

Carla Filipa Pires Oliveira

Olimpíadas de Física, o gosto pelo desafio.
Um contributo para o ensino experimental da Física

Volume I

Tese de Doutoramento em Ensino das Ciências, ramo de Ensino da Física, orientada
por Professor Doutor José António Paixão e apresentada ao
Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

agosto 2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

• U



C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Carla Filipa Pires Oliveira

Olimpíadas de Física, o gosto pelo desafio.

Um contributo para o ensino experimental da Física

VOLUME I

Tese de Doutoramento em Ensino das Ciências, ramo de Ensino da Física, orientada por Professor Doutor José António Paixão e apresentada ao Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

agosto, 2017

• U



C •

Esta cópia da tese é fornecida na condição de que quem a consulta reconhece que os direitos de autor são pertença do autor da tese e que nenhuma citação ou informação obtida a partir dela pode ser publicada sem a referência apropriada.

This copy of the thesis has been supplied on condition that anyone who consults it is understood to recognize that its copyright rests with its author and that no quotation from the thesis and no information derived from it may be published without proper acknowledgement.

À memória da minha avó Ana

À minha Família

Ao Paulo

Agradecimentos

Esta investigação envolveu vários intervenientes, e portanto, cumpre-me agradecer:

- Ao Professor Doutor José António Paixão a orientação e supervisão científica, o apoio, a disponibilidade, o rigor, a exigência, e todos os desafios e estímulos apresentados ao longo desta aventura. A sua paixão contagiante por Física, em particular pela experimentação, foi fonte de inspiração em todo o projeto.

- À minha Família e ao Paulo pela compreensão, paciência e por todas as palavras de encorajamento. Trabalhar e fazer esta viagem em paralelo privou-me de muitos momentos pessoais.

- Aos Professores Doutores João Gil e Fernando Nogueira pelas valiosas sugestões nos instrumentos de investigação aplicados aos professores e aos alunos da Escola *Quark!*.

- À Sociedade Portuguesa da Física, à Escola *Quark!* e ao Departamento de Física da Universidade de Coimbra por acarinharem este estudo e colaborarem em algumas etapas.

- À Agência Ciência Viva pelo financiamento de alguns *kits* experimentais.

- A todos os professores e alunos que, no âmbito da sua participação nas Olimpíadas de Física e na Escola *Quark!*, contribuíram com as respostas aos inquéritos e com a realização das atividades experimentais.

- Aos diretores, professores, encarregados de educação e alunos envolvidos no estudo das escolas pela receptividade e apoio às nossas iniciativas. A dedicação, a atenção e a opinião dos professores foi importante na implementação dos trabalhos experimentais.

- A todos os funcionários do Departamento de Física que ajudaram a resolver situações logísticas e em particular ao Eng. Nuno Lucas pela indispensável colaboração na preparação de todos os *kits* experimentais.

- Aos amigos pelas longas conversas e debates sobre ciência e educação, em especial à *memória* do Professor Doutor Sebastião Sanches Formosinho.

- Por fim, a todos aqueles que, de algum modo, me ajudaram...

Resumo

As competições de Ciência têm várias finalidades: promovem a ciência, ajudam a sinalizar jovens talentos, a motivar e a potenciar o seu desenvolvimento, e impulsionam vários agentes da educação. Os países participantes podem usá-las para diagnosticar problemas intrínsecos no seu sistema de ensino e desenvolver soluções para os ajudar a resolver.

Portugal participa nas Olimpíadas Internacionais de Física (IPhO) desde 1994. Os alunos portugueses têm mostrado, ao longo dos anos, variações do seu desempenho nas provas teórica e experimental. Em particular, na prova experimental, os alunos portugueses têm alcançado resultados pouco satisfatórios nos últimos 10 anos.

O problema que originou esta investigação teve como ponto de partida a constatação de uma degradação da aprendizagem das competências experimentais em Física dos alunos olímpicos portugueses. Em décadas anteriores, os alunos mostravam nas competições internacionais de Física um melhor desempenho na componente experimental, talvez porque existiam no Ensino Secundário disciplinas específicas para realizarem atividades experimentais.

Com vista a investigar este problema foi realizado o primeiro estudo extenso em Portugal sobre as Olimpíadas de Física, competição promovida pela Sociedade Portuguesa de Física (SPF), que envolveu 3311 alunos e 630 professores.

Numa primeira fase, procurámos caracterizar as Olimpíadas e os seus intervenientes, alunos e professores, inquirir sobre o potencial desta competição para motivar alunos, sinalizar jovens talentos e identificar problemas no ensino da Física. Verificámos neste estudo que as Olimpíadas de Física têm um elevado potencial para aumentar o interesse dos alunos pela Física e para sinalizar jovens com especial talento para esta área e altamente motivados para o seu estudo. A competição também tem a capacidade de promover novas práticas no espaço letivo. Verificámos que várias dificuldades relacionadas com a prática experimental são assinaladas quer por alunos, quer pelos professores.

Para ajudar a colmatar a lacuna na formação experimental dos alunos da pré-seleção olímpica desenvolvemos, ainda, um conjunto de atividades experimentais para o treino

destes alunos na Escola *Quark!* - Escola de Física para jovens da Universidade de Coimbra, inspiradas nas Competições Internacionais de Física, que envolveram materiais simples, de baixo custo e fácil acesso. Estas atividades são mais desafiadoras do que as preconizadas no programa oficial de Física do 12º Ano, tendo uma maior componente criativa e um tratamento de dados mais elaborado. Produzimos também guiões com sugestões metodológicas e resultados típicos destas atividades experimentais, para a formação contínua dos professores que foi organizada pela SPF.

Numa segunda fase, procurámos testar a eficácia deste tipo de atividades experimentais no contexto mais geral da escola portuguesa, quando inseridos na leção do programa da disciplina de Física do 12º Ano. Nesta etapa foram disponibilizados aos alunos e professores intervenientes neste estudo guiões experimentais, bem como *kits* com todos os materiais e equipamentos por nós produzidos.

Os resultados desta investigação sugerem que é possível melhorar o desempenho dos alunos olímpicos com atividades experimentais próximas do paradigma olímpico, desde que seja dada formação específica aos seus professores. Comprovámos que este modelo de atividade experimental, com as devidas adaptações e simplificações, pode ser usado, com vantagem, nas escolas, envolvendo todos os alunos da turma. Para a prática de um bom ensino experimental é imperativo um espaço próprio (laboratório com apoio técnico), tempo suficiente para os professores prepararem as atividades experimentais e para os alunos as explorarem, materiais e equipamentos para todos os alunos colocarem as “mãos na massa”, recursos didáticos com sugestões metodológicas para apoiar o trabalho dos docentes, e oferta regular de formação contínua para os professores, focada no ensino experimental. Estas medidas deveriam ser implementadas o mais cedo possível no percurso escolar dos alunos. Só assim se conseguirá um desenvolvimento efetivo de competências experimentais nos alunos do Ensino Secundário que possa também vir a refletir-se num melhor desempenho das equipas de estudantes portuguesas nas Olimpíadas Internacionais de Física.

Palavras chave: Olimpíadas de Física, Ensino da Física, Ensino Experimental, Escola *Quark!*, Competências Experimentais.

Abstract

Science competitions serve different purposes: promoting science, finding the most talented young students, helping to motivate them and to further improve their potential, including in the process different education agents. The countries participating in such competitions may also use them to diagnose problems in the education systems, and to find in them inspiration for possible solutions.

Portugal participates in the International Physics Olympiad (IPhO) since 1994. The performance of the Portuguese teams has not been always the same, particularly with respect to the balance of results between theory and experiment. In the experimental tasks, the Portuguese teams have been performing poorly for the past 10 years.

The research problem had as its starting point the finding that the Portuguese students involved in the Physics Olympiads do not learn at school the necessary experimental skills. A couple of decades ago, the Portuguese team performed better in the experimental tasks of the IPhO, perhaps because they were enrolled in high-school subjects specifically aimed at laboratory work, subjects that are no longer being offered at schools.

In order to study this problem, we have performed the 1st extended study in Portugal about the Physics Olympiad, a science competition promoted by the Portuguese Physical Society (SPF). This study involved 3311 students and 630 teachers.

In the 1st part of our study, we aimed to characterize the Physics Olympiads and their actors, students and teachers, to inquire them about the potential of the competition to motivate the students, to find the most talented ones, and to flag problems in the teaching of Physics. We have found that Physics Olympiads do, in fact, increase the interest of students in Physics, and make the best students in this field and the most motivated ones stand out. The competitions also have a great potential to inspire teachers to promote new methodologies at schools. In the inquiries, we have found that students and teachers agree in flagging a number of problems that make it difficult to implement experiment-based learning at school.

In order to improve the experimental skills of the students that are going to compete at IPhO, we have also developed a kit of experimental activities for training those students

at the Quark!-school, promoted by the University of Coimbra, for pre-university students. These activities were inspired in problems from international competitions of Physics, and only need simple, cheap and easily accessible materials. Compared to the set of experiments the students do in high-school, the activities we have prepared are more challenging, demand more creativity from the students, and a more profound analysis of collected data. We have also produced documentation for these experiments that include scripts, methodological suggestions and typical data, aimed at the teachers, that have been used in teacher coaching activities promoted by SPF.

In the 2nd part of our study, we have tested how such experimental activities work when used in Portuguese high-schools, as part of regular teaching of the 12th grade Physics course. We have assembled and distributed to students and their teachers the experimental kits and their scripts, that have been tested against the set of standard, compulsory experiments.

The results of our study suggest that it is possible to improve the performance of the Portuguese students at the international competitions if they engage in their training in experimental activities similar to the Olympic experimental problems, and if their teachers have specific coaching on them. In addition, we have found that experiments inspired in those competitions, properly adapted and simplified, can be used in high-schools, for all students. It is mandatory that schools possess a proper space (school lab with technical support), sufficient allocated time for teachers to prepare the activities and for students to explore them, as well as the necessary materials and equipment for a real “hands-on” teaching. Moreover, the teachers should be provided with documentation with methodological suggestions, and coaching opportunities focused on experimental work to learn the new methodologies. If a focus on experimental work is enforced from the early stages of the education, it would be possible to effectively develop the needed experimental skills in high-school students, and this would certainly result on a better learning of Physics, as well as a better performance of the Portuguese teams at the IPhO.

Keywords: Physics Olympiad, Physics Teaching, Experiment-Based Learning, *Quark!*-school, Experimental skills.

Comunicações e Publicações

Comunicações Orais

2015 | *“Estudo sobre o modelo das atividades experimentais olímpicas de Física no contexto das escolas secundárias de Portugal”*, F. Oliveira e J.A. Paixão, 25º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, julho, Gijón, Espanha.

2014 | *“QChallenge! - Atividades Experimentais para alunos olímpicos”*, F. Oliveira e J.A. Paixão, 19ª Conferência Nacional de Física e 24º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, Instituto Superior Técnico, setembro, Lisboa, Portugal.

2013 | *“Performance of Portuguese students in Physics Olympiads: bridging the gap between theory and experiment”*, F. Oliveira e J.A. Paixão, ICPS (*International Conference of Physics Students*), Universidade de Heriot-Watt, agosto, Edimburgo, Escócia.

2012 | *“Olimpíadas de Física - um contributo para o ensino experimental”*, F. Oliveira e J.A. Paixão, 18ª Conferência Nacional de Física e 22º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, Universidade de Aveiro, setembro, Aveiro, Portugal.

Comunicações em *poster*

2015 | *“Qchallenge! - promoting hands-on experiments in Physics for high-school students”*, J.A. Paixão e F. Oliveira, HOPE (*Horizons in Physics Education*), Universidade de Coimbra, setembro, Coimbra, Portugal.

2015 | *“Olympic Experimental Physics - a hands-on workshop for high-school teachers”*, F. Oliveira, J.A. Paixão, J.M.Gil e M. R. Silva, HOPE (*Horizons in Physics Education*), Universidade de Coimbra, setembro, Coimbra, Portugal.

2013 | *“Performance of Portuguese students in Physics Olympiads: bridging the gap between theory and experiment”*, F. Oliveira e J.A. Paixão, ICPS (*International Conference of Physics Students*), Universidade de Heriot-Watt, agosto, Edimburgo, Escócia.

Artigos

2016 | “*Atividade experimental “hands-on” para o estudo das características de um gerador (pilha voltaica) e de um recetor (voltâmetro) com material simples, de fácil acesso e baixo custo.*” Rev. Bras. Ensino Fís. vol.39 n°.1 São Paulo 2017. Versão impressa ISSN 1806-1117 e versão On-line ISSN 1806-9126 em <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0179>. F. Oliveira e J.A. Paixão.

2015 | “*QChallenge! - Atividades Experimentais para alunos olímpicos*”, F. Oliveira e J.A. Paixão, Atas da 19ª Conferência Nacional de Física e 24º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, IST - Press, ISBN 9789898481450, p.179-181, julho, Lisboa, Portugal.

Acrónimos/Siglas

AE's Atividades Experimentais

CCPFC Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua

IPhO *International Physics Olympiads*

ME Ministério da Educação

OIBF Olimpíadas Ibero-americanas de Física

ONF Olimpíadas Nacionais de Física

ORF Olimpíadas Regionais de Física

PISA *Programme for International Student Assessment*

SPF Sociedade Portuguesa da Física

TIMSS *Trends in International Mathematics and Science Study*

TCont Turno Controlo

TExp Turno Experimental

UNESCO *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

Lista de Figuras

1.1	Mapa que representa todos os países (assinalados a vermelho) envolvidos na IPhO. Fonte: Imagem da autoria de Fernando Nogueira, 18 de junho de 2017.	20
1.2	Participação portuguesa na IPhO, por género, de 1994 a 2016.	20
1.3	Participação portuguesa na OIbF, por género, de 2000 a 2016.	21
1.4	Alunos a competir numa das provas experimentais da EUSO. Fonte: Imagem retirada do seguinte <i>link</i> : http://euso.eu/	28
1.5	Exemplos de materiais e equipamentos usados pelos alunos nas montagens das atividades experimentais no âmbito das provas de apuramento.	32
1.6	Exemplos de materiais usados pelos alunos nas provas experimentais da IPhO.	33
1.7	Medalhas dos alunos portugueses na IPhO de 1994 a 2016.	35
1.8	Exemplos de materiais usados pelos alunos nas provas experimentais da OIbF.	36
1.9	Medalhas dos alunos portugueses na OIbF de 2000 a 2016.	37
2.1	“Estatutos da Universidade de Coimbra 1772 - Livro III - Os cursos <i>das Sciencias Naturaes e Filosoficas</i> ”. Fonte: imagem do livro de Mário Berberan-Santos.	64

