei de Newton, uma vez que a força que o corpo 1 exerce sobre o corpo 2 é igual em magnitude e direção e oposta em sentido à força que o corpo 2 exerce sobre o corpo 1: $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$.

A norma da força gravitacional entre duas massas pontuais, separadas por uma distância r , pode ser expressa por:

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2)$$

Esta equação aplica-se não apenas a objetos na Terra, mas também a corpos celestes e sistemas astrofísicos, tendo sido fundamental para descrever o movimento dos planetas, satélites e outros corpos sob a influência da gravidade. A sua “universalidade” é um dos marcos fundamentais da Física Clássica. No entanto essa validade tem limites, uma vez que não leva em consideração a velocidade finita de propagação da informação e não é adequada para descrever interações em campos gravitacionais muito intensos.

4.3. Movimento Circular Uniforme

Diz-se que uma partícula se encontra em movimento circular uniforme (MCU) quando se desloca ao longo de uma trajetória circular com velocidade escalar constante. Embora o valor da velocidade não se altere, a direção e o sentido da velocidade variam continuamente, o que implica a existência de uma aceleração (Halliday et al., 2013).

A velocidade, $\vec{v}$, é sempre tangente à trajetória, enquanto a aceleração $\vec{a}$ é dirigida radialmente para o centro do círculo, sendo por isso denominada aceleração centrípeta, dada por:

$$\vec{a}_c = \frac{v^2}{r} \hat{r} \quad (3)$$

onde r é o raio da trajetória.

A força responsável por manter o corpo em movimento circular é chamada de força centrípeta. Esta força não constitui um tipo novo de força, mas sim a designação da força (ou da resultante das forças) que atua em direção ao centro da trajetória circular, podendo corresponder, por exemplo, à força de tensão, à força de atrito ou à força gravitacional, conforme o contexto físico da situação (Halliday et al., 2013). A sua intensidade é dada por:

$$F = m a_c = m \frac{v^2}{r} \quad (4)$$

onde m é a massa da partícula.

O movimento circular uniforme é caracterizado por aceleração e força constantes em magnitude, mas variáveis em direção e sentido, pois os vetores estão sempre orientados para o centro do círculo.

4.4. Lei da Indução Magnética

Segundo Halliday et al. (2013), um dos princípios fundamentais do eletromagnetismo é que uma partícula com carga elétrica em movimento gera um campo magnético ao seu redor. Por consequência, uma corrente elétrica, ou seja, um fluxo orientado de partículas carregadas, também produz um campo magnético. Esta interligação entre eletricidade e magnetismo está na base do eletromagnetismo, que estuda os efeitos combinados dos campos elétricos e magnéticos.

O efeito inverso também pode ser verificado: um campo magnético variável pode gerar um campo elétrico, capaz de induzir uma corrente elétrica num circuito. Esta relação entre um campo magnético variável e o campo elétrico que ele induz constitui a base da chamada Lei de Faraday da Indução Eletromagnética.

A Lei de Faraday estabelece que uma força eletromotriz é induzida num circuito fechado sempre que o fluxo magnético através desse circuito varie no tempo. O valor desta força eletromotriz, e consequentemente da corrente induzida, depende da variação do fluxo magnético no tempo, e não da sua magnitude total. Esta Lei pode ser descrita matematicamente por:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (5)$$

Sendo ε a força eletromotriz induzida, Φ_B o fluxo magnético e o sinal negativo que indica que a corrente induzida produz um fluxo magnético que se opõe à variação do fluxo que a originou.

4.5. Lei de Snell-Descartes

A luz constitui o principal meio através do qual transmitimos e recebemos informação dos objetos que nos rodeiam e do Universo em geral. Trata-se de uma radiação eletromagnética, responsável pela transferência de energia entre a fonte emissora e o recetor (Serway & Jewett, 2013).

Quando uma onda atravessa a fronteira entre dois meios¹ nos quais a velocidade de propagação da onda é diferente, o seu percurso sofre um desvio. Este fenómeno, conhecido como refração, ocorre, por exemplo, quando a luz passa do ar para o vidro: como a velocidade da luz diminui no interior do vidro, o raio refratado desvia-se aproximando-se da normal. Inversamente, se a luz incidir do vidro para o ar, onde a sua

¹ Com uma incidência que não seja normal às superfícies

velocidade é maior, o raio refratado desvia-se afastando-se da normal (Tipler & Mosca, 2007).

O desvio depende da relação entre as velocidades de propagação da luz nos dois meios e do ângulo de incidência. Considerando v_1 e v_2 como os valores das velocidades da luz nos dois meios 1 e 2, respetivamente, e θ_1 e θ_2 os ângulos de incidência e refração, a relação entre estes parâmetros é dada por:

$$\frac{1}{v_1} \sin \theta_1 = \frac{1}{v_2} \sin \theta_2 \quad (6)$$

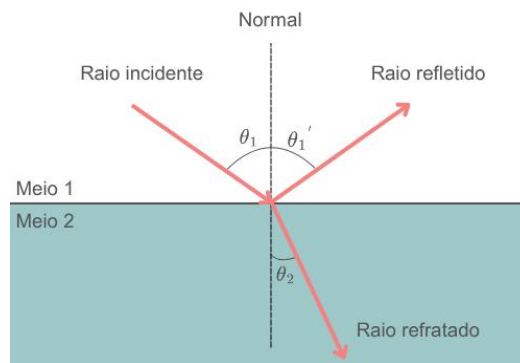


Figura 2. Representação da reflexão e refração de um feixe de luz ao incidir numa superfície de separação entre dois meios. Estão representados os ângulos de incidência (θ_1), o ângulo de reflexão ($\theta_1' = \theta_1$) e o ângulo de refração (θ_2). (Acervo da autora)

Ao combinar esta relação com a definição de índice de refração $n = \frac{c}{v}$, onde c é a velocidade da luz no vácuo, obtêm-se a Lei de Snell-Descartes:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (7)$$

Esta Lei foi formulada empiricamente por Willebrord Snellius no século XVII e depois formalizada por René Descartes anos mais tarde (Tipler & Mosca, 2007).

5. Metodologia da Investigação

5.1. Classificação da Investigação

Esta investigação trata-se de um estudo qualitativo com principal objetivo de compreender o contributo da utilização de AEVs. A implementação da investigação foi realizada no âmbito da PES com a turma de 11.º ano da professora orientadora cooperante.

Segundo Bogdan and Biklen (2007), a investigação qualitativa é caracterizada pela atenção aos significados atribuídos pelos participantes, pela análise descritiva e pela investigação em contexto natural. Permite ainda interpretar as reações, dificuldades, motivações e aprendizagens dos alunos a partir, por exemplo, da observação das suas interações durante as atividades.

Trata-se de um estudo delimitado a uma única turma do ensino secundário e uma sequência de atividades implementadas num contexto específico. Este estudo permite uma análise contextualizada de uma realidade, sendo adequado quando se pretende descrever a extensão à qual uma atividade foi implementada e o efeito específico sobre os participantes (Mills & Gay, 2019).

5.2. Caracterização da Amostra

O tipo de amostra utilizada foi uma amostra por conveniência, constituída por todos os alunos da turma do 11.º ano do Ensino Secundário. Este tipo de amostragem é comum em estudos qualitativos, uma vez que os sujeitos são selecionados não por representarem uma população, mas por estarem disponíveis e inseridos no contexto em análise (Cohen et al., 2007).

A amostra deste estudo é composta por 11 alunos do curso de Ciências e Tecnologias de uma Escola Secundária do concelho de Vila Nova de Gaia. Os alunos têm entre 16 e 17 anos de idade e encontram-se numa fase do percurso escolar em que se exige um maior grau de autonomia e consolidação de competências científicas.

Todos os 11 alunos participaram numa fase inicial da investigação, mas apenas 10 foram alvo de análise. Ainda assim, foi possível promover um estudo abrangente e representativo do grupo em questão.

Para garantir o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos, os alunos são referenciados ao longo do estudo com os identificadores genéricos Aluno 1 a Aluno 11, sem qualquer correspondência com os seus números escolares ou género.

5.3. Implementação das Atividades

O estudo dividiu-se em 2 fases diferentes. A primeira fase contemplou quatro momentos de aula diferentes ao longo do primeiro semestre em que houve a realização das quatro AEVs. A segunda fase envolveu a recolha de dados através de entrevistas semiestruturadas aplicadas a 10 dos alunos, como apresentado na **Tabela 1**.

Tabela 1.
Fases desenvolvidas no âmbito do estudo.

<i>Data</i>	<i>Descrição</i>	<i>Participantes</i>
Fase 1		
07/10/2024	Implementação do Guião de Exploração de uma Simulação Computacional sobre a Lei de Atração Universal	10
07/11/2024	Implementação do Guião de Exploração de uma Simulação Computacional sobre Movimento Circular Uniforme	11
09/01/2025	Implementação do Guião de Exploração de uma Simulação Computacional sobre a Lei da Indução Magnética	11
20/01/2025	Implementação do Guião de Exploração de uma Simulação Computacional sobre a Lei de Snell-Descartes	11
Fase 2		
21/03/2025 e 24/03/2025	Entrevistas	10

Fase 1

Como apoio à investigação desenvolveram-se quatro diferentes Guiões de Exploração das respetivas simulações a serem aplicados nas aulas. Apenas um dos guiões, referente ao estudo da Lei de Snell-Descartes, foi aplicado em aulas da regência da professora estagiária e investigadora deste estudo. Os restantes foram aplicados nas aulas da professora orientadora cooperante, cuja colaboração foi fundamental para a viabilização e continuidade do estudo. Ainda assim, a investigadora esteve presente em todos os momentos e colaborou nestas aulas.

Cada uma das atividades seguiu um modelo semelhante, como apresentado pelos guiões de exploração (Apêndice 1 ao 4). Para todas as atividades foi necessário um computador por grupo e acesso à *Internet*. A turma manteve os grupos para todas as atividades: quatro grupos de dois integrantes e um grupo com três.

Os guiões foram concebidos com base na lógica de um protocolo laboratorial e seguiam uma estrutura comum: (1) questões iniciais de exploração teórica e/ou contextualização, (2) realização da simulação, (3) recolha e análise de dados com apoio de uma folha de cálculo e (4) questões pós-atividade com dedução de relações e reflexão crítica.

Ao longo do processo, os guiões foram sendo ajustados e simplificados, dado que os alunos se familiarizaram com o formato, reduzindo a necessidade de instruções repetitivas. Ressaltamos novamente que as AEVs foram implementadas antes do conteúdo teórico ser lecionado.

Fase 2

Após a realização de todas as atividades, foram realizadas entrevistas semiestruturadas a 10 dos 11 alunos participantes. Apenas um aluno não esteve disponível para entrevista, mas participou integralmente nas atividades anteriores.

A entrevista seguiu um guião semiestruturado (Apêndice 5). O guião foi organizado em blocos temáticos, com questões alinhadas com os objetivos específicos e questões-problema do estudo, como é descrito com maior detalhe na secção 5.4.2.1.

As entrevistas foram gravadas em áudio e transcritas integralmente com o auxílio da ferramenta de transcrição automática do *Microsoft Word*. Após a transcrição automática, procedeu-se às correções necessárias. As transcrições encontram-se disponíveis no Apêndice 6.

5.4. Técnicas e Instrumentos de Recolha de Dados

Nesta investigação foram utilizadas duas técnicas de recolha de dados: a observação de campo e o inquérito. Para a observação de campo, o instrumento de recolha de dados foram as notas de campo e, para o inquérito, optou-se pela entrevista semiestruturada. Estas escolhas foram feitas devido ao tamanho da amostra e a natureza qualitativa do estudo.

5.4.1. Observações de Campo

A observação participante, segundo Mills and Gay (2019), permite ao observador envolver-se diretamente na situação observada. Possibilita assim recolher dados ricos, contextuais e sensíveis à dinâmica do ambiente escolar, particularmente eficaz quando se faz parte ativamente do processo educativo.

5.4.2. Inquérito

O inquérito é uma técnica de investigação que permite recolher informações diretas dos participantes do estudo, através de perguntas formuladas com base nos objetivos da investigação. Nesta investigação optou-se apenas por um instrumento, a entrevista semiestruturada, devido à quantidade reduzida de participantes na investigação.

5.4.2.1. Entrevistas

Num primeiro momento, com base na revisão da literatura e reflexão sobre as questões de investigação, elaborou-se um guião para a entrevista semiestruturada organizado em blocos temáticos. Para assegurar a validade do guião da entrevista foi realizado um processo de validação por pares com cinco especialistas nas áreas de Física e Educação em Física para avaliar a formulação das questões e a sua pertinência aos blocos.

A escolha de uma entrevista semiestruturada proporciona um equilíbrio entre a estrutura e flexibilidade, permitindo recolher dados com base em tópicos previamente definidos mas mantendo liberdade para explorar respostas espontâneas (Mills & Gay, 2019).

O guião da entrevista (Apêndice 5) foi organizado tendo em conta vários blocos temáticos que se enquadravam nos objetivos propostos do estudo, de modo a facilitar a resposta às perguntas orientadoras. A organização conteve 6 blocos temáticos, divididos em objetivos específicos a serem alcançados com as perguntas formuladas, cuja estrutura encontra-se representada na Tabela 2.

O primeiro bloco permitia comparar o objeto de estudo, as AEVs, com outras abordagens, focando na comparação com atividades práticas de laboratório e as preferências dos alunos. O segundo e terceiro bloco temático focavam-se nas perceções dos alunos, um sobre as competências mobilizadas com o estudo e outro no desempenho pedagógico. O quarto bloco pretendia avaliar as dificuldades encontradas. O quinto bloco avaliava preferências pessoais dos estudantes e o sexto focava-se em avaliações gerais.

Tabela 2.
Organização das perguntas em blocos temáticos.

Blocos Temáticos	Objetivos Específicos	N.º das questões
1. Perceção das simulações como AEVs em comparação a outras abordagens	1.1. Comparar a perceção dos alunos sobre a motivação entre as AEV e as atividades práticas de laboratório.	1.1.1.; 1.1.2.
	1.2. Identificar preferências dos alunos.	1.2.1.; 1.2.2
2. Mobilização de competências com o uso de AEV	2.1. Avaliar a mobilização de competências gerais.	2.1.1.
	2.2. Avaliar a mobilização de competências relacionadas com análise de dados.	2.2.1.; 2.2.2.; 2.2.3.
3. Perceção nas aprendizagens	3.1. Analisar o impacto na compreensão de conceitos abordados nas aulas.	3.1.1.; 3.1.2.; 3.1.3.
	3.2. Analisar a contribuição das AEV na confiança dos alunos.	3.2.1.
	3.3. Refletir sobre conceitos científicos específicos.	3.3.1.
4. Dificuldades e desafios	4.1. Identificar dificuldades relacionados à aplicação das AEV.	4.1.1.
	4.2. Identificar as dificuldades enfrentadas pelos alunos na realização das AEV.	4.2.1.; 4.2.2.; 4.2.3.
	4.3. Analisar dificuldades específicas.	4.3.1.; 4.3.2.
5. Preferências e motivações pessoais	5.1. Avaliar o método de trabalho.	5.1.1.
	5.2. Identificar as preferências dos alunos.	5.2.1.; 5.2.2.
6. Avaliação Geral	6.1. Identificar pontos fortes e fracos.	6.1.1.
	6.2. Avaliar a relação custo/benefício.	6.2.1.; 6.2.2.

Como se observa, os blocos 1, 3 e 4 são relevantes para a compreensão do grau de motivação dos alunos, enquanto o bloco 2 permite avaliar a mobilização de competências por parte dos alunos.

5.5. Declaração Ética

Este estudo foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética da FCUP (Proc. CE2025/p213 – Ver Apêndice 7).

Para garantir a participação ética, foi elaborado e distribuído um consentimento informado (Apêndice 8) para cada um dos encarregados de educação dos participantes, que foi devolvido devidamente preenchido e assinado, assim como um assentimento informado (Apêndice 9) a cada um dos alunos.

5.6. Recolha de Dados

Algumas informações foram sistematicamente registadas sob a forma de Notas de Campo que permitiram obter descrições dos comportamentos, reações, comentários e interações entre alunos assim como reflexões subjetivas da investigadora sobre os acontecimentos ao longo das atividades.

Complementarmente, foram realizadas entrevistas individuais após a conclusão das quatro atividades para recolher dados mais profundos e pessoais sobre a perceção dos alunos relativamente às AEVs.

A utilização de diferentes fontes de dados permitiu recorrer à triangulação, frequentemente valorizada em investigação qualitativa como estratégia para conseguir uma análise de maior alcance e riqueza (Coutinho, 2011). No presente estudo, essa triangulação foi assegurada através da articulação entre as notas de campo e as entrevistas, o que possibilitou uma compreensão mais fundamentada dos dados obtidos.

5.7. Tratamento de Dados

5.7.1. Notas de Campo

A observação direta do comportamento e participação dos alunos permitiu recolher dados relevantes sobre a sua motivação e evolução ao longo das simulações. As notas de campo naturalistas foram organizadas por atividade, analisadas e interpretadas qualitativamente, identificando padrões recorrentes de envolvimento e dificuldade.

5.7.2. Entrevistas

As entrevistas ocorreram após a realização de todas as atividades. A transcrição das entrevistas encontra-se no Apêndice 6.

Segundo Bardin (2016), a análise de conteúdo compreende um conjunto de instrumentos metodológicos para realizar uma análise sistemática e objetiva do conteúdo de um conjunto de dados, identificando padrões ou tendências. A análise foi feita por categorias apropriadas ao objeto de estudo deste trabalho. A categorização tem como primeiro objetivo fornecer uma representação simplificada dos dados (Bardin, 2016).

