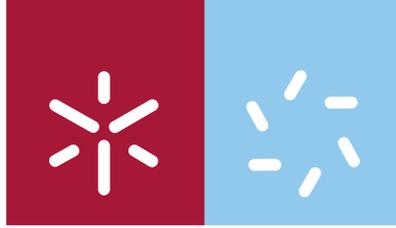


Universidade do Minho
Escola de Ciências

Joana Alexandra Oliveira Malheiro

**"Queda de graves em fluidos":
Desenvolvimento de recursos reais
e virtuais para o ensino.**



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Joana Alexandra Oliveira Malheiro

**"Queda de graves em fluidos":
Desenvolvimento de recursos reais
e virtuais para o ensino.**

Tese de Mestrado em Física
Área de Especialização Ensino

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Senentxu Lanceros-Méndez
e do
Professor Doutor Vicente Fonseca

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, / /

Assinatura: _____

Aos meus pais,
Ao meu irmão,
Aos meus amigos.

Agradecimentos

- Aos orientadores Doutor Vicente Fonseca e Doutor Senentxu Méndez, por terem desempenhado essa função tão exemplarmente;
- Ao Luís Martins e Gustavo Andrez, pelo precioso contributo no desenvolvimento dos recursos informáticos e pela colaboração na construção do equipamento real necessário à realização da actividade;
- Aos meus pais e irmão, pela amizade, apoio prestado e ajuda pronta durante todo este percurso;
- Ao Luís Martins, pela amizade, paciência, apoio prestado e ajuda pronta durante todo este percurso;
- Aos meus fabulosos amigos, pelo companheirismo demonstrado ao longo de todo o mestrado.

Resumo

As novas tecnologias influenciam cada vez mais as metodologias de ensino. Tendo em conta este facto, o presente trabalho baseia-se na criação de recursos didácticos para o ensino da Física e, de certa forma na complementação do ensino experimental com a apresentação de *software* didáctico de apoio. Foi desenvolvida uma actividade laboratorial real e um suporte informático, enquadrado no programa nacional da disciplina de Física (12º ano de escolaridade) e referente ao trabalho laboratorial obrigatório, TL I.5 – “Coeficiente de viscosidade de um fluido”.

A implementação deste tipo de recursos é de grande interesse para o Ensino Secundário, no âmbito da Mecânica dos Fluidos, pois promove a criatividade e interactividade do ensino da Física. Por outro lado, é de extrema importância a utilização de um método de ensino – aprendizagem que não concentre o ensino da Física exclusivamente na veiculação de informação, mas que tenha em atenção toda a construção do conhecimento, num contexto mais amplo, englobando os conteúdos e os processos de construção. Desta forma, o objectivo principal destes recursos didácticos reside no facto de complementar o processo de ensino – aprendizagem, de forma a serem utilizados numa componente pré-laboratorial ou pós-laboratorial, dependendo da abordagem que o professor pretenda, enquanto elemento activo deste processo.

O desenvolvimento desta actividade laboratorial virtual deu origem a um sítio na *internet*, que disponibiliza ao utilizador um conjunto de informações acerca do tema em questão, conjunto este constituído por: desenvolvimento de conceitos, guia da actividade laboratorial, exercícios de avaliação de conhecimentos, um vídeo demonstrativo e uma simulação que permite ao utilizador variar os parâmetros relevantes, da forma mais adequada.

Finalmente, é salientar que estas actividades laboratoriais virtuais se apresentam como fonte de motivação para os alunos e podem combater o insucesso escolar, se implementadas de forma adequada. No entanto, estas não substituem os métodos experimentais e devem ser encaradas como complemento.

Abstract

The new technologies are changing constantly the teaching methods. Given this fact, the present work is based on the creation of teaching resources to be part of the learning of physics and in some way to complement the experimental teaching techniques with the presentation of appropriated software to support this subject.

The aim is to develop real and virtual resources to support practical work develop in Physics, as part of the National Physics Curriculum (12th grade). These resources were developed to complement the compulsory practical work, TL I.5 - "Viscosity coefficient of a fluid."

The implementation of such resources is of great interest to Secondary Schools and in the study of Mechanics of Fluids, therefore promotes creativity and interactivity in the study of physics. It is also, extremely important, the use of new teaching methods that do not focus the learning process, exclusively, on the transmission of contents, but give more relevance to the construction of knowledge based on the content and the process of learning. Therefore, the main objective of these teaching resources is to enrich the learning process by applying it as laboratory component which can be used before and after the laboratory session, depending on the approach that the teacher wants to implement as the active element of this process.

The development of this laboratory virtual activity has led to a web site that offers the user a set of information about the topic in study. This set consists of: development of concepts, practical guide, assessment questions, video demonstration and virtual simulation that allows the user to vary the relevant parameters in the appropriate way.

Finally, is referred that the Laboratory Virtual Activities are presented as a source of motivation for students and school and can fight against the student's failure if implemented properly, however they do not replace the experimental methods, but must be seen as resources that complement these methods.

Conteúdo

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract	v
Conteúdo	vi
Lista de Tabelas	vii
Lista de Figuras	viii
1. Introdução.....	1
2. Contextualização teórica	4
2.1. <i>Ensino experimental como ponto forte do ensino da Física</i>	<i>4</i>
2.2. <i>Informática no ensino da Física</i>	<i>6</i>
2.3. <i>Experimentação e os recursos da realidade virtual</i>	<i>7</i>
3. Importância do trabalho.....	10
3. Actividade Laboratorial Virtual: “ Queda de graves em fluidos”	11
3.1. <i>Metodologia.....</i>	<i>12</i>
4.1.1. <i>Enquadramento</i>	<i>13</i>
4.1.2. <i>Construção do equipamento experimental real</i>	<i>14</i>
4.1.3. <i>Desenvolvimento da actividade experimental laboratorial</i>	<i>15</i>
4.2. <i>Descrição da estrutura da Actividade Laboratorial Virtual</i>	<i>17</i>
4.3. <i>Desenvolvimento do Laboratório Virtual.....</i>	<i>23</i>
4.3.1. <i>Construção do material</i>	<i>23</i>
4.3.2. <i>Vídeo:</i>	<i>25</i>
4.3.3. <i>Simulação:.....</i>	<i>31</i>
5. Considerações Finais	35
5.1. <i>Sugestões para trabalhos futuros.....</i>	<i>36</i>
6. Referências e bibliografia	37
ANEXOS	40
ANEXO I	41
ANEXO II	42
ANEXO III.....	43

Lista de Tabelas

Tabela 1- Objectivo e ordem de planos utilizados na construção do recurso vídeo27

Lista de Figuras

Figura 1 – Esquema geral da página de Apresentação da Actividade Laboratorial Virtual.....	17
Figura 2 - Esquema geral os apontadores principais da Actividade Laboratorial Virtual.....	18
Figura 3 - Menu expandido com apontadores secundários visíveis.....	18
Figura 4 - Esquema da página “Mecânica de Fluidos” inserida no apontador “Parte Conceptual”	19
Figura 5 - Página de apresentação do Vídeo da actividade.....	20
Figura 6 - Página de apresentação do Simulação da actividade.....	21
Figura 7 – Página de questionário como -Questões de escolha múltipla - e - Teste de opinião.	21
Figura 8 – Página de contactos	22
Figura 9 - Imagem da montagem do material	24
Figura 10 - Imagem do plano 1 - Medição da massa e volume do fluido.....	28
Figura 11 - Imagens dos planos 2 e 3 – Medição do diâmetro da esfera e Medição da massa da esfera	28
Figura 12 - Imagens dos planos: 4 – Encher o tubo; 5 – Definição do ponto inicial do percurso; 6 – Definição do ponto final do percurso e 7 – Medição da temperatura do fluido.	29
Figura 13 - Imagem do plano 8 - Exemplificação da medição do tempo inicial - e do plano 9 - Exemplificação da medição do tempo final	30
Figura 14 - Imagem 6 - Variáveis a controlar	30
Figura 15 - Imagem 7 - Apresentação das tabelas de recolha de dados e Equação da viscosidade de um fluido.....	31
Figura 16 - Imagem geral da simulação.....	32
Figura 17 – Imagem da área - esquema experimental - da simulação	32
Figura 18 – Imagem da área de - Controlo - da simulação.....	33
Figura 19 – Imagem da área - Variáveis - a controlar da simulação	33
Figura 20 – Imagem da área - Resultados - da simulação	34

1. Introdução

A necessidade de diversificação dos métodos de ensino, para melhorar a aprendizagem da Física ao nível de sala de aula, é evidente. Os alunos lidam, constantemente, com conceitos abstractos, que, em larga medida, são pouco óbvios. É da responsabilidade dos docentes proporcionar aos seus alunos experiências de aprendizagem eficazes, combatendo as dificuldades mais comuns e actualizando, quanto possível, os instrumentos pedagógicos que utilizam.

A história do ensino da Física tem mostrado que a experimentação é parte essencial do método científico. Por outro lado, a forma tradicional, como, por vezes, é ministrada a disciplina de Física, em que o professor permanece como elemento activo do processo de ensino, tem-se mostrado pouco eficaz na aquisição de conhecimentos pelo aluno. A realização de experiências, a utilização de meios audiovisuais e o recurso a *software* adequado podem, então, facilitar o processo de ensino.

Além disso, as práticas laboratoriais da disciplina de Física ajudam o aluno a desenvolver destrezas básicas e ferramentas de Física experimental, tais como o tratamento de dados, a assimilação de conceitos básicos, o reconhecimento da importância do papel da observação directa em Física e a distinção entre as inferências realizadas a partir da teoria e as que se realizam a partir da experimentação.

Estamos a viver uma revolução sociocultural com base na relação entre ciência e tecnologia.

O computador é, hoje em dia, um instrumento que a nossa sociedade não dispensa. É através desta ferramenta que muitas acções fundamentais são tomadas e resolvidas, no imediato. O uso de computadores ao nível de sala de aula tem vindo a ser uma prática crescente, sendo que grande parte deste crescimento deve-se às inúmeras campanhas que promovem o acesso à Sociedade da Informação e fomentam a info - inclusão, disponibilizando computadores portáteis e ligações à *internet* de banda larga, em condições muito competitivas. Ao nível europeu, também foram adoptados projectos que pretendem equipar estabelecimentos de ensino com computadores e ligação à internet, formar professores e criar incentivos ao desenvolvimento de recursos pedagógicos electrónicos (“Plano de Acção Global eEurope” e “Plano acção eLearning”(COM, 2001)).

Por outro lado, com a aprovação, por parte do Ministério da Educação, do Plano Tecnológico Educação (PTE), a 18 de Setembro de 2007, muitos incentivos e melhorias foram

levadas a cabo nas nossas escolas, pois esta medida ambiciosa colocar Portugal entre os cinco países europeus mais avançados em matéria de modernização tecnológica das escolas até 2010. Esta modernização, para além pretender aumentar o número de computadores por alunos e acesso à *internet*, visa atingir uma percentagem de 90% no que diz respeito a docentes com certificação TIC.