2.2	Laboratório <i>Chimico</i> do século XVIII. Atual Museu da Ciência da Universidade de Coimbra. Fonte: Imagem da autoria de Paulo Loureiro, 10 agosto 2012.	65
2.3	“ <i>O Instituto: jornal scientifico e litterario</i> ” - Vol. 3 (1854/55). Fonte: imagem da Universidade de Coimbra.	67
2.4	Revista “ <i>O Occidente</i> ” com a notícia “ <i>A Photographia atravez dos corpos opacos</i> ”, 25 de março de 1896. Fonte: imagem do colecionador Alexandre Ramires.	69
2.5	Capa do livro “ <i>Ciências da Natureza 1</i> ” de Rómulo de Carvalho, 1968. Fonte: imagem do livro de José António Paixão.	76
2.6	Cartaz da exposição “ <i>De que são feitas as coisas?</i> ”. Fonte: imagem do artigo de Mário Pimenta.	79
2.7	Taxa de analfabetismo em Portugal entre 1940 a 2001.	88
2.8	Caracterização da população envolvida no teste de Literacia Científica do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.i).	99
2.9	Item da unidade (a) « <i>Correr com Tempo Quente</i> » do teste de Ciências do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.23).	102
2.10	Item da unidade (b) « <i>Correr com Tempo Quente</i> » do teste de Ciências do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.23).	103
2.11	Item da unidade (c) « <i>Correr com Tempo Quente</i> » do teste de Ciências do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.24).	103
2.12	Item da unidade (d) « <i>Correr com Tempo Quente</i> » do teste de Ciências do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.24).	104
2.13	Item da unidade (e) « <i>Correr com Tempo Quente</i> » do teste de Ciências do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.25).	104

2.14	Caracterização da amostra nacional no PISA 2015: número de escolas, professores, encarregados de educação e alunos. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.ii).	105
2.15	Resultados médios nacionais em Ciências ao longo dos seis ciclos do estudo PISA. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.53).	107
2.16	Resultados nos níveis de proficiência de alguns países no estudo PISA no domínio das Ciências em 2006 e 2015.	109
2.17	Pontuação na escala das Ciências por nível de escolaridade nos anos do domínio principal, PISA 2006 e 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.65).	111
2.18	Desempenho médio em Ciências na subescala de sistemas de conteúdo e de competência científica do PISA, em Portugal e na OCDE. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.73,75).	113
2.19	Caracterização da amostra usada no TIMSS <i>Advanced</i> em 2015: número de países, escolas, professores e alunos. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.i).	116
2.20	Caracterização da amostra nacional do TIMSS <i>Advanced</i> 2015: número de países, escolas, professores e alunos. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.ii).	116
2.21	TIMSS <i>Advanced</i> 2015: Índices de cobertura curricular e populacional em Matemática e Física. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.11).	117
2.22	TIMSS <i>Advanced</i> 2015: exemplos de itens avaliados. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.33).	119
2.23	TIMSS <i>Advanced</i> 2015: Resultados no domínio da Física quanto à área de conteúdos. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.66).	120
2.24	TIMSS <i>Advanced</i> 2015: Resultados no domínio de Física por dimensão cognitiva. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.69).	121

2.25	TIMSS <i>Advanced</i> 2015: Resultados no domínio de Física por nível de desempenho. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.79).	122
3.1	Quatro estágios considerados por Millar para o desenvolvimento e a implementação eficaz de uma atividade prática (p.14).	136
3.2	Antigo Laboratório de Física “ <i>Rómulo de Carvalho</i> ” na Escola Secundária Pedro Nunes. Fonte: Imagem da autoria de Margarida Almeida, 2 de junho de 2017.	159
3.3	Antigo Laboratório de Física e atual Museu de Física “ <i>Rómulo de Carvalho</i> ” na Escola Secundária Pedro Nunes após a intervenção da “ <i>Parque Escolar</i> ”. Fontes: Imagens da autoria de José Mendes, outubro de 2011 e de Helena Melo, julho de 2017.	161
3.4	Atual Laboratório de Física na Escola Secundária Pedro Nunes após a intervenção da “ <i>Parque Escolar</i> ”. Fonte: Imagem da autoria de Margarida Almeida, 2 junho 2017.	162
5.1	Resultados ORF (professores): questão sobre os motivos que impedem a realização ou incremento da frequência de aulas experimentais.	198
5.2	Resultados ORF (professores): questão sobre a organização das aulas experimentais.	198
5.3	Resultados ORF (professores): questão sobre as dificuldades dos alunos perante uma aula experimental.	200
5.4	Resultados ORF (professores): questão sobre a frequência da realização de demonstrações práticas nas aulas não laboratoriais.	201
5.5	Resultados ORF (professores): questão sobre as temáticas onde enfrentam maiores dificuldades a leccionar a componente experimental.	203
5.6	Questionário ORF (professores): questão sobre a motivação dos alunos para participar nas Olimpíadas de Física.	205

5.7	Resultados ORF (professores): questão sobre os efeitos da competição no espaço letivo.	208
5.8	Resultados ORF (alunos): questão sobre os aspetos mais difíceis da componente experimental para os alunos do escalão A e do escalão B.	212
5.9	Resultados ORF (alunos): questão sobre as dificuldades na disciplina de Ciências Físico-Químicas.	216
5.10	Resultados ORF (alunos): questão sobre a preferência do tipo de aulas da disciplina de Ciências Físico-Químicas.	216
5.11	Resultados ONF (alunos): questão sobre os aspetos mais difíceis da componente experimental para os alunos do escalão A e do escalão B.	222
5.12	Resultados pré IPhO (alunos): questão sobre as áreas em que os alunos se sentem pior preparados.	228
5.13	Resultados pré OIbF (alunos): questão sobre as áreas em que os alunos se sentem pior preparados.	228
5.14	Resultados pré IPhO (alunos): questão sobre o contributo das atividades experimentais disponibilizadas na Escola <i>Quark!</i> para a aprendizagem. . .	233
5.15	Resultados pré OIbF (alunos): questão sobre o contributo das atividades experimentais disponibilizadas na Escola <i>Quark!</i> para a aprendizagem. . .	233
5.16	Resultados pós IPhO e OIbF (alunos): questão sobre os aspetos mais difíceis da componente experimental nas provas das Olimpíadas de Física. . .	237
5.17	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre a formação académica do encarregado de educação.	247
5.18	Alunos da pré-seleção olímpica a realizar na escola as atividades experimentais propostas na Escola <i>Quark!</i> . Fonte: Imagem da autoria de João Correia, 2014.	257
5.19	Material usado na atividade experimental “ <i>Estimativa da espessura de um traço de lápis</i> ”. Fonte: Imagem da autoria de Paula Leitão, fevereiro de 2012.	258

5.20	Material usado na atividade experimental “ <i>Caixa negra</i> ”.	258
5.21	Material usado na atividade experimental “ <i>Baloço</i> ”.	259
5.22	Material usado na atividade experimental “ <i>Disco de Maxwell</i> ”.	259
5.23	Material usado na atividade experimental “ <i>Oscilações de um tubo</i> ”.	260
5.24	Material usado na atividade experimental “ <i>Lampadinha</i> ”.	260
5.25	Material usado na atividade experimental “ <i>Lupa</i> ”.	261
5.26	Material usado na atividade experimental “ <i>Porquinhos Oscilantes</i> ”. Fonte: Imagem da autoria de Fernando Nogueira, maio de 2012.	261
5.27	Material usado na atividade experimental “ <i>Pêndulo Gravítico</i> ”.	262
5.28	Material usado na atividade experimental “ <i>Pêndulo Bifilar</i> ”. Fonte: Imagem da autoria de João Correia, fevereiro de 2014.	262
5.29	Material usado na atividade experimental “ <i>Termómetros</i> ”.	263
5.30	Material usado na atividade experimental “ <i>Uma questão de lentes..., Telescópio de Galileu</i> ”.	263
5.31	Material usado na atividade experimental “ <i>Calor latente de evaporação da água</i> ”.	264
5.32	Exemplos de tratamento de dados feito manualmente pelos alunos da pré-seleção olímpica.	267
5.33	Professores dos alunos da pré-seleção olímpica na formação contínua da SPF no âmbito da Escola <i>Quark!</i> .	270
5.34	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre o início do gosto pela Física.	272
5.35	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre a importância das atividades experimentais na compreensão dos conceitos de Física.	289
5.36	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre as temáticas onde encontram maiores dificuldades na realização das atividades experimentais.	291

5.37	Análise das respostas “certas”, “erradas” e “sem resposta” dos pré e pós-testes dos alunos do 11º Ano da Escola <i>Quark!</i> de 2013	295
5.38	Análise das respostas “certas”, “erradas” e “sem resposta” dos pré e pós-testes dos alunos do 12º Ano da Escola <i>Quark!</i> de 2013	297
5.39	Análise das respostas “certas”, “erradas” e “sem resposta” dos pré e pós-testes dos alunos do 11º Ano da Escola <i>Quark!</i> de 2014.	298
5.40	Análise das respostas “certas”, “erradas” e “sem resposta” dos pré e pós-testes dos alunos do 11º Ano da Escola <i>Quark!</i> de 2015.	299
5.41	Análise das respostas certas, erradas e sem resposta dos pré e pós-testes dos alunos do 12º Ano da Escola <i>Quark!</i> de 2014.	301
5.42	Análise das respostas certas, erradas e sem resposta dos pré e pós-testes dos alunos do 12º Ano da Escola <i>Quark!</i> de 2015.	302
5.43	Resultados dos professores da formação olímpica: opinião dos professores sobre o desempenho dos alunos que participam na Escola <i>Quark!</i> quanto à aprendizagem e ao empenho/motivação.	305
5.44	Resultados dos professores da formação olímpica: questão sobre as áreas da Física em que os professores consideram mais difíceis e mais fáceis para os seus alunos.	306
5.45	Resultados dos professores da formação olímpica: questão relativa às áreas da Física em que os professores têm maior ou menor dificuldade em lecionar.	307
5.46	Resultados dos professores da formação olímpica: questão sobre o apoio da Escola <i>Quark!</i> ao trabalho dos professores a nível teórico e experimental.	308
5.47	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre ano da frequência na escola.	312
5.48	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre o reforço da componente experimental na disciplina de Física.	319

- 6.1 Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre a formação acadêmica do encarregado de educação. 325
- 6.2 Gráfico da velocidade terminal em função do quadrado do raio da esfera. A vermelho são representados os dados em bruto, sem correção do efeito das paredes; a verde são representados os dados corrigidos do efeito das paredes. 331
- 6.3 Tubos de acrílico com diferentes diâmetros e alturas. 332
- 6.4 Alunos do turno experimental a realizar atividade experimental “*Coefficiente de viscosidade de um líquido*” em grupos de 2 alunos e com material e equipamento simples. Fonte: As 2 primeiras imagens são da autoria de Helena Melo, 2015. 333
- 6.5 Duas resistências de 1Ω : à esquerda uma resistência comercial (50 W, com dissipador térmico) e à direita uma resistência improvisada com fio de *Kanthal*. 336
- 6.6 Gráfico da potência útil, P_u , que é a potência dissipada na resistência externa R ligada à pilha, em função do valor R . O primeiro gráfico corresponde à pilha nova e o segundo gráfico à pilha usada. As curvas a cheio representam o ajuste à expressão teórica, $P(R) = \frac{\varepsilon^2}{(R+r_i)^2}$ 337
- 6.7 Construção de um voltâmetro com materiais simples, de fácil acesso e de baixo custo. 338
- 6.8 Gráfico da intensidade de corrente, I , em função da diferença de potencial, U , para o estudo das características de um recetor não puramente resistivo (voltâmetro). A linha a verde corresponde a um modelo mais sofisticado, não linear, do comportamento elétrico de uma célula eletrolítica. 339
- 6.9 Alunos do turno experimental a realizar atividade experimental “*Características de um gerador e recetor*” em grupos de 2 alunos e com material e equipamento simples. Fonte: As 2 primeiras imagens são da autoria de Helena Melo, 2015. 340

- 6.10 Gráfico do lado esquerdo representa a tensão, U , aos terminais do condensador em função do tempo, t , durante a descarga do condensador. No lado direito está o gráfico do logaritmo da tensão, $\ln U$, aos terminais do condensador em função do tempo, t , durante a descarga do condensador. 342
- 6.11 Circuito integrado LM555 e esquema do circuito usado para determinar a capacidade do condensador. 343
- 6.12 Circuito integrado LM555: carga e descarga. 344
- 6.13 Alunos do turno experimental a realizar atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*” em grupos de 2 alunos e com material e equipamento simples. Fonte: As 2 primeiras imagens são da autoria de João Correia, 2015. 345
- 6.14 Avaliação do interesse dos alunos dos turnos experimental e controlo pela atividade experimental “*Coefficiente de Viscosidade de um líquido*”. 349
- 6.15 Avaliação do interesse dos alunos dos turnos experimental e controlo pela atividade experimental “*Características de um recetor e de um gerador*”. 352
- 6.16 Avaliação do interesse dos alunos dos turnos experimental e controlo pela atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*”. 355
- 6.17 Resultados do pré e pós-testes na atividade experimental “*Coefficiente de viscosidade de um líquido*” de 107 alunos do turno experimental e 99 alunos do turno controlo. 360
- 6.18 Resultados do pré e pós-testes na atividade experimental “*Características de um recetor e de um gerado*” de 104 alunos do turno experimental e 111 alunos do turno controlo. 363
- 6.19 Resultados do pré e pós-testes na atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*” de 92 alunos do turno experimental e 83 alunos do turno controlo. 365
- 6.20 Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre o início do gosto pelo estudo da Física. 368

6.21 Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre a importância das atividades experimentais.	384
6.22 Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre as temáticas onde encontram maiores dificuldades na realização das atividades experimentais.	386

Lista de Tabelas

1.1	Exemplos de algumas Olimpíadas Internacionais de Ciência para alunos dos Ensinos Básico e Secundário.	23
1.2	Três modalidades de treino olímpico praticadas pelos países que participam na IPhO.	43
1.3	Estatística dos prémios com as medalhas de Ouro dos países melhor classificados na IPhO, de 1967 a 2014.	45
2.1	Algumas recomendações do estudo do “ <i>Livro Branco da Física e da Química</i> ”.	92
2.2	Caracterização dos alunos que participaram no estudo do “ <i>Livro Branco da Física e da Química - opinião dos alunos 2003.</i> ”	94
2.3	Classificação dos procedimentos de trabalho científico usados na análise de alguns resultados do estudo “ <i>Livro Branco da Física e da Química - opinião dos alunos 2003.</i> ”	95
2.4	Breve descrição dos níveis de proficiência do domínio da Ciência do estudo PISA.	101
2.5	Valores dos níveis de desempenho dos alunos portugueses no domínio de Ciências nos estudos PISA de 2006 e de 2015.	106
2.6	TIMSS <i>Advanced</i> 2015: número de itens avaliados nas áreas de conteúdo. Destes itens, alguns não estão contemplados no programa da disciplina de Física do 12º Ano do Ensino Secundário em Portugal.	118

2.7	TIMSS <i>Advanced</i> 2015: níveis de desempenho e pontuação (p.36).	119
3.1	Algumas ações de formação contínua para professores de Física e Química promovidas por Universidades portuguesas, em 2016/17.	155
3.2	Perguntas enviadas aos “ <i>Team Leaders</i> ” europeus participantes na IPhO.	166
3.3	Informação sobre o ensino experimental de alguns países europeus que participam na IPhO.	167
4.1	Populações-alvo dos Estudos Empíricos I e II.	175
4.2	Instrumentos e materiais didáticos utilizados no Estudo Empírico I.	177
4.3	Instrumentos e materiais didáticos utilizados no Estudo Empírico II.	178
4.4	Fases, datas e locais da aplicação dos questionários nas Olimpíadas de Física.	180
4.5	Calendarização das sessões da Escola <i>Quark!</i> de 2012 a 2015.	182
4.6	Atividades experimentais realizadas em contexto de sala de aula no Estudo Empírico II, segundo o programa da disciplina de Física do 12º Ano.	183
4.7	Temporização média da aplicação dos instrumentos e materiais didáticos no Estudo Empírico II.	184
4.8	Datas da realização dos testes nas escolas do Estudo Empírico II. O “NF” significa “não fez”.	185
5.1	Número de sujeitos das populações-alvo olímpicas.	190
5.2	Caracterização das amostras dos alunos das Olimpíadas de Física nas fases ORF, ONF, IPhO e OIbF.	191
5.3	Caracterização dos professores das Olimpíadas Regionais de Física de 2011 a 2015.	192
5.4	Resultados ORF (professores): questões sobre a importância do ensino experimental na aprendizagem dos alunos e sobre o nível de interesse demonstrado pelos alunos no ensino experimental.	196