Apesar dos blocos temáticos inicialmente identificados para as questões na entrevista, foi possível, após análise exploratória das mesmas, perceber algumas categorias emergentes. As categorias e respetivas subcategorias encontram-se na Tabela 3. As 3

primeiras categorias relacionam-se com o objeto de estudo e a última categoria acrescenta outras avaliações feitas pelos alunos.

Tabela 3.
Categorias e Subcategorias identificadas na análise do conteúdo.

<i>Categorias</i>	<i>Subcategorias</i>	<i>Descrição</i>
1 - Atividade	1.1 - Implementação/Adequação	Avaliação da clareza e estrutura das AEVs
	1.2 - Dificuldades	Barreiras durante as atividades
	1.3 - Comparação com outras metodologias	Comparação com aulas práticas e outras metodologias
	1.4 - Impacto na Aprendizagem	Perceção de melhoria ou não
2 - Competências	2.1 - Autonomia	Capacidade de trabalhar sozinho, gerir tempos e decisões
	2.2 - Interpretação de dados	Envolvimento na análise de dados, interpretação de gráficos, pensamento crítico
3 - Motivação	3.1 - Motivação	Motivação gerada pelas AEVs
	3.2 - Preferências	Opiniões dos alunos
4 - Reflexão Final	4.1 - Avaliação Geral	Perceções gerais sobre as AEVs

6. Análise e Discussão dos Resultados

6.1. Notas de Campo

Na presente secção, procurou-se identificar padrões de envolvimento, motivação, dificuldades e evolução dos alunos ao longo das quatro AEVs aplicadas, relacionando-os com os objetivos do estudo.

6.1.1. Atividade Experimental Virtual 1 - Lei de Gravitação Universal

Este foi o primeiro momento de aula em que se aplicou as atividades descritas e esta atividade, em específico, provocou dificuldades iniciais significativas na interpretação do guião e dos objetos experimentais. Vários alunos mostraram frustração com o uso do *Google Sheets*, a folha de cálculo usada, e na compreensão da construção dos gráficos. Um dos alunos referiu: *Como construo gráficos?* (Aluno 3), evidenciando a incerteza na utilização de ferramentas digitais.

Alguns alunos levantaram questões sobre a necessidade de construir múltiplos gráficos para diferentes variáveis. Em particular, não compreendiam por que razão deveriam criar gráficos como força em função da massa 1, $F(m_1)$ e força em função da massa 2, $F(m_2)$. Esta dúvida revelou uma falta de perceção sobre a importância de controlar as variáveis em cada etapa da exploração das AEVs.

Houve progressos evidentes em grupos que conseguiram identificar as relações de proporcionalidade para a massa. Foram capazes de transpor a técnica para obter o gráfico da relação entre a força e a distância, $F(d)$. A partir desse gráfico concluíram que a relação matemática entre as grandezas não era linear, porém, não foram capazes de proceder à linearização dos dados antes de consultarem o guião de exploração.

Os grupos mais autónomos mostraram também mais envolvimento, e verbalizaram motivação: *Ai que giro, já percebi!* (Aluno 8). Alunos com mais dificuldades expressaram menor satisfação, como os alunos 5 e 6 que mencionaram que nunca tinham lá chegado sozinhos.

6.1.2. Atividade Experimental Virtual 2 - Movimento Circular Uniforme

Na aplicação da atividade seguinte notou-se uma evolução positiva em praticamente todos os grupos. Alunos que anteriormente tiveram dificuldades em registar os dados e analisá-los graficamente, conseguiram utilizar o que foi aprendido fazendo analogias entre fórmulas e conceitos.

Houve um reconhecimento claro e geral de que a massa não influenciava o tempo e os alunos foram capazes de deduzir as relações entre as variáveis força, velocidade e raio,

obtendo $F_c = \frac{mv^2}{R}$, com pouca ou nenhuma ajuda, o que levou a uma fluidez no trabalho de vários grupos, com alguns alunos a assumir papéis de ajuda entre pares. O uso dos dados foi mais eficaz e houve uma melhor gestão do tempo por parte dos alunos, com menos intervenção direta da professora ou da investigadora.

A simulação foi considerada mais intuitiva e gira por muitos alunos, e houve um envolvimento até por alunos que mostraram dificuldades anteriormente. Os comentários relevam satisfação crescente ao perceberem que conseguiam construir conhecimento com base em deduções próprias: *Gosto quando entendo* (Aluno 8).

Nas aulas teóricas subsequentes, vários foram os estudantes que mostraram a aplicação dos conhecimentos adquiridos por via da atividade, participando com mais frequência do que o habitual.

6.1.3. Atividade Experimental Virtual 3 - Lei da Indução Magnética

A abordagem qualitativa facilitou a compreensão para alguns alunos com maior dificuldade na álgebra. No entanto, em geral, houve dúvidas iniciais sobre conceitos como linhas de campo e fluxo magnético, que ainda não tinham sido abordados anteriormente. Ainda assim, tais dúvidas foram superadas com o apoio guiado da investigadora.

A aplicação da atividade permitiu que diversos conceitos fossem abordados a partir uma vertente exploratória ao longo da exploração da AEV, o que permitiu que os alunos verbalizassem as observações e tirassem conclusões teóricas de base empírica.

A AEV gerou envolvimento moderado, especialmente por ser visual e qualitativa, baseada apenas em observações. Produziu comentários por ser menos empolgante, principalmente para alunos com maior aptidão na vertente formal matemática, gerando diferentes níveis de envolvimento consoante o perfil do aluno. Foi a atividade que mais rapidamente se realizou uma vez que todos concluíram antes da aula terminar. Isto mostrou uma adaptação clara dos alunos à estrutura das AEVs comparada à primeira atividade.

6.1.4. Atividade Experimental Virtual 4 - Lei de Snell-Descartes

A última atividade foi considerada a mais difícil por vários alunos, algo que abertamente expressaram durante a realização da atividade. A leitura dos gráficos e a dedução da relação trigonométrica, $n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$, foram assuntos que levaram os alunos a demonstrar frustração na realização da atividade. A complexidade da análise e a falta

de resultados imediatos geraram resistência. No entanto, os alunos tentaram fazer analogias com atividades anteriores para deduzir a expressão matemática.

Houve evidência do pensamento criativo dos alunos na exploração das relações matemáticas entre as variáveis em estudo, com apenas um aluno propondo a relação trigonométrica. A natureza de “descoberta” foi motivadora para alguns, especialmente a quem conseguiu chegar à resposta.

6.1.5. Apreciação Geral

Houve uma evolução visível em termos de autonomia e linguagem científica em quase todos os grupos. A familiarização com as simulações ao longo do tempo reduziu o tempo de adaptação, embora persistam dificuldades técnicas, como por exemplo na manipulação de dados nas folhas de cálculo.

A motivação esteve associada ao grau de compreensão ou sucesso dos alunos, algo demonstrado em todas as atividades pela forma como se envolviam no trabalho.

6.2. Entrevistas

Na presente secção, procurou-se analisar as percepções dos alunos relativamente à utilização das AEVs, com base nas entrevistas realizadas, de forma a relacioná-las com os objetivos definidos para o estudo.

Implementação e Adequação da Atividade

Em relação ao momento de aplicação da simulação, antes ou depois da lecionação teórica dos conteúdos, a preferência dos alunos mostra-se dividida, com tendência para a aplicação posterior, ou seja, depois do conteúdo teórico ser abordado. A principal razão apontada foi a necessidade de compreender o contexto e esclarecer as dúvidas:

Depois. Acho que se for antes, eu provavelmente não vou perceber nada, vou-me baralhar bastante. E se me derem primeiro a teoria já sei mais ou menos o que é que vai acontecer. Qual é o objetivo. E é melhor. (Aluno 10)

Depois porque se alguém depois de dar a matéria, tiver alguma dificuldade e não estiver a ver, pode ter ponto de vista diferente. Depois as simulações ajudam a perceber essas diferenças. (Aluno 2)

Verificou-se que dois alunos sugeriram propostas híbridas: uma abordagem combinada em que a AEV poderia funcionar como introdução exploratória mas sem dispensar a teoria:

Diria no meio. Porque se for antes, não estou muito a par da matéria. A meio já vai ajudando ter algumas bases para desenvolver o resto da matéria. (Aluno 8)

Três alunos afirmaram preferir que a AEV fosse realizada antes da leção teórica, como forma introdutória e como uma maneira de despertar a curiosidade e promover uma aprendizagem por descoberta:

Antes porque motiva-nos a descobrir e também é muito mais entusiasmante. (Aluno 3).

Seis das respostas obtidas revelam uma tendência contrária ao pressuposto da construção ativa do conhecimento. Na perspetiva da investigadora, e de Lawson (2000), a ciência deve ser abordada em sala de aula de modo a fomentar o raciocínio científico. O ensino deve ser estruturado de forma que os alunos formulem hipóteses e planeiem experiências antes de receberem as respostas corretas.

De acordo com Driver et al. (2015) muitos alunos consideram que o objetivo de uma atividade experimental serve apenas “para ver se algo funciona, em vez de refletirem sobre como uma teoria pode explicar as observações” (p. 33). Esta perceção vai ao encontro do que se observa no ensino, na visão da investigadora. As atividades experimentais são, na sua maioria, utilizadas nas escolas para verificar resultados. Consequentemente, as respostas de vários estão condicionadas pelas experiências escolares anteriores. Uma atividade experimental (seja laboratorial ou virtual) não deve limitar-se à verificação de leis ou resultados previamente conhecidos, mas deve constituir um momento ativo de aprendizagem, no qual o aluno é desafiado a formular e testar hipóteses, recolher e analisar dados e construir as suas próprias conclusões, de acordo com os princípios de IBL.

Dificuldades Encontradas

A dificuldade mais recorrente entre os alunos esteve relacionada com a interpretação de gráficos, o uso de folhas de cálculo e dedução das relações matemáticas.

Não consegui realizar todos os gráficos, essa é a parte mais difícil. (Aluno 8)

As contas da última simulação... ainda não consigo. (Aluno 5)

Em particular em relação à última AEV, cinco alunos mostraram frustração em não chegar à relação trigonométrica pretendida:

Foi frustrante... não consegui chegar à relação e isso fez-me começar a desistir. (Aluno 8).

Estávamos a tentar encontrar formas de aquilo funcionar e nada funcionava. (Aluno 5).

Aliado a essa dificuldade, quatro alunos mostraram dificuldades no uso das folhas de cálculo. Ao longo das entrevistas os alunos mencionaram a análise via *Excel*, mas esse termo é usado como termo genérico para as folhas de cálculo, já que maior parte dos grupos realizou a análise via *Google Sheets*.

Não consegui realizar todos os gráficos, essa é a parte mais difícil. (Aluno 8)

Ainda não estou confortável com a parte gráfica. (Aluno 2)

Os gráficos confundem-me bastante. Portanto, o método gráfico é mais difícil. (Aluno 10)

Foi particularmente evidente em atividades como a Lei da Gravitação Universal e a Lei de Snell-Descartes. A primeira por ter sido a inicial, na qual eles não tinham bases ou parâmetros. Na última, pela dificuldade em encontrar a relação matemática adequada.

Comparação entre a utilização de AEVs e práticas laboratoriais

Pela análise realizada, os alunos encontram-se divididos sobre a preferência entre o uso das AEVs e de uma prática laboratorial. Cinco alunos preferem as atividades laboratoriais, quatro preferem as AEVs e um aluno valoriza ambas as estratégias. Esses alunos referiram que, embora as simulações usadas fossem úteis, preferiam o contacto direto com o material laboratorial, por sentirem que exigia mais responsabilidade e envolvimento prático:

Práticas. É melhor termos de ser nós a usar as coisas, temos de ser nós a fazer. Dá um papel importante que implica não podermos falhar. (Aluno 2)

Ainda assim, mesmo entre os que demonstraram preferência pelas atividades práticas, as AEVs foram reconhecidas como importantes para variar as estratégias e manter a motivação ao longo das aulas, desde que não fossem utilizadas de forma excessiva. A este respeito, a resposta de um aluno sobre estas atividades poderem-se tornar cansativas ou perder a motivação confirma a tendência:

Se for usada todas as semanas, eu acho que sim. De vez em quando depende da matéria. (Aluno 10).

Quanto à perceção do custo/benefício, os alunos afirmaram que as simulações não foram mais demoradas que as aulas práticas e, em alguns casos, até se revelaram mais eficientes:

Só em análise de gráficos demorou metade do tempo, mas, acho que percebo melhor depois de fazer as atividades, as simulações do que as atividades laboratoriais, mesmo porque, nas atividades laboratoriais nós temos de ir para casa fazer um relatório e isso demora muito tempo. E, enquanto nas simulações fazemos tudo na mesma hora. (Aluno 1).

Impacto na Aprendizagem

As entrevistas evidenciaram que para nove dos alunos, as AEVs contribuíram de forma significativa para a compreensão dos conteúdos científicos, nomeadamente ao permitir a visualização e experimentação de fenómenos que, de outra forma, seriam apenas abordados teoricamente. Quatro alunos relataram que as AEVs facilitaram a recordação dos conteúdos nos testes, reforçando a ideia de que estas atividades tiveram impacto na retenção de conhecimentos:

Eu depois tentava me lembrar e vinha a memória da experiência da simulação. (Aluno 4).

Apesar de alguns referirem que a análise de dados quantitativos foi exigente, outros destacaram que a atividade qualitativa também permitiu aprendizagens relevantes, como na simulação da Lei da Indução Magnética:

Na lei de Faraday acho que dava para ver bem sem dados por causa da simulação em si, dava para ver o que é que acontecia. Não acho que os dados eram necessários. (Aluno 5).

Além da recordação em contexto de avaliação sumativa, os alunos referiram que as simulações os ajudaram a compreender melhor os conteúdos científicos discutidos nas aulas:

Fez-me ver a matéria que estávamos a abordar de uma forma diferente. (Aluno 2)

Houve uma certa que me ajudou bastante ao fazê-la eu depois percebi 100% a matéria. (Aluno 8)

Curiosamente, foram estes dois alunos (2 e 8) que anteriormente indicaram preferir a utilização das AEVs depois (Aluno 2) e a meio (Aluno 8) da lecionação teórica. Verifica-se uma certa incoerência nas suas escolhas, pois reconhecem o contributo das AEVs para a compreensão dos conteúdos teóricos, mas ainda assim não as consideram apropriadas para uma abordagem introdutória.

Em relação à percepção sobre qual a AEV que acharam mais fácil, cinco alunos apontaram a atividade sobre a Lei da Indução Magnética, três mencionaram a atividade sobre o Movimento Circular Uniforme e dois escolheram a Lei da Gravitação Universal, sem nenhum aluno escolher a AEV da Lei de Snell-Descartes. Três alunos destacaram a Lei de Snell-Descartes como a atividade que acharam mais difícil, com outros três alunos selecionando a Lei da Gravitação Universal. Os restantes quatro alunos dividiram-se entre as restantes AEV.

Apesar da heterogeneidade das respostas, é possível identificar elementos que ajudam a interpretar estas escolhas. A AEV relativa à Lei da Gravitação Universal foi a primeira a ser implementada, o que implicou que os alunos explorassem uma metodologia ainda desconhecida. Já a AEV sobre a Lei de Snell-Descartes, a relação trigonométrica subjacente é pouco intuitiva, o que poderá ter dificultado a obtenção de uma relação linear para os dados.

Autonomia e Interpretação de dados

No que respeita ao objetivo sobre avaliar a mobilização de competências, especialmente autonomia, raciocínio crítico e análise de dados, sete alunos reconheceram que as simulações exigiam mais iniciativa individual, organização e capacidade de interpretação.

Sem a ajuda das professoras e por mim mesmo, eu meio que fui mais autónomo e aprendi a usar mais os dados. (Aluno 4).

A análise de gráficos e a dedução de relações matemáticas foi, para alguns, uma fonte de desafio e frustração, especialmente nas AEVs mais exigentes como a da Lei de Snell-Descartes. No entanto, estas mesmas dificuldades foram, por vezes, vistas como oportunidades de superação e desenvolvimento, como demonstrado por alunos que conseguiram deduzir relações ou raciocinar logicamente a partir dos dados:

Foi desafiante, mas gostei, porque depois consegui perceber (Aluno 3).

Acho que os gráficos foram úteis nesse sentido, de eu perceber qual das variáveis tinham de estar ao quadrado, etc. (Aluno 1).

Três alunos afirmaram ter sentido dificuldades iniciais, mas reconheceram alguma evolução ao longo das atividades, nomeadamente na utilização de ferramentas de interpretação de dados, algo que foi observado igualmente nas notas de campo.

A maioria mostrou-se confortável com o trabalho em grupo, mas seis alunos afirmaram que, após quatro atividades, já se sentiam mais capazes de realizar as AEVs de forma autónoma:

Sim, ia demorar um bocado para me adaptar, mas ia conseguir. (Aluno 4).

Motivação

Um dos principais objetivos do estudo foi perceber se a utilização das AEV influenciava positivamente a motivação dos alunos. Cinco dos entrevistados considerou que as atividades tornaram as aulas mais apelativas, muitas vezes por proporcionarem uma experiência visual e prática.

Se não tivéssemos as simulações, ia ser uma aula mais secante. Estamos todos a divertir e quando nós nos divertimos, dá para entender mais. (Aluno 9).