O Programa Nacional de Física (PNF) do 12º ano incentiva professores e alunos a recorrer a informação e recursos existentes na *internet*, de modo a complementar e enriquecer, tanto as aulas teóricas, como os trabalhos laboratoriais. O PNF apela ao uso do computador como uma base de dados, para actividades de pesquisa de informação, como meio de comunicação e instrumento de laboratório na aquisição e no processamento de dados experimentais e para a utilização crítica de simulações computacionais. (DES, 2004)

Pretende-se assim, desenvolver competências que ajudam a preparar o aluno para viver numa sociedade cada vez mais dominada pelas tecnologias da informação.

No entanto, estas novas tecnologias, por si só, não melhoram de forma automática o processo de ensino, nem preparam de melhor forma os alunos para enfrentarem o mundo actual. Pelo contrário, sem a implementação de um modelo pedagógico adequado, estas mesmas tecnologias podem ter um efeito negativo neste processo.

Por isso, as actividades laboratoriais podem desenvolver-se de forma a haver um contacto físico, permitindo a manipulação das variáveis, dispositivos e materiais necessários para a actividade (laboratório real) ou utilizando simulações (laboratório virtual). Ambas as formas requerem uma preparação prévia dos conteúdos inerentes à actividade, pois necessitam que o seu conteúdo seja assimilado de forma eficaz. Algumas experiências mostram que o trabalho desenvolvido em ambos os ambientes (real e virtual) se complementa. (Lucero, 2000).

Este trabalho incide na construção de material didáctico virtual para disponibilização pública no site “Laboratórios Virtuais” (<http://alv.fisica.uminho.pt/>) do Departamento de Física da Universidade do Minho. Pretende-se construir um modelo físico de uma actividade laboratorial, desenvolver uma simulação, que sirva de apoio à compreensão da temática em questão e fornecer um suporte textual para a implementação da mesma. Esta actividade laboratorial faz parte de um grupo de actividades obrigatórias do programa de Física de 12º ano de escolaridade e insere-se na unidade I – Mecânica – no tema 4, Mecânica de Fluidos. Os recursos didácticos que foram desenvolvidos servem de apoio à realização do Trabalho Laboratorial I.5 (T.L. I.5) – “Coeficiente de viscosidade de um líquido”.

O material de apoio desenvolvido para este laboratório virtual é constituído por uma proposta filmada para o procedimento da actividade laboratorial, uma simulação computacional da mesma actividade, uma proposta de um guia laboratorial e recursos didácticos que complementem esta actividade laboratorial virtual.

O vídeo do procedimento experimental pressupõe mostrar um equipamento desenvolvido, recorrendo a materiais simples, de forma a permitir o desenrolar de uma prática mais rigorosa, em que a recolha de dados pode ser feita de forma mais exacta, para além de servir como suporte e incentivo ao desenvolvimento da actividade em estabelecimentos que não possuam o material para a implementação da mesma.

A simulação da actividade foi desenvolvida para que a sua utilização, por parte dos professores e alunos, permita uma variação dos parâmetros propostos, a recolha e análise de dados e a análise de gráficos. Foi elaborado, ainda, um guia laboratorial, que contempla objectivos e orientações para a realização da actividade e recursos didácticos e pedagógicos, tais como a abordagem dos conceitos, do material bibliográfico e de questões de avaliação de conhecimentos.

Obviamente, os laboratórios virtuais não pretendem a substituição das actividades laboratoriais presenciais. Necessitam, por isso, de ser encaradas como um apoio à preparação das actividades laboratoriais, tanto num contexto pré-laboratorial, como na realização de estudos/relatórios na fase pós-laboratorial.

A execução das actividades laboratoriais e a sua planificação dependem de vários factores: possibilidade de realização real, objectivos inerentes, adequação temporal, etc. No entanto, devem ser um elemento importante para o processo de construção de conhecimento científico, no qual as sessões de introdução de conceitos, os exercícios de lápis e papel e as actividades laboratoriais constituam um conjunto de etapas que devem ser implementadas, dependendo da situação em que se encontram, e que exijam um esforço criativo e crítico por parte do aluno, não reduzindo o processo de aprendizagem a directivas que imponham caminhos pré-estabelecidos, não modificáveis e inquestionáveis (Salinas et al. 1995).

2. Contextualização teórica

Neste capítulo, apresenta-se, de forma sucinta, o resultado da revisão de literatura pertinente, relativa a este tema. Este trabalho de pesquisa e análise permitiu a obtenção de uma visão global do ensino da Física, assim como da situação actual, no que diz respeito à implementação de novas tecnologias no processo de ensino – aprendizagem.

Desta forma, após análise da literatura seleccionada e estruturada a sua correlação, dividiu-se este capítulo em subcapítulos:

- Ensino experimental como ponto forte do ensino da Física;
- Informática no ensino da Física;
- Experimentação e os recursos da realidade virtual.

2.1. Ensino experimental como ponto forte do ensino da Física

O professor de Física em escolas públicas, privadas e em instituições de ensino superior, tem vindo a constatar e experienciar inúmeros problemas. Um dos problemas experienciados nesta época é a falta de interesse nos estudos, por parte dos alunos, o que prejudica o seu processo de ensino – aprendizagem.

Segundo Vigotski (Vigotski 2001), toda aprendizagem só é possível na medida em que se baseia no próprio interesse da criança. Outra aprendizagem não existe. Toda questão consiste no quanto o interesse está orientado na linha do próprio objecto de estudo e não relacionado a influências externas a ele como prémios, castigos, medos, desejo de agradar, etc., mas reconhecer a prepotência do interesse infantil não condena de maneira nenhuma o pedagogo a segui-lo de modo impotente.

As pesquisas no ensino procuram estratégias que recuperem o interesse do educando para o conhecimento a ser trabalhado. É consensual, entre os professores de Física, que a actividade experimental atrai os alunos (Thomaz 2000). Segundo Oliveira (Oliveira e tal. 1998), o trabalho em laboratório didáctico de física pode ser utilizado como elemento de aprendizagem e motivação, pois o exercício experimental possibilita dar sentido real às abstracções teóricas dos manuais escolares.

Desde há muitos anos, defende-se a implementação de actividades laboratoriais no ensino das ciências, pois entende-se que esta prática é facilitadora da aprendizagem de conceitos e promove a aprendizagem de métodos e processos científicos (Klainin 1988; Lock

1988). No entanto, esta questão da utilização das actividades laboratoriais no ensino das ciências tem levantado muitas questões ao nível da sua implementação na sala de aula.

Desde os finais do século XIX até aos dias de hoje, Portugal acompanhou esta evolução ao considerar o ensino experimental como um ponto fulcral para aproximar o ensino da Física à sua própria essência. Mas, apenas com a implementação da reforma educativa em Portugal, no início dos anos noventa, se reconheceu a importância da existência de diversos tipos de actividades laboratoriais com diferentes funções, pretendendo o desenvolvimento de determinadas competências.

Mais tarde, a Reorganização Curricular do ensino Básico (DEB, 2001) e a Reforma Curricular do Ensino Secundário (DES, 2001) sublinharam a importância da interligação entre as componentes teórica e laboratorial no ensino das ciências, defendendo o desenvolvimento de competências de previsão, verificação e argumentação. Era, então, necessário que o ensino das ciências, para além de se preocupar em transmitir conhecimentos, promovesse a educação em ciências, de forma a que todos os alunos se tornassem cidadãos capazes de compreender o mundo natural que os rodeia e de interpretar do modo mais adequado e completo possível as suas manifestações.

Segundo Hodson (Hodson 1993), a educação em ciências deve desenvolver competências que permitam aos alunos aprender ciências, ou seja testar, reformular ideias prévias, aprender “novas” ideias e usá-las cientificamente; aprender a fazer ciência, envolvendo métodos e processos das ciências, permitir a resolução de problemas e a avaliação de argumentos empiricamente fundamentados; aprender acerca das ciências, relacionando dados com as evidências e conclusões, e, ainda, promover a interdependência das ciências com a tecnologia, a sociedade e o ambiente.

Alguns pesquisadores defendem o ensino no laboratório como fundamental no âmbito do ensino de física, tendo em vista os fortes laços desta disciplina com os processos experimentais (PASSOS 1981; GABEL 1993; CARVALHO et al. 1998; ALVES, 2000)

Aulas em laboratórios didácticos, quando bem estruturadas e com objectivos claros, conquistam um papel de grande relevância dentro do processo de ensino e aprendizagem da física.

Cachapuz (Cachapuz 1989) destaca que a exploração, como método de trabalho, privilegia o aluno, que propõe as soluções, interagindo com os colegas e com o professor, e, segundo Astolfi e Develay (Astolfi e Develay 2001), “experiências para ver diferem das experiências para provar”.

Tratar o ensino com actividades experimentais, sem associá-lo a uma concepção de aprendizagem, é um equívoco. As suas contribuições não podem ser super estimadas e nem subestimada. O processo de implementação deve procurar condições para que ocorra o aprofundamento dos conhecimentos em Física por parte dos alunos.

Nesse contexto, a sociedade não aceita mais procedimentos exclusivamente baseados em aulas expositivas e exigem dos professores aulas dinâmicas e criativas que agucem o interesse dos alunos. Como referido anteriormente, são várias as estratégias possíveis para procurar essa “nova” configuração das aulas. Entre as existentes, tem-se optado pela utilização de duas estratégias interligadas: actividades experimentais, auxiliadas por recursos da realidade virtual.

Uma vez que em várias escolas não há laboratórios equipados de forma adequada para o ensino de Física, aumentando, assim, as possibilidades de uma actividade não atingir seus objectivos, cabe ao professor encontrar actividades viáveis, que procurem motivar os alunos e desenvolver as suas potencialidades.

2.2. Informática no ensino da Física

A informática está, cada vez mais, incorporada na nossa sociedade e na vida quotidiana, especialmente na organização de dados, nos equipamentos de comunicação, em sistemas empresariais e instrumentos de uso pessoal. Na área educacional não é diferente, como assinala Oppenheimer (Oppenheimer 1997), a revolução da Informática Educacional faz parte de uma história mais longa da Tecnologia da Educação. Desde o início do século XX, várias ondas tecnológicas inovadoras têm assolado a Educação com promessas e perspectivas surpreendentes.

A informática assumiu um papel de grande relevância para o ensino das ciências, pois, para além de permitir a aquisição e a análise de dados, desenvolvem-se várias ferramentas e propostas que utilizam os recursos da realidade virtual, voltadas para espaços escolares formais ou em busca de novos espaços educacionais.

Por outro lado, a necessidade de diversificar métodos para combater o insucesso escolar conduziu ao uso crescente e diversificado do computador no ensino da Física. O computador oferece, actualmente, várias possibilidades para ajudar a resolver os problemas de insucesso das ciências, em geral, e da Física em particular (Fiolhais e Trindade, 2003).

Papert (Papert 1993) defende que os alunos, enquanto elementos activos do processo de ensino, devem utilizar “*ferramentas que viabilizem a exploração dos nutrientes cognitivos ou seja, os elementos que compõem o conhecimento*”.