5.5	Resultados ORF (professores): questão sobre a periodicidade das aulas experimentais ao longo do ano letivo.	197
5.6	Resultados ORF (professores): questões sobre o tratamento de dados experimentais realizado pelos alunos.	199
5.7	Resultados ORF (professores): questões sobre a avaliação das atividades experimentais.	201
5.8	Resultados ORF (professores): questões sobre a formação em ensino experimental.	202
5.9	Resultados ORF (professores): resumo das justificações às respostas da pergunta 15.	202
5.10	Resultados ORF (professores): sugestões mais referidas pelos professores na pergunta 30.	204
5.11	Resultados ORF (professores): questões sobre o número de participações e os prêmios ganhos pelos seus alunos.	205
5.12	Resultados ORF (professores): questões sobre a preparação dos alunos para a competição.	206
5.13	Resultados ORF (professores): questões sobre a seleção dos alunos para as Olimpíadas de Física.	206
5.14	Resultados ORF (professores): questões sobre o grau de dificuldade das provas experimentais.	207
5.15	Resultados ORF (professores): questão sobre os aspetos logísticos das Olimpíadas Regionais de Física.	208
5.16	Resultados ORF (alunos): questão sobre o número de vezes que os alunos participaram nas Olimpíadas de Física.	209
5.17	Resultados ORF (alunos): questão sobre a participação dos alunos nas Olimpíadas de outras disciplinas.	210

5.18	Resultados ORF (alunos): questão sobre a iniciativa de participar nas Olimpíadas de Física.	210
5.19	Resultados ORF (alunos): questões sobre a preparação prévia dos alunos para as Olimpíadas de Física.	211
5.20	Resultados ORF (alunos): questão sobre a confiança de um bom resultado dos alunos dos escalões A e B nas Olimpíadas de Física.	211
5.21	Resultados ORF (alunos): questão sobre o grau de dificuldade das provas na componente experimental e na componente teórica dos alunos dos escalões A e B.	211
5.22	Resultados ORF (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e prática, adequação dos conteúdos e qualidade do material disponibilizado aos alunos do escalão A.	213
5.23	Resultados ORF (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e prática, adequação dos conteúdos e qualidade do material disponibilizado aos alunos do escalão B.	213
5.24	Resultados ORF (alunos): questão sobre se a participação nas Olimpíadas de Física aumentou o seu interesse pela Física.	214
5.25	Resultados ORF (alunos): questão sobre avaliação da experiência dos alunos para sugerirem a outros colegas a participação nas Olimpíadas de Física.	214
5.26	Resultados ORF (alunos): questão sobre os aspetos logísticos das Olimpíadas Regionais de Física.	215
5.27	Resultados ORF (alunos): questão sobre a frequência da realização de atividades complementares à escola para aprender ciência.	218
5.28	Resultados ORF (alunos): justificação do motivo da resposta “Nunca ou quase nunca”.	219
5.29	Resultados ORF (alunos): questões sobre o conhecimento dos alunos do projeto <i>Quark!</i> e o acesso ao seu portal na Internet.	219

5.30 Resultados ONF (alunos): questões sobre a preparação prévia dos alunos para as Olimpíadas de Física.	220
5.31 Resultados ONF (alunos): questão sobre a confiança de um bom resultado dos alunos dos Escalões A e B nas Olimpíadas de Física.	221
5.32 Resultados ONF (alunos): questão sobre o grau de dificuldade das provas na componente experimental e na componente teórica dos alunos dos Escalões A e B.	221
5.33 Resultados ONF (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e experimental, adequação dos conteúdos e a qualidade do material disponibilizado aos alunos do escalão A.	223
5.34 Resultados ONF (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e experimental, adequação dos conteúdos e a qualidade do material disponibilizado aos alunos do escalão B.	223
5.35 Resultados ONF (alunos): questão sobre a importância da participação na competição para o aumento do interesse pela Física.	224
5.36 Resultados ONF (alunos): questão sobre avaliação da experiência dos alunos para sugerirem a outros colegas a participação nas Olimpíadas de Física.	224
5.37 Resultados ONF (alunos): questão sobre os aspetos logísticos das Olimpíadas Nacionais de Física.	225
5.38 Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): questões sobre a preparação prévia dos alunos para as Olimpíadas de Física.	226
5.39 Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): questão sobre a confiança na obtenção de um bom resultado.	227
5.40 Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): questão sobre as perspetivas quanto à participação nas Olimpíadas de Física.	227
5.41 Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): resumo das justificações sobre as áreas em que os alunos se sentem pior preparados.	229

5.42	Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): resumo das respostas sobre a preparação experimental na escola e na semana da preparação olímpica.	230
5.43	Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): resumo das principais dificuldades na componente experimental.	231
5.44	Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): resumo das principais facilidades na componente experimental.	232
5.45	Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): resumo das respostas sobre o significado da participação nas Olimpíadas de Física.	234
5.46	Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): questão sobre o curso que os alunos pretendiam seguir na Universidade.	235
5.47	Resultados pós IPhO e OIbF (alunos): questões sobre os prémios conseguidos e os motivos para a não obtenção de um prémio nas Olimpíadas de Física.	236
5.48	Resultados pós IPhO e OIbF (alunos): opinião sobre o grau de dificuldade das provas nas componentes experimental e teórica.	236
5.49	Resultados pós IPhO (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e experimental, adequação dos conteúdos e a qualidade do material disponibilizado.	238
5.50	Resultados pós OIbF (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e experimental, adequação dos conteúdos e a qualidade do material disponibilizado.	238
5.51	Resultados pós IPhO e OIbF (alunos): questão sobre a relevância da participação nas Olimpíadas de Física para o aumento do interesse pela Física.	239
5.52	Resultados pós IPhO e OIbF (alunos): resumo das sugestões para uma melhor preparação olímpica nos próximos anos.	240
5.53	Populações-alvo <i>Quarkianas</i>	245

5.54	Caracterização dos alunos que participaram na Escola <i>Quark!</i> de 2012 a 2015.	246
5.55	Caracterização dos professores que participaram na formação da SPF no âmbito da Escola <i>Quark!</i> de 2012 a 2015.	248
5.56	Caracterização dos antigos alunos que participaram na Escola <i>Quark!</i>	249
5.57	Número de <i>kits</i> produzidos por cada atividade experimental no Estudo Empírico I.	251
5.58	Principais tópicos da componente teórica do programa (<i>Syllabus</i>) da IPhO.	253
5.59	Temáticas de Física do teste aplicado aos alunos dos 11° e 12° Anos que participaram na Escola <i>Quark!</i> , em 2013.	254
5.60	Temáticas de Física do teste aplicado aos alunos dos 11° e 12° Anos que participaram na Escola <i>Quark!</i> , em 2014 e 2015.	254
5.61	Programa (<i>Syllabus</i>) da IPhO da componente prática.	255
5.62	Estimativa do custo monetário, por cada <i>kit</i> , para cada uma das 13 atividades experimentais.	266
5.63	Número de alunos que realizaram a atividade experimental proposta nas sessões da Escola <i>Quark!</i>	268
5.64	Critérios de análise dos relatórios enviados pelos alunos que realizaram as atividades experimentais propostas na Escola <i>Quark!</i>	268
5.65	Número de professores na formação contínua olímpica da SPF.	269
5.66	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre a disciplina preferida e o gosto pelo estudo de Ciências e da Física.	271
5.67	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : resumo sobre a motivação para estudar Física.	272
5.68	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questões sobre o gosto pela resolução de problemas e desafios de Física, o estímulo familiar, oferta e atividades complementares à escola para aprender Física.	274

5.69	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre a participação em projetos de Ciência.	275
5.70	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questões sobre o método de estudo, frequência e horas semanais.	276
5.71	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questões sobre as preferências de estudo.	277
5.72	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questões sobre as dificuldades a estudar Física.	278
5.73	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : resumo das respostas sobre o método de estudo para um teste de avaliação de Física.	279
5.74	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : resumo sobre o tema de Física preferido.	280
5.75	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : resumo sobre o tema de Física que menos gostam.	281
5.76	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão para classificar a disciplina de Física quanto à compreensão, utilidade e interesse.	282
5.77	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre as áreas de interesse.	283
5.78	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questões relativas à participação na Escola <i>Quark!</i>	284
5.79	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre a periodicidade da realização das aulas experimentais.	285
5.80	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questões relativas às aulas experimentais.	286
5.81	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questões sobre as maiores dificuldades nas atividades experimentais e o cálculo de incertezas.	287
5.82	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre o relatório das aulas experimentais.	288

5.83	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : resumo das respostas que justificam a importância das atividades experimentais.	290
5.84	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> : resumo das respostas sobre o que pode ser feito para melhorar a aprendizagem dos alunos na disciplina de Física.	292
5.85	Resultados dos pré e pós-testes aplicados aos alunos do 11º Ano da Escola <i>Quark!</i> de 2013 a 2015.	293
5.86	Resultados dos pré e pós-testes aplicados aos alunos do 12º Ano da Escola <i>Quark!</i> de 2013 a 2015.	293
5.87	Temáticas do teste aplicado aos alunos do 11º Ano que participaram na Escola <i>Quark!</i> em 2013.	294
5.88	Temáticas do teste aplicado aos alunos do 12º Ano que participaram na Escola <i>Quark!</i> em 2013.	296
5.89	Temáticas do teste aplicado aos alunos do 11º Ano que participaram na Escola <i>Quark!</i> em 2014 e 2015.	297
5.90	Temáticas do teste aplicado aos alunos do 12º Ano que participaram na Escola <i>Quark!</i> em 2014 e 2015.	300
5.91	Resultados dos alunos da Escola <i>Quark!</i> na pergunta de resposta aberta dos pré e pós-testes.	302
5.92	Resultados dos professores da formação olímpica: questões sobre a participação na Escola <i>Quark!</i>	303
5.93	Resultados dos professores da formação olímpica: questão sobre o ensino que é proporcionado na Escola <i>Quark!</i> e na Escola Secundária relativamente à dificuldade dos conteúdos, ao grau de exigência e às atividades. . .	304
5.94	Resultados dos professores da formação olímpica: algumas justificações sobre o apoio da Escola <i>Quark!</i> aos professores no âmbito do trabalho experimental.	309

5.95	Resultados dos professores da formação olímpica: resumo das respostas sobre os conhecimentos e/ou competências que os professores dos alunos olímpicos já tinham e que aperfeiçoaram e não tinham e adquiriram.	310
5.96	Resultados dos professores da formação olímpica: resumo das respostas dos professores dos alunos olímpicos sobre o que poderia ser feito para melhorar a aprendizagem na disciplina de Física.	311
5.97	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre a participação nas Olimpíadas de Física e a contribuição da Escola <i>Quark!</i> na preparação olímpica.	313
5.98	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre o ensino que é proporcionado na Escola <i>Quark!</i> e na Escola Secundária.	314
5.99	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questões sobre os conteúdos lecionados, aprendizagem dos conceitos científicos e a influência da Escola <i>Quark!</i> no acesso ao Ensino Superior.	315
5.100	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre o grau de dificuldade.	316
5.101	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : questão sobre os conhecimentos de Matemática ao nível do 12º Ano.	316
5.102	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : opiniões sobre os contributos da Escola <i>Quark!</i> para a aprendizagem, interesse, rendimento no Ensino Secundário e Superior, autonomia, definição vocacional e preparação para o Ensino Superior.	317
5.103	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : resumo das respostas sobre as estratégias que podem ser desenvolvidas para aumentar o interesse pela disciplina de Física.	318
5.104	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : resumo das respostas sobre as estratégias que podem ser desenvolvidas para colmatar as dificuldades de aprendizagem na disciplina de Física.	319

5.105	Resultados dos antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> : justificação das respostas sobre o reforço da componente experimental na disciplina de Física.	320
6.1	Amostras da população-alvo da escola.	322
6.2	Caracterização dos alunos do 12º Ano das Escolas Secundárias.	324
6.3	Caracterização dos professores das Escolas Secundárias que leccionaram nas turmas do 12º Ano.	325
6.4	Número total de <i>kits</i> produzidos por cada atividade experimental no Estudo II.	326
6.5	Enquadramento teórico da atividade experimental “ <i>Coefficiente de viscosidade de um líquido</i> ” no programa do Ministério da Educação.	330
6.6	Enquadramento teórico da atividade experimental “ <i>Características de um gerador e de um recetor</i> ” no programa do Ministério da Educação.	335
6.7	Enquadramento teórico da atividade experimental “ <i>Construção de um relógio logarítmico</i> ” no programa do Ministério da Educação.	341
6.8	Estimativa do custo monetário, por cada <i>kit</i> , para cada uma das 3 atividades experimentais aplicadas no Estudo II.	346
6.9	Resumo das dificuldades dos alunos dos turnos experimental e controlo na atividade experimental “ <i>Coefficiente de viscosidade de um líquido</i> ”.	348
6.10	Algumas respostas dos alunos que justificam a avaliação do interesse pela atividade experimental “ <i>Coefficiente de Viscosidade de um líquido</i> ”.	350
6.11	Resumo das dificuldades dos alunos dos turnos experimental e controlo na atividade experimental “ <i>Características de um recetor e de um gerador</i> ”.	351
6.12	Algumas respostas dos alunos que justificam a avaliação do interesse pela atividade experimental “ <i>Características de um gerador e de um recetor</i> ”.	353
6.13	Resumo das dificuldades dos alunos dos turnos experimental e controlo na atividade experimental “ <i>Construção de um relógio logarítmico</i> ”.	354

6.14	Algumas respostas dos alunos que justificam a avaliação do interesse pela atividade experimental “ <i>Construção de um relógio logarítmico</i> ”	356
6.15	Resultados das escolas no pré e pós-testes na atividade experimental “ <i>Coefficiente de viscosidade de um líquido</i> .”	358
6.16	Ganho de conhecimento e ganho da média normalizado dos turnos experimental e controlo na atividade experimental “ <i>Coefficiente de viscosidade de um líquido</i> .”	359
6.17	Resultados das escolas no pré e pós-testes na atividade experimental “ <i>Características de um recetor e de um gerado</i> .”	361
6.18	Ganho de conhecimento e ganho da média normalizado das escolas na atividade experimental “ <i>Características de um recetor e de um gerador</i> .”	362
6.19	Resultados das escolas no pré e pós-testes na atividade experimental “ <i>Construção de um relógio logarítmico</i> .”	364
6.20	Ganho de conhecimento e ganho da média normalizado das escolas na atividade experimental “ <i>Construção de um relógio logarítmico</i> ”.	365
6.21	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre a disciplina preferida e o gosto pelo o estudo de Ciências e de Física.	367
6.22	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo das respostas sobre a motivação para estudar Física.	368
6.23	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre o gosto pela resolução de problemas e desafios de Física, o estímulo familiar, oferta e atividades complementares à escola para aprender Física.	370
6.24	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre a participação em projetos de Ciência. Responderam à alínea a) 48 alunos.	371
6.25	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre o método de estudo, frequência e horas semanais.	372