De uma forma geral, os alunos entrevistados reconheceram as AEVs como uma estratégia que contribui para o aumento da motivação, desenvolvimento de competências e uma perceção da melhoria na compreensão dos conteúdos.

Preferências

Quando questionados qual a AEV que mais gostaram, quatro alunos apontaram a atividade sobre o Movimento Circular Uniforme, três escolheram a atividade da Lei de Snell-Descartes, dois escolheram a atividade sobre a Lei de Faraday e apenas um aluno mencionou a Lei da Gravitação Universal. Por outro lado, quatro alunos mencionaram que a AEV que menos gostaram foi a Lei de Snell-Descartes, dois mencionaram a atividade sobre o Movimento Circular Uniforme e outros dois a Lei da Gravitação Universal, com um aluno abstendo-se.

Avaliação Geral

Dois alunos mencionam que usar as AEVs em Física faz mais sentido do que em Química, apesar de mostrarem motivação em aplicar semelhante metodologia noutras atividades da disciplina.

Tendo em conta o que foi referido nas entrevistas e o que foi observado ao longo das atividades, é importante referir que nem todos os alunos demonstraram o mesmo nível de envolvimento. O Aluno 10, em particular, destacou-se pela sua postura mais distante e desinteressada. Demonstrou pouco entusiasmo e não mostra valorização em maior parte dos aspetos das AEVs a serem avaliados, o que o coloca fora da opinião geral identificada.

6.3. Discussão Geral de Resultados

A análise conjunta dos dados recolhidos através das notas de campo e das entrevistas aos alunos permite estabelecer uma visão global e coerente sobre a implementação das AEVs no ensino da FQ-A no 11.º ano.

Um primeiro ponto de convergência entre os dois instrumentos de recolha de dados é a evolução progressiva dos alunos. Os registos da primeira atividade levantavam algumas dúvidas e hesitação da parte dos alunos, mas as entrevistas confirmam, pelos próprios alunos, a autonomia crescente.

Outro ponto de contacto foi a perceção de algumas dificuldades apresentadas pelos alunos, desde situações de frustração observadas nas aulas, com o tratamento de dados ou deduções matemáticas, que são confirmadas e verbalizadas pelos alunos nas entrevistas: *os gráficos foram o mais difícil* (Aluno 8).

Os resultados vão de encontro com conclusões retiradas por outros autores, que sugerem que a implementação de simulações computacionais associadas com atividades laboratoriais são estratégias didáticas que contribuem para o processo de aprendizagem dos alunos e que podem ser ferramentas interativas capazes de motivar os alunos (Macuácu et al., 2024). Os mesmos autores sugerem que combinar atividades laboratoriais convencionais com simulações computacionais é uma estratégia didática que promove um processo de aprendizagem mais eficaz. O estudo realizado neste trabalho envolve não apenas aliar a simulação computacional, mas estender a própria ferramenta como processo de recolha de dados com intervenção do aluno, indo além do proposto em maior parte da literatura.

Outros autores aplicam conclusões semelhantes a nível universitário, concluindo que a confiança que os alunos apresentam no tópico está associado ao facto de aplicarem as simulações em conjunto com as sessões laboratoriais (Coleman & Hosein, 2023), semelhante ao que acontece com alguns alunos deste estudo, que demonstram a perceção sobre o impacto na aprendizagem que as AEVs lhe proporcionaram.

7. Conclusão

A investigação procurou explorar o potencial das simulações enquanto Atividades Experimentais Virtuais no ensino da Física e Química A, com alunos do 11.º ano do Ensino Secundário, avaliando a sua contribuição na mobilização de competências e motivação. Os resultados obtidos permitem concluir que a utilização de AEVs teve, de forma geral, um impacto positivo na aprendizagem dos alunos, destacando-se os seguintes aspetos:

Observou-se uma progressão na autonomia dos alunos ao longo das atividades. Apesar de dificuldades iniciais, nomeadamente na manipulação de ferramentas digitais (como folhas de cálculo), os alunos revelaram capacidade crescente de trabalhar com menor apoio, interpretar resultados experimentais virtuais e aplicar o raciocínio lógico para tirar conclusões. A maioria reconheceu que as AEVs exigiram mais iniciativa e estimularam o desenvolvimento de competências como a autonomia, a organização, o pensamento crítico e a análise de dados.

Assim, é possível responder afirmativamente à primeira questão de investigação “As AEVs permitem que os alunos mobilizem algumas competências previstas no PASEO?”, com evidências de progressão ao longo das quatro atividades.

Adicionalmente, as AEVs proporcionaram experiências visuais e interativas que favoreceram a compreensão de conceitos científicos. Vários alunos referiram que conseguiram recordar os conteúdos mais facilmente em avaliações após a realização das atividades, indicando um impacto positivo na aprendizagem. A maioria dos alunos manifestou motivação e envolvimento nas AEVs, reconhecendo que estas tornaram as aulas mais apelativas e dinâmicas. A motivação esteve muitas vezes associada ao sentimento de compreensão e sucesso nas atividades.

Quanto à segunda questão de investigação “De que forma a utilização de AEVs promove a motivação na realização das atividades propostas?”, conclui-se que a utilização de AEVs promove a motivação na realização das atividades, sendo apontadas como estratégias eficazes para dinamizar as aulas e diversificar metodologias.

Apesar da proposta de aplicação das AEV como estratégia introdutória, a maioria dos alunos indicou preferir que estas atividades sejam aplicadas após o ensino teórico dos conteúdos, por sentirem necessidade de uma base prévia para melhor compreender as simulações. No entanto, também foram valorizadas propostas híbridas, que integrem as AEVs de forma flexível ao longo da abordagem dos conteúdos.

As principais dificuldades reportadas relacionaram-se com a interpretação de gráficos, a dedução de relações matemáticas e o uso das folhas de cálculo. Estas dificuldades foram mais evidentes nas AEVs que exigiam maior formalismo matemático.

Embora alguns alunos tenham expressado preferência pelas atividades laboratoriais tradicionais, reconheceram o valor das AEVs pela capacidade de visualização de fenómenos e pela eficiência na gestão do tempo de aula. É da opinião da investigadora que esta estratégia permite uma complementaridade com as atividades laboratoriais, ou até mesmo uma alternativa para os professores quando as condições não permitirem o uso de um laboratório físico.

De forma global, conclui-se que as Atividades Experimentais Virtuais se revelaram eficazes na promoção da autonomia e na estimulação da motivação dos alunos pelas atividades propostas. As AEVs demonstraram ser uma ferramenta pedagógica promissora no contexto do ensino da Física e Química A, promovendo aprendizagens significativas, motivação e o desenvolvimento de competências transversais. A sua integração no currículo deve ser pensada de forma estratégica e equilibrada com outras metodologias e estratégias.

Limitações do Estudo

Apesar dos resultados encorajadores obtidos, o estudo apresenta algumas limitações que importa considerar na interpretação dos dados e na generalização das conclusões.

Em primeiro lugar, trata-se de uma investigação de natureza exploratória e de pequena escala, com uma amostra de conveniência não probabilística, restrita a uma única turma do 11.º ano do Ensino Secundário. Assim, os resultados refletem uma realidade muito localizada e contextualizada, condicionada pelas características específicas dos alunos envolvidos, do ambiente escolar.

Em segundo lugar, reconhece-se que a intervenção foi realizada num período relativamente curto, o que impediu um acompanhamento que permitisse avaliar o contributo das AEVs na consolidação de aprendizagens a médio e longo prazo. Estes alunos encontram-se na reta final do ciclo de estudos e pode assim influenciar algumas das suas preferências e opiniões sobre as atividades desenvolvidas.

Estas limitações não invalidam os contributos do estudo apenas indicam que os resultados podem servir de indícios de possíveis resultados para estudos semelhantes realizados a uma escala maior. Sublinham ainda a necessidade de investigações futuras mais abrangentes, sistematizadas e comparativas.

8. Reflexão autocrítica

Há certos aspetos deste trabalho investigativo que poderiam ter sido aperfeiçoados. Em relação às minhas próprias limitações, reconheço que sou iniciante na área da investigação, o que se refletiu em algumas fragilidades na revisão da literatura, que poderia ter sido mais abrangente e atualizada em determinadas temáticas, especialmente no que diz respeito a estudos aplicados ao contexto português.

Outro ponto que merece reflexão prende-se com a necessidade de atenção redobrada para manter o nível de sistematização na recolha das notas de campo ao longo das quatro atividades. A dupla função de professora-estagiária e investigadora por vezes mostrou-se desafiadora.

Além disso, a dimensão da amostra (limitada a uma única turma de 11 alunos) impôs restrições à generalização dos resultados. Embora a profundidade da análise qualitativa tenha permitido explorar o fenómeno em detalhe, reconheço que a inclusão de outras turmas, ou mesmo de contextos diferentes, teria enriquecido o estudo e possibilitado uma comparação mais robusta.

Nesse seguimento, com uma maior amostra, teria sido interessante cruzar os dados qualitativos com instrumentos quantitativos, como questionários ou grelhas de avaliação de desempenho, que permitiriam validar e enriquecer as conclusões do estudo a partir de outras perspetivas metodológicas.

Apesar dos constrangimentos, considero que o presente trabalho representou uma oportunidade significativa de crescimento profissional e pessoal, especialmente no domínio pedagógico, e abriu caminho para práticas futuras cientificamente informadas e críticas.

Referências Bibliográficas

- Bada, S. O., & Olusegun, S. (2015). Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. *Journal of Research & Method in Education*, 5(6), 66–70.
- Bardin, L. (2016). *Análise de Conteúdo*. Almedina Brasil.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (2007). *Qualitative research for education: An introduction to theories and methods* (5th ed.).
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6th ed.). Routledge.
- Coleman, P., & Hosein, A. (2023). Using voluntary laboratory simulations as preparatory tasks to improve conceptual knowledge and engagement. *European Journal of Engineering Education*, 48(5), 899–912. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2160969>
- Coutinho, C. P. (2011). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática*. Almedina.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2015). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge.
- Espinoza, F. (2020). Impact of guided inquiry with simulations on knowledge of electricity and wave phenomena. *European Scientific Journal*.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of Physics, Extended* (10th ed.). Wiley.
- Lawson, A. E. (2000). The Generality of Hypothetico-Deductive Reasoning: Making Scientific Thinking Explicit. *The American Biology Teacher*, 62(7), 482–495. <https://doi.org/10.2307/4450956>
- Macuácuá, R. E., Catarino, P., & Soares, A. (2024). Use of computer simulations as a didactic teaching and learning strategy of the topic “photoelectric effect”: case study. *Millenium - Journal of Education, Technologies, and Health*, 2(25), e35404. <https://doi.org/10.29352/mill0225.35404>
- Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, 30(4), 159–167. <https://doi.org/10.1152/advan.00053.2006>
- Mills, G. E., & Gay, L. R. (2019). *Educational Research: Competencies for Analysis and Applications* (12th ed.). Pearson Education Inc.
- Orosz, G., Németh, V., Kovács, L., Somogyi, Z., & Korom, E. (2023). Guided inquiry-based learning in secondary-school chemistry classes: a case study. *Chemistry*

- Education Research and Practice*, 24(1), 50–70.
<https://doi.org/10.1039/d2rp00110a>
- Park, M. (2019). Effects of Simulation-based Formative Assessments on Students' Conceptions in Physics. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(7). <https://doi.org/10.29333/ejmste/103586>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Price, A., Perkins, K., Holmes, N., & Wieman, C. (2019). *How and why do high school teachers use PhET interactive simulations?* <https://doi.org/10.1119/perc.2018.pr.Price>
- Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Rodrigues, M., & Carvalho, P. S. (2022). Virtual experimental activities: a new approach. *Physics Education*, 57(4), 045025. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac5f77>
- Rutten, N., Van Joolingen, W. R., & Van Der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Serway, R., & Jewett, J. (2013). *Physics for Scientists and Engineers* (9th ed.). Cengage Learning.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2007). *Physics for Scientists and Engineers* (6th ed.). W.H.FREEMAN & CO LTD.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317–331. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>

Apêndices

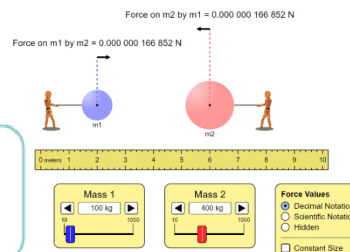
Apêndice 1 – Guia de Exploração da AEV 1 – Lei da Gravitação Universal

Guia de Exploração de uma Simulação Computacional

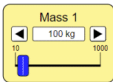
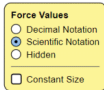
A simulação usada nesta atividade pode ser acedida neste link:
<https://phet.colorado.edu/en/simulations/gravity-force-lab>.

Antes de qualquer interação com a simulação, é importante:

1. Identificar quais as variáveis observadas na simulação.
2. Por que motivo aparece uma força de interação entre as massas 1 e 2?

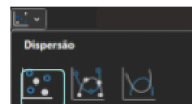


1ª Parte – Relação da Massa 1 com a Força

- A. Com o cursor  alterar para vários valores de **Massa 1**. Registrar cerca de 6 valores.
- B. Alterar os valores da Força para Notação Científica. 
- C. Para os 6 valores de **Massa 1**, registar como varia a **Força na Massa 1** e a **Força na Massa 2**.
- D. Registrar os valores anteriores numa tabela. Recomendado o uso do Excel/Sheets neste passo.

Massa 1	Força na Massa 1 (pela Massa 2)	Força na Massa 2 (pela Massa 1)
---------	---------------------------------	---------------------------------

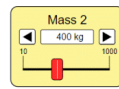
- E. Usando as funções do Excel em “Inserir” → “Gráficos” → construir o gráfico a partir da tabela anterior.



- 1.1 Quais as unidades do SI de cada variável medida?
- 1.2 O que podes observar em relação à **Força na Massa 1** e a **Força na Massa 2**? O que podes deduzir sobre essas forças?
- 1.3 Observando o gráfico, que tipo de relação existe entre as variáveis? (Ex: diretamente proporcional, inversamente proporcional, etc.).

2ª Parte – Relação da Massa 2 com a Força

- A. Reiniciar a simulação usando o botão. 
- B. Repetir o processo anterior com o cursor. Registrar cerca de 6 valores da **Massa 2** e as respectivas forças.

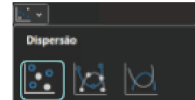


Registrar cerca de 6 valores da **Massa 2**

- C. Registrar os valores numa tabela. Recomendado o uso do Excel neste passo.

Massa 2	Força na Massa 1 (pela Massa 2)	Força na Massa 2 (pela Massa 1)
---------	---------------------------------	---------------------------------

- D. Usando as funções do Excel em “Inserir” → “Gráficos” → , montar o gráfico com as variáveis.

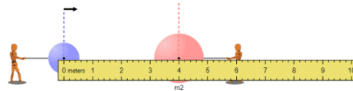


, montar

2.1 Observando o gráfico, que tipo de relação existe entre as variáveis?

3ª Parte – Relação da Força com a distância entre os corpos.

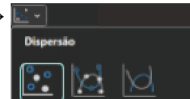
- A. Reiniciar a simulação usando o botão. 
- B. Mantendo as massas constantes, movimentando a régua, medir a **distância** entre os centros das massas.



- C. Mantendo a régua fixa, com o rato, mudar a distância entre os centros, movimentando as massas. Observar as variações da **Força**.
- D. Registrar cerca de 6 valores numa tabela. Recomendado o uso do Excel neste passo.

Distância	Força na Massa 1 (pela Massa 2)	Força na Massa 2 (pela Massa 1)
-----------	---------------------------------	---------------------------------

- E. Usando as funções do Excel em “Inserir” → “Gráficos” → , montar o gráfico com as variáveis.



, montar



3.1 Quais as unidades do SI de cada variável medida?

3.2 Observando o gráfico verifica-se que a força não é diretamente proporcional à distância, pelo contrário, há algum tipo de relação inversa. Como é possível determinar se a força é inversamente proporcional à distância, ou ao seu quadrado, ou até mesmo ao seu cubo?

NOTA: Regista os mesmos 6 valores numa tabela, desta vez com o inverso da distância.

$\frac{1}{\text{distância}}$	Força na Massa 1 (pela Massa 2)	Força na Massa 2 (pela Massa 1)
------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

4ª Parte – Considerações Finais

- 4.1** Utilizando todas as relações encontradas entre as variáveis, apresenta uma fórmula que possa relacioná-las. Defende o teu ponto de vista perante os teus colegas, e discutam sobre as várias opções.
- 4.2** É possível determinar o valor da constante que surge na expressão matemática que relaciona as grandezas? Se sim, como farias e determina-a.
- 4.3** Após interagir com a simulação, imagina as seguintes situações: 1) a força gravítica entre a tua borracha e a borracha do teu colega, quando estão lado a lado em cima da secretária e 2) a força gravítica entre o Sol e a Terra.
- 4.3.1** Indica qual delas é mais significativa, justificando.
- 4.3.2** A força que o Sol exerce na Terra é maior, igual ou menor, que a força que a Terra exerce no Sol?
- 4.4** Apesar do próximo exemplo não se tratar de interações gravitacionais propriamente ditas, se o teu colega atirar a borracha para o amigo no outro lado da sala, e sem querer acertar na parede, qual é a força com maior intensidade: a que a borracha exerce na parede, ou a que a parece exerce na borracha?