Pretende-se, assim, que o computador se torne um parceiro que providencie processos de aprendizagem. As principais formas de utilização do computador no ensino são a aquisição de dados por computador, a modelização e simulação, a multimédia, a realidade virtual e a *internet* (Fiolhais e Trindade, 2003).

Os trabalhos publicados em TIC no ensino de Física foram classificados em três grandes categorias (Veit et al. 2002):

- i) *Princípios e ideias gerais sobre a possibilidade de uso de novas tecnologias no Ensino de Física;*
- ii) *Uso de um determinado software e sua influência no docente;*
- iii) *Aquisição automática de dados em laboratórios didácticos de Física.*

Com essa classificação, os autores evidenciam uma lacuna existente no ensino de Física, tendo em vista que em nenhuma dessas categorias é dada à devida importância à discussão da modelagem computacional no ensino e aprendizagem de Física.

2.3. Experimentação e os recursos da realidade virtual

Os defensores da informática no Ensino da Física têm vindo a sustentar a ideia de que o uso de simulações computacionais pode vir a ser uma solução para melhorar a aprendizagem dos alunos. Estas simulações computacionais englobam tecnologias, desde o vídeo à realidade virtual, que podem ser classificadas segundo o seu grau de interactividade entre o aprendiz e o computador (Gaddis 2000).

Qualquer simulação se baseia num modelo de uma situação real, modelo este matematizado e processado pelo computador, a fim de fornecer animações de uma realidade virtual (Medeiros e Medeiros 2002).

A implementação de simulações computacionais é um factor de mudança no Ensino da Física e pretende assumir o papel de recurso facilitador do processo de ensino – aprendizagem. Esta mudança equivale à quebra de um antigo paradigma educacional, baseado em aulas expositivas e laboratórios tradicionais.

O modelo de ensino e aprendizagem, baseado em recursos da realidade virtual, constitui uma evolução histórica do modelo educacional, *“pois se antes o professor era o centro do processo, hoje o processo é de interação”* (Costa e XeXéu, 1996).

Segundo Paz (Paz 2007), as actividades experimentais mediadas por computador não devem funcionar apenas como constatação da teoria, sendo necessário que estas actividades proporcionem o levantamento de questões e levem os alunos a reflectir e desenvolver, por si próprios, a procura de soluções, associando a Ciência às constantes inovações tecnológicas e ao uso correcto das tecnologias de informação e comunicação.

Não se procura a substituição de actividades experimentais práticas por actividades experimentais baseadas em recursos de realidade virtual, mas sim um complemento.

Gaddis (Gaddis 2000) fez um levantamento das vantagens de utilização das simulações no ensino das ciências, no qual se refere a:

- Reduzir o ruído cognitivo de modo a que os alunos possam concentrar-se nos conceitos envolvidos na actividade;
- Fornecer feedback para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos;
- Permitir aos alunos formularem e testarem as suas hipóteses;
- Permitir aos alunos a recolha de uma grande quantidade de dados, rapidamente;
- Envolver os alunos em tarefas de grande nível de interactividade e actividades que explicitem a natureza da pesquisa científica;
- Apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstractos tornando-os mais concretos;
- Reduzir a ambiguidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos;
- Servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel do laboratório;
- Desenvolver habilidades de resolução de problemas;
- Promover habilidades de raciocínio crítico;
- Fomentar uma compreensão mais profunda dos fenómenos físicos;
- Auxiliar alunos a aprenderem sobre o mundo real, vendo e interagindo com modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação directa.
- Acentuar a formação dos conceitos e promover mudança conceitual.

Perante tantas vantagens atribuídas a este tipo de recurso, é de questionar sobre as suas limitações e os perigos que podem trazer consigo.

Uma actividade real possui maior complexidade e simulações que a descrevam são sempre baseadas em modelos que contêm simplificações e aproximações da realidade (Medeiros e Medeiros, 2002). Por outro lado, existe uma diferença significativa entre o acto de experienciar um fenómeno através de uma situação real e de uma simulação computacional.

“Se tal diferença não for percebida, as simulações podem, por vezes, comunicar concepções do fenómeno opostas àquelas que o educador pretendia veicular com o seu uso, como a pesquisa educacional tem mostrado.” (Verbic 1996)

Também é necessário ter em conta que o uso exagerado de animações e simulações, considerando-as como alternativas às situações reais, é uma tendência perigosa, pois, de certa forma, podem servir para comunicar imagens distorcidas da realidade com eficiência igualmente maior do que a das figuras estáticas.

Medeiros e Medeiros (2002) afirma que:

“ Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda a animação, toda a simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes.”

Críticos mais severos têm chamado a atenção para o facto das simulações computacionais limitarem a possibilidade de os estudantes serem confrontados com a riqueza heurística da experiência dos erros experimentais e, assim, da tentativa de resolverem problemas da vida real (Kimbrough 2000). Os raciocínios exploratórios, os erros experimentais, as mudanças nas situações reais não são geridos através de uma simulação computacional e muito do que nós aprendemos na vida é baseado no facto de como aprendemos e não apenas sobre o que aprendemos (Medeiros & Medeiros, 2002).

O acto de ensinar é de tal forma complexo que o educador em Física não deve optar por um único recurso pedagógico. Este acto tem que ser focalizado de forma a possibilitar múltiplas possibilidades, trazidas pela realidade concreta, pela interacção humana e, também, pelas simulações. Os computadores são uma excelente ferramenta, mas não são substitutos da experiência com o mundo real.

“É preciso ter em conta que a educação não é algo que envolve apenas informação. Educar consiste, igualmente, em fazer as pessoas pensarem sobre a informação e a reflectirem criticamente. (...) É preciso estimular as mentes dos nossos estudantes e não apenas abarrotá-las de informações, de imagens enlatadas.” (Medeiros e Medeiros 2002).

3. Importância do trabalho

Perante as exigências estabelecidas pelo Programa Nacional de Física, quanto à realização de actividades obrigatórias, alguns estabelecimentos de ensino têm vindo a sentir dificuldades na sua execução ao nível de sala de aula. Esta dificuldade deve-se, em grande parte, à não existência de material adequado para a sua execução ou à falta de fiabilidade no material usado. Este trabalho pretende conduzir e auxiliar as escolas numa melhor implementação e execução desta actividade ao nível de sala de aula. A simulação desta experiência pretende ser uma mais-valia como complemento pré e pós laboratorial desta actividade laboratorial, pois irá permitir que os alunos se familiarizem com o material, técnicas, processos e resultados experimentais, antes de o utilizar ao nível de laboratório, assim como numa vertente pós-laboratorial, já que permite repetição de ensaios experimentais, a recolha exaustiva de dados e uma maior exploração de variáveis.

A utilização da simulação laboratorial fará com que o aluno sinta maior liberdade na escolha do processo de recolha de dados, levando-o a experimentar novos processos e situações experimentais.

3. Actividade Laboratorial Virtual: “ Queda de graves em fluidos”

Nesta parte do trabalho, é apresentada uma proposta de construção do material adequado à execução desta actividade laboratorial. É, também, fundamentada e apresentada a actividade virtual laboratorial desenvolvida neste trabalho.

Este capítulo encontra-se organizado nos seguintes tópicos:

- Metodologia;
- Descrição da construção dos recursos reais;
- Descrição da estrutura da actividade laboratorial virtual;
- Desenvolvimento do laboratório virtual.

Numa primeira fase, é enquadrado o tema no Programa Nacional de Física, fundamentada a sua escolha e salientadas as competências a desenvolver e objectivos a atingir pelo aluno. Numa segunda fase, pretende-se descrever a construção simples do material adequado para uma melhor exequibilidade desta actividade e discutir a escolha dos materiais utilizados. De seguida, descreve-se a estrutura e explora-se a actividade laboratorial virtual. Por último, numa quarta fase, descreve-se o processo de desenvolvimento dos recursos, criados para o laboratório virtual integrado na actividade laboratorial virtual.

3.1. Metodologia

O tema escolhido insere-se na unidade I – Mecânica, do Programa Nacional de Física 12º ano, e refere-se ao conteúdo – Mecânica de Fluidos. A actividade laboratorial obrigatória seleccionada foi TL I.5 – “Coeficiente de Viscosidade de um líquido”. A sua escolha baseia-se no facto de ser uma temática fundamental no percurso académico do aluno, comprovado pela estreita relação com conteúdos de mecânica da partícula, abordados nos programas de 11º e 12º ano de escolaridade. Por outro lado, alguns conceitos inerentes a esta temática são novos para estes alunos, apesar de intrínsecos a certos conteúdos abordados no 11º ano de escolaridade, pelo que é sempre vantajoso permitir que a abordagem deste seja a mais aprofundada possível. Aliado a estes factos, junta-se a lacuna em simulações nesta área, já que, apesar da área da Mecânica ser uma das mais exploradas, no que diz respeito a mecânica dos fluidos ainda se verifica uma fraca exploração.

A escolha de uma actividade obrigatória foi o factor que mais pesou na escolha do tema, visto proporcionar, à partida, um público vasto e com interesse nos recursos pedagógicos desenvolvidos.

A selecção do TL I.5 como trabalho laboratorial a explorar teve origem na importância da construção de um recurso simples e real para a execução da actividade obrigatória e permitir a compreensão facilitada dos conteúdos inerentes à temática de Mecânica de fluidos.

Os objectivos principais deste trabalho estão focalizados na construção do modelo físico de uma actividade laboratorial, no desenvolvimento do material electrónico educativo e na produção de uma gama de recursos didácticos enquadrados no tema. Estudos desta natureza têm vindo a ser desenvolvidos no grupo de investigação, no qual este trabalho se enquadra.

4.1.1. Enquadramento

Após uma análise do Programa Nacional do 12º ano de escolaridade de Física (PNF), constatou-se que a construção de um equipamento e o desenvolvimento de um laboratório virtual seria adequado face às referências que o documento faz em relação ao equipamento de laboratório adequado, a simulações computacionais e ao seu enquadramento com competências a ser desenvolvidas (DES, 2004).

Os conteúdos desta disciplina estão organizados em três unidades: unidade I - Mecânica; unidade II – Electricidade e Magnetismo e unidade III – Física Moderna.

O tema seleccionado enquadra-se na unidade I – Mecânica, tendo esta como objectivos aprofundar tópicos de Física clássica, abordados em anos anteriores, e justifica-se pelo seu interesse intrínseco, pelas inúmeras aplicações no dia-a-dia e por constituírem um núcleo significativo de assuntos para quem prossegue estudos de nível superior nas áreas das ciências e tecnologia. Assim, pretende-se recordar e aprofundar conceitos abordados em anos anteriores, utilizando ferramentas matemáticas acessíveis aos alunos do 12º ano.

A unidade I – Mecânica – encontra-se organizada em cinco partes (ver Anexo I):

1. Mecânica da Partícula
2. Movimentos oscilatórios
3. Centro de massa e momento linear de um sistema de partículas
4. Mecânica de fluidos
5. Gravitação

Nesta unidade, existem cinco trabalhos laboratoriais obrigatórios, sendo que o trabalho prático seleccionado, para enquadrar num Laboratório Virtual, se insere no conteúdo – Mecânica de Fluidos - para o qual se prevê dedicar oito horas lectivas (ver anexo I).