6.26	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questões sobre as preferências de estudo.	373
6.27	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questões sobre as dificuldades a estudar Física.	374
6.28	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo das respostas sobre o método de estudo para um teste de avaliação de Física.	375
6.29	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo sobre o tema de Física preferido.	376
6.30	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo sobre o tema de Física que menos gostam.	377
6.31	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão para classificar a disciplina de Física quanto à compreensão, utilidade e interesse.	378
6.32	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre as áreas de interesse.	379
6.33	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre a periodicidade da realização das aulas experimentais.	380
6.34	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questões relativas às aulas experimentais.	381
6.35	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questões sobre as maiores dificuldades nas atividades experimentais e o cálculo de incertezas.	382
6.36	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre o relatório das aulas experimentais.	383
6.37	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo das respostas que justificam a importância das atividades experimentais.	385
6.38	Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo das respostas sobre o que pode ser feito para melhorar a aprendizagem dos alunos na disciplina de Física.	387

6.39	Resumo das entrevistas realizadas aos professores do Estudo Empírico II. . .	389
7.1	Resultados dos alunos do escalão B sobre os aspetos mais difíceis na componente experimental das provas olímpicas.	393
7.2	Resultados dos alunos do escalão A sobre o grau de dificuldade das provas nas componentes experimental e teórica nas ORF e ONF.	400
7.3	Resultados dos alunos do escalão B sobre o grau de dificuldade das provas nas componentes experimental e teórica nas ORF, ONF, IPhO e OIbF. . .	401
7.4	Resultados dos alunos das ORF, ONF, IPhO e OIbF sobre a preparação prévia para participarem nas Olimpíadas de Física. (*Significa que não foi perguntado aos alunos.)	404
7.5	Resultados dos alunos das ORF, ONF, IPhO e OIbF sobre o interesse pela Física após a participação nas Olimpíadas de Física.	416

Conteúdo

Lista de Figuras	xvii
Lista de Tabelas	xxvii
Introdução	1
I Fundamentação teórica	11
1 As Competições de Ciência e sua importância	13
1.1 Competições de Ciência para jovens	14
1.2 As Olimpíadas de Física em Portugal	29
1.3 A sinalização e acompanhamento dos jovens talentos	37
1.4 O treino dos alunos olímpicos	43
1.5 Investigação sobre Olimpíadas de Ciência	54
2 O Ensino da Física em Portugal	59
2.1 Uma viagem histórica até à atualidade	60
2.2 <i>Livro Branco da Física e da Química</i>	88
2.3 Estudos <i>PISA</i> e <i>TIMSS</i>	96
3 A Problemática do Ensino Experimental da Física	123

3.1	Perspetivas teóricas	124
3.2	Orientações Curriculares do Ministério da Educação	138
3.3	Formação do Professor	150
3.4	Laboratórios Escolares e Equipamentos	158
3.5	Comparação com alguns países europeus	164
II	Estudos Empíricos	169
4	Investigação empírica	171
4.1	Problema, questões e objetivos gerais	171
4.2	Metodologia	173
4.2.1	Desenho da investigação	174
4.2.2	Populações-alvo e amostras	175
4.2.3	Instrumentos de investigação e Materiais didáticos	176
4.2.4	Procedimentos	179
4.3	Tratamento e análise de dados	185
5	Estudo Empírico I: Olimpíadas de Física e Escola <i>Quark!</i>	187
5.1	Objetivos específicos do Estudo I	187
5.2	Olimpíadas de Física	189
5.3	Resultados	195
5.3.1	Olimpíadas Regionais de Física	196
5.3.2	Olimpíadas Nacionais de Física	219
5.3.3	Olimpíadas Internacionais e Ibero - americanas de Física	225
5.4	Escola <i>Quark!</i> - Escola de Física para jovens da UC	244
5.5	Treino Olímpico	252

5.5.1	Componente teórica	252
5.5.2	Componente prática	255
5.6	Resultados	270
5.6.1	Questionário aos alunos da Escola <i>Quark!</i>	270
5.6.2	Pré e Pós-testes	292
5.6.3	Questionário aos professores dos alunos da pré-seleção olímpica . . .	303
5.6.4	Questionário aos antigos alunos <i>Quarkianos</i>	312
6	Estudo Empírico II:	
	Intervenção nas Escolas Secundárias	321
6.1	Objetivos específicos do Estudo II	322
6.2	AE 1: “ <i>Coefficiente de viscosidade de um líquido</i> ”	329
6.3	AE 2: “ <i>Características de um gerador e de um recetor</i> ”	334
6.4	AE 3: “ <i>Construção de um relógio logarítmico</i> ”	341
6.5	Resultados	347
6.5.1	Primeiro questionário sobre a atividade experimental	347
6.5.2	Pré e Pós-testes	357
6.5.3	Segundo questionário sobre a disciplina de Física e as AE’s	366
6.5.4	Entrevista aos professores	387
7	Conclusões	391
	Bibliografia	419
A	Estudo I: Questionário dos alunos da ORF	449
B	Estudo I: Questionário dos professores da ORF	453

C	Estudo I: Questionário dos alunos da ONF	459
D	Estudo I: Questionário dos alunos (antes) da IPhO	463
E	Estudo I: Questionário dos alunos (depois) da IPhO	467
F	Estudo I: Questionário dos alunos (antes) da OIbF	471
G	Estudo I: Questionário dos alunos (depois) da OIbF	475
H	Estudo I: Questionário dos alunos da Escola <i>Quark!</i>	479
I	Estudo I: Teste do 11º Ano 2013	487
J	Estudo I: Teste do 12º Ano 2013	499
K	Estudo I: Teste do 11º Ano 2014-2015	511
L	Estudo I: Teste do 12º Ano 2014-2015	523
M	Estudo I: Questionário dos professores da formação (SPF)	537
N	Estudo I: Questionário dos antigos alunos <i>quarkianos</i>	545
O	Estudo II: Pré-teste “ <i>Coefficiente de Viscosidade de um Líquido</i> ”	557
P	Estudo II: Pós-teste “ <i>Coefficiente de Viscosidade de um Líquido</i> ”	561
Q	Estudo II: Pré e pós-testes “ <i>Características de um recetor e de um gerador</i> ”	567
R	Estudo II: Pré e pós-testes “ <i>Construção de um relógio logarítmico</i> ”	573
S	Estudo II: Primeiro Questionário dos alunos Turno Experimental	577

T	Estudo II: Primeiro Questionário dos alunos Turno Controlado	579
U	Estudo II: Segundo Questionário dos alunos	581
V	Estudo II: Entrevista aos professores das escolas	589
W	Estudo II: Algumas reflexões dos professores	593

Introdução

A educação é um dos pilares da atividade humana. Numa sociedade cada vez mais dependente das inovações tecnológicas que resultam do conhecimento científico, o ensino das Ciências e a captação de jovens para as carreiras científicas e tecnológicas são preocupações constantes dos países mais desenvolvidos, que procuram promover um ensino com qualidade, exigente e sempre atualizado, para enfrentar os desafios levantados por uma economia cada vez mais competitiva e global, em rápida transformação. Apesar da crescente importância da Ciência e da Tecnologia na sociedade moderna, a captação dos jovens para estas áreas tem de competir com muitas outras áreas do saber. Assim, existindo em muitos países um claro *deficit* de vocações para as áreas científicas de base, como a Física, e para as Engenharias, têm sido desenvolvidas várias estratégias para atrair os jovens para estas áreas. Uma dessas estratégias de promoção da Ciência junto dos jovens são as Competições de Ciência pré-universitárias [1]. Para além da divulgação da Ciência junto do público jovem, com mobilização em larga escala da comunidade escolar, estas competições têm ainda o potencial de sinalizar os alunos mais talentosos numa dada área. A sinalização precoce de jovens talentos em áreas como a Matemática, a Física e outras tem uma importância reconhecida em muitos países que têm escolas específicas, onde estes jovens com grande potencial podem prosseguir os seus estudos [2–4].

A própria OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico), que realiza o estudo PISA (*Programme for International Student Assessment*) para avaliação dos sistemas de ensino dos países desta organização, dá um destaque à sinalização e acompanhamento dos alunos “*Top Performers*” nas áreas científicas. Segundo esta organização, para além do ensino massificado, deverão os países prestar especial atenção a esta

camada de jovens mais talentosos, acreditando que é dela que sairão as ideias criativas e inovadoras que contribuirão para futuras descobertas científicas, que serão por sua vez o motor do desenvolvimento dos países e do avanço da Humanidade [5–7].

O presente trabalho sobre as Olimpíadas de Física é o primeiro estudo realizado em Portugal sobre esta competição promovida pela Sociedade Portuguesa de Física. Procurou-se caracterizar a competição e os seus intervenientes, alunos e docentes, inquirir sobre o seu potencial para motivar alunos para a área da Física, bem como explorar um outro potencial das Competições de Ciência – o de servir para diagnosticar problemas e desenvolver soluções para a melhoria do ensino [8, 9]. Neste aspeto, a nossa atenção focou-se na componente do ensino experimental da Física, já que a experimentação está sempre presente nas Olimpíadas de Física e, muitas vezes, ausente das nossas escolas. Esta ausência tem-se refletido no pior desempenho na prova experimental das equipas portuguesas que têm competido nas Olimpíadas Internacionais de Física (*International Physics Olympiad* - IPhO), por comparação com a prova teórica.

As Olimpíadas podem inspirar novas abordagens didáticas e a introdução de certos tópicos no Ensino Secundário. A análise e a discussão destes assuntos efetuada entre os países da comunidade olímpica, através de publicações especializadas, são, nalguns países, encaradas com interesse para o desenvolvimento curricular. Mesmo nos países em que o programa oficial olímpico está muito distante dos programas nacionais, há uma tendência crescente para implementar escolas de talentos nacionais, ligadas à preparação dos alunos olímpicos, mas que aproveitam uma comunidade mais alargada de alunos particularmente talentosos. O potencial das Olimpíadas não se esgota, porém, nesta estreita faixa de alunos, já que as competições nacionais, estruturadas tipicamente em várias fases “em pirâmide”, procuram desenvolver e estimular a aprendizagem, motivar os alunos para o trabalho científico e envolver não só os bons alunos mas a restante população escolar [10–13].

Problema de investigação

Portugal tem participado, desde 1994, nas Olimpíadas Internacionais de Física (IPhO) e o desempenho dos alunos portugueses tem evoluído ao longo dos 23 anos de participação nesta competição. Nos anos mais recentes, os alunos que representam Portugal na IPhO têm mostrado mais dificuldades na prova experimental do que na prova teórica e as suas prestações denunciam falta de algumas competências experimentais. Na primeira década em que Portugal participou na IPhO, era típico um desempenho superior na prova experimental, comparativamente à prova teórica, contrariamente à situação atual. Pode-se verificar, grosso modo, que o desempenho na prova teórica foi melhorando ao longo dos anos, mas houve alguma regressão na prestação da prova experimental. Em 2010, uma notícia publicada na Gazeta da Física descrevia assim a realidade dos estudantes portugueses que competem nas Olimpíadas Internacionais e Ibero-americanas de Física [14] (p.34):

*“Tal como na IPhO, o (mau) desempenho na prova experimental afetou seriamente os concorrentes portugueses, que não obtiveram classificações finais consentâneas com o seu brilhante desempenho na prova teórica...
...Inquiridos os estudantes, chegamos à conclusão que a sua exposição à experimentação em Física no ensino secundário é muito fraca...
...Ora, para o desenvolvimento de competências instrumentais como a correta manipulação de um multímetro, é preciso pôr as ‘mãos na massa’.”*

Podem ser colocadas algumas hipóteses explicativas [14] para esta inversão da situação: o desaparecimento em 2005 das disciplinas de “Técnicas Laboratoriais”, onde os alunos tinham oportunidade de desenvolver competências experimentais, num espaço e num tempo letivo completamente dedicado à experimentação; a realização de atividades práticas com base em protocolo “tipo receita”, que elimina várias potencialidades da experimentação; a falta de material nas escolas, que impossibilita a todos os alunos a realização da experiência; a extensão do programa, que muitas vezes direciona o professor para a prática excessiva de demonstrações em detrimento das experiências realizadas pelos alunos; a avaliação apenas qualitativa da componente experimental nos exames nacionais,

que desvaloriza a realização de “verdadeiras experiências” e a falta de formação contínua dos professores na área do Ensino Experimental. Algumas destas situações não deveriam existir, pois as disciplinas de Ciências Físico-Químicas e de Física preconizam nos seus programas atividades laboratoriais obrigatórias [14].

Também é certo que, no que diz respeito à componente teórica, os alunos antigamente tinham prestações mais fracas porque o programa nacional de Física dos 10^o, 11^o e 12^o, Anos estava muito desfasado do *Syllabus* olímpico. Esta situação melhorou com a introdução de uma componente de Física Moderna no atual programa da disciplina de Física do 12^o Ano, que entrou em vigor em 2005. Por outro lado, desde 2007 que a equipa olímpica portuguesa é treinada na Escola *Quark!*–Escola de Física para jovens da Universidade de Coimbra onde são lecionados temas mais avançados de Física que ainda não fazem parte dos programas escolares [14].

Para alcançar o patamar Olímpico Internacional os alunos passam por vários desafios Olímpicos Nacionais, mostram um percurso escolar ímpar e classificações máximas nas disciplinas do Ensino Secundário, em especial na Física e na Matemática. Os melhores alunos alcançam resultados notáveis nestas disciplinas porque têm interesse, motivação, gosto, aptidão, método de trabalho e um papel muito ativo na sua aprendizagem. Se estes bons alunos apresentam dificuldades na componente experimental, será de supor que o problema afeta também, e possivelmente em maior medida, os restantes alunos.

Se a situação acima relatada resulta de um *deficit* de realização de atividades experimentais no ensino da Física em Portugal, então o problema deve ser motivo de reflexão. Vários estudos e especialistas nacionais [15–26] e internacionais [27–32] apontam inúmeras vantagens do ensino experimental, quando devidamente praticado. Os alunos podem desenvolver algumas competências intelectuais e manuais (instrumentais) quando realizam atividades experimentais e estas podem ser uma ferramenta poderosa para auxiliar os professores nas suas práticas pedagógicas.

Como acima referido, vários fatores poderão estar subjacentes às dificuldades sentidas pelos nossos alunos na prova experimental das Olimpíadas Internacionais de Física, o que nos levantou um conjunto de questões, a seguir enumeradas, que nortearam esta

investigação.

Questões

1. As orientações curriculares do Ministério da Educação para a disciplina de Ciências Físico-Químicas dos Ensinos Básicos e Secundário e da disciplina de Física do 12º Ano do Ensino Secundário, promovem o desenvolvimento efetivo de competências experimentais?
2. Que dificuldades enfrentam os professores desses níveis de ensino na implementação do ensino experimental de Física?
3. Que valorização fazem os alunos portugueses do ensino experimental, nomeadamente qual o seu nível de interesse pela experimentação, e como apreciam a contribuição da realização de atividades experimentais para o seu processo de aprendizagem?
4. O grau de exigência nas atividades experimentais das Olimpíadas de Física é muito superior ao das atividades experimentais realizadas atualmente no Ensino Secundário em Portugal? Quais as principais diferenças entre as atividades experimentais olímpicas e as preconizadas no meio escolar?
5. Será possível melhorar o desempenho na prova experimental dos alunos que participam nas IPhO e OIbF realizando um treino específico destes alunos e dos seus professores com atividades experimentais próximas do paradigma olímpico?
6. O modelo de atividade experimental olímpica pode ser aplicado em ambiente de sala de aula nas Escolas Secundárias portuguesas?