Apêndice 2 – Guia de Exploração da AEV 2 – Movimento Circular Uniforme

Atividade:

Guia de Exploração de uma Simulação Computacional

Em 1960, a NASA estava a preparar-se para enviar pessoas para o espaço. Sabiam que uma grande parte dos voos espaciais envolveria aceleração, por isso queriam testar quanta aceleração as pessoas poderiam suportar antes de perderem a consciência.

Assim, os engenheiros testaram potenciais astronautas colocando-os numa centrífuga humana - basicamente, uma versão superpotente daqueles carrosseis das festas. Descobriram que pessoas não treinadas conseguiam suportar uma aceleração de cerca de 40 a 60 m/s^2 — cerca de quatro a seis vezes a aceleração causada pela gravidade que sentiria apenas ao saltar no ar - antes de desmaiar.



Figura 1. Carrossel que gira em círculos.

Num movimento circular, a aceleração e a força que sentes tem características específicas. Vamos tentar descobri-los com o uso de uma simulação que pode ser acedida neste link: https://www.compadre.org/Physlets/mechanics/ex5_1.cfm

Antes de qualquer interação com a simulação, é importante:



1. Num movimento circular, como se representa o vetor velocidade em cada ponto da trajetória?
2. Identificar as variáveis observadas na simulação.

1ª Parte – Relação da Massa com a Força

- A. Mantendo a velocidade e o raio constantes ao longo dos ensaios, alterar os valores de **massa entre 10 e 500g**. Registar cerca de 6 valores.

$m = 250 \text{ grams} \mid v = 10 \text{ m/s} \mid r = 1 \text{ m}$

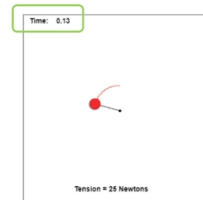
- B. Clicar em  para começar a simulação. Registar os respetivos valores de Tensão, que será a Força neste movimento.

- C. Observar o tempo que demora a completar a volta em cada um dos ensaios.

- D. Registar os valores numa tabela no Excel/Google Sheets.

Massa	Força
-------	-------

- E. Montar o gráfico com as variáveis registadas.



- 1.1 Quais as unidades do SI de cada variável registada?
- 1.2 Observando o gráfico, que tipo de relação existe entre as variáveis? (Ex: diretamente proporcional, inversamente proporcional, etc.).
- 1.3 A massa afeta o tempo que demora o objeto a dar uma volta completa?

2ª Parte – Relação da Velocidade com a Força

- A. Mantendo a velocidade e o raio constantes ao longo dos ensaios, alterar os valores de **velocidade** entre 10 e 50 m/s. Registrar cerca de 6 valores.

m = 250 grams | v = 10 m/s | r = 1 m

- B. Clicar em  para começar a simulação. Registrar os respetivos valores de Tensão, que será a Força neste movimento.
- C. Observar o tempo que demora a completar a volta em cada um dos ensaios.
- D. Registrar os valores numa tabela no Excel/Google Sheets.
- E. Montar o gráfico com as variáveis registadas.

?

2.1 Quais as unidades do SI de cada variável registada?

2.2 Observando o gráfico, vemos que a Força não é diretamente proporcional à velocidade. Será possível linearizar a relação entre as grandezas medidas? Traça o gráfico com as modificações que fizeste.

2.3 A velocidade afeta o tempo que demora o objeto a dar uma volta completa?

3ª Parte – Relação do Raio com a Força

- A. Mantendo a velocidade e o raio constantes ao longo dos ensaios, alterar os valores de raio entre 0,5 e 3,5 m. Registrar cerca de 6 valores.

m = 250 grams | v = 10 m/s | r = 1 m

- B. Clicar em  para começar a simulação. Registrar os respetivos valores de Tensão, que será a Força neste movimento.

?

3.1 O raio afeta o tempo que demora o objeto a dar uma volta completa?

3.2 Observando o gráfico, que tipo de relação existe entre as variáveis? (Ex: diretamente proporcional, inversamente proporcional, etc.).

4ª Parte – Considerações Finais

- 4.1 Utilizando todas as relações encontradas entre as variáveis, apresenta uma fórmula que possa relacioná-las.
- 4.2 É possível determinar o valor da constante que surge na expressão matemática que relaciona as grandezas? Se sim, determine-a.
- 4.3 Essa fórmula proposta de alguma forma se relaciona com a 2ª Lei de Newton? Como podes chegar à fórmula da aceleração num movimento circular uniforme?
- 4.4 Se este movimento é uniforme, o que se pode concluir em relação à norma da velocidade?
- 4.5 Com a expressão para a aceleração, podemos prever se o carrossel usado como exemplo na introdução é seguro para as pessoas.
 - 4.5.1 Imaginemos que a velocidade que alcança é cerca de 10,7 m/s e que o raio do carrossel é 5 m, quanto vai ser a aceleração?
 - 4.5.2 Em comparação ao valor dado na introdução, o carrossel é seguro ou não?

Apêndice 3 – Guia de Exploração da AEV 3 – Lei de Faraday

Atividade:

Guia de Exploração de uma Simulação Computacional

Imagina que és um cientista no século XIX: cerca de uma década atrás, um dos teus contemporâneos, Hans Christian Ørsted, observou, pela primeira vez, que as correntes elétricas eram capazes de criar campos magnéticos verificando que a agulha magnética da bússola é desviada quando se aproxima um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica. Tu colocas a hipótese inversa, tal como Michael Faraday: poderiam campos magnéticos gerar correntes elétricas?

Para isso realizas duas diferentes experiências virtuais a partir da simulação do seguinte link: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/faradays-electromagnetic-lab/about>

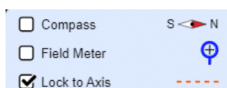
Antes de qualquer interação com a simulação, é importante responder:



1. O que entendes por fluxo magnético?

1ª Parte – Fluxo Magnético (representado por Φ_B)

- A. Selecciona a opção “Pickup Coil”.
- B. Clica em “Lock to Axis”.



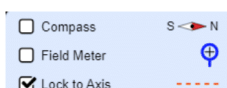
- C. Aproxima a barra à espira, mantendo a velocidade constante. Começa por movimentar a barra no centro da espira. Anota o que observas – tem em atenção a representação das linhas campo.
- D. Faz o mesmo no sentido contrário.
- E. Desmarca “Lock to Axis”. Movimenta a barra mais abaixo da espira, com a mesma velocidade que realizaste nas etapas anteriores. Anota o que observas.



- 1.1. Qual das etapas (C ou E) traduz uma maior variação de corrente?
- 1.2. Observa agora as linhas de campo. Em qual das etapas (C ou E) a intensidade das linhas de campo é maior?

2ª Parte – Ímã relativamente a um circuito fechado que cria uma corrente elétrica

- A. Selecciona a simulação “Pickup Coil”.
- B. Clica em “Lock to Axis”.



- C. Aproxima a barra à espira. Mantém a barra parada.



- 2.2. O que observas na lâmpada?

- D. Tenta mover a barra com a mesma velocidade no eixo (para os lados).

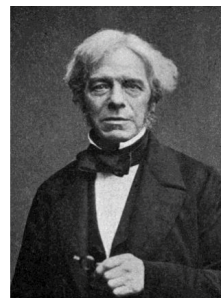


Figura 1. Michael Faraday, físico e químico britânico que descobriu o fenómeno da indução eletromagnética.

2.2. E agora, o que observaste na lâmpada?

3ª Parte – Eletroíman relativamente a um circuito fechado que cria uma corrente elétrica

- Seleciona a simulação “Transformer.”
- Clica em “Lock to Axis”.
- Aproxima o eletroíman à espira. Mantém-no parado.



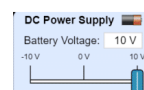
3.1. O que observas na lâmpada?

- Tenta mover o eletroíman com a mesma velocidade no eixo (para os lados).

3.2. E agora, o que observaste na lâmpada?

3.3. Será que a designação eletroíman é correta para objeto utilizado? Utiliza as opções em DC Power Supply para justificar.

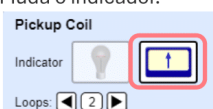
3.4. Como cientista, conseguiste responder à pergunta “Será que os campos magnéticos podem gerar correntes elétricas?” Se a resposta for afirmativa, em que condições é que isso acontece?



Agora que já sabes a resposta à questão-problema, vamos investigar um pouco mais, tal como Michael Faraday fez.

4ª Parte – Variação da corrente

- Seleciona a simulação “Pickup Coil”.
- Clica em “Lock to Axis”.
- Muda o indicador.



- Move a barra de uma forma mais lenta (para os lados).
- Move a barra de uma forma mais rápida (para os lados).

4.1. Em qual das situações (D ou E) observaste maior variação da corrente?

4.2. A corrente induzida foi criada a partir da força eletromotriz, $\mathcal{E}$. Qual das expressões seguintes achas que pode traduzir o que observaste?

(A) $\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

(B) $\mathcal{E} = \Delta\Phi \times \Delta t$

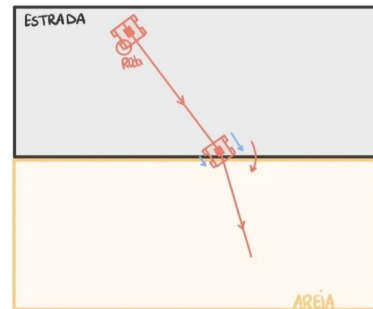
(C) $\mathcal{E} = \frac{\Delta t}{\Delta\Phi}$

Apêndice 4 – Guia de Exploração da AEV 4 – Lei de Snell-Descartes

Atividade:

Guia de Exploração de uma Simulação Computacional

Imagina um carro numa estrada a percorrer uma linha reta. O carro aproxima-se de uma superfície de separação em que o meio que se segue é areia. O que acontece no carro é que, a roda direita da frente vai entrar primeiro na areia do que a roda direita (Ver esquema).



?

A. Ao mudar de meio, o que vai acontecer à velocidade do carro?

Sabendo o que acontece à velocidade do carro, um lado do carro vai se mover a uma diferente velocidade do que o outro. Isto vai fazer o carro alterar a sua trajetória inicial, ou seja, mudar de direção.

?

B. Usando ainda a analogia do carro, o que vai acontecer se o carro viajar ao contrário: da areia para a estrada? Podes usar um esquema semelhante ao apresentado para tirar conclusões.

Vamos usar esse mesmo conhecimento do que acontece com os raios luminosos para perceber de que modo o desvio da direção de propagação da luz pode ser determinado a partir da seguinte simulação:

<https://phet.colorado.edu/en/simulations/bending-light>

1ª Parte – Fenómenos óticos

- Selecione a simulação "Intro".
- Ativa o raio.
- Mede a intensidade dos raios com a ferramenta "Intensity".



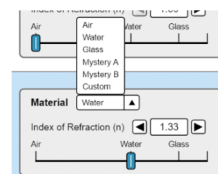
?

- 1.1. Sabes que normalmente ocorrem três fenómenos em simultâneos nestas situações. Consegues observar esses 3 fenómenos a ocorrer nesta simulação? Justifica.
- 1.2. Qual a intensidade medida para cada raio?
- 1.3. A simulação respeita o Princípio da Conservação da Energia? Justifica.

- Retira a ferramenta "Intensity".
- Altera o segundo meio para ar.

?

- 1.4. Porque é que não observas o desvio do raio luminoso?



2ª Parte – Vidro para ar

- A. Coloca o transferidor de modo que os 0° alinhem com a normal e os 90° alinhem com a superfície de separação.
- B. Altera o primeiro meio para Vidro e o segundo para ar.
- C. Para cerca de 8 valores do ângulo de incidência (até 40°) lidos no transferidor, registar como varia o ângulo de refração.
- D. Registar os valores numa tabela. Recomendado o uso do Excel/Sheets neste passo.



Ângulo de incidência (°)	Ângulo de refração (°)

- E. Monta o gráfico ângulo de refração em função do ângulo de incidência.



2.1. Observas algum tipo de relação entre as variáveis?

- F. Altera os valores dos ângulos para radianos. Para isso, basta criares uma tabela nas células ao lado e usar a função “=RAD” do Excel/Sheets e selecionar a célula com o ângulo que queres converter.
- G. Repete o ponto E.



2.2. Observas uma relação linear entre as variáveis?

2.3. Se a resposta for não, apresenta **pelo menos 1 maneira** para tentar alcançar essa relação linear? Usa a folha de cálculo para tentares obter uma relação linear.

NOTA: Se não conseguires obter a relação linear e/ou a professora confirmar que a relação não está correta, avança para a próxima parte. **Não elimines esses dados, adiciona uma nova página na folha de cálculo.**



3ª Parte – Ar para o vidro

- A. Altera o primeiro meio para ar e o segundo para vidro.
- B. Repete o procedimento da 2ª parte.



3.1. Consegues encontrar a relação linear entre as variáveis? Repete os mesmos procedimentos que fizeste na alínea anterior.

NOTA: Se não conseguires obter a relação linear e/ou a professora confirmar que a relação não está correta, avança para a próxima parte. **Não elimines esses dados.**

Se nenhuma das tuas ideias deu frutos, será que isso significa que não existe nenhuma lei que me permite determinar os desvios da propagação da luz na refração?

Existe. Essa lei foi deduzida várias vezes por algumas figuras históricas. A grande discussão prende-se entre o Astrónomo holandês Willebrord Snell e o cientista francês René-Descartes, no século XVII, ao qual dá nome à lei – **Lei de Snell-Descartes** – mas atualmente sabe-se que no século X, um cientista persa, Ibn Sahl já haveria descoberto essa relação.

4ª Parte – Lei de Snell-Descartes

- A. Retoma a tua folha de cálculo da 2ª parte.
- B. Coloca as mesmas condições na simulação que usaste (1º meio – Vidro; 2º meio – Ar)
- C. Com os mesmos valores dos ângulos que encontraste (**em radianos**) calcula o seno e regista os valores numa tabela.

sen (ângulo de incidência)	sen (ângulo de refração)

- H. Usa a função “=SEN” do Excel/Sheets e selecionar a célula com o ângulo que queres converter.
- D. Monta o gráfico ângulo de refração em função do ângulo de incidência.
- E. Retira a equação do gráfico.

Excel

1 – Dois cliques no gráfico

Editor de gráficos

Configuração 2 Personalizar

Estilo de gráfico

Titulos do gráfico e do eixo

Séries 3

Legenda

Eixo horizontal

Eixo vertical

Linhas de grelha e marcas

Sheets

4.1. Olha para o declive obtido. Existe algum valor na simulação que corresponda/seja similar a esse valor?

4.2. Se a resposta anterior for afirmativa, então como podes escrever a equação que define a relação obtida com as variáveis? Podes desprezar o valor da ordenada na origem.

4.3. Calcula o erro percentual entre o valor que obtiveste no declive e o valor real que a simulação te dá.

4.4. Consegues inferir a lei de Snell-Descartes, a partir dos dados obtidos. Apresenta o teu raciocínio.

DICAS: O ângulo de incidência é o θ_1 e o ângulo de refração é o θ_2 . 1 será o primeiro meio (vidro), e 2 o segundo meio (ar). **O índice de refração do ar é igual a 1.**

A. Consegues comparar a analogia inicial do carro com a luz? Apresenta uma explicação por tópicos, onde 1) indicas o que corresponde à luz na analogia anterior e 2) o que acontece então à luz quando muda de meio?

Apêndice 5 - Guião de Entrevista Semiestruturada

Explorando o Potencial das Simulações como Atividades Experimentais Virtuais

GUIÃO DE ENTREVISTA

A participação nesta entrevista é voluntária. Ao participar confirma o seu assentimento informado em relação à recolha de dados em áudio. Garante-se o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos e estes serão utilizados apenas para fins de investigação. Agradecemos a vossa participação.

1. Comparação com outras abordagens/Perceção das simulações como AEVs em comparação a outras abordagens

1.1. Comparar a perceção dos alunos sobre o interesse entre as AEVs e as atividades práticas de laboratório.

1.1.1 As aulas que utilizaram simulações foram mais interessantes para ti do que as aulas sem o seu uso? Porquê?

1.1.2 O que te motivou mais durante as aulas: as simulações ou as atividades práticas no laboratório? Porquê?

1.2. Identificar preferências dos alunos

1.2.1. Existem simulações que poderiam ter sido realizadas como atividades práticas laboratoriais. Qual das opções preferes: trabalhar com simulações ou com os materiais reais no laboratório? Porquê?

1.2.2. Gostavas de utilizar mais simulações como as que fizeste para explorar conceitos e atividades de química em aulas futuras?

2. Mobilização de competências com o uso de AEVs

2.1. Mobilizar competências gerais/ Avaliar a mobilização de competências gerais.

2.1.1. Consideras que o trabalho com simulações ajudou a desenvolver competências importantes, como autonomia ou raciocínio crítico? Quais outras competências acreditas que foram mobilizadas?

2.2. Mobilização de competências relacionadas com análise de dados/ Avaliar a mobilização de competências relacionadas com análise de dados

- 2.2.1.** Consideras que a realização das AEVs te ajudou a desenvolver competências relacionadas com a análise de dados nas atividades laboratoriais? Por exemplo, na interpretação e organização de resultados?
- 2.2.2.** Sentes-te preparado para realizar análise de dados utilizando o método gráfico em outras situações?
- 2.2.3.** Compreendeste a importância de usar o método gráfico para análise de dados? Se sim, consegues explicar por que é relevante usá-lo?