O conteúdo mecânica de fluidos subdivide-se por sua vez em:

- 4.1. Hidrostática
- 4.2. Hidrodinâmica

O TL I.5 – Coeficiente de viscosidade de um líquido - abrange ambos os conteúdos, hidrostática e hidrodinâmica, desta secção da unidade I. No entanto, implica que os alunos possuam alguns pré-requisitos de anos anteriores, assim como competências desenvolvidas do conteúdo – Mecânica da Partícula.

A realização do TL I.5 pretende, primeiramente, estudar o movimento de um objecto que cai, com baixa velocidade, no interior de um fluido, e, partindo da velocidade terminal deste corpo, determinar o coeficiente de viscosidade do mesmo.

Esta actividade pretende que o aluno desenvolva competências que lhe permitam:

- Identificar as forças que actuam num corpo que cai, sob a acção da gravidade, no seio de um fluído viscoso e aplicar a Segunda Lei de Newton.
- Medir massas volúmicas.
- Determinar a velocidade terminal de um corpo que cai no seio de um fluído viscoso.
- Determinar o coeficiente de viscosidade de um líquido.

A realização desta actividade deve ser encarada como uma actividade de investigação, na qual os alunos deverão elaborar um procedimento e tomar decisões, de forma a obter os resultados mais fiáveis e precisos. Desta forma, no final desta actividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Deduzir a expressão da velocidade terminal a partir da Segunda Lei de Newton.
- Determinar experimentalmente os valores das massas volúmicas do fluído e das esferas utilizadas.
- Determinar a velocidade terminal e apresentar tabelas com os dados adquiridos.
- Justificar a escolha da posição das marcas na proveta para determinação da velocidade terminal.
- Verificar qual o raio mais adequado das esferas para se atingir mais rapidamente a velocidade terminal e dar uma explicação para o facto.
- Decidir qual o gráfico que lineariza a relação entre a velocidade terminal e o raio das esferas.
- Elaborar o gráfico da velocidade terminal em função do quadrado do raio das esferas e determinar, por regressão linear, a equação da recta de ajuste.
- Determinar o valor do coeficiente de viscosidade e compará-lo com o determinado pelos outros grupos.
- Comparar o valor obtido com coeficientes de viscosidade de outros óleos, interpretando as diferenças nos valores e fundamentando a sua escolha para a função em que cada fluído é normalmente utilizado.

4.1.2. Construção do equipamento experimental real

As recomendações do Programa Nacional de Física quanto aos recursos necessários para atingir os objectivos desta disciplina referem o facto de ser indispensável a existência do equipamento de laboratório indicado ou outro que o substitua. Tendo em conta o equipamento sugerido para o trabalho laboratorial obrigatório T.L. I.5, pretendeu-se

desenvolver um material que permitisse incluir como variável a distância percorrida pelo objecto que se move num fluido, o que numa proveta de um litro se torna difícil. Como tal, a construção deste equipamento real pressupõe a utilização de uma proveta, feita em acrílico, que suporte um maior volume de fluído e permita mais medições de distância percorrida.

O material que os alunos deverão ter em consideração para a construção do equipamento consiste em:

- Esferas de metal de diferentes diâmetros
- Base rectangular de acrílico de 30 x 25 cm
- Peça de encaixe de acrílico (quadrangular, 7 cm de lado, com um orifício circular centrado, de 5 cm de diâmetro)
- Tubo de acrílico de 100 cm de altura e 5 cm de diâmetro interno
- Fita métrica
- Cola para acrílico
- Cortador de acrílicos

A metodologia utilizada para a sua construção será apresentada, posteriormente, de forma detalhada (ver anexo 2).

Esta etapa de execução do trabalho é fundamental para a implementação da actividade laboratorial real e serve como guia alternativo à concretização desta actividade obrigatória, pois recorre a materiais acessíveis e técnicas simples.

4.1.3. Desenvolvimento da actividade experimental laboratorial

O desenvolvimento desta actividade pretende que os alunos, em pequenos grupos, executem o trabalho laboratorial orientado por algumas indicações de procedimento, tais como:

- Deduzir a expressão da força de viscosidade para corpos esféricos que se movem em fluidos;
- Fazer previsões teóricas face à expressão encontrada;
- Construir o material adequado à execução do trabalho laboratorial;
- Elaborar um protocolo experimental tendo em conta o estudo de diferentes variáveis;
- Apresentar em tabela os dados recolhidos e extrair conclusões da sua análise;
- Confrontar resultados com previsões teóricas;

- Elaborar e interpretar um gráfico da velocidade terminal em função do quadrado do raio das esferas;
- Determinar o valor do coeficiente de viscosidade;
- Comparar o valor obtido com coeficientes de viscosidade tabelados.
- Sistematizar conclusões.
- Apresentar métodos de minimização de erros.

Para que estas competências sejam desenvolvidas com sucesso, após a construção do equipamento adequado, os alunos deverão iniciar o seu estudo, determinando experimentalmente a massa volúmica do fluido utilizado e do metal de que são feitas as esferas.

Numa segunda etapa, pretende-se que façam a medição do tempo que as esferas (de raios diferentes) demoram a passar entre duas marcas no tubo e determinem as suas velocidades terminais. Com os dados obtidos, os alunos deverão traçar um gráfico da velocidade terminal em função do quadrado do raio da esfera e determinar o coeficiente de viscosidade da glicerina.

Para uma obtenção de dados com maior precisão, a recolha de dados deve ser feita com o número de repetições adequado para as seguintes situações: esferas de diferentes raios do mesmo material que caem num fluido, esferas de raios iguais de material diferente que se movimentem no fluido e diferentes fluidos para esferas iguais de raio e material. Um guia experimental detalhado de todo o processo é apresentado posteriormente (ver anexo III).

4.2. Descrição da estrutura da Actividade Laboratorial Virtual

A construção deste sítio na *internet*, como instrumento pedagógico para o ensino da mecânica de fluidos, seguiu alguns factores fundamentais para que a sua utilização e navegação fossem os mais adequados possíveis.

O esquema de página foi pensado de forma a ser funcional para o utilizador, como evidencia a figura 1. O posicionamento do logótipo no canto superior esquerdo respeita a regra de leitura em Z do Web design, sendo que a primeira zona de leitura da página, deve identificar a entidade responsável pelo sítio. Além disso, a imagem do logótipo funciona como apontador para o sítio oficial do departamento de Física da Universidade do Minho. No canto superior direito, foi colocada uma imagem com a identificação do conteúdo e finalidade do sítio. O menu de navegação foi colocado na parte esquerda da página, por baixo do logótipo, seguindo a tendência geral dos actuais sítios da internet e do sítio da instituição. Os conteúdos e imagens específicos são apresentados na parte central e lateral direita da página, ocupando cerca de 70 % de toda a área da página. Esta área, também chamada corpo da página, é a única que varia de aspecto e disposição. Finalmente, no fundo da página, colocou-se uma barra, identificando direitos de copyright e a instituição a que estes pertencem.

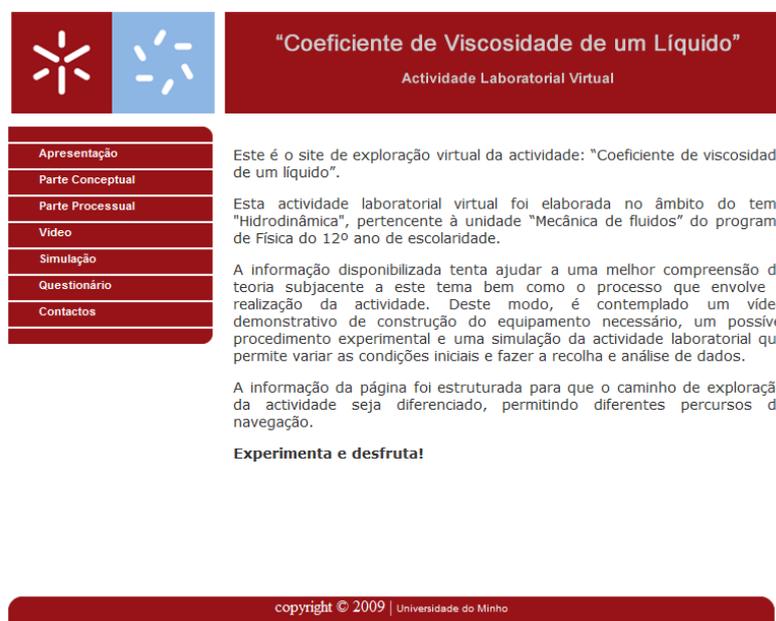


Figura 1 – Esquema geral da página de Apresentação da Actividade Laboratorial Virtual.

O menu de navegação permite ao utilizador chegar à informação desejada, de forma simples, e possui sete apontadores principais e oito apontadores secundários.

Os apontadores principais estão divididos em: “Apresentação”, “Parte Conceptual”, “Parte Processual”, “Vídeo”, “Simulação”, “Questionário” e “Contactos”, como evidenciado na figura 2.

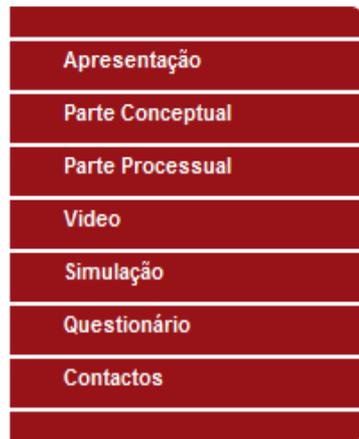


Figura 2 - Esquema geral os apontadores principais da Actividade Laboratorial Virtual.

Nos parágrafos seguintes será feita uma síntese da informação existente nas diversas páginas do sítio.

A apresentação da actividade laboratorial a explorar é feita numa primeira página, de forma a contextualizar o utilizador com o tema da actividade laboratorial, fazer o enquadramento segundo o Programa Nacional de Física 12º ano de escolaridade e, de certa forma, motivar o utilizador para a navegação neste recurso didáctico.