Objetivos gerais

Acreditando que as Olimpíadas também podem funcionar como um instrumento de análise do sistema de ensino [12], à luz do que acontece com outros estudos internacionais como o PISA e no TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*), propusemos

realizar, em colaboração com a Sociedade Portuguesa da Física e a Escola *Quark!*, o primeiro estudo em Portugal sobre o potencial das Olimpíadas de Física, com ênfase na melhoria do ensino experimental. Neste sentido os objetivos gerais, que alavancaram esta tese foram os seguintes:

- Investigar o potencial das Competições de Ciência, em particular das Olimpíadas de Física, não só para divulgação da Física e captação de jovens talentos para esta ciência, mas também para sinalizar problemas no ensino e na aprendizagem da Física.
- Explorar o potencial das Olimpíadas de Física portuguesas para ajudar a melhorar o ensino e a aprendizagem da Física, nomeadamente na componente experimental, desenvolvendo um conjunto de atividades experimentais de inspiração olímpica para o treino dos alunos olímpicos, que possa também ser usado nas escolas portuguesas.
- Testar, em ambiente de sala de aula, o modelo de atividade experimental olímpica procurando um novo paradigma de ensino experimental nas escolas portuguesas, tendo em vista a melhoria do ensino da Física.

Apresentação dos Estudos investigativos

Procurando responder às questões anteriormente apresentadas, desenvolvemos nesta tese 2 estudos investigativos de natureza **Empírica**, que passarão a ser designados de Estudo Empírico I e Estudo Empírico II.

O **Estudo Empírico I** é do tipo exploratório-descritivo. Decorreu junto da população olímpica que participou nas diferentes fases das Olimpíadas: Regional (ORF), Nacional (ONF), Internacional (IPhO) e Ibero-americanas (OIbF), no período compreendido entre 2011 e 2015. Foram desenvolvidos e implementados, em parceria com a Sociedade Portuguesa de Física, questionários para alunos e professores inquirindo sobre vários aspetos da dinâmica das Olimpíadas, da motivação dos alunos para participarem na competição às suas principais dificuldades na prova, questionando também sobre aspetos organizativos. A população destes inquéritos é numerosa, mais de 2500 alunos e cerca de

600 professores. Este estudo estendeu-se ainda à população dos alunos que participaram na Escola *Quark!*, onde é efetuado o treino para as competições internacionais de Física da pré-seleção olímpica. Foram também auscultados neste estudo os professores do Ensino Secundário acompanhantes dos alunos da pré-seleção, bem como um conjunto de antigos alunos da Escola *Quark!*.

Ainda no âmbito do primeiro Estudo Empírico, e para ajudar a colmatar o défice de competências de índole experimental dos alunos da pré-seleção olímpica, preparámos no decorrer desta tese um conjunto de materiais didáticos para treino destes alunos, que tiveram como modelo as experiências de Física das provas olímpicas.

A cada aluno olímpico foram disponibilizados *kits* com material de fácil acesso, simples e de baixo custo, e guiões de exploração da atividade experimental, a realizar em casa ou na escola. Para além das experiências de estilo olímpico, com guiões contemplando instruções de natureza processual e de análise de dados, os alunos foram ainda desafiados para a realização de atividades experimentais criativas, de índole muito aberta, que denominámos “*QChallenge!*”. Alguns dos professores acompanhantes destes alunos participaram numa ação de formação contínua promovida pela SPF, que usou os mesmos *kits*, por nós preparados, fornecidos aos alunos. Contribuímos ainda para essa formação fornecendo guiões com sugestões metodológicas detalhadas de exploração das atividades.

Acreditando que este modelo de atividades experimentais, de índole mais investigativo e inspirado nas Olimpíadas de Física pode ser implementado na generalidade das Escolas Secundárias portuguesas, com vantagem para os alunos, foi nosso objetivo testar esta possibilidade em ambiente real de sala de aula, num pequeno conjunto de turmas do 12º Ano da disciplina de Física do Ensino Secundário. O resultado desta investigação, do tipo quasi-experimental, constitui o **Estudo Empírico II**, que decorreu no ano letivo de 2014/2015. Para aferição dos resultados, trabalhámos, em paralelo com os grupos experimentais, com grupos de controlo do mesmo professor, que não foram expostos a esta metodologia.

Estrutura da Tese

A tese está organizada em 2 volumes, apresentando-se num volume separado (II) do corpo da tese (I) uma compilação das atividades experimentais, e respetivas sugestões metodológicas, exploradas nesta tese. O volume I está organizado em 7 Capítulos distribuídos por 2 partes. Na **primeira parte**, correspondente aos 3 Capítulos iniciais, faz-se o enquadramento da problemática abordada nesta tese e a sua fundamentação teórica. No Capítulo inicial faz-se uma descrição das competições de ciência para jovens e a revisão da literatura, que aborda estas competições no contexto da sua importância para a promoção e desenvolvimento do interesse dos jovens pela ciência e o seu impacto junto da comunidade escolar alargada.

No segundo Capítulo faz-se uma resenha do estado atual do ensino da Física em Portugal, previamente enquadrada numa perspetiva histórica da evolução das políticas educativas, com ênfase no ensino experimental das ciências. Nesse Capítulo são discutidos os estudos nacionais e internacionais mais relevantes para o assunto em questão, nomeadamente o “*Livro Branco da Física e da Química*” das Sociedades Portuguesas de Física e de Química, que faz um retrato bastante completo do ensino da Física e da Química no nosso país, no início do séc. XXI, bem como dos 2 grandes estudos comparativos internacionais em que Portugal está envolvido, o PISA e o TIMSS.

A fundamentação teórica encerra no Capítulo 3 com uma reflexão sobre a problemática do ensino experimental da Física. Descrevem-se as teorias de ensino e aprendizagem mais relevantes, e as ideias expressas por vários autores sobre o trabalho prático e laboratorial. São aqui analisadas as atuais Orientações Curriculares do Ministério da Educação para o ensino experimental, os recursos materiais necessários à sua implementação e a formação específica de professores nesta área. Ultimamos este Capítulo com uma caracterização do ensino experimental praticado nalguns países que participam nas Olimpíadas Internacionais de Física.

Na **segunda parte** da tese, que contempla os restantes 4 Capítulos, descrevem-se e analisam-se os 2 Estudos Empíricos realizados com alunos e professores que são o corpo investigativo desta tese. A metodologia dos Estudos é descrita no Capítulo 4. O

Estudo Empírico I, relatado no Capítulo 5, foi realizado junto das populações olímpica e quarkiana, contemplando questionários, testes diagnósticos, entrevistas e a implementação de um conjunto de atividades experimentais especificamente preparadas com vista ao treino dos alunos da pré-seleção olímpica. O Estudo Empírico II é descrito no Capítulo 6, e abrange o trabalho realizado junto de professores e alunos do 12º Ano de um conjunto de Escolas Secundárias públicas.

No último Capítulo, discutimos os resultados da investigação, expondo as nossas conclusões, procurando responder às questões que nortearam esta tese, apontando também as limitações dos nossos Estudos. Por fim, indicamos algumas sugestões para a resolução dos problemas encontrados e para investigações futuras.

Parte I

Fundamentação teórica

Capítulo 1

As Competições de Ciência e sua importância

“Many have gone on to do important scientific work but all remember those wonderful times when we and our science were young and our excitement in meeting new challenges knew no bounds.” [33]

Sydney Brenner, Prémio Nobel da Medicina 2002

Hoje em dia, há muitas competições em várias áreas do conhecimento, para alunos de diferentes idades e níveis de ensino. Neste capítulo, faz-se o relato das competições de ciência, descrevendo as mais importantes, em particular de Física, enfatizando a sua relevância para a captação de jovens para prosseguirem carreiras científicas. Os alunos que participam nestes desafios têm especial aptidão, motivação e talento para aprender Física. É apresentada a organização e a dinâmica das Olimpíadas de Física, em Portugal, a nível regional, nacional e internacional. Analisa-se, ainda, a problemática de sinalização e do acompanhamento de jovens com excepcional talento para determinada área do conhecimento, como a Física ou a Matemática, e de como esta problemática é abordada em vários países. De seguida, faz-se uma breve descrição do treino que alguns países implementam para os seus alunos olímpicos, de forma a melhorar a sua prestação nas Olimpíadas Internacionais, descrevendo-se também a realidade Portuguesa.

O capítulo finaliza com uma breve resenha das investigações mais recentes sobre as Competições de Ciência para jovens.

1.1 Competições de Ciência para jovens

O conceito de competição tem uma das suas expressões mais nobres nas Olimpíadas desportivas, um acontecimento de impacto mundial, que persiste desde a primeira olimpíada realizada em 776 a.C., na Grécia antiga. Zeus, o pai dos deuses do Olimpo, é o protetor divino dos jogos que decorreram na cidade sagrada de Olímpia, no Peloponeso (Grécia). No final da era do ouro os jogos olímpicos, que decorriam de quatro em quatro anos, já eram universais e muito famosos, envolvendo milhares de pessoas. Os homens desta época eram expostos a diversos desafios físicos; as mulheres não tinham acesso às Olimpíadas. A elas estavam reservadas outras competições, como concursos de beleza. Os jogos olímpicos também eram procurados pelas personalidades intelectuais do mundo grego como escritores, poetas, cientistas e artistas, entre outros. Tal como refere Carl Grimberg, no seu livro “*História Universal*” [34]:

“Aí expunham os artistas as suas obras, os investigadores científicos faziam conhecer os resultados dos seus trabalhos e os oradores e os filósofos proferiam as suas conferências.” (p.104)

As Olimpíadas desportivas modernas, fundadas em 1896 à semelhança dos Jogos Olímpicos Gregos, por Pierre de Coubertin, cresceram rapidamente e são atualmente um dos maiores acontecimentos globais [35]. À semelhança das Olimpíadas desportivas, existem competições científicas de alcance mundial, dirigidas a jovens pré-universitários.

A origem das competições de ciência para jovens encontra-se, provavelmente, nas competições de problemas matemáticos para estudantes do Ensino Primário e Secundário, com grande tradição nos países da Europa Central e de Leste.¹ Não se conhece uma data exata para o início destas competições, mas está documentado que no final do século XIX, mais precisamente em 1885, se realizou na cidade de Bucareste, Roménia, uma competição deste género para 70 alunos do Ensino Primário [37].

¹No entanto, foi no remoto ano de 1849, nos EUA, que o oficial de patentes e escritor Thomas Ewbank propôs a ideia para a primeira “Olimpíada de Ciência”, por reconhecer a importância que poderia ter para o seu país uma competição que estimulasse pessoas para a ciência e para a inovação. Nesta época as Olimpíadas de Ciência não eram direcionadas para os alunos das escolas, mas para os adultos [36].

Mais tarde, em 1894, surge na Hungria a primeira competição para alunos do Ensino Secundário, a “*Competição de Matemática Eötvös*”², que é universalmente aceite como estando na origem da atual Olimpíada Internacional de Matemática, que foi a primeira grande competição deste género. Na competição Eötvös os alunos resolviam individualmente, em 4 horas, 3 problemas desafiantes de Matemática, colocando à prova não só os seus conhecimentos de Matemática, mas também a sua criatividade e a sua capacidade de resolução de problemas [37]. Neste mesmo ano, também surgia na Hungria, por iniciativa do professor Dániel Aranya, o primeiro jornal de Matemática e Física para estudantes e professores do Ensino Secundário com o título *KöMal* (acrónimo do húngaro “*Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok*”)³, jornal cuja publicação ininterrupta persiste até hoje.

A primeira competição Internacional de Matemática para estudantes pré-universitários, a Olimpíada Internacional de Matemática (IMO - *International Mathematical Olympiad*) decorreu em 1959, na Roménia, tendo participado 7 países do antigo bloco de Leste. Para além do país organizador, competiram a Bulgária, Checoslováquia, República Democrática Alemã, Hungria, Polónia e União Soviética [38]. Esta competição é herdeira das competições nacionais de Matemática com grande tradição nesses países. O alargamento da IMO aos países da Europa Ocidental ocorreu ainda na década de 70, do século XX, e hoje em dia esta competição envolve mais de 100 países de todos os continentes. Atualmente, a organização das IMO está suportada por uma Fundação (a IMOF - *International Mathematical Olympiad Foundation*) afiliada à UNESCO, mas autónoma [39]. O *Advisory Board* desta Fundação é eleito pelos países participantes e tem como principal missão zelar pelo respeito dos países organizadores das regras estritas por que se rege a competição. A IMO tem sido acarinhada pelas várias sociedades nacionais e internacionais de Matemática, sendo as primeiras, em geral, responsáveis pela organização da competição olímpica de Matemática de âmbito nacional. Petar S. Kenderov, que fez um estudo sobre a IMO, apresentado ao Congresso Internacional de Matemática (2006), exprime desta forma o interesse das competições de Matemática para jovens [40],

²Loránd Eötvös, Físico (1848-1919).

³Jornal de Matemática e Física para as Escolas Secundárias. O arquivo deste jornal está acessível em - <https://www.komal.hu/lap/archivum.e.shtml>.

“Engaging millions of students and educators, math competitions have a distinguished way to identify, motivate, and develop young talent, steering it to careers in science.”(p.1597)

Portugal participa na IMO desde 1989 e os alunos olímpicos portugueses já obtiveram várias medalhas e prémios (3 medalhas de Ouro, 4 de Prata, 25 de Bronze e 25 Menções Honrosas). A seleção e treino destes alunos está a cargo da Sociedade Portuguesa de Matemática, que também organiza as Olimpíadas Portuguesas de Matemática (OPM) [41].

As Olimpíadas de Matemática serviram certamente de inspiração aos físicos e em 1967 tiveram início as Olimpíadas Internacionais de Física (IPhO - *International Physics Olympiads*). A primeira edição da IPhO decorreu em Varsóvia, Polónia, organizada pelos Professores Czeslaw Socislowski (Polónia), Rostislav Kostial (Checoslováquia) e Rudolf Kurfalvi (Hungria). À semelhança do que acontecia na Olimpíada Nacional de Física na Polónia, a primeira IPhO contemplava duas provas, uma teórica e outra experimental, realizadas em dias diferentes, característica que se manteve até hoje. Contando na primeira edição com apenas 5 países (Bulgária, Hungria, Roménia, Polónia e Checoslováquia) e 15 estudantes, a Olimpíada Internacional de Física foi crescendo em número de países e de participantes. Na segunda edição já participaram 8 países, tendo-se juntado ao conjunto inicial a República Democrática Alemã, a URSS e a Jugoslávia. Nestas segundas Olimpíadas foram redigidas as versões preliminares dos estatutos da competição e do programa curricular olímpico [42].

A IPhO III foi organizada em 1969 na Checoslováquia e cada equipa participou com 5 alunos acompanhados por 2 professores supervisores. No ano seguinte a Olimpíada realizou-se em Moscovo, União Soviética, com equipas de 6 alunos acompanhados por 2 professores supervisores. Neste ano foram introduzidas pequenas mudanças nos estatutos fixando-se o tamanho da equipa em 5 alunos. A quinta edição ocorreu em 1971 na Bulgária, já sob a égide dos novos estatutos [42].