3. Perceção nas aprendizagens/desempenho

3.1. Analisar o impacto na compreensão de conceitos abordados nas aulas

- 3.1.1.** Existem simulações que não poderiam ser feitas diretamente no laboratório. Achas que esse tipo de simulação ajudou a compreender melhor os conteúdos abordados nas aulas?
- 3.1.2.** Achas que as simulações devem ser abordadas antes ou depois do conteúdo ter sido lecionado teoricamente?
- 3.1.3.** Achas que as simulações, em geral, ajudaram a melhorar a tua aprendizagem sobre o conteúdo científico?

3.2. Analisar a contribuição das AEVs na confiança dos alunos

- 3.2.1.** Acreditas que as AEVs te ajudaram a responder com mais confiança e corretamente às questões em exercícios ou testes?

3.3. Refletir sobre conceitos científicos específicos

- 3.3.1.** Em relação à Lei de Faraday: O que achaste de realizar uma atividade mais qualitativa? Conseguiu tirar conclusões a partir dela?

4. Dificuldades e desafios

4.1. Identificar dificuldades relacionados à aplicação das AEVs

- 4.1.1.** Acreditas que, ao usares muitas simulações nas aulas, estas podem tornar-se cansativas ou perder o interesse ao longo do tempo?

4.2. Identificar as dificuldades enfrentadas pelos alunos na realização das AEVs

4.2.1. Qual das simulações te causou mais dificuldades? Porquê?

4.2.2. Qual das simulações te causou menos dificuldades? Porquê?

4.2.3. Ficaste frustrado em algum momento ao realizar as AEVs? Se sim, quando e porquê?

4.3. Analisar dificuldades específicas

4.3.1. Em relação à Lei de Snell: Conseguiu encontrar a relação matemática entre os ângulos de refração e incidência a partir dos dados? Esta atividade desmotivou-te de alguma forma ou tornou-se frustrante?

4.3.2. Em relação à Lei de Snell: Como te sentiste ao lidar com uma situação em que a solução não era intuitiva?

5. Preferências e motivações pessoais

5.1. Avaliar o método de trabalho

5.1.1. Preferias ter realizado as AEVs individualmente? Sentiste-te capaz de realizar essas atividades sozinho? E agora, já te sentes capaz?

5.2. Identificar as preferências dos alunos

5.2.1. Qual das simulações gostaste mais? Porquê?

5.2.2. Qual das simulações gostaste menos? Porquê?

6. Avaliação Geral

6.1. Identificar pontos fortes e fracos.

6.1.1. Quais consideras ser os principais pontos fortes e fracos das simulações?

6.2. Avaliar a relação custo/benefício.

6.2.1. Consideras que as AEVs consumiram muito tempo durante as aulas em comparação às atividades laboratoriais práticas?

6.2.2. Como avalias o equilíbrio entre o tempo investido e os benefícios para a tua aprendizagem ao utilizares as AEVs?

7. Considerações finais

7.1. Há mais algum aspeto que queira referir que não tenha sido questionado?

Obrigada, novamente!

Apêndice 6 - Transcrição das Entrevistas

A. Aluno 1

Entrevistadora	Achas que o uso das simulações durante as aulas foi mais interessante para ti ou achas que é melhor as aulas quando não usas as simulações?
Aluno 1	Simulações são melhores.
Entrevistadora	O que é que as simulações trazem de diferente?
Aluno 1	Porque em laboratório, acho que as coisas podem correr mal. Sabemos que em laboratório e os resultados não são sempre exatamente iguais àqueles que esperamos e as simulações, como é um ambiente que foi programado é mais controlado e normalmente se fazemos alguma coisa, a teoria provém daí imediatamente, portanto, acho que trouxe ali um bocadinho mais claridade.
Entrevistadora	Achas que é mais motivante fazer as simulações do que as atividades práticas?
Aluno 1	Sim e também é menos trabalhoso.
Entrevistadora	Então as simulações, houve algumas que nós podíamos ter feito até no laboratório, mas então preferias no computador, porque no laboratório se calhar demorava mais tempo?
Aluno 1	Sim, sim. Podia alguma coisa também correr mal.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, para os conceitos em química fazia sentido fazermos também o mesmo tipo de atividades que fizemos?
Aluno 1	Em química também faz muito sentido. Acho que em física, se calhar ainda se aplica mais, mas em química também faz bastante sentido, sim.
Entrevistadora	Achas que as quatro simulações que nós fizemos depois ajudaram-te a desenvolver tipo outro tipo de competências, como, por exemplo, seres mais autónomo ou pensares de forma crítica?
Aluno 1	A última ajudou muito, sim.
Entrevistadora	A última sem dúvida, e achas que houve outras competências que mobilizaste durante as atividades? Outro tipo de competências, por exemplo, análise de dados, aprender a mexer no Excel?
Aluno 1	Ah, não. Não essa parte já estava mais preparado, menos no Excel.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, fazer estas simulações depois te ajudam no laboratório? Na parte da interpretação e da organização dos resultados nas atividades práticas que fizemos?
Aluno 1	Sem dúvida.
Entrevistadora	Bem, eu ia fazer esta pergunta, mas acho que já sei qual é a tua resposta. Na questão dos gráficos, se calhar se tivesses noutra atividade para analisar com o método gráfico, se calhar já não estavas tão seguro. Ou, achas que as simulações te ajudaram a perceber?
Aluno 1	Não gosto de trabalhar em Excel. Portanto, essa parte não, mas a parte de visualizar as simulações ajudou bastante.
Entrevistadora	Mas percebes porque é que é importante fazer o uso do gráfico para análise dados? Porque é que é importante fazer?
Aluno 1	É importante a análise de dados, porque lembro-me daquela, acho que foi na primeira simulação em que nós tínhamos uma expressão e havia algumas variáveis que estavam ao quadrado e outras não. Acho que era na primeira em que e nós tínhamos de ver os gráficos, com as perguntas orientadoras que a professora pôs, eu tinha, eu tinha de arranjar alguma maneira de aquilo tudo bater certo. E se uma dessas variáveis fosse diretamente proporcional, não dava certo, mas se eu a me pusesse ao quadrado, aí já estava a correr, tudo bem. Foi por aí. Acho que os gráficos foram úteis nesse sentido, de eu perceber qual das variáveis tinham de estar ao quadrado, etc.
Entrevistadora	Então, achas que por não teres feito algumas atividades no laboratório, por teres feito essas atividades e não por ter sido só teórico, te ajudou depois a perceber os conteúdos que foram abordados na aula?
Aluno 1	Sim ajudou a perceber o facto de termos feito como experiência ajudou muito.
Entrevistadora	Ok, e achas que esses estes tipos de simulações devem ser feitos antes de abordares o conteúdo ou depois de abordares o conteúdo?
Aluno 1	Acho que é mais interessante se for o primeiro contacto.
Entrevistadora	Então achas que estas quatro simulações que fizemos ajudaram-te depois a perceber o conteúdo melhor ou não?
Aluno 1	Acho que sim. Sim.
Entrevistadora	E já agora isto nas aulas, mas nos testes achas que também te ajudou? Depois, em questões que fizeste nos testes sobre esta matéria, ajudou se calhar, a lembrar as simulações?
Aluno 1	Sim sim.
Entrevistadora	Lembraste da lei Faraday, que não tinha dados para tirar, era só para tirar conclusões, não tinha números nem gráficos. Achaste que era mais que foi mais difícil essa atividade ser assim qualitativa?
Aluno 1	Eu sou sincero, eu nessa atividade na aula anterior eu tinha faltado e portanto, eu cheguei lá e não sabia o que é que se estava a passar. E então eu fiquei um bocadinho perdido.
Entrevistadora	Achas que usar estas simulações muitas vezes depois, ao longo do tempo, se torna cansativo?
Aluno 1	Não, eu gosto mesmo disto. Usava quase sempre.
Entrevistadora	Qual é que achas que foi mais difícil para ti?

Aluno 1	A última foi mais difícil, quer dizer, não, não, não foi. Se calhar foi a primeira. Foi a primeira que eu lembro me que não estava a perceber e até hoje acho que ainda não percebo completamente como é que como é que eu junto todas aquelas relações. Ainda não percebo como é que junta isso tudo numa outra fórmula. Acho que essa foi a mais difícil.
Entrevistadora	E a menos difícil?
Aluno 1	Vá foi a segunda, de girar [Movimento Circular Uniforme]. Essa era muito intuitiva.
Entrevistadora	Achaste que em algum momento ficaste frustrado ao realizar estas atividades?
Aluno 1	Não.
Entrevistadora	Na Lei de Snell-Descartes conseguiste chegar à relação? Eu sei que foste um dos que propôs, acho que foste o único que propôs a relação.
Aluno 1	Sim. A professora estava a dizer que tínhamos que pensar noutras relações, e eu estava só a pensar em diretamente proporcional e inversamente e depois é que pensei em cossenos e senos.
Entrevistadora	Então não te desmotivou de maneira nenhuma, porque até foste o único que chegaste lá?
Aluno 1	Não.
Entrevistadora	Preferias ter feito isto individualmente?
Aluno 1	Não.
Entrevistadora	Preferes trabalhar em grupo, mas se fosses trabalhar sozinho, achas que conseguias resolvê-las da maneira que resolveste quando trabalhaste em grupo?
Aluno 1	Não, não, eu não sei trabalhar em <i>Excel</i> .
Entrevistadora	Em <i>Excel</i> , portanto, a análise de gráficos para ti é a parte mais difícil. É qual é que gostaste mais? Qual é que gostaste menos?
Aluno 1	Ok, então eu poria em primeira a última, em segundo a do pêndulo [Movimento Circular Uniforme], em terceiro a de Faraday e em quarta a da gravidade.
Entrevistadora	O que é que tu achas que são os pontos fortes e os pontos fracos de usar estas simulações?
Aluno 1	Os pontos fortes lá está, é que eu disse que em laboratório não conseguimos replicar muitas destas situações. Tudo bem, pontos fracos, acho que não há nenhum.
Entrevistadora	Achas que, em comparação com as atividades laboratoriais, as simulações demoraram muito tempo ou demoraram menos tempo?
Aluno 1	Só em análise de gráficos demorou metade do tempo, mas, acho que percebo melhor depois de fazer as atividades, as simulações do que as atividades laboratoriais, mesmo porque, nas atividades laboratoriais nós temos de ir para casa fazer um relatório e isso demora muito tempo. E, enquanto nas simulações fazemos tudo na mesma hora.
Entrevistadora	E achas então que o tempo que investiste a fazer estas simulações depois te ajudou nas aprendizagens?
Aluno 1	Sim.
Entrevistadora	Mais alguma coisa que queiras acrescentar?
Aluno 1	Não.

B. Aluno 2

Entrevistadora	As aulas em que nós utilizamos as simulações, achas que foram mais interessantes as aulas que não utilizaste? Porquê?
Aluno 2	Acho que era, foi uma forma mais intuitiva de nos ensinar as coisas.
Entrevistadora	O que é que te motivou mais durante estas aulas? Usar as simulações ou atividades práticas no laboratório? O que é que é diferente para ti?
Aluno 2	Práticas. É melhor termos de ser nós a usar as coisas, temos de ser nós a fazer. Dá um papel importante que implica não podermos falhar. Dá menos ajuda também.
Entrevistadora	Então, preferes trabalhar no laboratório ou com as simulações?
Aluno 2	Laboratório.
Entrevistadora	Por exemplo, as simulações que usamos gostavas de usá-las para explorar conceitos em química?
Aluno 2	Sim.
Entrevistadora	Trabalhar com estas simulações ajudou-te a desenvolver algumas competências, como, por exemplo, ser mais autónomo ou pensar de forma crítica?
Aluno 2	Sim, sim.
Entrevistadora	Acreditas que houve outras competências que mobilizaste durante a realização das simulações?
Aluno 2	Fez-me ver a matéria que estávamos a abordar de uma forma diferente.
Entrevistadora	Por exemplo, em relação à análise de dados laboratoriais noutras atividades, achas que isto te ajudou a perceber melhor? Na parte, por exemplo, da organização de resultados ou da interpretação? Ou já tinhas essas competências antes?
Aluno 2	Ajudou sem dúvida.

Entrevistadora	E, por exemplo, parte dos gráficos. Havia muitos gráficos para montar durante estas atividades, certo? Sentias-te preparado para realizar esta análise de dados utilizando os gráficos noutras situações?
Aluno 2	Não, ainda não estou confortável com a parte gráfica.
Entrevistadora	Mas consegues perceber porque é que é importante nós usarmos os gráficos para analisar os dados?
Aluno 2	Sim, sim, percebo a importância.
Entrevistadora	O que é achas que é importante?
Aluno 2	Mais pela interpretação, visualizar os dados de outra maneira, com relações.
Entrevistadora	Achas que estas simulações devem ser abordadas antes de ter dado a matéria teórica ou depois?
Aluno 2	Depois porque se alguém depois de dar a matéria tiver alguma dificuldade e não estiver a ver pode ter um ponto de vista diferente. Depois as simulações ajudam a perceber essas diferenças.
Entrevistadora	Achas que elas te ajudaram a melhorar a aprendizagem sobre o conteúdo científico?
Aluno 2	Sim, ajudaram.
Entrevistadora	Por exemplo, nos testes sentias-te mais confiante em responder a perguntas ou a fazer exercícios?
Aluno 2	Mais confiante não porque é uma situação diferente, mas dava-me uma perceção diferente daquela matéria que ajudava a perceber.
Entrevistadora	A Lei de Faraday era uma atividade mais qualitativa. O que é que achaste de ser mais qualitativa? Achaste mais fácil ou mais difícil?
Aluno 2	Sim, foi mais fácil.
Entrevistadora	Achas que se usarmos estas simulações muitas vezes ao longo das aulas podem tornar-se cansativas?
Aluno 2	Não se não for sempre a mesma.
Entrevistadora	Qual é que foi mais difícil? Qual é que foi menos difícil? Porquê?
Aluno 2	A mais difícil... Eu não me lembro muito bem da última mas, das que houve acho que a mais difícil foi a primeira que tinha as duas bolas a puxar. Porque requer uma interpretação também diferente. Depois, isso depende das pessoas, mas achei mais difícil essa interpretação. A menos difícil foi a do íman [Lei de Faraday].
Entrevistadora	Não te lembras de nada da última, pelo que percebi. Eu tinha aqui duas perguntas sobre a última, mas não te lembras, não vale a pena fazê-las. Preferias ter feito isto sozinho?
Aluno 2	Não, não.
Entrevistadora	Mas se agora te desse para fazer sozinho, achas que já te sentias capaz para o fazer ou não?
Aluno 2	Sim.
Entrevistadora	Qual é que gostaste mais? Qual é que gostaste menos e porquê?
Aluno 2	Eu gostei mais do pêndulo [Movimento Circular Uniforme], era mais simples e eu senti que percebi bem. A que gostei menos deve ter sido a última, porque não me lembro dela.
Entrevistadora	Quais os principais pontos fortes e pontos fracos das simulações?
Aluno 2	Eu não sei se teve pontos fracos. Pontos fortes é como eu disse, a interpretação faz-nos puxar pela cabeça e nós temos que perceber outras interpretações para usar na simulação.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, comparando com as atividades laboratoriais, as simulações demoram muito tempo ou demoram mais tempo que as atividades laboratoriais?
Aluno 2	Não, demoram menos. Acho que demoram menos, sim.
Entrevistadora	O tempo que investiste nestas simulações, achas que trouxe benefícios para a tua aprendizagem?
Aluno 2	Sim, sim.
Entrevistadora	Alguma coisa a acrescentar?
Aluno 2	Não.

*o aluno apresenta mais dificuldades, considero que este achar mais fácil se relacione com o maior interesse que apresenta pela atividade.

C. Aluno 3

Entrevistadora	As aulas em que utilizaste as simulações, achas que foram mais interessantes? Porquê?
Aluno 3	Sim mais interessantes, porque é uma forma diferente de ensinar que é adequado, tipo aos dias de hoje com a tecnologia.
Entrevistadora	O que é que achas que te motiva mais: usar estas simulações do computador ou se fossem atividades práticas no laboratório?
Aluno 3	As simulações do computador.
Entrevistadora	Qual é a diferença para ti?
Aluno 3	Porque vai dar ao mesmo e nós temos de fazer menos coisas, portanto, no computador é perfeito.
Entrevistadora	Existem, por exemplo, algumas delas que também dava para realizar no laboratório. Continuavas a preferir que fizéssemos as 2 abordagens? Continuaste a preferir a simulação em vez de usar os materiais?
Aluno 3	Sim faria a simulação.