O apontador principal designado por “Parte Conceptual” é subdividido nos apontadores secundários: “Introdução”, “Objectivos da actividade” e “Mecânica de fluidos”. (ver figura 3)

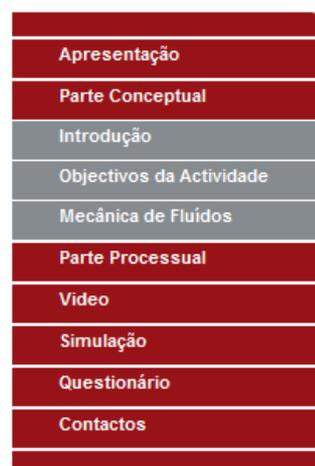


Figura 3 - Menu expandido com apontadores secundários visíveis

Cada apontador secundário desta secção foi desenhado para desempenhar diferentes funções. Na página “Introdução”, é feito um resumo do que se pretende aprofundar na página “Parte Conceptual”. Na página “Objectivos da Actividade” são apresentados os objectivos gerais e específicos que esta actividade laboratorial virtual pretende desenvolver enquanto recurso didáctico. A página “Mecânica de Fluidos” apresenta os conceitos a aprofundar nesta temática e é subdividida em duas secções: hidrostática e hidrodinâmica. Na secção hidrostática são aprofundados, sucintamente, os conteúdos: fluidos, massa volúmica e densidade relativa, pressão, forças de pressão, equilíbrio hidrostático, lei de Pascal e lei de Arquimedes. Na secção hidrodinâmica são aprofundados, sucintamente, os conteúdos: teorema de Bernoulli, regime de Stokes e viscosidade de um fluido. (ver figura 4)

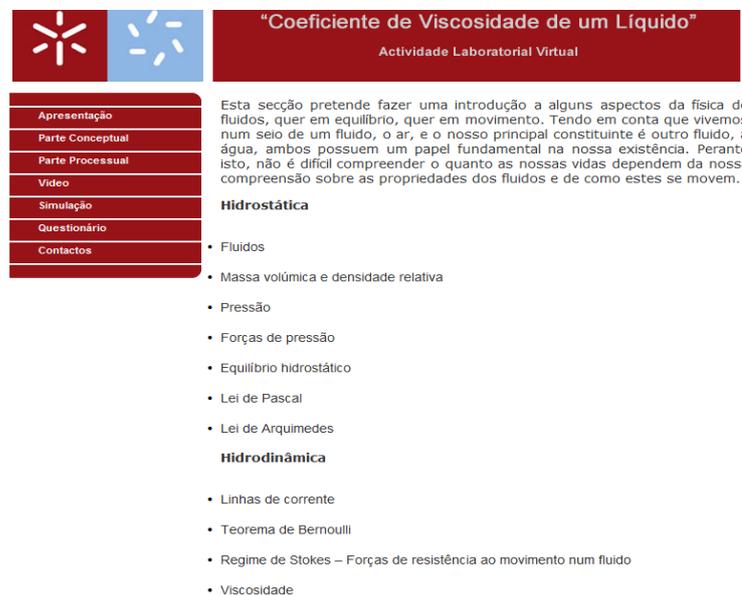


Figura 4 - Esquema da página “Mecânica de Fluidos” inserida no apontador “Parte Conceptual”.

O apontador principal designado por “Parte Processual” é subdividido nos apontadores secundários: “Introdução teórica”, “Objecto de ensino”, “Material e equipamento”, “Construção” e “Procedimento”.

Na página “Introdução teórica” é feito, de forma sucinta, um resumo sobre o significado físico de viscosidade de um líquido e introduzida a equação que permitirá determinar o valor desta propriedade física dos fluidos. Esta página pretende servir como suporte teórico para a actividade laboratorial, “Coeficiente de viscosidade de um líquido”, para que o utilizador se sinta familiarizado com a temática em questão.

Na página “Objecto de ensino” apresenta-se o objectivo geral que se pretende atingir com a execução desta actividade, enquanto na página “Material e equipamento” se proporciona

uma listagem de todo o material necessário para desenvolver esta actividade laboratorial a nível de sala de aula.

Os detalhes da construção de equipamento que melhor se adapta a este tipo de actividade são apresentados na página denominada por “Construção”. Esta pretende servir de guia, para que o utilizador possua uma alternativa, caso não se verifique a existência do equipamento adequado na escola.

O procedimento experimental desta actividade laboratorial é apresentado na página “Procedimento”, o qual é subdividido em duas etapas de execução. Numa primeira etapa é apresentado o procedimento que permite o cálculo, tanto a massa volúmica do fluido, como a massa volúmica da esfera. Numa segunda etapa, é apresentado o procedimento que nos permitirá chegar ao valor de viscosidade de um fluido. A elaboração deste guia tem como base informações fornecidas pelo Programa Nacional de Física e consiste num material de apoio para a realização do TL I.5.

O apontador principal “ Víde” permite visualizar a realização do TL I.5. Este vídeo pretende ajudar o utilizador a compreender, de forma detalhada, o procedimento da actividade (ver figura 5), enquanto o apontador principal “Simulação” permite ao utilizador explorar a recolha de dados, alterando as variáveis em estudo, e fazer o tratamento de dados sob a forma de gráficos, potenciando uma aprendizagem significativa dos conceitos relacionados com esta actividade. (ver figura 6)



Figura 5 - Página de apresentação do Vídeo da actividade



Figura 6 - Página de apresentação do Simulação da actividade

Para que o utilizador possa avaliar os seus conhecimentos e dar a sua opinião acerca da actividade laboratorial virtual, é disponibilizada uma zona destinada a avaliação e recolha de opinião do utilizador denominada “Questionário” (ver Figura 7).



Figura 7 – Página de questionário como -Questões de escolha múltipla - e - Teste de opinião

No caso de o utilizador ter dúvidas na exploração da Actividade Laboratorial Virtual ou se quiser fazer sugestões, poderá utilizar a hiperligação “Contactos” para esse fim (ver figura 8).

“Coeficiente de Viscosidade de um Líquido”
Actividade Laboratorial Virtual

Para qualquer esclarecimento ou sugestão, agradeço que preencha o seguinte formulário:

Nome:

E-mail:

Mensagem:

copyright © 2009 | Universidade do Minho

Figura 8 – Página de contactos

4.3. Desenvolvimento do Laboratório Virtual

O laboratório virtual é uma ferramenta que requer um enquadramento que elucide acerca das suas potencialidades e procedimentos. Como tal, para uma melhor implementação deste laboratório virtual, englobam-se vários recursos didácticos, o guia laboratorial com a construção do equipamento, o vídeo demonstrativo da experiência e a simulação. O desenvolvimento destes recursos é de grande importância para o sucesso desta ferramenta de ensino e a sua adequação, tanto ao nível de sala de aula, como ao nível autodidacta.

4.3.1. Construção do material

O PNF fornece indicações acerca do material a utilizar para esta actividade. Sugere-se, nomeadamente, que seja utilizada uma proveta de um litro (DES, 2004).

No entanto, no sentido de construir um equipamento mais adequado à optimização da realização desta actividade, pensou-se construir um material que permitisse que o corpo que cai no fluido pudesse percorrer uma maior distância e fosse possível variar as distâncias percorridas.

Assim, como recipiente para o fluido, foi projectada a utilização de um tubo cilíndrico em acrílico transparente com cerca de 100 cm de altura, 5 cm diâmetro interno e 4 mm de espessura. Como base de suporte para este tubo, utilizou-se uma base rectangular de acrílico branco com 30 x 25 cm. Porém, para que o tubo ficasse colocado de forma estável nesta base, foi necessária a utilização de mais uma peça de acrílico quadrangular, com 7 cm de lado e com um orifício centrado de 5 cm de diâmetro, que serviu como encaixe para o tubo.

Todas as peças foram coladas com cola especial para acrílico, uma vez que este material é muito reactivo, no que diz respeito ao solvente de cola.

Como escala de medição de distância percorrida, foi utilizada uma fita métrica, a qual foi colada na face exterior do tubo com fita-cola de dupla face, de forma a permitir a sua remoção, sempre que for necessário lavar o tubo.

Os objectos que se irão mover no seio do fluido são esferas de metal de diferentes tamanhos, com diâmetros entre 2 e 3 mm. Para remover as esferas de dentro do tubo de acrílico, utiliza-se um íman que tem que ser suficientemente forte para vencer a força de gravidade e a força de resistência do fluido em questão.

Na escolha do material para a construção da actividade laboratorial, é necessário ter em conta alguns aspectos fundamentais:

- O diâmetro da proveta utilizada na experiência deve ser muito superior (cerca de dez vezes superior) ao das esferas, caso contrário o coeficiente de viscosidade virá afectado por um erro resultante do diâmetro finito do tubo.
- Apesar da escolha da glicerina, como fluido, ser a mais vantajosa para o estudo da lei de Stokes, pois possui um elevado coeficiente de viscosidade e permite que a esfera caia lentamente, tornando mais fácil a medição tempo, esta possui uma grande dependência com a temperatura. Devido a este facto, é necessário medir o valor da temperatura sempre que se procede à prática experimental. Em substituição da glicerina, pode ser usado detergente líquido viscoso (detergente da loiça).

Depois de projectada a estrutura deste equipamento, procedeu-se à sua construção. As imagens do resultado final são apresentadas na figura 9.

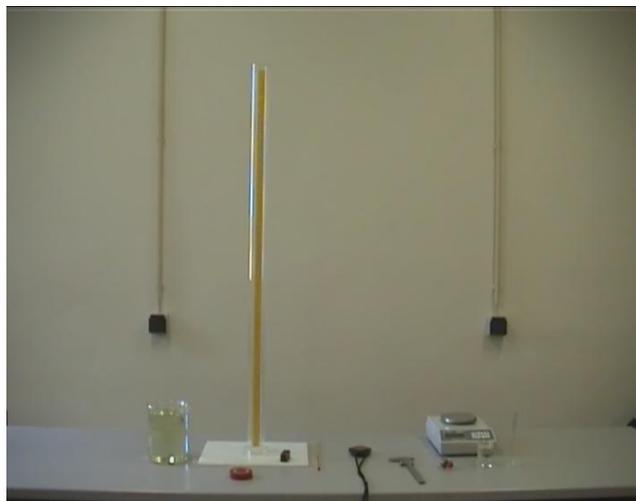


Figura 9 - Imagem da montagem do material

Após preceder à montagem, o material foi testado, seguindo o procedimento experimental elaborado, e verificou-se que os valores obtidos estavam de acordo com as previsões.

4.3.2. Vídeo:

Para proceder à realização da actividade experimental, pensou-se que seria vantajoso para o utilizador a existência de uma filmagem que permitisse expor, de forma clara e passo a passo, todo este procedimento. Para tal, a realização da actividade foi planificada e documentada em vídeo, de forma a servir como procedimento detalhado de todo o processo desta actividade laboratorial.