O alargamento da competição a países externos ao antigo bloco de Leste ocorreu em 1972, edição onde participou pela primeira vez um país da Europa Ocidental (França) e um país não Europeu (Cuba). Em 1973 nenhum país organizou a IPhO, apesar de

o número de participantes nas edições anteriores ter aumentado. A República Federal da Alemanha iniciou a sua participação em 1974. Neste ano foram aprovadas alterações aos estatutos que contemplavam os seguintes pontos: o número de problemas teóricos foi reduzido (de 4 para 3); as línguas de trabalho autorizadas, que eram o Russo, o Inglês, o Alemão e o Francês, foram reduzidas apenas para o Inglês e o Russo; é introduzido um dia de descanso entre as duas provas e há alteração no critério de atribuição de prémios que passa para escalões percentuais, tendo como referência a maior pontuação conseguida na competição [42].

A primeira edição da IPhO organizada por um país não-socialista ocorreu na República Federal Alemã, em 1982. Nesta competição a prova experimental consistiu, pela primeira vez, em duas atividades experimentais distintas. Na edição de 1983, que decorreu na Roménia, houve uma discussão aprofundada dos estatutos e programa da Olimpíada e foi tomada a decisão de promover uma maior internacionalização do evento, ficando a edição em 1984 a cargo da Suécia. Infelizmente, nos três anos seguintes, 1985 a 1987, não foi possível encontrar países fora do bloco de Leste voluntários para organizar a Olimpíada. Na sequência deste problema, foi decidido pelo *International Board* da IPhO a criação de um secretariado permanente, constituído pelo presidente Dr. Waldemar Gorzkowski e pelo secretário Dr. Andrzej Kotlicki, que tem por missão coordenar a organização das Olimpíadas Internacionais e a sua popularização. Uma nova versão dos estatutos e do programa Olímpico foi aprovado na nona edição do evento. Nestes novos estatutos ficou estabelecido que o *International Board* da IPhO era constituído pelos professores das delegações de cada país (2 professores por país). No início da década de 90 já participavam na IPhO 27 países, e a IPhO estava bem consolidada como a maior competição de ciência para jovens, a seguir à Olimpíada Internacional de Matemática. A UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) e a EPS (*European Physical Society*) reconheceram o valor da competição. Os primeiros contatos com a UNESCO datam de 1968 e entre 1984 e 1991 a UNESCO apoiou financeiramente a organização da IPhO. A UNESCO também patrocinou alguns livros em várias línguas sobre esta competição, o que ajudou a projetar o evento mundialmente [43]. A EPS financiou durante 9 anos (1989-1998) um prémio para o aluno com a pontuação mais equilibrada

entre as provas teóricas e experimentais. Em 1991 a importância desta competição foi também reconhecida pelo *International Committee for Physics Education* da IUPAP, que atribuiu à IPhO a medalha de ouro da divisão de educação deste importante organismo internacional [44, 45]. Atualmente, estes organismos internacionais continuam a apoiar a IPhO ao nível da sua divulgação, mas já não financeiramente [42].

Em 1996 é criado um Comité Consultivo para a IPhO com 14 membros, professores experientes no campo das Olimpíadas. Três anos mais tarde, em 1999, sob proposta do Comité Consultivo, o *International Board* aprovou uma nova versão dos estatutos, remetendo para um regulamento as normas que poderiam ser alteradas com uma votação da maioria simples dos delegados e submetendo para os estatutos propriamente ditos as regras que exigem maioria qualificada para serem revogadas ou alteradas [42].

Nesta versão atual dos estatutos, cada país pode participar na IPhO com um máximo de 5 alunos. Estes alunos deverão ter idade inferior a 20 anos e não podem estar a frequentar o Ensino Superior. Os estudantes realizam, individualmente, uma prova teórica e uma prova experimental [42]. Esta prova experimental torna a organização da IPhO mais difícil e dispendiosa, comparada com a IMO. O custo de organização de uma IPhO, que tem de assegurar alojamento e alimentação de mais de 1000 participantes, é superior a um milhão de Euros, sendo aproximadamente um terço deste valor coberto pela taxa de inscrição⁴ do país.

O desenho das provas está a cargo do comité do país que organiza a IPhO e versões multilíngues dos enunciados (Inglês, Russo, Alemão, Francês e Espanhol) são propostos ao *International Board*, que depois tem a responsabilidade de os aprovar. No caso de haver rejeição de um problema teórico, será utilizado um problema de substituição. Não pode haver rejeição de um problema experimental. As respetivas soluções são apresentadas apenas em Inglês. As provas são disponibilizados aos alunos na “língua mãe”, estando a cargo dos líderes de cada delegação fazer a respetiva tradução. As respostas dos alunos às questões são dadas na língua materna ou em Inglês, sendo a correção das duas provas realizada por duas comissões. Uma é formada pelos professores de cada delegação e a

⁴Esta taxa de inscrição foi introduzida em 1997.

outra é composta por corretores oficiais. Ambas as comissões corrigem as mesmas provas segundo regras muito estritas, e a seguir comparam as notas. Se houver uma discrepância nas pontuações, ambas as comissões reúnem para discutir as correções e as notas finais até chegarem a um acordo [42].

O sistema de pontuação atualmente em vigor pode ser consultado na página *on-line* da IPhO na Internet [46]. A prova é cotada para 50 pontos, valendo a prova teórica 30 pontos e a prova experimental 20 pontos. A distribuição da classificação pelos problemas é proposta pela organização e, depois, aprovada pelo *International Board*. Seguindo as regras ditadas pelos estatutos, 8% dos alunos recebe uma medalha de Ouro, 25% dos alunos recebe medalhas de Ouro ou Prata, 50% dos alunos recebe medalhas de Ouro, Prata ou Bronze e 67% recebe uma medalha olímpica ou Menção Honrosa. Há ainda o prêmio “*Absolute Winner*” para o aluno que conseguir a melhor pontuação e prêmios especiais (prêmio para a melhor prova teórica, melhor prova experimental, etc.) podem ser concedidos pela organização. A atribuição final das medalhas tem que ser aprovada em assembleia geral com todos os líderes das delegações. Os estatutos não permitem a publicação dos resultados dos alunos que não receberam qualquer medalha ou prêmio.

Para além da dura competição, a IPhO promove a cooperação internacional e o intercâmbio entre países. A partilha de ideias, experiências e realidades nacionais relativas ao ensino da Física é acarinhada pela organização e pelos estatutos da IPhO. Nos últimos anos têm participado na IPhO cerca de 90 países, maioritariamente da Europa, Ásia e Continente Americano (Fig. 1.1).

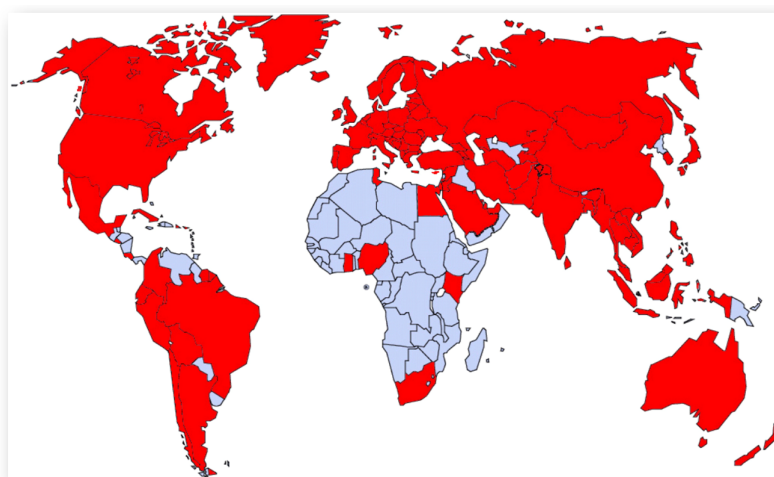


Figura 1.1: Mapa que representa todos os países (assinalados a vermelho) envolvidos na IPhO. Fonte: Imagem da autoria de Fernando Nogueira, 18 de junho de 2017.

Portugal participou pela primeira vez na IPhO em 1993 com o estatuto de observador, tendo competido desde 1994 com uma equipa de 5 alunos do 12º Ano do Ensino Secundário [44,47]. Esta participação foi ininterrupta, à excepção do ano de 2007 em que Portugal não participou na IPhO realizada em Isfahan, no Irão. A esmagadora maioria, 88%, dos alunos olímpicos portugueses são do género masculino, a participação das alunas portuguesas desde 1994 até 2016 na IPhO foi de apenas 12% (Fig. 1.2). Esta falta de equidade de género é também observada em outros países [48, 49].

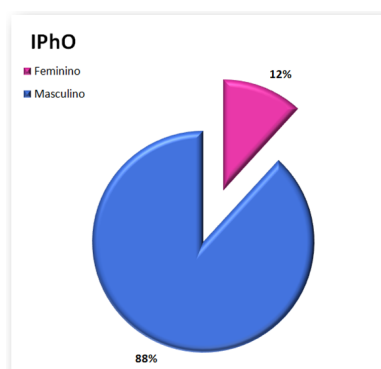


Figura 1.2: Participação portuguesa na IPhO, por género, de 1994 a 2016.

Portugal já obteve vários prémios na IPhO, sendo o prémio mais distinto uma medalha

de Prata conquistada no ano de 2001. A análise detalhada da participação portuguesa é discutida mais adiante. Convém desde já salientar que o nível da prova da IPhO é muito elevado, bem acima do nível do Ensino Secundário da generalidade dos países. Ainda assim, muitos governos assumem que as Olimpíadas Internacionais são um padrão pelo qual podem aferir o nível de ensino pré-universitário da Física [9].

Para além da IPhO, Portugal também tem participado, desde 2000, nas Olimpíadas Ibero-americanas de Física (OIbF), que se realizam no mês de setembro. Também nesta competição predominam os alunos do género masculino, 95%, (Fig. 1.3).

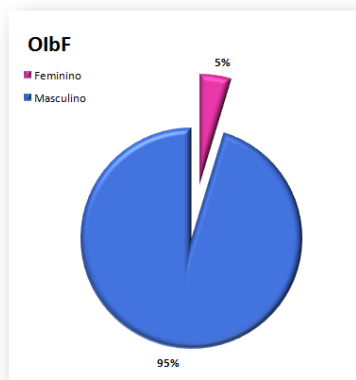


Figura 1.3: Participação portuguesa na OIbF, por género, de 2000 a 2016.

Estas Olimpíadas são direcionadas para alunos do Ensino Secundário, com idade inferior a 18 anos, e têm o seu objetivo espelhado no respetivo regulamento [50]:

“A Olimpíada Ibero-americana de Física (OIbF) é uma competição intelectual, na área da Física, entre jovens estudantes pré-universitários dos países ibero-americanos, cujo objectivo é estimular e promover o estudo da Física e, consequentemente, atrair jovens talentosos para esta ciência.”

Foi em 1991 que aconteceu a primeira OIbF, na Colômbia. Nesta competição participam países cuja língua oficial é o Espanhol ou o Português e que são membros ou observadores da Organização de Estados Ibero-Americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI) [50]. Em 2016 participaram os seguintes 19 países: Argentina, Bolívia,

Brasil, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, El Salvador, Espanha, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Paraguai, Peru, Portugal, Porto Rico, República Dominicana e Uruguai [51].

De 1992 a 1996 não foram realizadas as OIbF por vários motivos, nomeadamente por falta de cooperação internacional, problemas financeiros e de organização. Depois, em 1997, reiniciaram no México [8]. Nestas Olimpíadas podem participar, por país, 4 alunos e 2 professores supervisores. Estatutariamente estes alunos não podem ter participado na IPhO à data da OIbF e também não podem participar mais do que uma vez na OIbF. Os alunos realizam individualmente duas provas, uma prova teórica e uma prova experimental, que são desenvolvidas por um Comité de Problemas nomeado pelo país que organiza a competição. Os problemas devem ser originais, criativos e submetidos a um júri internacional para aprovação. Este júri internacional é constituído pelos 2 professores supervisores de cada país participante. O presidente do júri é nomeado pelo país que organiza a OIbF. À semelhança da IPhO, a prova teórica é cotada para 30 pontos e a prova experimental para 20 pontos. As correções das provas estão a cargo do júri internacional que distribui os pontos pelos problemas, com base na proposta do Comité de Problemas, e discute os resultados finais. Os prémios atribuídos aos alunos são medalhas (Ouro, Prata e Bronze) e Menções Honrosas. Esta distribuição é calculada em função do número total de alunos participantes e são atribuídas na seguinte percentagem: Ouro 8%, Prata 14%, Bronze 20% e Menção Honrosa 24%. As OIbF também têm um regulamento e um secretariado permanente para garantir a continuidade da competição [50].

À parte as semelhanças, também existem características destas competições que tornam incomparáveis as duas realidades. As principais diferenças entre a IPhO e a OIbF são o número de alunos participantes (cerca de 400 alunos na IPhO e 84 alunos na OIbF), o número de países envolvidos (cerca de 91 na IPhO e 19 na OIbF) e o grau de exigência das provas teóricas e experimentais, apesar do *Syllabus* ser praticamente igual [52].

Atualmente, existem mais de uma dezena de Olimpíadas Internacionais de Ciência para jovens pré-universitários e Portugal participa em 8 dessas competições (Tabela 1.1).

Olimpíadas Internacionais de Ciência	Início	Participação de Portugal
Olimpíadas Internacionais de Matemática (IMO)	1959	Sim, desde 1989
Olimpíadas Internacionais de Física (IPhO)	1967	Sim, desde 1995
Olimpíadas Internacionais de Química (IChO)	1968	Sim, desde 2003
Olimpíadas Internacionais de Informática (IOI)	1989	Sim, desde 1998
Olimpíadas Internacionais de Biologia (IBO)	1990	Sim, desde 2014
Olimpíadas Internacionais de Astronomia (IAO)	1996	Não
Olimpíadas Internacionais de Linguística (IOL)	2003	Não
Olimpíadas de Ciência Júnior (IJSO)	2004	Não
Olimpíada Internacional de Astronomia e Astrofísica (IOAA)	2007	Sim, desde 2011
Olimpíadas Internacionais de Ciências da Terra (IESO)	2007	Sim, desde 2015
Olimpíada da Ciência da União Europeia (EUSO)	2008	Sim, desde 2009

Tabela 1.1: Exemplos de algumas Olimpíadas Internacionais de Ciência para alunos dos Ensinos Básico e Secundário.

Para além das Olimpíadas Internacionais de Física, também existem outras competições internacionais para jovens, nesta área ou em áreas afins, das quais se destacam as seguintes:

- *Asian Physics Olympiad* (APhO)
- *International Olympiad on Astronomy and Astrophysics* (IOAA)
- *International Junior Science Olympiad* (IJSO)
- *International Conference of Young Scientists* (ICYS)
- *International Young Physicist' Tournament* (IYPT)
- *International Young Naturalists' Tournament* (IYNT)

A **Olimpíada Asiática de Física** (APhO - *Asian Physics Olympiad*) [53] teve a sua origem a partir da IPhO. A primeira edição realizou-se em 2000 e envolveu a participação de 12 países asiáticos. Foi em 1999 que dois professores, Yohanes Surya, líder da equipa

da Indonésia, e Waldemar Gorzkowski, presidente neste período da IPhO, se responsabilizaram por criar e organizar a primeira APhO. Nesta competição participam até 8 alunos do Ensino Secundário por país, sendo esta a grande diferença com a IPhO. O principal objetivo da APhO espelhado nos estatutos é [53]:

“...to assist in the preparation of Asian students towards the IPhO; to build a network among the leaders for further collaborative projects in physics education, such as creating physics competitions in their own countries, and to encourage Asian countries to participate in other international physics competitions.”