Entrevistadora	Em química, achavas que seria interessante utilizar simulações para explorar conceitos de química?
Aluno 3	Sim.
Entrevistadora	Achas que trabalhar com simulações ajudou-te a desenvolver competências como, por exemplo, ser mais autónomo ou pensar de forma mais crítica?
Aluno 3	Não, acho que não.
Entrevistadora	Mas achas que mobilizaste outro tipo de competências e que tipo de competências?
Aluno 3	Sim, sim. Por exemplo, a saber o que separar porque nós lá tínhamos campos para preencher, então separar as coisas.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, o uso dos gráficos e da análise de dados com gráficos... achas que isso depois te ajudou a desenvolver competências relacionadas com análise de dados, por exemplo, interpretar e organizar dados?
Aluno 3	Sim. Nós temos que ficar habituados a lidar com gráficos, então quanto mais, melhor.
Entrevistadora	Sentes-te preparado para usar, por exemplo, análise de gráficos ou utilizar os métodos gráficos noutras situações, por exemplo, em atividades laboratoriais?
Aluno 3	Acho que sim, acho que temos tentado usar.
Entrevistadora	Percebes porque é que o método gráfico é importante para analisar dados?
Aluno 3	Não necessariamente.
Entrevistadora	Não consegues perceber porque é que é importante, mas ajuda-te. Ou não?
Aluno 3	Ter a informação que quero mais fácil. Sim, talvez um motivo seja esse.
Entrevistadora	Achas que o que este tipo de simulações em que, por exemplo, nós não podemos fazer atividades práticas, achas que as simulações te ajudam depois a compreender melhor os conteúdos abordados nas aulas?
Aluno 3	Sim, porque é tudo muito separado, então nós sabemos, ok, isto é isto, e vai dar isto.
Entrevistadora	Achas que elas devem ser feitas antes ou depois do conteúdo ter sido lecionado?
Aluno 3	Antes porque motiva-nos a descobrir e também é muito mais entusiasmante.
Entrevistadora	E achas que em geral elas ajudam-te a melhorar a aprendizagem sobre o conteúdo científico?
Aluno 3	Sim.
Entrevistadora	Por exemplo, a resolver exercícios? Ou nos testes,, sentes-te mais confiante por causa delas?
Aluno 3	Não faz diferença.
Entrevistadora	Em relação àquela do íman do fluxo magnético [Lei de Faraday]. Não tinha dados numéricos, o que é que achaste de ser uma atividade mais qualitativa?
Aluno 3	É bom, porque assim você não se perde muito nos números, dá para perceber que diminui, por exemplo, o tempo, então tem que estar em baixo porque quanto menor for o denominador, o maior vai ser.
Entrevistadora	Achas que ao usarmos estas simulações muitas vezes ao longo das aulas, elas podem ser cansativas ou perder interesse?
Aluno 3	Talvez.
Entrevistadora	Qual é que foi mais difícil? Qual é que foi menos difícil e porquê?
Aluno 3	Talvez a mais difícil foi essa porque é uma coisa, um conteúdo muito novo. E é a primeira vez que vem o magnetismo.
Entrevistadora	Mas mais por causa do conteúdo ou mais por ser qualitativa?
Aluno 3	O conteúdo. A mais fácil foi a da força gravítica. Porque nós já tínhamos uma ideia muito mais sólida.
Entrevistadora	Ficaste frustrado em algum momento ao realizar estas atividades?
Aluno 3	Não, não, foi tranquilo.
Entrevistadora	Em relação à última que tinha a lei dos senos para descobrir [Lei de Snell-Descartes]. O facto dessa revelação não ter sido muito óbvia, desmotivou-te de alguma forma?
Aluno 3	Um bocado porque eu gosto de descobrir as coisas, e depois ter de descobrir que tem que ser o ângulo e o seno, foi estranho.
Entrevistadora	Foi um bocadinho fora da caixa. Como é que te sentiste ao lidar então com essa situação?
Aluno 3	Foi desafiante, mas gostei porque depois consegui perceber.
Entrevistadora	Preferias ter feito sozinho?
Aluno 3	Não.
Entrevistadora	Mas, por exemplo, se eu te desse agora um protocolo parecido com aquele para realizar com uma atividade, achas que conseguias fazer sozinho?
Aluno 3	Sim, mas ia ser muito mais difícil e desmotivante.
Entrevistadora	Qual que gostaste mais, qual é que gostaste menos?
Aluno 3	Que gostei mais, foi a primeira; a que eu não gostei, foi a última que eu não consegui chegar à relação sozinho.
Entrevistadora	Que achas que são os principais pontos fortes e pontos fracos de utilizar estas simulações?

Aluno 3	Pontos fortes é que nos motiva, é muito intuitivo. Acho que uma pessoa que assim não precisa de saber muito de física consegue chegar lá? Os fracos é que depois, por ser uma coisa muito automatizada, nós perdemos um bocadinho de autonomia.
Entrevistadora	Achas que elas consumiram muito tempo, por exemplo, comparado com as atividades práticas?
Aluno 3	Foi igual.
Entrevistadora	E como é que achas que o tempo que investiste nestas simulações durante as aulas depois trouxe benefícios para a tua aprendizagem?
Aluno 3	Acho que foi igual. Trouxe porque saber que tens de fazer as coisas mais organizadas ajuda muito mais do que pegar as coisas à solta.

*o aluno contraria-se um pouco mas a capacidade de separar os assuntos é uma competência relacionada com a autonomia e a decisão que se toma ao realizar as atividades.

D. Aluno 4

Entrevistadora	Portanto, em relação às aulas em que usaste estas simulações, achaste que foram mais interessantes para ti do que as aulas em que não as usaste?
Aluno 4	Foi mais interessante usar as simulações porque via em perspetiva de primeira pessoa aquilo a acontecer. Então eu gostei mais.
Entrevistadora	O que é que te motivou mais durante as aulas? As simulações ou se fossem atividades práticas no laboratório?
Aluno 4	Eu gosto das duas, mas se calhar preferia as simulações porque tinha meio que um controle no que eu queria fazer.
Entrevistadora	Algumas destas simulações nós podíamos ter feito no laboratório, mas continuas a preferir que fossem feitas no computador?
Aluno 4	Continuava a preferir no computador, como eu disse, tem mais controlo.
Entrevistadora	Achas que em química fazia sentido utilizarmos este tipo de simulações?
Aluno 4	Sim, faz sempre sentido.
Entrevistadora	Achas que te ajudou a desenvolver competências importantes, como por exemplo, ser mais autónomo ou pensar de forma mais crítica?
Aluno 4	Sim, muito.
Entrevistadora	E achas que mobilizaste outro tipo de competências?
Aluno 4	Sim como disse autonomia e usei um bocado a minha criatividade ao mesmo tempo.
Entrevistadora	Ótimo e achas qu a realização destas atividades depois te ajudou a desenvolver competências? Mas em relação à análise de dados, por exemplo, interpretar dados, organizar dados...
Aluno 4	Sem, sem a ajuda das professoras e por mim mesmo, eu meio que fui mais autónomo e aprendi a usar mais os dados.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, na questão dos gráficos: montar os gráficos, tirar resultados a partir dos gráficos... achas que te sentias preparado para realizar essa análise de dados com os gráficos noutras situações, por exemplo, atividades no laboratório?
Aluno 4	Sim, ia demorar um bocado para me adotar, mas ia conseguir.
Entrevistadora	Mas percebes porque é que é importante nós usarmos os gráficos para analisar dados e porquê?
Aluno 4	Sim. Porque às vezes os nossos sentidos e a nossa mente confundem o que realmente acontece. Então temos de usar os gráficos para perceber melhor.
Entrevistadora	Ok, é mais objetivo então?
Aluno 4	Sim mais objetivo.
Entrevistadora	Existem, por exemplo, algumas das simulações que nós fizemos que não podiam ter sido feitas no laboratório, nomeadamente a primeira. Achas que por causa deste tipo de simulações, compreendeste melhor os conteúdos por trás delas?
Aluno 4	Sim.
Entrevistadora	Achas que estes tipos de simulações devem ser feitos antes do conteúdo ter sido dado ou depois?
Aluno 4	Depende do contexto da turma porque se for para tentar explicar melhor, eu aconselho antes se for para tirar conclusões, se calhar depois.
Entrevistadora	Achas que em geral ajudaram te melhor na aprendizagem sobre o conteúdo científico?
Aluno 4	Sim.
Entrevistadora	E, por exemplo, nos testes, achas que te ajudaram a responder com mais confiança ou corretamente a exercícios?
Aluno 4	Sim, porque eu depois tentava me lembrar e vinha a memória da experiência da simulação.
Entrevistadora	Por exemplo, aquela do íman [Lei de Faraday], não tinha números para retirar. Era uma atividade mais qualitativa. O que é que achaste de ser assim mais qualitativa?

Aluno 4	Achei mais engraçada, preferi, mas ao mesmo tempo lá está, tira um bocado da cena de ser uma simulação, não ter o gráfico.
Entrevistadora	Acreditas que, por exemplo, elas podem se tornar cansativas ao longo do tempo ou podes perder o interesse de usá-las?
Aluno 4	Não, eu vou continuar a gostar sempre, para sempre.
Entrevistadora	Qual é que te causou mais dificuldades? Qual é que te causou menos dificuldades?
Aluno 4	Mais dificuldades da primeira que foi a adaptar-me e também tinha um bocado de dificuldade com essa matéria.
Entrevistadora	E qual é que causou menos dificuldades?
Aluno 4	A do íman [Lei de Faraday].
Entrevistadora	Achas que em algum momento, ao realizar estas atividades, ficaste frustrado?
Aluno 4	Nada.
Entrevistadora	A lei de Snell: conseguiste encontrar essa relação?
Aluno 4	Consegui com ajuda.
Entrevistadora	Não achaste então que isso foi desmotivante?
Aluno 4	Não sei. Acho que não.
Entrevistadora	Ajudou-te depois a achar que foi melhor do que se não tivesse aquele desafio em que tinhas de pensar fora da caixa?
Aluno 4	Sim achei que o desafio ajudou a aumentar o trabalho que tivemos que fazer.
Entrevistadora	Preferias ter feito isto sozinho?
Aluno 4	Não, porque eu ia demorar muito mais tempo. Depois acabava a aula.
Entrevistadora	Mas agora que já fizeste quatro, sentias-te capaz de realizar essas atividades sozinho?
Aluno 4	Sim, acho que conseguia.
Entrevistadora	Qual é que gostaste mais? Qual é que gostaste menos?
Aluno 4	Gostei mais da luz [Lei de Snell] e gostei menos da força gravítica.
Entrevistadora	O que é que achas que são os pontos fortes e os pontos fracos destas simulações?
Aluno 4	Pontos fortes é que nos ajudam a compreender melhor a matéria de uma forma objetiva com os gráficos. O ponto fraco. Se calhar...acho que não tem nenhuma. Eu se calhar ia dizer para a primeira adaptámo-nos a fazermos sozinho sem ajuda.
Entrevistadora	Achas que consumiram muito tempo durante as aulas, em comparação com o que uma atividade laboratorial demora?
Aluno 4	Não acho que foi assim um bocado igual.
Entrevistadora	Como é que achas que, por exemplo, o tempo que investiste trouxe depois benefícios para a tua aprendizagem ao utilizares estas atividades?
Aluno 4	Foi em proporção tipo, quanto mais as fazia, mais aprendia.
Entrevistadora	OK, muito bem, alguma coisa que queiras acrescentar?
Aluno 4	Não.

E. Aluno 5

Entrevistadora	As aulas que utilizaram as simulações foram mais interessantes para ti do que as aulas sem o seu uso, se sim, porquê? Se não porquê?
Aluno 5	Sim, diria que sim.
Entrevistadora	Sim, e porquê? O que é que achaste que era melhor nas simulações?
Aluno 5	Eu acho que era mais visual e pelo menos para mim, é muito mais fácil eu conseguir visualizar o que é que estamos a falar. Se for uma matéria muito teórica, se eu conseguir ver o que é que está a acontecer, na teoria, acho que é muito mais fácil do que só apanhar o que está escrito.
Entrevistadora	O que é que te motivou mais durante estas aulas? Ou melhor, o que é que tu achas que te motivaria mais: o uso de simulações ou se fosse atividades práticas no laboratório?
Aluno 5	Atividades práticas de laboratório.
Entrevistadora	O que é que há de diferente para ti?
Aluno 5	Uma atividade prática de laboratório... eu acho que é sempre diferente porque é mais prático, certo? Então, então seria aulas sem simulação, depois simulações e depois laboratório.
Entrevistadora	Existem algumas simulações que também podiam ter sido realizadas como atividades práticas, no laboratório. Portanto para ti é melhor se fosse mesmo no laboratório com os materiais, em vez de usar o computador?
Aluno 5	Sim.
Entrevistadora	Gostavas de fazer este mesmo conceito que nós fizemos em física, mas para atividades em química?

Aluno 5	Acho que sim, acho que simulações em química, se calhar até era mais engraçado. Porque dá para ver coisas que nós não conseguimos ver, tipo reações que nós não conseguimos ver mesmo.
Entrevistadora	Achas que ao usares estas simulações conseguiste desenvolver competências, por exemplo, ser mais autónomo ou pensar mais criticamente sobre resultados?
Aluno 5	Sim, acho que sim.
Entrevistadora	E outras competências que achas que também desenvolveste com estas atividades?
Aluno 5	Se calhar, ver melhor os dados. Interpretar melhor o que o que eu estou a ver, se calhar se não tivesse feito, não conseguia interpretar tão bem.
Entrevistadora	Achas que depois disto, nas atividades práticas que fizeste, te ajudou também melhor na interpretação de dados?
Aluno 5	Sim, acho que ajudou em termos de organização.
Entrevistadora	Lembras te que nós usámos muito gráficos no <i>Excel</i> ? Achas que agora conseguias replicar isso noutras situações?
Aluno 5	Sim, no <i>Excel</i> . Acho que se calhar já sou capaz de fazer um gráfico no <i>Excel</i> mas não aquelas multiplicações, aquelas contas um bocado confusas as da última simulação, se calhar ainda não isso.
Entrevistadora	Então percebes porque é que é importante usar os gráficos para analisar os dados?
Aluno 5	Sim, dados, dá para concluir, tirar conclusões das fórmulas e tudo o que foi que nós fizemos nas últimas aulas.
Entrevistadora	Achas que estes tipos de simulações devem ser feitos antes de abordes um conteúdo teórico ou depois de abordes o conteúdo teórico?
Aluno 5	Depois de abordar o conteúdo teórico.
Entrevistadora	Sentes te mais confortável em saberes primeiro o que vais fazer?
Aluno 5	É que mesmo que não esteja a perceber o conteúdo teórico, é mais fácil eu ver a simulação depois de já saber um bocado teoria, senão, parece que eu estou a olhar para algo que eu não percebo.
Entrevistadora	Então achas que te ajudaram melhor perceber os conteúdos ou não?
Aluno 5	Sim, acho que sim aquelas das fórmulas onde nós tínhamos de deduzir, nunca mais esqueci dessas fórmulas.
Entrevistadora	OK, isso é ótimo. Portanto, nos testes, achas que também te ajudou?
Aluno 5	Sim.
Entrevistadora	Lembraste da Lei de Faraday? Achaste que essa era um bocado mais complicada? Porque não tinhas dados numéricos, só tinhas conclusões qualitativas?
Aluno 5	Achei que foi igualmente complicado.
Entrevistadora	Não viste diferença numa para as outras?
Aluno 5	Não porque na Lei de Faraday acho que dava para ver bem sem dados por causa da simulação em si, dava para ver o que é que acontecia. Não acho que os dados eram necessários.
Entrevistadora	Achas que usar assim muitas simulações como nós fizemos torna-se cansativo ao longo?
Aluno 5	Se for muitas, acho que sim. Sem dúvida.
Entrevistadora	Qual é que achas que foi mais difícil?
Aluno 5	Se calhar a Lei de Faraday.
Entrevistadora	Porque é que achas? Não teres os dados, ou valores?
Aluno 5	Não sei, acho que é um conceito mais difícil de compreender. Foi assim uma introdução um bocado mais brusca porque as outras 3 já era um bocado de, não sei, cultura geral.
Entrevistadora	Qual é que foi o que te causou menos dificuldade?
Aluno 5	À lei da atração, a primeira.
Entrevistadora	Em algum destes momentos, sentiste ao realizar a atividade que era frustrante, ou que não conseguias chegar aos resultados?
Aluno 5	Hum, não acho que não, era engraçado, sim. Foi tudo intuitivo. Bem intuitivo não necessariamente, dava trabalho. Mas era engraçado.
Entrevistadora	Lembraste da lei de Snell? Vocês conseguiram encontrar essa relação?
Aluno 5	Não, acho que só conseguimos chegar até metade.
Entrevistadora	Então achaste que por não ser tão óbvio que foi mais desmotivante?
Aluno 5	Sim, se calhar porque estávamos a tentar encontrar formas de aquilo funcionar e nada funcionava.
Entrevistadora	E como é que como é que te sentiste em relação a isso? Não encontrastes essa solução assim óbvia?
Aluno 5	Como assim?
Entrevistadora	Sentiste que depois não ias gostar dessa matéria que depois ias achar aquilo mais maçador ou não afetou de maneira nenhuma?
Aluno 5	Não acho que não afeta, não.
Entrevistadora	Preferias ter feito sozinho estas atividades ou achas que em grupo é melhor?
Aluno 5	Eu acho que em pares, correu melhor.
Entrevistadora	Mas se fizesses sozinho, achas que conseguias do mesmo género? Como nós temos feito recolher dados, analisar, fazer os gráficos...

Aluno 5	Se calhar não tão bem, porque nós repartimos aquilo direitinho.
Entrevistadora	Qual é que gostaste mais?
Aluno 5	Eu gostei da segunda, do pêndulo.
Entrevistadora	Do movimento circular uniforme. E porquê?
Aluno 5	Não sei, gostei mais dessa matéria.
Entrevistadora	E qual é que gostaste menos?
Aluno 5	A dos lasers, Lei de Snell.
Entrevistadora	O que é que tu achas que é o ponto forte de usar estas simulações e quais é que são os pontos fracos?
Aluno 5	Eu acho que o ponto forte é que é muito mais visual para os alunos, certo? E acho que ajuda muito melhor a entender a matéria para mim é sempre muito mais fácil visualizar a matéria teórica e depois também em exercícios. E isto era quase como um exercício porque tinha aquele relatório para nós seguirmos que ao longo tinha perguntas, então era uma junção de tudo.
Entrevistadora	E o ponto fraco?
Aluno 5	Ponto fraco é que pode se tornar um bocado cansativo se for uma experiência muito comprida. E também eu não gosto assim tanto de trabalhar nos computadores, sim, não tenho jeito.
Entrevistadora	Achas que ocupou mais tempo fazer estas situações ou as atividades laboratoriais ocupam mais tempo?
Aluno 5	Acho que as atividades laboratoriais ocupam mais tempo, sim.
Entrevistadora	Portanto, estas são mais rápidas. Como é que tu achas que o tempo que gastaste a fazer estas atividades compensou depois, com a maneira que aprendeste os conceitos?
Aluno 5	Acho que depois de fazermos as simulações, por exemplo, na segunda, na segunda atividade, foi muito mais fácil entender a matéria teórica. Acho que foi muito mais fácil eu perceber o movimento circular.
Entrevistadora	Alguma coisa que queres acrescentar?
Aluno 5	Não.