4.3.2.1. Planificação e filmagem:

Esta etapa do trabalho requer uma planificação, tendo em conta todo o procedimento experimental, as legendas orais da filmagem e os planos a capturar para a execução da mesma. As legendas orais, ou falas, foram estruturadas de forma clara e concisa e baseiam-se nas indicações propostas no Programa Nacional de Física (DES, 2004). Como tal, foi elaborado o seguinte texto de suporte ao recurso filmado:

- *Determina-se a massa volúmica do fluido, medindo a sua massa através de uma balança digital, e o seu volume recorrendo a um recipiente graduado em centímetro cúbicos.*
- *Determina-se a massa volúmica do fluido recorrendo à equação 1:*

$$\text{Massa volúmica} = \frac{\text{massa fluido}}{\text{volume}} \quad (\text{eq. 1})$$

- *Determina-se o diâmetro de uma das esferas, para obter o raio (r), com recurso a uma craveira*
- *Calcula-se o volume da esfera (V) de metal com recurso à equação 2:*

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (\text{eq. 2})$$

- *Em seguida, determina-se a sua massa utilizando uma balança digital.*

- *Calcula-se a massa volúmica da esfera de metal, recorrendo à equação 3:*

$$\text{Massa volúmica} = \frac{\text{massa esfera}}{\frac{4}{3}\pi r^3} \quad (\text{eq. 3})$$

- *Enche-se completamente tubo de acrílico com o fluido.*
- *Estabelece-se uma distância a percorrer. Definida pelo menos a 3 cm abaixo da linha de superfície do fluido.*
- *Com um termómetro mede-se a temperatura do fluido.*
- *Larga-se a esfera à superfície do fluido e dá-se início à contagem do tempo à passagem no ponto inicial e termina-se no ponto estipulado como final.*
- *Repete-se o procedimento várias vezes para obter um resultado mais preciso, com a mesma esfera e com outras de diferentes raios.*
- *Este procedimento pode ser adaptado alterando as variáveis: distância percorrida, material da esfera e diferentes fluidos.*
- *Após a recolha e tratamento de dados desta experiência, determina-se o valor do coeficiente de viscosidade do fluido.*

Os planos a capturar durante a filmagem foram definidos, tendo em conta o procedimento em questão. Para tal, definiu-se um plano geral onde é apresentado todo o equipamento a utilizar durante a actividade experimental e vários planos como resultado de Zoom do plano geral para representar objectivos e procedimentos mais específicos.

Plano	Objectivo	Ordem
Imagem 1	Título da actividade laboratorial	1
Imagem 2	Material	2
Geral	Mostrar todo o material	3
Imagem 3	Etapa 1	4
Plano 1	Medição da massa e volume do fluido	5
Imagem 4	Equação de massa volúmica	6 e 10
Plano 2	Medição do diâmetro da esfera	7
Imagem 5	Equação do volume da esfera	8
Plano 3	Medição da massa da esfera	9
Imagem 5	Etapa 2	11
Plano 4	Encher o tubo	12
Plano 5	Definição do ponto inicial do percurso	13
Plano 6	Definição do ponto final do percurso	14
Plano 7	Medição da temperatura do fluido	15
Plano 8	Exemplificação da medição de tempo inicial	16
Plano 9	Exemplificação da medição de tempo inicial	17
Plano 10	Exemplificação do ensaio	18
Imagem 6	Variáveis a controlar	19
Imagem 7	Apresentação das tabelas de recolha de dados e Equação da viscosidade de um fluido	20

Tabela 1- Objectivo e ordem de planos utilizados na construção do recurso vídeo

Introduz-se o vídeo com a apresentação de uma imagem com o título do trabalho laboratorial.

O plano geral pretende mostrar a bancada com todo o material que irá ser utilizado neste procedimento experimental. Desta forma, é dada a ideia de todos os recursos necessários à implementação da actividade a nível de sala de aula.

De seguida, o plano 1 pretende servir como suporte ao cálculo da massa volúmica do fluido utilizado, recorrendo a técnicas de medição de volume, através de um recipiente graduado, e técnicas de medição de massa, através de uma balança digital. Apresenta-se também uma imagem que contém a fórmula a utilizar para calcular o valor da massa volúmica do fluido (Figura 10).



Figura 10 - Imagem do plano 1 - Medição da massa e volume do fluido

Os planos 2 e 3 exemplificam a metodologia usada para calcular a massa volúmica da esfera. Para tal, o plano 2 exemplifica a medição do diâmetro da esfera recorrendo a uma craveira e o plano 3 representa a medição da massa da esfera recorrendo a uma balança digital (figura 11).

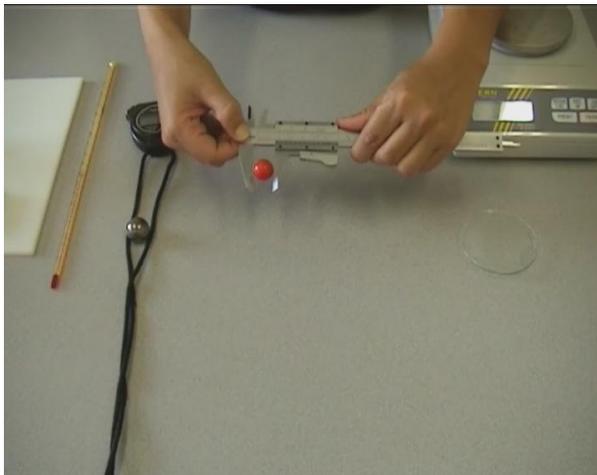


Figura 11 - Imagens dos planos 2 e 3 – Medição do diâmetro da esfera e Medição da massa da esfera

Após esta primeira etapa do procedimento experimental, passa-se à fase seguinte que pretende representar a preparação do tubo com a introdução do fluido e a definição do ponto inicial e final do percurso a considerar (planos 4, 5 e 6). Como a temperatura é um dos factores que influencia a viscosidade de um fluido, esta é medida nesta fase do procedimento (plano 7), para posteriormente comparar com os valores tabelados para o tipo de fluido utilizado (figura 12).

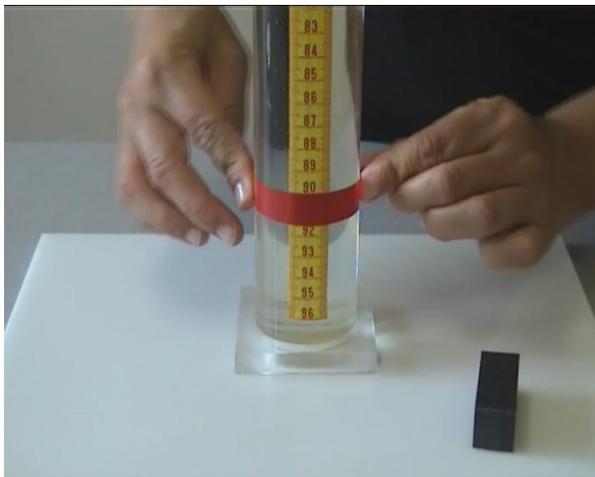


Figura 12 - Imagens dos planos: 4 – Encher o tubo; 5 – Definição do ponto inicial do percurso; 6 – Definição do ponto final do percurso e 7 – Medição da temperatura do fluido.

Numa fase posterior é realizado o primeiro ensaio, onde se deixa cair a esfera no fluido e se mostra com maior detalhe a passagem da esfera no ponto inicial, com o início da contagem do tempo, e a passagem da mesma no ponto final com o término desta contagem, plano 8 e 9 (ver figura 13).

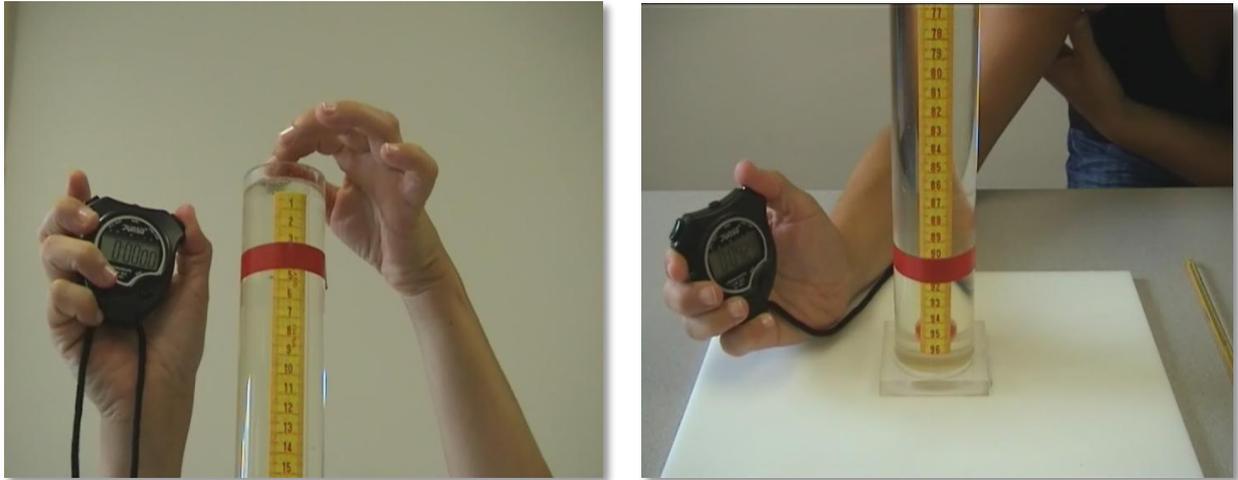


Figura 13 - Imagem do plano 8 - Exemplificação da medição do tempo inicial - e do plano 9 - Exemplificação da medição do tempo final

Para que a actividade seja o mais precisa possível, é indicado que o ensaio se repita o número de vezes que permita obter um resultado fiável e determinada a sua média aritmética de forma a minimizar as incertezas experimentais. Por outro lado, também é indicado que se deve repetir os ensaios recorrendo a esferas de raio diferente. Para demonstrar, da melhor forma, esta parte do procedimento é utilizada uma imagem de resumo -imagem 6 - de cada uma das etapas que se pretende repetir (figura 14).

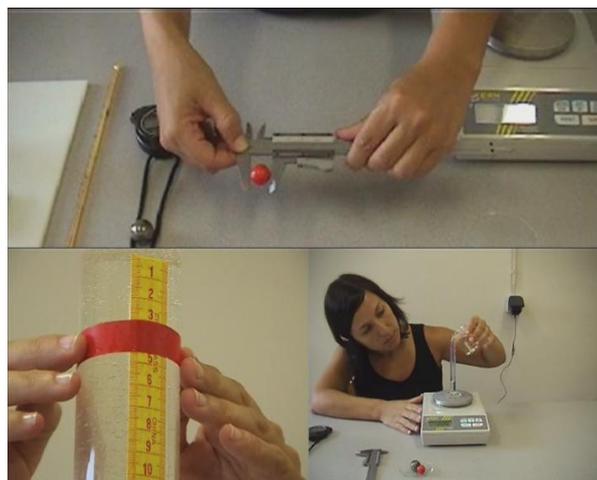


Figura 14 - Imagem 6 - Variáveis a controlar

Como plano de conclusão é apresentada a imagem 7 onde se disponibilizam as tabelas de recolha de dados e a fórmula utilizada para calcular a viscosidade do fluido (figura 15).

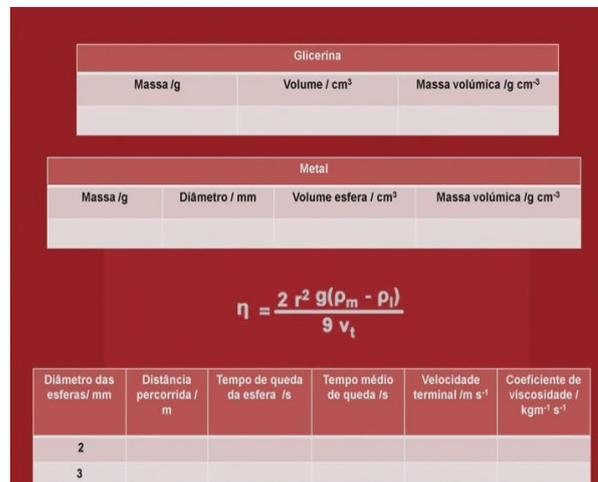


Figura 15 - Imagem 7 - Apresentação das tabelas de recolha de dados e Equação da viscosidade de um fluido

4.3.3. Simulação:

A simulação da actividade foi desenvolvida de forma a tornar-se um recurso útil e de fácil utilização, para professores e alunos, seguindo as directivas e objectivos definidos no Programa Nacional de Física (DES, 2004).