Esta competição ocorre no mês de maio antes da IPhO, em julho. Os países que já organizaram estas Olimpíadas, alguns até mais que uma vez, foram: Taiwan, Singapura, Tailândia, Vietname, Indonésia, Cazaquistão, China, Mongólia, Israel e Índia. Atendendo a que a APhO têm um nível de exigência próximo da IPhO, os alunos que participam na APhO conseguem um bom treino e, conseqüentemente, excelentes resultados na IPhO [42, 54].

No campo das Olimpíadas de Ciência merecem da mesma forma destaque as **Olimpíadas Internacionais de Astronomia e Astrofísica** (IOAA - *International Olympiad on Astronomy and Astrophysics*) [55] que tiveram a sua génese em 2006, quando foi realizada uma reunião promovida pela Fundação “*Academic Olympiads and Development of Science Education*”, em Bangkok, na Tailândia. Nesta reunião o conselho fundador, constituído pelos 5 países fundadores (Tailândia, Indonésia, Irão, China e Polónia), definiu os primeiros estatutos e o *Syllabus* da competição. No ano seguinte, em 2007, no mesmo país, realiza-se a primeira IOAA. Estas competições também foram inspiradas na IPhO e são destinadas aos alunos do Ensino Secundário que competem individualmente. As equipas são constituídas por 5 alunos e por 2 professores acompanhantes. Os alunos têm que realizar duas provas, uma teórica e outra prática. A prova teórica tem a duração de 5 horas e é constituída por 15 problemas curtos e 2 problemas longos. A prova prática tem a duração de 4 horas e contempla perguntas sobre observações de corpos celestes e análise de dados astronómicos [55, 56]. Portugal participa desde 2011 e já obteve 2 Menções Honrosas, em 2014. É curioso que estes dois alunos também participaram no mesmo

ano, um na IPhO e outro, na OIBF [55,57,58]. Atualmente participam na IOAA à volta de 40 países de todo o mundo.

A **Olimpíada Internacional de Ciências Júnior** (IJSO - *International Junior Science Olympiad*) [59] é uma competição para alunos até 15 anos de idade. Surgiu em Jacarta, na Indonésia, em 2004, e já envolve mais de 37 países de todos os Continentes. Portugal nunca participou neste evento e os países da Europa representados são apenas 10 (Croácia, República Checa, Dinamarca, Alemanha, Grã-Bretanha, Hungria, Roménia, Sérvia, Holanda e Eslováquia). A ideia de criar esta competição veio do reconhecimento do Ministério da Educação da Indonésia da necessidade de motivar os jovens cada vez mais cedo para as ciências. Cada país é representado por 6 alunos e 3 professores. A competição é realizada durante uma semana e envolve 3 etapas com problemas teóricos, para os alunos resolverem individualmente, e problemas experimentais, para resolverem em equipa. A primeira etapa envolve problemas de Física, Biologia e Química e a segunda etapa é mais complexa e já abrange a combinação dos conceitos de Física, Química e Biologia. A terceira etapa é experimental e realizada em equipa.

Mais uma vez os seus objetivos passam por estimular talentos e envolver um grande número de intervenientes educativos. Destacamos dois dos seus objetivos [59]:

- *To challenge and stimulate gifted science students to develop their talents.*
- *To offer the opportunity to compare the syllabi and educational trends in science education within the participating countries."*

Outra competição é a **Conferência Internacional de Jovens Cientistas** (ICYS - *International Conference of Young Scientists*) [60,61] organizada para alunos do Ensino Secundário, com idades compreendidas entre os 15 e os 21 anos, que ainda não tenham entrado na Universidade. Foi criada em 1993 por professores das Universidades da Hungria e da Bielorrússia. Os alunos concorrem com um trabalho de pesquisa numa das áreas de Física, Matemática, Ciências da Computação, Ciências Ambientais e Ciências da Vida. Apresentam o respetivo relatório publicamente, discutindo os resultados que se pretendem originais e relevantes para a área em causa, perante uma plateia de especialistas. Não há alunos portugueses a participar nesta competição.

É ainda de mencionar uma outra competição relacionada com a Física, o **Torneio Internacional de Jovens Físicos** (IYPT - *International Young Physicists Tournament*) [13, 62], que foi fundada em 1988 mas cuja primeira edição só se realizou em 1992, na União Soviética. Cada país pode participar com uma equipa de 5 alunos do Ensino Secundário acompanhados por 1 ou 2 professores supervisores. A equipa é desafiada a resolver 17 problemas de Física de natureza investigativa, incluindo alguns experimentais. Cerca de 10 meses antes do torneio as equipas têm acesso aos problemas sobre várias temáticas de Física. A maioria dos problemas são de Mecânica, Eletricidade, Magnetismo e Ótica. Raramente são apresentados problemas de Física Moderna o que é justificado pela organização pelo fato de vários países não contemplarem o tema nos seus currículos. No torneio as equipas discutem cientificamente as soluções e defendem as suas estratégias e modelos de resolução perante um júri internacional constituído geralmente por 5 a 8 professores universitários de Física. Este torneio procura, entre outros objetivos, sensibilizar os professores para colocar os seus alunos a investigar questões do dia-a-dia, a resolver problemas complexos onde conhecimentos mais elaborados de Física tenham que ser utilizados e a realizar trabalho colaborativo. O torneio permite também uma aprendizagem ativa por parte dos alunos que são estimulados a estudar novos conteúdos científicos e a fazer pesquisas bibliográficas, levando-os conseqüentemente a adquirir conhecimentos de uma forma autónoma. Naturalmente, o interesse principal é o de motivar os jovens pela disciplina e sinalizar talentos nesta área. Em 2017 participaram no IYPT 31 países. Portugal nunca participou nesta competição [63].

O **Torneio Internacional de Jovens Naturalistas** (IYNT - *International Young Naturalists Tournament*) [64], é uma outra prestigiada competição que promove a criatividade, a experimentação, a persistência, o pensamento crítico, a aprendizagem colaborativa, a investigação independente e uma nova relação de cooperação entre os professores e os alunos. Esta competição está vocacionada para adolescentes dos 12 aos 16 anos e foi organizada pela primeira vez em 1979 por Evgeny Yunosov, em Moscovo. No total de todas as competições do IYNT já estiveram envolvidas 47 equipas de 14 países diferentes. O evento também visa eliminar lacunas nas ciências exatas, fomentar a curiosidade, proporcionar uma aprendizagem orientada por interesses e ajudar os alunos a descobrir

as áreas de vocação científica. Os jovens trabalham sempre em equipas e apresentam os seus trabalhos aos colegas. Esta competição é uma ferramenta para aumentar a motivação intrínseca, sendo os alunos estimulados a realizar um projeto do seu interesse. Os portugueses nunca participaram neste evento [64].

Atualmente existem muitas outras competições que procuram encontrar talentos, desenvolver e estimular a aprendizagem, motivar os alunos para o trabalho científico e envolver a escola, os pais e os centros de educação locais, como por exemplo a *“First Step to Nobel Prize in Physics”* (FS) [13,65,66], que é organizada pelo Instituto de Física da Academia de Ciência da Polónia. A primeira competição data de 1992, tendo já participado mais de 70 países. Os alunos competem com pequenos projetos de investigação teóricos ou experimentais [12]. Estes projetos têm que conter resultados novos, interessantes e originais e são desenvolvidos pelos alunos nas escolas, ou mesmo em casa. A apresentação do projeto é feita num trabalho escrito que não pode exceder 25 páginas. Os projetos são avaliadas por um comité internacional com 24 pessoas experientes na área. Só um estudante português participou uma vez nesta competição [67].

Outro exemplo desta realidade são as **Olimpíadas Europeias de Ciência** (EUSO) [10], que foram propostas ao governo da Irlanda em 1998 por Michael Cotter e realizadas pela primeira vez em 2003 [36]. Na EUSO cada país pode participar com 2 equipas constituídas, cada uma, por 3 alunos. Os alunos são acompanhados por 2 ou 3 professores supervisores [68]. O número de países que participa na EUSO tem vindo a aumentar e em 2016 participaram 23 países europeus. Os alunos fazem, em equipa, duas provas práticas, que envolvem conceitos de Biologia, Química e Física, em dois dias diferentes, havendo um dia de intervalo entre as provas. Cada atividade experimental tem a duração de 4 horas. As equipas têm que resolver os problemas de uma forma criativa e em permanente cooperação (Fig. 1.4).



Figura 1.4: Alunos a competir numa das provas experimentais da EUSO. Fonte: Imagem retirada do seguinte *link*: <http://euso.eu/>.

Esta Olimpíada é diferente das outras Olimpíadas (IMO, IPhO, IChO) nos seguintes aspetos: os alunos têm que ter idade igual ou inferior a 16 anos, as provas são realizadas em equipa e as competências avaliadas são interdisciplinares [69]. Portugal participou na EUSO como observador em 2008 e desde então tem participado todos os anos com 2 equipas de 3 alunos cada. A participação na EUSO é coordenada pela Direção-Geral de Educação (DGE), com a colaboração da Sociedade Portuguesa Física, Sociedade Portuguesa de Química e a Ordem dos Biólogos. Na página *Web* da DGE descrevem-se os objetivos desta competição [70]:

“A Olimpíada da Ciência da União Europeia (EUSO) é uma competição destinada a estudantes do ensino secundário, na faixa etária dos 16 anos, especialmente interessados no ensino das ciências. Esta competição pretende estimular a escolha de carreiras científicas, desenvolver talentos, proporcionar troca de experiências e contatos entre estudantes que podem vir a participar nas Olimpíadas Internacionais da Ciência, bem como comparar o currículo e as perspetivas do ensino das ciências entre os Estados-membros da União Europeia.”

As provas experimentais são corrigidas pelo Conselho Internacional da EUSO que é constituído pelo Presidente e os Vice-Presidentes da EUSO e por todos os coordenadores de país e professores acompanhantes que participam nesta competição. Portugal até 2016 já ganhou nesta competição 1 medalha de Ouro e 4 medalhas de Prata [70].

Existem também algumas competições destinadas a alunos mais jovens, nomeadamente crianças que frequentam o 1º Ciclo. Nos EUA e no Canadá este tipo de competição

já existe para várias áreas do conhecimento [71]. Esta é uma realidade que os portugueses já experienciam com as Olimpíadas de Matemática organizadas pela Sociedade Portuguesa de Matemática para crianças do 1º Ciclo [72]. Por último, convém referir uma realidade mais recente, que é a da competição para alunos com deficiência. Nos EUA existe uma competição de Matemática para surdos e alunos com défice auditivo [73].

1.2 As Olimpíadas de Física em Portugal

Em Portugal, as Olimpíadas de Física são da responsabilidade da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), que fomentou a competição em 1985 [74]. Para a SPF as Olimpíadas têm como finalidade [75]:

“Incentivar e desenvolver o gosto pela Física nos alunos dos Ensinos Básico e Secundário, considerando a sua importância na educação básica dos jovens e o seu crescente impacto em todos os ramos da Ciência e Tecnologia.”

As Olimpíadas de Física são coordenadas por uma Comissão Nacional de Olimpíadas nomeada pelo Conselho Diretivo da SPF. Esta Comissão tem a responsabilidade de fazer as provas para as diferentes fases da competição e de implementar os processos de seleção e treino dos alunos que vão representar Portugal na IPhO e na OIBF. Os alunos que participam nas Olimpíadas de Física são de estabelecimentos de ensino nacionais, públicos ou privados e estão distribuídos por dois escalões, o escalão A com alunos do 9º Ano do 3º Ciclo do Ensino Básico e o escalão B com alunos do 11º Ano do Ensino Secundário. Os alunos do escalão A competem em equipa com um máximo de 3 elementos e os do escalão B competem individualmente. Cada escola pode participar com 1 equipa do escalão A e com 3 alunos do escalão B. As escolas selecionam os alunos de acordo com os seus critérios. Contudo a SPF disponibiliza, desde 2011, uma prova padrão a estes estabelecimentos que a podem requerer para aplicar na fase de escola. Os alunos deslocam-se aos locais das provas acompanhados pelos seus professores e têm 1 hora e 15 minutos para fazer a prova teórica (tipicamente 2 ou 3 problemas) e 1 hora e 30 minutos para fazer a prova experimental. Este tempo de prova é igual para os alunos dos dois escalões. Nas fases regional e nacional

os conteúdos científicos das duas provas versam sobre os programas preconizados pelo Ministério da Educação. Para o escalão A a matéria coberta é da componente de Física dos programas de Ciências Físico-Químicas até ao 9º Ano e para o escalão B dos 10º e 11º Anos. Os alunos melhor classificados em cada escalão, A e B, recebem medalhas de Ouro, Prata e Bronze para o 1º, 2º e 3º lugar, respetivamente. No escalão B, os alunos do 4º ao 10º lugar, recebem ainda Menções Honrosas. Os 20 melhores classificados do escalão B têm acesso à pré-seleção olímpica [75]. Todas as provas referentes a cada fase (regional, nacional, apuramento, IPhO e OIbF) estão disponíveis *on-line* na página da Internet das Olimpíadas de Física.

Fase Regional

Nas provas regionais participam todos os anos cerca de 1000 alunos e 350 professores oriundos de cerca de 250 escolas de todo o país. Os professores que participam com os seus alunos na fase regional das Olimpíadas de Física inscrevem-se *on-line*, por iniciativa própria, no portal das Olimpíadas. As provas ocorrem no final do 2º ou no início do 3º período do ano letivo, no mesmo dia, em locais a designar pelas Delegações Regionais (Norte, Centro, Sul e Ilhas) da SPF. As mesmas provas teóricas e experimentais são disponibilizadas a todos os alunos, à mesma hora, nas três Delegações e são classificadas no mesmo dia por um júri nomeado localmente por cada Delegação. Analisando algumas provas experimentais, de 2011 a 2015 (intervalo de tempo desta investigação), constatamos que os materiais e os equipamentos manuseados pelos alunos no decorrer da competição são simples, de baixo custo e fácil acesso [76]. A apresentação dos enunciados das provas não detalha todos os procedimentos operacionais, de análise e tratamento de dados, sobretudo nas provas do escalão B, exigindo da parte dos alunos alguma habilidade e destreza intelectual. Em ambos os escalões, os alunos fazem o tratamento de dados manualmente e apresentam os gráficos em papel milimétrico. Passam na fase nacional 11 equipas do escalão A (as medalhas de Ouro, Prata e Bronze das delegações Norte, Centro e Sul e a equipa medalhada com Ouro dos Açores e Madeira). No escalão B, participam na fase nacional 36 alunos (os 10 primeiros classificados das regiões Norte, Centro e Sul e

os 3 medalhados nas Olimpíadas dos Açores e da Madeira) [75].