*as contas que são faladas aqui são as deduções das expressões no final das atividades. No entanto, mais tarde, mostra apreço por esse método pois menciona nunca mais ter esquecido as fórmulas.

F. Aluno 6

Entrevistadora	As aulas em que utilizaste as simulações essas foram mais interessantes do que as aulas que não utilizaste? Porquê?
Aluno 6	Pronto, eu acho que as simulações é um bocado mais visual, então é mais fácil de perceber.
Entrevistadora	E, por exemplo, comparando com as aulas práticas, o que é que é mais motivante trabalhar com as simulações no computador ou fazer as coisas na prática?
Aluno 6	Em física as simulações são mais interessantes.
Entrevistadora	Isso é interessante porque uma das perguntas que eu tenho é se gostavas de utilizar estas simulações também, mas para química?
Aluno 6	Em física funciona melhor, em química não tanto.
Entrevistadora	E, portanto, neste caso, algumas das simulações que nós fizemos podiam ter sido feitas no laboratório, em vez de terem sido feitas em computador, portanto preferias que tivessem sido feitas no laboratório ou que continuavas a preferir no computador.
Aluno 6	Lá está, as simulações.
Entrevistadora	Achas que trabalhar com estas simulações ajudou-te a desenvolver algumas competências, por exemplo, ser mais autónomo ou pensar assim de forma crítica? E achas que o mobilizaste outro tipo de competências além dessas?
Aluno 6	Sim, não sei acho que faz diferença sermos nós a mexer por isso é maioritariamente a autonomia.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, em relação à análise de dados nas atividades laboratoriais, interpretação e organização de dados, achas que estas simulações te ajudaram a desenvolver essas competências?
Aluno 6	Acho que já as tinha.
Entrevistadora	E em relação aos gráficos, achas que conseguias usar o método gráfico noutras situações? Esta questão de tirar os dados, interpretar os dados no gráfico, montar os gráficos?
Aluno 6	Acho que sim.
Entrevistadora	Sim, e achas que é importante usar esta análise de gráficos? Porquê?
Aluno 6	Sim pois é uma melhor análise dos resultados, é mais organizado.
Entrevistadora	Achas que, como algumas das simulações, não podiam ser feitas em laboratório, nós usámos as simulações para colmatar essa questão... achas que te ajudou a compreender melhor os conteúdos depois na aula?
Aluno 6	Sim.
Entrevistadora	E achas que elas devem ser dadas antes de o conteúdo ter sido lecionado teoricamente ou depois do conteúdo ter sido lecionado. Por exemplo, depois de já saberes qual é a matéria ou como uma parte inicial da matéria?

Aluno 6	Se calhar depois.
Entrevistadora	Depois, porquê? O que é que achas que é melhor?
Aluno 6	É melhor depois. Por exemplo, acho que se damos a matéria e eu ainda tenho dúvidas, se calhar a parte visual vai ser mais fácil de eu conseguir perceber essas dúvidas.
Entrevistadora	Achas que em geral elas ajudaram-te a melhorar a tua aprendizagem?
Aluno 6	Sempre.
Entrevistadora	Por exemplo nos testes, sentiste-te mais confiante a responder aos exercícios em relação a isto, ajudavam-te a lembrar alguma coisa?
Aluno 6	Sim.
Entrevistadora	Lembras-te da Lei de Faraday? Não havia dados numéricos para tirar. Ou seja, nós só tirámos conclusões qualitativas, o que é que achaste de ser uma atividade mais qualitativa?
Aluno 6	Acho que aprendemos a mesma coisa só não temos dados tão específicos.
Entrevistadora	Não achaste mais fácil ser com números ou sem números?
Aluno 6	Realmente aquelas que tem muitos números confundem um bocadinho mais.
Entrevistadora	Achas que ao usares muitas vezes estas simulações ao longo das aulas, o próprio uso das simulações pode ser cansativo ou perder o interesse?
Aluno 6	Não acho que é sempre uma coisa diferente. Acho que é sempre interessante.
Entrevistadora	Qual é que foi mais difícil? Qual é que foi menos difícil e porquê?
Aluno 6	A menos difícil diria que era a dos ímãs [Lei de Faraday]. Porque para mim, por exemplo, já tinha percebido mais na aula. Então mais difícil... provavelmente aquela do pêndulo, a do movimento circular. Pronto lá está, era a que eu tinha mais dificuldades na aula.
Entrevistadora	Ficaste em algum momento assim mais frustrado ao realizar isto, achaste que nunca ias chegar ao resultado?
Aluno 6	Acho que não só porque lá está, como fazemos em grupo, discutíamos em conjunto.
Entrevistadora	Então preferias ter feito sozinho?
Aluno 6	Não, em grupo é melhor.
Entrevistadora	Mas se agora fosses fazer sozinho, achas que conseguias fazê-las sozinho?
Aluno 6	Acho que sim.
Entrevistadora	Em relação àquela última que foi a Lei de Snell, tínhamos de descobrir aquela relação matemática. Desmotivou de alguma forma a não teres conseguido chegar a essa relação?
Aluno 6	Pois, para mim chegar às relações matemáticas foi sempre mais difícil em todas.
Entrevistadora	Portanto, nunca era muito intuitivo. Qual é que gostaste mais? Qual é que gostaste menos?
Aluno 6	Foi a dos ímãs [Lei de Faraday] que gostei mais, e a do pêndulo a que gostei menos. Pelas mesmas razões de anteriormente.
Entrevistadora	O que é que achas que é os pontos mais fortes e os pontos mais fracos destas simulações?
Aluno 6	Os pontos mais fortes lá está, é aquele que é mais visual. Acho mais fácil, principalmente em física. Não consigo pensar em nenhum ponto fraco.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, em comparação às atividades práticas, achas que as simulações demoram muito mais tempo?
Aluno 6	Até acho menos. Para mim, pelo menos.
Entrevistadora	O tempo que investiste a fazer estas simulações durante a aula, achas que trouxe algum benefício para a tua aprendizagem?
Aluno 6	Sim, sem dúvida.
Entrevistadora	Mais alguma coisa que queiras acrescentar?
Aluno 6	Acho que não.

*1/2 alunos que menciona que em física faz mais sentido usar AEVs.

G. Aluno 8

Entrevistadora	Achas que as aulas em que fizemos as simulações são mais interessantes? Ou as aulas sem simulações?
Aluno 8	As simulações mais cativantes.
Entrevistadora	São mais cativantes porquê?
Aluno 8	Porque cativa a entender porquê de as coisas estarem a acontecer.
Entrevistadora	O que é que achas que é mais motivador: fazer as simulações do computador ou se fossem atividades práticas no laboratório?
Aluno 8	Práticas no laboratório, prefiro manusear o material.
Entrevistadora	Algumas delas podemos ter feito no laboratório, portanto, é preferível trabalhar com os materiais, é isso?
Aluno 8	Sim.

Entrevistadora	Na parte da química achavas que seria interessante realizarmos atividades deste género?
Aluno 8	Acho que sim. O que eu acho é que é mais fácil sempre entendermos a matéria e a química é sempre mais difícil de ver.
Entrevistadora	Achas que em algum momento o uso destas simulações te ajudou a desenvolver competências como, por exemplo, seres mais autónomo, pensares mais criticamente?
Aluno 8	Acho que não, já vinha de trás.
Entrevistadora	E então achas que mobilizaste outro tipo de competências? Alguma coisa que desenvolveste, achas que organizas melhores os dados agora ou interpretas melhor?
Aluno 8	Acho que não, em todas as atividades desenvolvemos essas competências também. Já vinha de trás.
Entrevistadora	E na análise de dados, por exemplo, na interpretação e organização de resultados. Achas que já tinhas essas competências antes?
Aluno 8	Mais ou menos, pelo menos na questão de organizar dados e interpretar.
Entrevistadora	E, por exemplo, o método gráfico, achas que conseguias fazer outras atividades em que tivesses de analisar dados a partir dos gráficos.
Aluno 8	Acho que mais ou menos.
Entrevistadora	Achas que não mobilizaste assim grandes competências na análise?
Aluno 8	Não consegui realizar todos os gráficos, essa é a parte mais difícil.
Entrevistadora	Mas percebes porque é que é importante nós usarmos o os gráficos para analisar os dados?
Aluno 8	Sim, acho que sim, porque acho que assim conseguimos ter mais informação.
Entrevistadora	Algumas destas simulações, nós não podemos ter feito no laboratório, certo? Algumas fizemos, mas, por exemplo, a primeira não dava para fazer no laboratório. Achas que ao fazermos esta atividade virtual, ajudou-te a perceber melhor?
Aluno 8	Acho que por acaso deve ter ajudado um bocado para entender a matéria,
Entrevistadora	Achas que te ajudou a perceber os conteúdos que depois abordaste em aula? Todas as simulações?
Aluno 8	Houve uma certa que me ajudou bastante ao fazê-la eu depois percebi 100% a matéria* ² .
Entrevistadora	Achas que seria mais interessante este tipo de atividades virem depois do conteúdo já ter sido lecionado ou antes como uma espécie de introdução àquele conteúdo?
Aluno 8	Diria no meio. Porque se for antes, não estou muito a par da matéria. A meio já vai ajudando ter algumas bases para desenvolver o resto da matéria.
Entrevistadora	E achas que, por exemplo, tu falaste que te ajudou a perceber tipo a 100% da matéria numa das simulações. No teste, achas que te estou a resolver exercícios?
Aluno 8	Pode sim vir a ajudar, a lembrar-me da tal coisa que eu fiz no laboratório.
Entrevistadora	Lembras-te da Lei de Faraday, que não tínhamos dados numéricos? Foi uma atividade mais qualitativa. O que é que achaste em relação a essa atividade de ser assim mais qualitativa?
Aluno 8	Acho que é bom entender assim, não ser tanto cálculo é mais fácil.
Entrevistadora	Preferes se tivesse dados para analisar?
Aluno 8	Gosto mais com cálculos, se eu estiver a par da matéria, gosto mais com cálculos.
Entrevistadora	Achas que usar muitas vezes estas simulações torna-se cansativo?
Aluno 8	Não se forem cativantes e não assim 100% teóricas. Acho que fica mais interessante.
Entrevistadora	Qual foi a mais difícil? Qual foi a menos difícil?
Aluno 8	A mais fácil foi aquela que fiz em aula, do pêndulo [Movimento Circular Uniforme]. Essa ficou entendida a 100%. Que até fui ajudar o grupo das colegas. A mais difícil foi uma em teria sido preciso deduzir, fizemos no laboratório. A primeira ou a última.
Entrevistadora	Se calhar essas fórmulas eram mais complicadas para ti. Achaste que isso foi mais frustrante?
Aluno 8	Foi um bocado mais complicado chegar às fórmulas.
Entrevistadora	Esta parte da dedução das fórmulas, na lei de Snell, que era a última que tinha aquela fórmula trigonométrica. Achas que isso foi assim mais desmotivante, mais frustrante não chegares á formula?
Aluno 8	Foi essa a que achei mais difícil. Não consegui chegar à relação e não consigo perceber a lógica. Isso fez-me começar a desistir.
Entrevistadora	Acha preferes realizar isto sozinho? Ou em grupo?
Aluno 8	Depende, se o grupo estiver a ter um bom funcionamento, acho que em grupo começa-se a dividir tarefas.
Entrevistadora	E achas que agora se tivesses de fazer uma espécie destas atividades sozinho, achas que conseguias sentir-te capaz?
Aluno 8	Sim, se eu tiver o par da matéria, acho que consigo me organizar.
Entrevistadora	Qual é que gostaste mais e qual a que gostaste menos?
Aluno 8	Aquela que eu gostei mais, foi aquela que eu entendi na sala de aula. A que gostei menos foi mesmo a das funções do seno. Não cheguei a perceber como era a função que tinham de usar.
Entrevistadora	Qual é que achas que foi os pontos fracos e os pontos fortes de ter os usado estas simulações na aula?

Aluno 8	Pontos fortes porque ajuda muito mais a entender a essa matéria. De onde é que vêm as coisas e depois até pode vir ajudar nos testes se lembrar-nos dela; os fracos que mais é porque dedução não ajuda assim tanto, não chega a ajudar muito.
Entrevistadora	Então o que achas que demora mais tempo? Achas que estes tipos de atividades de simulações demoram mais tempo ou as atividades práticas no laboratório?
Aluno 8	Demoram mais tempo. Acho que nas práticas, é uma coisa que se faz mais rápido.
Entrevistadora	E o tempo que investiste para fazer estas simulações. Achas que depois trouxe benefícios para a tua aprendizagem?
Aluno 8	Sim, por exemplo, aquela que percebi a 100% e a matéria ficou mais fácil.
Entrevistadora	Alguma coisa mais queiras acrescentar?
Aluno 8	Não.

*1o aluno contraria-se aqui; primeiro menciona que já tinha sido desenvolvida competências de organização e análise de dados mas menciona a seguir que foram algumas das competências que desenvolveu com as AEVs.

*2a atividade do movimento circular uniforme

H. Aluno 9

Entrevistadora	Achaste que foi mais interessante fazeres as aulas com o uso das simulações ou sem o uso e porquê?
Aluno 9	Se não tivéssemos as simulações, ia ser uma aula mais secante. Possivelmente ia ser mais teórica. E não tínhamos um exemplo prático que dá para o pessoal entender mais e absorver mais aquilo. Não porque estamos todos a divertir e quando nós nos divertimos, dá para entender mais.
Entrevistadora	O que é que achas que é mais motivador? Fazer estas simulações assim no computador que eu chamo de atividades práticas virtuais ou atividades, mesmo práticas no laboratório?
Aluno 9	O laboratório. Porque é uma coisa física que eu, que o computador também é físico, mas no laboratório é uma coisa física que eu posso estar a mexer e a fazer as fórmulas, as coisas de uma forma diferente do que no computador, que é só teclar.
Entrevistadora	Gostavas de utilizar este tipo de simulações na química. Achas que fazia sentido?
Aluno 9	Sim.
Entrevistadora	Achas que trabalhar com estas simulações ajudou-te a desenvolver competências como, por exemplo, seres mais autónomo ou pensares de forma mais crítica?
Aluno 9	Acho que ajudou um bocadinho a ser mais autónomo, pelo menos.
Entrevistadora	Achas que desenvolveste outro tipo de competências também? Como organização, interpretação de dados...?
Aluno 9	Talvez a organização, ter de colocar no <i>Excel</i> .
Entrevistadora	No caso da análise de dados, achas que depois conseguiste analisar melhor os dados nas atividades que fizeste no laboratório?
Aluno 9	No laboratório depois ajudou.
Entrevistadora	Conseguirias fazer outra vez, analisar dados a partir dos gráficos? E compreendes, porque é que é importante nós usarmos estes gráficos para analisar dados?
Aluno 9	Conseguia, porque são os gráficos, que costumam ser difíceis de analisar. Eventualmente vai sair nos testes e nos exames e há pessoal que não entende nada de analisar gráficos e ajuda mais um bocadinho para estudar e isso.
Entrevistadora	Algumas destas simulações nós não podemos fazê-las no laboratório, nomeadamente a primeira, achas que depois ajudou a melhor a compreender os conteúdos na aula?
Aluno 9	Sim, deu para visualizar primeiro.
Entrevistadora	E achas que então elas devem ser feitas antes de abordes o conteúdo na aula ou depois de já ter sido abordado?
Aluno 9	Antes, ou seja, com uma primeira introdução.
Entrevistadora	E em geral, por exemplo, nos testes, achas que te ajudou a perceber?
Aluno 9	Sim, depois no teste resolveu ajudou a resolver um exercício e a dar exemplos em aula.
Entrevistadora	A Lei de Faraday, lembras-te que não tinha dados, ou seja, não tinha números. Era só tirar conclusões qualitativas. O que é que achaste em relação a isso?
Aluno 9	É uma coisa diferente, não ter dados para analisar é. Mas acho que consegui tirar conclusões na mesma, não fez muita diferença. É, quer dizer, é mais fácil, não ter dados, achei mais fácil.
Entrevistadora	Muito bem, achas que usar muitas vezes, isto pode tornar cansativo?
Aluno 9	Não, gosto disto. Nada cansativo.
Entrevistadora	Qual é que foi menos difícil? Qual é que foi mais difícil e porquê?
Aluno 9	Menos difícil foi a de Faraday. A mais difícil foi a primeira? Ou a lei de Snell. Com a relação com os senos.
Entrevistadora	Achas que foi porque não conseguiste chegar a essa relação?