Na sua construção foi utilizado o programa informático Adobe Flash CS4 que permite produzir animações para fácil publicação na internet.

O desenho da simulação, teve em conta tanto a usabilidade como a relevância de cada objecto (ver figura 16). A área de trabalho foi dividida em quatro objectos. O Primeiro, que ocupa toda a parte lateral esquerda, é dedicado à animação/demonstração da actividade, onde é possível ver o movimento da esfera no seio do fluido. Na parte superior central, encontra-se a zona de controlo da simulação com botões de aquisição de dados e de reset da base de dados. O canto superior direito foi dedicada às constantes e variáveis envolvidas na actividade, algumas delas podem ser alteradas pelo utilizador. Finalmente toda a zona inferior centro direito da simulação está reservada à publicação dos resultados. Esta publicação pode ser feita com recurso a uma tabela ou a um gráfico.

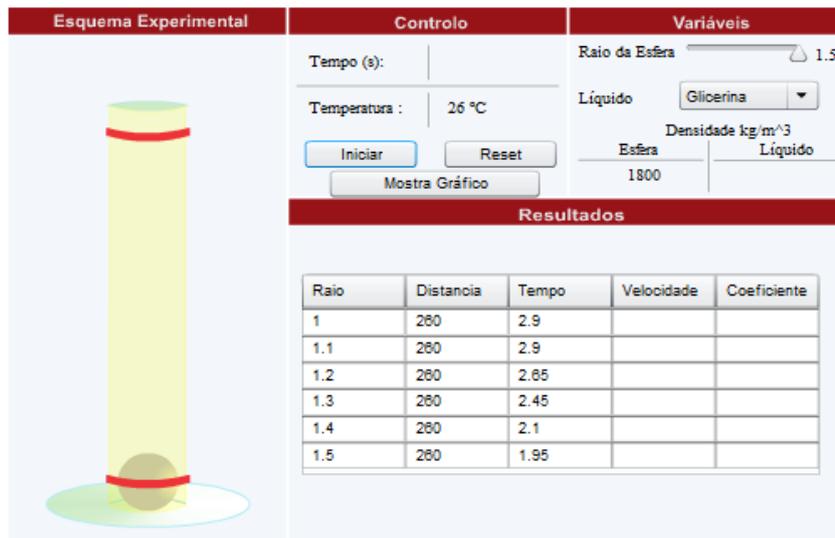


Figura 16 - Imagem geral da simulação

A zona do esquema experimental (Figura 17) possui um tubo preenchido por um fluido com as marcações da distância a percorrer pelo objecto, as quais podem ser alteradas deslocando as marcações no tubo de forma a ajustar a distância a percorrer. Dentro desta área, é possível ver o movimento da esfera de metal no seio do fluido escolhido, percorrendo a distância estabelecida.

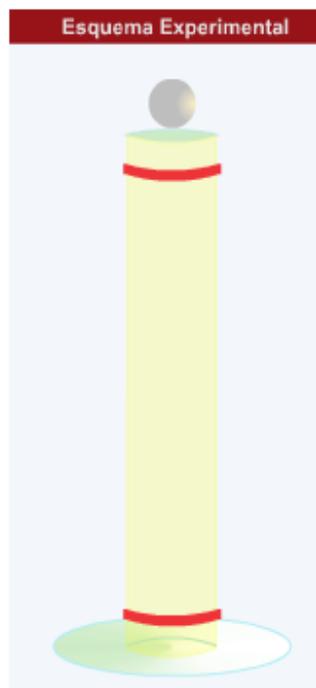


Figura 17 – Imagem da área - esquema experimental - da simulação

A área da simulação designada por controlo (Figura 18), permite iniciar a simulação assim como fazer o reset após cada ensaio, permite também visualizar os valores de tempo que a esfera demora a percorrer a distância estabelecida, para os diferentes ensaios à temperatura de 20°C e mostrar o gráfico obtido após diferentes ensaios.



Figura 18 – Imagem da área de - Controlo - da simulação

As variáveis controladas são as mais significativas e as que um aluno controlaria no laboratório, o raio da esfera, o líquido utilizado e a distância a percorrer (Figura 19). No que diz respeito ao raio da esfera, o aluno pode variar este valor entre 1.0 - 1.5 mm. O meio no qual se movimenta a esfera, poder ser escolhido entre as hipóteses: glicerina ($\rho_{Glicerina} = 1260 \text{ kg/m}^3$); água ($\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$); ar ($\rho_{ar} = 1293 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^3$) e óleo lubrificante ($\rho_{\text{óleo}} = 910 \text{ kg/m}^3$). A distância a percorrer pode variar entre 0.00 – 2.60 m.

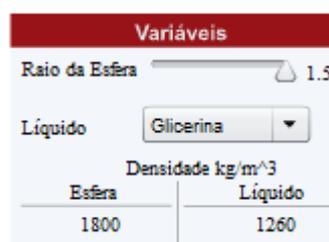


Figura 19 – Imagem da área - Variáveis - a controlar da simulação

Outra das grandes áreas da simulação é a apresentação dos resultados (Figura 20). Esta zona oferece a possibilidade de apresentar os resultados sobre forma de gráfico e assim dar ao utilizador imediatamente informações essenciais para a compreensão do fenómeno. Os gráficos são um instrumento indispensável em actividades laboratoriais,

permitem obter pela sua análise informação do comportamento das variáveis. Junto com os gráficos, na mesma área pode ser apresentada uma tabela com os valores obtidos. Os dados apresentados na tabela referem-se a valores de tempo medidos para esferas de diferentes raios, variável controlada pelo utilizador. A tabela de apresentação de dados também permite o cálculo da velocidade terminal da esfera e da viscosidade do líquido através da utilização das equações 4 e 5.

$$velocidade\ terminal = \frac{distância\ percorrida\ pela\ esfera\ (m)}{Tempo\ (s)} \quad (eq. 4)$$

$$\eta = \frac{2 r^2 g (\rho_{metal} - \rho_{liquido})}{9 v_t} \quad (eq. 5)$$

Ainda na presença da tabela o utilizador pode optar por exportar os dados para um ficheiro externo, o qual pode posteriormente ser trabalhado numa ferramenta do tipo folha de cálculo.

Resultados				
Raio	Distancia	Tempo	Velocidade	Coefficiente
1	260	2.9		
1.1	260	2.9		
1.2	260	2.65		
1.3	260	2.45		
1.4	260	2.1		
1.5	260	1.95		

Figura 20 – Imagem da área - Resultados - da simulação

5. Considerações Finais

A reflexão e análise desenvolvida neste trabalho permitiram verificar a importância da investigação no ensino da Física. A necessidade de adaptar os métodos de ensino à realidade actual, pretende contrariar os níveis de insucesso escolar motivando os alunos para o estudo da Física. A escolha do tema teve como fundamento o carácter obrigatório dado a algumas actividades laboratoriais do programa Nacional de Física 12º ano. Este carácter obrigatório de certas práticas laboratoriais levou a uma pesquisa, no âmbito dos recursos de apoio existentes a nível da internet. Por outro lado, a necessidade de efectivar a assimilação de conhecimento adquiridos em situações experimentais, levou à reflexão sobre o tipo de recurso que melhor se adaptava a esta prática.

O recurso a actividades laboratoriais virtuais com fundamento pedagógico, permitem a construção do conhecimento científico pois demonstram ser ferramentas funcionais, tendo em conta as necessidades individuais do utilizador.

Tendo em conta toda esta problemática, a elaboração de recursos electrónicos para o apoio ensino deu origem a uma actividade laboratorial virtual que pretende servir de recurso à temática “Mecânica de Fluidos”, mais especificamente ao trabalho laboratorial obrigatório - “Coeficiente de viscosidade de um líquido”. Os materiais desenvolvidos para fazer parte desta Actividade Laboratorial Virtual foram desenvolvidos com recurso a vários *softwares* de domínio público e de fácil manipulação.

Quanto á implementação deste recurso como estratégia de ensino, a revisão literária e a reflexão sobre todas as potencialidades e limitações deste tipo de recurso de apoio permitiu retirar conclusões de grande relevância.

- As actividades laboratoriais virtuais apresentam-se como fonte de motivação para os alunos e podem combater o insucesso escolar se implementadas de forma adequada.
- As actividades laboratoriais virtuais não substituem os métodos experimentais, mas devem ser encaradas como complemento.
- As actividades laboratoriais virtuais utilizadas como complemento da actividade em laboratório potenciam o processo de aprendizagem.
- As actividades laboratoriais virtuais devem ser bem contextualizadas de forma a permitir uma aprendizagem efectiva dos conceitos envolvidos.
- As actividades laboratoriais virtuais permite aos utilizador manipular o material virtual com facilidade e escolher o caminho mais adequado para retirar destes, conhecimento.

Numa época na qual a Informática na Educação parece algo quase inquestionável, é necessário interrogarmo-nos, enquanto elementos activos do processo de ensino aprendizagem, acerca da interligação entre conhecimento, sabedoria e informação, e adaptarmo-nos a ela.

5.1. Sugestões para trabalhos futuros

Todo desenvolvimento de materiais didácticos ou novos métodos para implementação no ensino requerem uma validação.

Uma forma de validação do material construído seria a sua implementação a nível de sala de aula. O desenvolvimento desta implementação permitiria estabelecer relações entre aproveitamento, receptividade e motivação dos alunos, assim como verificar a adequação do material ao nível de ensino e à realidade em questão. Por outro lado, permitiria ao docente testar a potencialidade desta ferramenta enquanto instrumento de aquisição de conhecimentos de forma a sugerir ajustes e alterações ao modelo construído.

Sugere-se também que é de grande importância divulgar a professores e autores de material pedagógico este projecto e materiais desenvolvidos no seu âmbito, pois informar e incentivar estes elementos é essencial para garantir a produção de material laboratorial virtual e, de certa forma, atingir aumentar a projecção de um uso generalizado deste material pelos alunos. Por outro lado, a projecção internacional desta actividade laboratorial virtual também aparece como sugestão, pois uma tradução da língua portuguesa para o Inglês permitiria uma utilização mais alargada e enriqueceria ainda mais esta ferramenta, uma vez que poderia ser implementada em diferentes currículos internacionais.