Aluno 9	Não, acho que não. É por causa de termos mais trabalho a fazer.
Entrevistadora	Achaste isso foi mais frustrante?
Aluno 9	Um bocado.
Entrevistadora	As outras, se calhar eram mais intuitivas. Como é que sentiste o facto de isto não ser mais intuitivo?
Aluno 9	Não fez diferença porque depois entendi e fez sentido.
Entrevistadora	Preferias ter feito isto sozinho? As atividades?
Aluno 9	Eu preferia fazer eu sozinho, mas com a professora a ver se porque eu prefiro fazer as coisas sozinho do que em grupo, gosto de fazer da minha maneira.
Entrevistadora	Então achas que se agora tivesses de fazer isto sozinho, sentias-te preparado?
Aluno 9	Sim.
Entrevistadora	Qual é que gostaste mais? Qual é que gostas menos?
Aluno 9	Gostei mais da refração na luz. Gostei menos da primeira*. Gostei mais da luz [Lei de Snell-Descartes] porque foi mais engraçado termos lá o vidro e depois dá para fazer mais atividades em que consigo ver.
Entrevistadora	O que é que achas que foi os pontos fortes e os pontos fracos das simulações?
Aluno 9	O ponto forte da refração foi o dar para fazer várias atividades e ter vários exemplos para fazer. Ponto fraco foi a parte de deduzir aquilo dos cossenos e senos. Ponto forte da Faraday era ser mais engraçado, estava a ter a tentar fazer com que o imã passasse mais rápido. O ponto fraco, por acaso não havia.
Entrevistadora	Achas que elas demoraram muito tempo, em comparação com o tempo que demoras numa atividade prática no laboratório?
Aluno 9	Acho que no laboratório demora mais.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, o tempo que investiste a fazer estas simulações depois trouxe benefícios para a tua aprendizagem?
Aluno 9	Sem dúvida alguma.
Entrevistadora	Está ótimo. Obrigada.

*este aluno não esteve presente na realização da primeira AEV sobre a Lei da Gravitação Universal, então considera-se que a sua primeira atividade foi a do Movimento Circular Uniforme.

I. Aluno 10

Entrevistadora	Achas que, por exemplo, usar simulações nas aulas tornam as aulas mais interessantes do que quando não se usa simulações nas aulas e porquê?
Aluno 10	Acho que dá para ter uma perspetiva diferente do que ser só teórico, com exemplos dava para chegar a algum lado.
Entrevistadora	O que é que achas que te motiva mais a fazer: as simulações no computador ou atividades práticas no laboratório?
Aluno 10	No laboratório. E eu, pessoalmente, não gosto muito de tecnologia.
Entrevistadora	Portanto, tudo o que tem a ver com por as mãos na massa é melhor para ti?
Aluno 10	Sim.
Entrevistadora	Portanto, nas situações em que nós poderíamos ter feito estas atividades em laboratório. Essas situações preferias que tivesse sido no laboratório?
Aluno 10	Sim.
Entrevistadora	Por exemplo, agora na parte da química, gostavas também de utilizar simulações para explorar conceitos em química?
Aluno 10	Gostava, torna as aulas mais interessantes. É algo diferente.
Entrevistadora	Achas que trabalhar com simulações ajuda-te a desenvolver competências, como, por exemplo, ser mais autónomo ou pensar assim de forma mais crítica?
Aluno 10	Sim porque com a tecnologia nem sempre dá para chegar logo ao objetivo e é preciso pensar um pouco mais.
Entrevistadora	E achas que mobilizaste outro tipo de competências?
Aluno 10	Sim, autonomia. Tive de aprender a fazer as coisas um bocado sozinho, apesar de ter a ajuda das professoras. Também tive de saber fazer as coisas.
Entrevistadora	Portanto, utilizar estes recursos diferentes. E achas que, por exemplo, na análise de dados, estas simulações te ajudam a desenvolver competências como, por exemplo, interpretar ou organizar resultados?
Aluno 10	Sim.
Entrevistadora	Em relação aos gráficos, sentias-te preparado a analisar dados utilizando os gráficos noutras situações?
Aluno 10	Como assim noutras situações?

Entrevistadora	Por exemplo, nas atividades laboratoriais que nós fazemos agora, em vez de usarmos tabelas ou em vez de usarmos fazer contas, utilizar gráficos para tirar resultados, achas que te sentias confortável com?
Aluno 10	Os gráficos confundem-me bastante. Portanto, o método gráfico é mais difícil.
Entrevistadora	Então, se calhar não consegues compreender, porque é que é importante usar o método gráfico para analisar os dados ou achas que consegues perceber? Porque é que é importante?
Aluno 10	É importante porque o gráfico tem, não sei, explica outra coisa ou a mesma coisa de outra maneira, eu percebo que para muitas pessoas é mais fácil ver nos gráficos, mas a mim baralho-me.
Entrevistadora	Achas que estas simulações devem ser aplicadas antes de se dar matéria teórica ou depois de dar a matéria teórica?
Aluno 10	Depois. Acho que se for antes, eu provavelmente não vou perceber nada, vou me baralhar bastante. E se me derem primeiro a teoria já sei mais ou menos o que é que vai acontecer. Qual é o objetivo. E é melhor.
Entrevistadora	E achas que, por exemplo, em geral as simulações ajudam-te a perceber ou a melhorar a aprendizagem sobre o conteúdo científico?
Aluno 10	Ajudam.
Entrevistadora	Por exemplo, a resolver exercícios ou no teste, achas que te ajudam a responder melhor?
Aluno 10	Talvez não. Talvez no teste é diferente, mas eu resolver exercícios. Eu acho que ajuda.
Entrevistadora	Em relação então àquela que te lembras, da Lei de Faraday? Aquela atividade não tinha dados numéricos, era uma atividade qualitativa. O que é que achaste de ser uma atividade assim mais qualitativa?
Aluno 10	Eu gostei mais. Nem sempre me dou bem com os números.
Entrevistadora	Achas que ao usar estas simulações assim várias vezes durante as aulas, elas podem ser cansativas ou perder o interesse?
Aluno 10	Se for usada todas as semanas, eu acho que sim. De vez em quando depende da matéria.
Entrevistadora	Qual é que achaste que foi mais difícil, menos difícil e porquê?
Aluno 10	Acho que que aquelas sobre o movimento [Movimento Circular Uniforme], mas eu acho que foi porque eu também não tenho percebido muito bem esta matéria e os gráficos também não ajudavam. A menos difícil se calhar era a lei de Faraday, que não tinha números
Entrevistadora	Em relação à última, lembras-te tinha aquela relação que era preciso descobrir dos senos. Como te sentiste de não chegar àquela relação? Achas que aquilo depois prejudicou?
Aluno 10	Percebo que é normal eu não saber certas coisas.
Entrevistadora	Preferias ter feito isto sozinho?
Aluno 10	Não.
Entrevistadora	Mas neste momento, se eu tivesse de fazer uma atividade deste género sozinho, achas que conseguias fazer?
Aluno 10	Se tivesse os passos, talvez conseguiria chegar lá, mas não acho que fosse tão divertido.
Entrevistadora	Qual é que gostaste mais? Qual é que gostaste menos?
Aluno 10	Gostei mais das dos ímãs [Lei de Faraday].
Entrevistadora	Que achas que são pontos fortes ou pontos fracos de utilizar as simulações na aula?
Aluno 10	Os pontos fracos, aquilo que eu já referi, a tecnologia. Também nesta escola, a Internet. Não é que seja lá muito boa, então. Os pontos fortes é que também, já referi, dá outra perspetiva e pode ajudar no teste. Lembrar-me do que foi suposto fazer.
Entrevistadora	Achas que consumiram muito tempo de aula, comparado, por exemplo, às atividades laboratoriais?
Aluno 10	Portanto, acho que foi o mesmo tempo, sim.
Entrevistadora	Achas que o tempo que investiste nestas simulações nas aulas depois trouxeram benefícios para a tua aprendizagem?
Aluno 10	Sim.
Entrevistadora	Queres acrescentar mais alguma coisa?
Aluno 10	Acho que não, está ótimo.

J. Aluno 11

Entrevistadora	Achas que é mais interessante aulas com as simulações ou sem as simulações?
Aluno 11	Com as simulações.
Entrevistadora	Porquê? O que é que é diferente?
Aluno 11	Acho que com a prática aprendemos mais.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, é para ti que é que motiva mais usar as simulações ou se fossem, por exemplo, atividades práticas no laboratório com materiais?

Aluno 11	Acho que as simulações porque as atividades laboratoriais em física não são muito boas para aprender. Em física faz mais sentido as simulações*.
Entrevistadora	Então é na química gostavas de usar as simulações para explorar outros conceitos?
Aluno 11	Sim, acho que sim.
Entrevistadora	Por exemplo, havia algumas destas simulações que nós fizemos, como a lei de Faraday que dava para fazer no laboratório. Achas que preferias continuar a trabalhar na simulação ou achas que no laboratório tinha outros benefícios?
Aluno 11	Acho que no laboratório era melhor, temos mais em prática. Acho que se nós fizemos mais com as mãos, nós aprendemos melhor do que no computador.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, estas simulações ajudam-te a desenvolver algum tipo de competências, por exemplo, pensar de forma crítica, organizar dados esse tipo de coisas?
Aluno 11	Acho que sim, porque nós tínhamos de escolher os dados que nós íamos escolher na simulação.
Entrevistadora	Achas que mobilizaste outro tipo de competências?
Aluno 11	A selecionar melhor a informação.
Entrevistadora	Achas que te ajuda a desenvolver competências, por exemplo, interpretar ou organizar resultados?
Aluno 11	Sim.
Entrevistadora	E em questão ao método gráfico: sentias-te preparado nas atividades laboratoriais de usar método gráfico para analisar dados?
Aluno 11	Sim, era melhor.
Entrevistadora	Percebes porque é que é importante nós tirarmos conclusões a partir de gráficos?
Aluno 11	Sim ajuda. Acho que é importante porque às vezes o exercício pede um valor num determinado instante. Nós temos de ir ao gráfico determinar a concentração ou a velocidade.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, as simulações ajudaram-te a compreender melhor os conceitos que depois foram abordados em aula?
Aluno 11	Para mim não fez muita diferença, mas acho que sim, porque as aulas muitas vezes, a professora explicava, para os alunos e eu não conseguia ver, então acho que as simulações eram melhores.
Entrevistadora	Achas que elas fazem sentido serem abordadas antes do conteúdo ter sido lecionado teoricamente ou depois?
Aluno 11	Depois. Como nós já sabemos, um bocado da matéria já é melhor aplicá-la do que antes? Se não, não sabemos nada.
Entrevistadora	Esta se calhar, não sei se faz muito sentido, mas, por exemplo, porque como tu não estiveste nas aulas, achas que depois para resolver exercícios, te ajudaram as simulações ou para ti não fez diferença?
Aluno 11	Não fiz muita diferença, mas acho que acho que sim.
Entrevistadora	Uma delas que era aquela dos imãs [Lei de Faraday] não tinha números. Era uma atividade qualitativa. O que é que achaste de ser uma atividade qualitativa?
Aluno 11	Foi pior para mim, eu prefiro trabalhar com os números.
Entrevistadora	Achas que, por exemplo, utilizá-las muitas vezes, elas podem tornar-se cansativas?
Aluno 11	Não, só se forem muito repetitivas.
Entrevistadora	Qual foi a menos difícil? Qual foi a mais difícil e porquê?
Aluno 11	Acho que a mais fácil foi aquela do pêndulo. Acho que para mim a mais difícil foi da Lei de Snell. Por causa da relação e porque nas aulas foi mais prático e eu não estava nas aulas, então foi mais difícil perceber.
Entrevistadora	E já agora falamos dessa da lei de Snell, então achas que, por exemplo, chegar à relação? Se calhar achas que foi mais difícil aquela relação dos senos?
Aluno 11	Acho.
Entrevistadora	Achas que isso desmotivou-te um bocado depois no resto da simulação?
Aluno 11	Não eu fui, fui aprendendo à medida que ia fazendo.
Entrevistadora	Preferias ter feito sozinha?
Aluno 11	Não, acho que com a pessoa ao lado que também sabe a matéria é melhor do que fazer sozinha.
Entrevistadora	Sentias-te capaz de realizar sozinho?
Aluno 11	Sim.
Entrevistadora	Qual é que gostaste mais? Qual é que gostaste menos? Podem ser as mesmas das anteriores.
Aluno 11	Gostei menos da do íman [Lei de Faraday] e gostei mais da do pêndulo.
Entrevistadora	Quais achas que são os pontos fortes e pontos fracos de usar estas simulações? E pode ajudar, por exemplo, no teu caso, que estavas em casa, podes apontar para isso também.
Aluno 11	Sim, no meu caso é mais complicado, porque muitas vezes nós dávamos a matéria não e eu não conseguia aplicá-la, não é? Mas pedia sempre ajuda a um colega para me ajudar. Pontos fortes, como eu disse, ajuda a retirar melhor a informação do enunciado. A aplicar é sempre bom aplicar o que nós damos. Acho que exercícios são sempre melhores do que o teórico só.

Entrevistadora	É isso, achas que, por exemplo, o tempo que se investiu a fazer estas simulações depois trouxe algum benefício na aprendizagem?
Aluno 11	Sim, acho que sim, porque nós retiramos sempre algum bocado das experiências que nós fazemos.

*1/2 alunos que menciona que em física faz mais sentido usar AEVs.

Apêndice 7 - Parecer da Comissão de Ética da FCUP



Parecer

Ref.: Proc. CE2025/p213

Relativamente ao pedido de parecer requerido por Mariana Silva Almeida no âmbito do projeto intitulado “Explorando o Potencial das Simulações como Atividades Experimentais Virtuais”, a Comissão de Ética nada tem a opor à realização desse projeto, uma vez que estão garantidos o anonimato para o exterior, a confidencialidade no tratamento dos dados recolhidos, o consentimento informado dos encarregados de educação/tutores responsáveis pelos alunos menores de idade bem como o assentimento informado desses mesmos alunos participantes no projeto.

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 28 de fevereiro de 2025

O Presidente da Comissão de Ética

Assinado por: **João José de Faria Graça Afonso Lima**
Num. de Identificação: 07103810
Data: 2025.02.28 14:31:59+00'00'

Apêndice 8 – Consentimento Informado



Escola Secundária
Inês de Castro
CANIDelo VILA NOVA DE GAIA

Declaração de Consentimento Informado

No âmbito de uma Investigação no Ensino da Física intitulada “Explorando o Potencial das Simulações como Atividades Experimentais Virtuais” que visa avaliar a utilização de simulações como Atividades Experimentais Virtuais (AEVs) desenvolvida por mim, Mariana Silva Almeida, com orientação do Professor Marcelo Hahn (Universidade do Porto), gostaríamos que os alunos participem numa entrevista, com gravação áudio para recolher a sua opinião face às estratégias utilizadas.

As informações recolhidas, a gravação áudio e os dados pessoais como o nome do aluno serão confidenciais e objeto de tratamento científico e académico. A entrevista decorrerá em horário escolar. Após a conclusão da investigação, os áudios gravados serão apagados e nenhum participante será identificado.

Quaisquer dúvidas podem ser esclarecidas com a Professora Mariana Silva Almeida através do seguinte email: up201805014@edu.fc.up.pt. Agradecemos a colaboração do seu (sua) educando (a).

Eu, _____, encarregado de educação abaixo-assinado, declaro que:

1. Autorizo a participação do meu educando _____ no projeto acima referido.
2. Compreendi as informações contidas neste documento, bem como as eventuais informações verbais que me foram transmitidas pelo investigador acima referido, sobre o projeto supracitado.
3. Compreendi que a participação do meu educando no projeto mencionado incluirá a participação numa entrevista, conduzido pelo investigador principal.
4. Compreendi que a participação do meu educando é voluntária e que este poderá desistir a qualquer momento da sua participação neste projeto, sem indicar o motivo.
5. Percebi que os dados recolhidos serão tratados pelos investigadores, sendo garantido o anonimato para o exterior.
6. Entendi que os investigadores irão armazenar todas as informações e dados recolhidos de forma segura e confidencial durante a investigação, respeitando o Regulamento Geral de Proteção de Dados, e que os dados serão utilizados exclusivamente para fins do projeto em causa.

O encarregado de educação:

Data: __/__/__

O investigador principal:

Data: __/__/__



Apêndice 9 – Assentimento Informado



Escola Secundária
Inês de Castro
CANIBELO VILA NOVA DE GAIA

Declaração de Assentimento Informado

No âmbito de uma Investigação no Ensino da Física intitulada “Explorando o Potencial das Simulações como Atividades Experimentais Virtuais” que visa avaliar a utilização de simulações como Atividades Experimentais Virtuais (AEVs) desenvolvida por mim, Mariana Silva Almeida, com orientação do Professor Marcelo Hahn (Universidade do Porto), gostaríamos que os alunos participem numa entrevista, com gravação áudio para recolher a sua opinião face às estratégias utilizadas.

As informações recolhidas, a gravação áudio e os dados pessoais como o nome do aluno serão confidenciais e objeto de tratamento científico e académico. A entrevista decorrerá em horário escolar.

Após a conclusão da investigação, os áudios gravados serão apagados e nenhum participante será identificado.

Quaisquer dúvidas podem ser esclarecidas com a Professora Mariana Silva Almeida através do seguinte email: up201805014@edu.fc.up.pt

Agradecemos a sua colaboração!

Eu, _____, aceito participar neste projeto, sabendo que é garantido o anonimato para o exterior, a confidencialidade no tratamento dos dados assim como a proteção e segurança dos dados dos intervenientes. Compreendo que a minha participação é voluntária e anónima. Sei que posso desistir a qualquer momento da participação neste projeto, sem indicar o motivo.

O aluno:

Data: __/__/__

O investigador principal:

Data: __/__/__