6. Referências e bibliografia

- Alfonso, C. (2004) – *Práticas de Laboratorio de Física general en Internet* – Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol.3 Nº2.
- Alves, P.; Pires, J. – *A usabilidade em software educativo: princípios e técnicas* – Instituto Politécnico de Bragança. Disponível on-line a 17-11-2006 em: <<http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt2003729175845paper-198.pdf>>
- Brás, C.; Figueira, C.; Paiva, J.C.; Sá, R. (2004) - *E-learning: o estado da arte* - Sociedade Portuguesa de Física - Softciências. Disponível em: <http://nautilus.fis.uc.pt/el/Livro_eL.pdf>
- Cardoso, E., Ventura, G., Paixão, J. A., Fiolhais, M., Sousa, M. C. A., Nogueira, R. (2004) - *Programa de Física 12º Ano – Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias* - Ministério da Educação.
- COM (2001) - *Plano de acção eLearning - Pensar o futuro da educação* - Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu, 172 final. Disponível a 20-10-2005 em: <http://esac.pt/bolonha/p_de_bol/d_g/docs_gerais/u_e/16.pdf>
- Ely, D.; Plomp, T. (1986) – *The Promises of Educational Technology: A Reassessment* – International Review of Education, 32, pp. 231-50.
- Fiolhais, C; Trindade, J (2003) - *Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas* - Revista Brasileira de Ensino da Física, vol.25, nº 3, Setembro 2003
- Jacobson, A. (2003) - *“Virtual Physics Lab Close to Reality.”* Computing in Science & Engineering.

- Leal, D.; Amaral, L. (2004) – *Do ensino em sala ao e-Learning* – Universidade do Minho, Braga, Portugal. Disponível em:
<http://www.campusvirtual.uminho.pt/uploads/celda_av04.pdf>
- Leite, L (2006) – *Da complexidade das actividades laboratoriais à sua simplificação pelos manuais escolares e às consequências para o ensino e a aprendizagem das ciências* - Universidade do Minho. Disponível em:
<http://www.enciga.org/boletin/61/resumo_da_complexidade_das_actividades_laboratoriais.pdf>
- Leite, L; Esteves, E. (2004) – *Actividades laboratoriais e evidências indirectas – Um estudo com futuros professores* – Universidade do Minho. Disponível em:
<http://www.enciga.org/boletin/56/Actividades_Laboratoriais.pdf>
- Maciel, N.; Gradim, M.; Campante, M.; Villate, J. (2005) – *Física 12º Ano - Eu e a Física – Livro de actividades* – Porto Editora
- Martins, A.; Malaquias, I.; Martins, D.; Campos, A.; Lopes, J.; Fiúza, E.; Silva, M.; Neves, M.; Soares, R. (2002) – *Livro Branco da Física e da Química* – Aveiro: Tipografia Minerva Central, Lda.
- Martins, I. (2003) – *Formação inicial de Professores de Física e Química sobre Tecnologia e suas relações Sócio - científicas* – Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol.2 Nº3.
- Medeiros, A.; Medeiros, C. (2002) – *Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física* – Revista Brasileira de Ensino da Física, vol.24, nº 2, Junho 2002
- Rosado, L.; Herreros, J. R. (2005) – *Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física* – This paper was

published in the Proceedings Book of the 3rd International Conference on Multimedia and Information and Communication Technologies in Education, m-ICTE2005. Disponível a 2006-11-03 em:

<<http://www.formatex.org/micte2005/286.pdf>>

- Silva, D. (2008) – *Exercícios de Física 12º – Vencer desafios – 12º Ano/ Ensino Secundário* – Lisboa Editora
- Silva, M.; Gaspar, A. (2009) - *A aprendizagem propiciada em atividades experimentais auxiliadas por recursos da realidade virtual* – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia – 2009
- Trentin, M; Tarouco, L. (2002) – *Proposta de Utilização de um Laboratório Virtual de Física na Melhoria do Processo de Ensino e Aprendizagem* – Revista: Informática na Educação: Teoria & Prática, vol.5, nº2, Novembro 2002.
- Voogt, J; Moonen, B. (1998) - *Using networks to support the professional development of teachers* - Journal of In-service Education, Vol. 24, No. 1.
Disponível a 01.09.2009 em:
<<http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all?content=10.1080/13674589800200037>>

ANEXOS

ANEXO I**Unidade I – Mecânica****(35 aulas)**

1. Mecânica da partícula
2. Movimentos oscilatórios
3. Centro de massa e momento linear de um sistema de partículas
4. Mecânica de fluidos
5. Gravitação

1. Mecânica da partícula **14 aulas)**

- 1.1. Cinemática e dinâmica da Partícula (4 aulas)
- 1.2. Movimentos sob a acção de uma força resultante constante (4 aulas)
- 1.3. Movimentos de corpos sujeitos a ligações (6 aulas)

TL I.1 – Máquina de Atwood

TL I.2 – Atrito estático e cinético

2. Movimentos oscilatórios **(4 aulas)**

TL I.3 – Pêndulo gravítico

3. Centro de massa momento linear de um sistema de partículas **(5 aulas)**

TL I.4 – Colisões

4. Mecânica de fluidos **(8 aulas)**

- 4.1 Hidrostática (4 aulas)
- 4.2. Hidrodinâmica (4 aulas)

TL I.5 – Coeficiente de viscosidade de um líquido

5. Gravitação **(5 aulas)**

ANEXO II

Coefficiente de Viscosidade de um Líquido

(Guia de construção do equipamento)

A construção deste equipamento requer materiais simples e uma metodologia pouco complexa.

Materiais:

- Tubo de acrílico de 100 cm de altura e 5 cm de diâmetro
- Base rectangular de acrílico de 30 x 25 cm
- Peça de encaixe de acrílico (quadrangular, 7 cm de lado com orifício circular de 5 cm de diâmetro interno)
- Cola para acrílico
- Fita métrica
- Fita - cola de dupla face
- Esferas de metal
- Fita - cola colorida

Procedimento da construção:

1. Colar de forma centrada, com cola própria para acrílico, a base de encaixe para o tubo, na base quadrangular de acrílico.
2. Colocar um pouco de cola no interior da base de encaixe e pôr o tubo de acrílico sobre esta cola, perpendicularmente à base quadrangular.
3. Com a ajuda de fita-cola de dupla face, colar a fita métrica no tubo de forma a permitir a medição de distâncias ao longo do tubo.
4. Encher completamente o tubo, com o fluido que se pretende estudar.

ANEXO III

Coefficiente de Viscosidade de um Líquido

(Guia experimental)

A - Objecto de estudo

Nesta actividade pretende-se determinar o coeficiente de viscosidade de um líquido, a partir da velocidade terminal de um corpo em queda no seu seio.

B – Introdução teórica

A viscosidade dos líquidos é uma propriedade que os pode tornar mais ou menos adequados para certos fins. Os óleos lubrificantes em automóveis, por exemplo estão disponíveis com várias viscosidades e a escolha do óleo adequado depende das temperaturas habituais do local onde o veículo circula.

A viscosidade é uma medida de resistência interna oferecida pelo líquido ao facto de fluir. Resulta das forças de atrito interno entre diferentes camadas do líquido que se movem com velocidades relativas diferentes.

Quando um corpo cai, com baixa velocidade, no interior de um fluido, a força de resistência ao movimento é proporcional e oposta à velocidade.

$$\vec{F} = k \eta \vec{v}$$

Nesta expressão, k depende da forma do corpo (para uma esfera de raio r , $k = 6 \pi r$) e de η é o coeficiente de viscosidade de um fluido.

Analisando as forças que actuam sobre uma pequena esfera, e aplicando a Segunda Lei de Newton, conclui-se que a esfera atinge uma velocidade terminal constante e o coeficiente de viscosidade é dado pela expressão:

$$\eta = \frac{2 r^2 g (\rho_m - \rho_l)}{9 v_t}$$

A uma dada temperatura θ , onde ρ_m e ρ_l são as massas volúmicas do metal da esfera e do líquido, respectivamente, r é o raio da esfera e v_t é o valor da velocidade terminal da esfera.

Verifica-se que a viscosidade de um líquido diminui com o aumento da temperatura (ao contrário do que sucede com os gases) e varia com a pressão, embora neste trabalho experimental esse factor seja desprezável.

Com a execução deste trabalho experimental pretende-se dar resposta às seguintes questões:

- Como se poderá determinar a velocidade terminal de um corpo que cai no seio de um fluido viscoso?
- Como se pode determinar o coeficiente de viscosidade de um fluido a partir do conhecimento da velocidade terminal de um corpo em queda no seio desse fluido?

C – Material necessário (por grupo)

- Proveta de acrílico de 100 cm de altura e 5 cm de diâmetro
- Craveira
- Esferas de metal de diferentes diâmetros ($d \approx 2$ e 3 mm)
- Cronómetro
- Balança
- Termómetro
- Fita métrica
- Fita adesiva colorida

D – Procedimento

Este procedimento experimental propõe duas etapas de execução da actividade. Como fluidos podem usar-se: glicerina, água, azeite, detergente da loiça, óleos lubrificantes, entre outros.

Etapa 1

1. Determinar experimentalmente a massa volúmica do fluido introduzido no tubo.
2. Com uma craveira, determinar o diâmetro de uma das esferas e, em seguida, determinar a sua massa de forma a determinar a sua massa volúmica.
3. Ler a temperatura ambiente e a temperatura do fluido, com um termómetro.

Etapa 2

4. Estabelecer uma distância para a qual se vai medir o tempo que a esfera demora a percorrer essa mesma distância.
5. Largar a esfera á superfície do fluido e começar a contagem do tempo pelo menos a 3 cm abaixo da linha de superfície do fluido, de forma a ter a certeza que este se move com velocidade terminal.
6. Repetir o procedimento as vezes necessárias para obter um resultado preciso.
7. Apresentar os dados numa tabela.
8. Repetir passos 5 a 8 para esferas de diferentes raios.

E – Recolha e Análise dos resultados:

Características que se mantêm constantes
Diâmetro entre os dois traços de referência: $\Delta y = \underline{\hspace{2cm}}$ cm
Diâmetro interno da proveta: $d = \underline{\hspace{2cm}}$ cm
Temperatura da glicerina: $\theta = \underline{\hspace{2cm}}$ °C

1. Determinar valores das massas volúmicas do fluido e das esferas utilizadas.

Glicerina		
Massa /g	Volume /cm³	Massa volúmica /g cm⁻³

Metal			
Massa /g	Diâmetro / mm	Volume da esfera /cm³	Massa volúmica /g cm⁻³

2. Determinar o valor da velocidade terminal, a partir da expressão deduzida com base na segunda Lei de Newton, e determinar o valor do coeficiente de viscosidade.

Diâmetro das esferas / mm	Tempo de queda da esfera /s	Velocidade terminal /m s⁻¹	Coeficiente de viscosidade / Kg m⁻¹ s⁻¹
2			
3			

3. Elaborar um gráfico que lineariza a relação entre o valor da velocidade terminal em função do quadrado do raio das esferas e determinar, por regressão linear, a equação da recta de ajuste.
4. Determinar o valor do coeficiente de viscosidade e compará-lo com o valor tabelado.
5. Comparar o valor obtido com coeficientes de viscosidade de outros óleos e fundamentar a sua escolha para as funções em que cada fluido é normalmente utilizado.
6. Indicar possíveis causas de erros experimentais.
7. Elaborar o relatório escrito do trabalho que se realizou.