Fase Nacional

Ao todo, nas provas Nacionais, participam cerca de 70 alunos e 20 professores. As provas nacionais são organizadas em regime de rotatividade por cada Delegação da SPF em colaboração estreita com a Comissão Nacional das Olimpíadas de Física. Decorrem, tipicamente, no final do 3º período, mas antes dos Exames Nacionais. As provas também são classificadas, no mesmo dia das provas, por um júri designado pela Delegação Regional da SPF organizadora da etapa. Embora o grau de dificuldade da prova nacional seja, naturalmente, superior ao da regional, é possível constatar que as características dos materiais e equipamentos permanecem iguais [77]. Neste período, de 2011 a 2015, os desafios experimentais envolviam, para além do material comum de medida (réguas, cronómetros, craveiras, etc.), sobretudo equipamentos de eletricidade e eletrónica (multímetros, potenciómetros, fontes de alimentação, etc.). Também nesta fase, pede-se aos alunos para fazerem o tratamento de dados manualmente e a apresentação de resultados em gráficos esboçados em papel milimétrico. Os alunos medalhados do escalão A ficam pré-selecionados para representar Portugal nas Olimpíadas Internacionais de Ciência - EUSO. Nesta fase os 20 melhores alunos selecionados do escalão B constituem a pré-seleção olímpica e ficam automaticamente selecionados para participar na Escola *Quark!*, onde realizam o treino olímpico, no ano civil seguinte [75]. Mais à frente, neste Capítulo, apresentaremos o projeto *Quark!* - Escola de Física para Jovens da Universidade de Coimbra.

Olimpíadas de Física Internacionais e Ibero-americanas

A representação de Portugal na IPhO e na OIbF é feita por equipas de 5 e 4 alunos, respetivamente. A seleção dos alunos que formam estas equipas é feita através da realização de uma prova de apuramento no mês de maio do ano de participação, implementada pela Comissão Nacional das Olimpíadas de Física. Esta prova está aberta a todos os alunos

da pré-seleção olímpica constituída pelos 20 alunos mais bem classificados no escalão B do ano anterior, que decidam participar na preparação olímpica, bem como os estudantes que se auto-propõem a uma prova extraordinária que decorre, anualmente, no mês de janeiro. Esta prova extraordinária é aberta a alunos com especial talento para a Física, e que não participaram, por alguma razão, nas Olimpíadas de Física. Em qualquer dos casos, é exigida a frequência da disciplina do 12º Ano de Física no Ensino Secundário [75]. A prova de apuramento, que é tradicionalmente conhecida como a PDF⁵, consiste numa prova teórica e numa prova experimental, com a duração de 4 horas cada, que decorre no mesmo dia. Os enunciados das provas teóricas e experimentais são longos, com cerca de seis a sete páginas, aproximando-se das provas internacionais. As temáticas dos problemas de ambas as provas correspondem às do programa olímpico internacional em vigor. Consultando também as provas de apuramento, que se encontram disponíveis *on-line* na página da Internet das Olimpíadas de Física em Portugal, verifica-se que os materiais e os equipamentos das atividades experimentais continuam a ser simples e de fácil manuseamento [78], apesar de as experiências serem sofisticadas para um aluno do 12º Ano (Fig. 1.5)⁶.

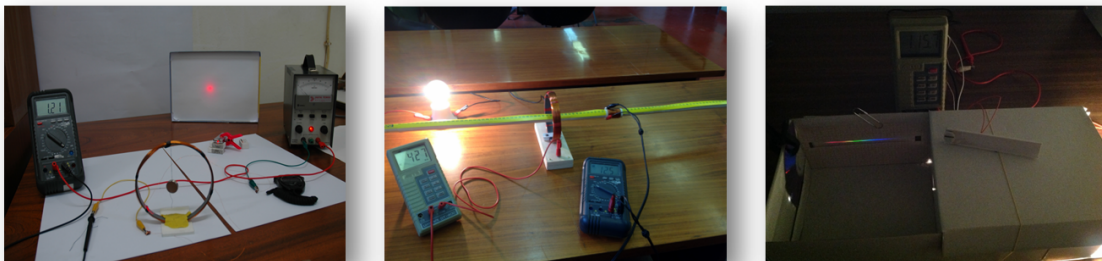


Figura 1.5: Exemplos de materiais e equipamentos usados pelos alunos nas montagens das atividades experimentais no âmbito das provas de apuramento.

À semelhança do que é exigido nas IPhO e OIbF, é requerido que os alunos façam a análise e o tratamento de dados manualmente com recurso apenas à calculadora científica,

⁵Prova de Fogo, em gíria *quarkiana*.

⁶As imagens foram retiradas das provas de apuramento disponíveis *on-line* em <https://olimpiadas.spf.pt/apuramento/apuramento.shtml>.

não usando calculadora gráfica. Também os dados deverão ser apresentados em gráficos esboçados em papel milimétrico. Na IPhO as provas teóricas e experimentais têm, cada uma, a duração de 5 horas, havendo um intervalo de um dia para descanso entre as provas. Os enunciados, tipicamente muito longos, podem ter mais de 25 páginas. A prova teórica pode variar no formato, sendo o mais comum um conjunto de 3 problemas, com grau de complexidade crescente. Os problemas teóricos têm que envolver pelo menos quatro áreas da Física presentes no *Syllabus* e que supostamente também deveriam constar dos programas curriculares do Ensino Secundário. A prova experimental é constituído por 1 ou 2 questões experimentais, onde o aluno deverá manipular instrumentos, recolher e analisar dados. Os materiais e os equipamentos usados no âmbito das atividades experimentais podem incluir equipamentos mais sofisticados tais como osciloscópios, amplificadores de sinal, etc., desde que sejam disponibilizadas as instruções de funcionamento. Por vezes, são construídos *kits* experimentais com equipamento específico para uma dada experiência [46]. Ainda assim, privilegia-se o uso de materiais e equipamentos relativamente comuns e baratos. Alguns exemplos podem ser analisados na Fig. 1.6⁷.

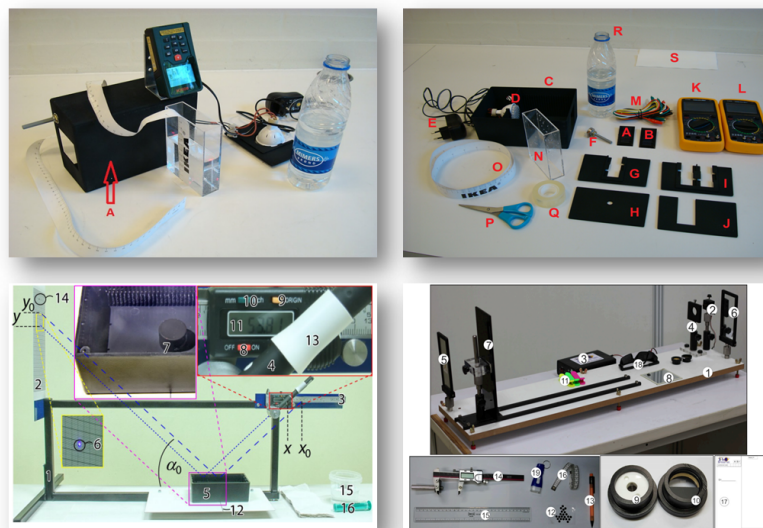


Figura 1.6: Exemplos de materiais usados pelos alunos nas provas experimentais da IPhO.

⁷As imagens também foram retiradas das provas da IPhO disponíveis *on-line* em <https://olimpiadas.spf.pt/ipho/ipho.shtml>.

Na IPhO, as provas teóricas e experimentais são avaliadas com base num guião de correção estrito. Nos regulamentos estão elencados os aspetos que devem ser avaliados [46]:

- *“Compreensão e conhecimentos de Física;*
- *Formulação matemática das leis da Física e sua manipulação algébrica;*
- *Avaliação numérica e unidades;*
- *Estratégia de resolução de problemas e conhecimentos sobre como extrair conclusões;*
- *Recolha de dados (nas medições);*
- *Representação dos dados (traçar a curva dos dados);*
- *Análise de dados e estimativa de incertezas (erro).”*

No que concerne à componente experimental, por exemplo, ao nível do tratamento e da apresentação dos dados, os corretores seguem as orientações também presentes nos regulamentos [46] e pontuam em função de critérios tais como:

*“Nas **tabelas** devem indicar:*

- *um título ou um número;*
- *por coluna a quantidade;*
- *a unidade da quantidade;*
- *a incerteza (erro) da quantidade (calcular a incerteza por medição ou por estimativa).”*

*“Os **gráficos** devem conter:*

- *o título, o número ou o nome do gráfico;*
- *tamanhos mínimos (i.e. pelo menos metade de uma página A4) e uma proporção com um aspeto adequado;*
- *eixos com as quantidades e as respetivas unidades;*
- *pontos visíveis que representem as coordenadas dos dados;*
- *barras de erro quando solicitadas na pergunta;*
- *“curva com qualidade.”*

Os resultados dos alunos olímpicos portugueses, ao longo dos 21 anos (1994-2016, exceto

2007) de participação na IPhO, estão resumidos no gráfico da Fig. 1.7⁸.

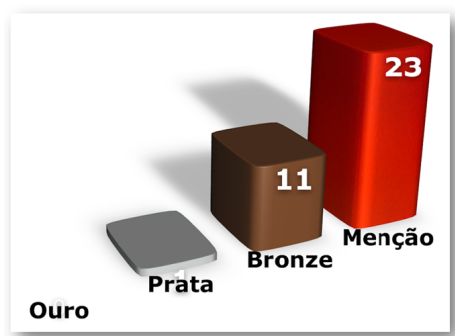


Figura 1.7: Medalhas dos alunos portugueses na IPhO de 1994 a 2016.

Como já anteriormente referimos, o prémio mais alto alcançado foi uma medalha de Prata na edição de 2001, em Antalya, Turquia, pelo aluno olímpico Fábio Diales da Rocha, da Escola Secundária Carlos Amarante, Braga [79]. Os resultados numéricos detalhados das provas olímpicas não são públicos, apenas os prémios são anunciados. No entanto há exceções, e em 2015 o país que organizou a IPhO, na Índia, disponibilizou-os podendo ser consultados *on-line* [80]. É possível depreender que os alunos com as melhores classificações apresentam, no geral, boas notas em ambas as componentes teórica e experimental. Os alunos portugueses alcançaram neste ano os seguintes resultados:

Pontuação dos alunos portugueses na IPhO de 2015		
Alunos Olímpicos	Prova	Prova
Prémios	Téorica	Experimental
Medalha de Bronze	11,9	12,5
Menção Honrosa	10,9	9,0
Menção Honrosa	13,7	4,8
Menção Honrosa	13,8	4,5

O aluno olímpico melhor classificado (medalha de Ouro) foi um estudante da República da Coreia que teve as seguintes classificações: prova teórica, 30 pontos, prova experimental

⁸O gráfico foi retirado do *link*: <http://olimpiadas.spf.pt/ipho/ipho.shtml>.

18,3 pontos [80]. A melhor classificação na prova experimental foi de 19,0 pontos e também foi de um aluno olímpico da República da Coreia. Este aluno ficou em terceiro lugar porque na prova teórica obteve 29,0 de classificação. Os resultados obtidos por Portugal são modestos, em comparação com outros países de dimensão e grau de desenvolvimento comparáveis a Portugal [80].



Figura 1.8: Exemplos de materiais usados pelos alunos nas provas experimentais da OIbF.

A OIbF também contempla 2 provas, teórica e experimental, ambas com a duração máxima de 5 horas. A prova teórica tem 3 problemas e a prova experimental 2. Os enunciados destas provas são ligeiramente mais reduzidos do que os das provas da IPhO. Na Fig. 1.8⁹ é possível ver algumas montagem experimentais a fazerem uso de materiais e equipamentos, mais uma vez, simples e práticos. Os resultados portugueses na OIbF têm sido nos últimos anos verdadeiramente satisfatórios, como é possível analisar no gráfico da Fig.1.9¹⁰.

Os alunos que já participaram nas IPhO e OIbF, têm, sem exceção, percursos académicos e profissionais de referência. A Comissão Nacional das Olimpíadas de Física realizou um histórico do percurso destes alunos olímpicos no período de 1995 a 2008 e os testemunhos dos jovens refletem o impacto que esta competição teve no despertar do seu interesse pela Física, na sua opção vocacional, e no desenvolvimento da sua carreira. A maioria dos ex-olímpicos distribui-se principalmente pelos cursos de Física, Matemática,

⁹As imagens foram retiradas das provas da OIbF disponíveis *on-line* em <https://olimpiadas.spf.pt/oibf/oibf.shtml>.

¹⁰O gráfico foi retirado do *link*: <http://spf.pt/olimpiadas/oibf/oibf.shtml>.

Engenharias e Medicina. Alguns já completaram e outros estão a desenvolver as suas teses de Doutoramento e a trabalhar nas melhores Universidades, como em Princeton, Harvard, Cambridge, Imperial College, Boston, Massachusetts Institute of Technology (MIT), entre outras¹¹



Figura 1.9: Medalhas dos alunos portugueses na OIBF de 2000 a 2016.

Refira-se, ainda, que Portugal foi país anfitrião da OIBF em 2006, e irá organizar a IPhO em 2018, a EUSO em 2019 e as Olimpíadas Internacionais de Biologia em 2021.

1.3 A sinalização e acompanhamento dos jovens talentos

Ao longo deste projeto foram já mencionadas várias competições que procuram sinalizar e potenciar o desenvolvimento de jovens talentos [81–83]. Os EUA têm manifestado grande empenho em implementar estratégias que motivem os jovens para a ciência, tornando-os mais criativos e inovadores. Um exemplo dessa estratégia, é a competição nacional de ciência (Intel STS) para alunos da Escola Secundária, com grande tradição nos EUA [1],

“The Intel Science Talent Search (Intel STS) is the nation’s most prestigious science research competition for high school seniors. Since 1942, first in partnership with Westinghouse and since 1998 with Intel, SSP has provided a national stage for the

¹¹Esta informação está exposta temporariamente no 2º Andar do Dep. de Física da Universidade de Coimbra.

country's best and brightest young scientists to present original research to nationally recognized professional scientists. The Intel STS encourages talented U.S. high school seniors to pursue independent research in science, math, engineering, and medicine. Seven alumni of the program-the nation's oldest and most highly regarded pre-college science contest-have been selected as Nobel Laureates."

Dos 12 prêmios Nobel que estes ex-alunos do Intel STS ganharam, 5 são de Física: Leon Cooper (aluno STS em 1947), prêmio Nobel de 1972, Ben Mottelson (aluno STS em 1944), prêmio Nobel de 1975, Sheldon Glashow (aluno STS em 1950), prêmio Nobel de 1979, Frank Wilczek (aluno STS em 1967), prêmio Nobel de 2004 e John Hall (aluno STS em 1952), prêmio Nobel de 2005 [84]. No Intel STS os alunos desenvolvem um leque diversificado de competências, tais como, gestão de tempo, aprender a fazer pesquisas, a ler textos científicos e a organizar um trabalho de investigação. Desenvolvem ainda os métodos de trabalho necessários para conduzir estudos de investigação académica e estudar para exames desafiadores [1].

Nos EUA, as competições de ciência estão muitas vezes associadas a escolas e institutos vocacionados especificamente para alunos especiais - os jovens talentos ou sobredotados. Neste campo é de referir o instituto IAAY - *Institute for the Academic Advancement of Youth* na Universidade americana Johns Hopkins University - Center for Talented Youth (CTY) [85]. Têm um programa completo para diagnosticar, trabalhar e desenvolver o potencial cognitivo e intelectual dos jovens talentos e dos superdotados. A equipa de intervenção é polivalente e com técnicos especializados em vários domínios. O instituto foi criado em 1972, por iniciativa de um psicólogo, Doutor Julian Satnley e inicialmente tinha como objectivo sinalizar os superdotados da matemática. Atualmente o programa já se estendeu a todas as áreas da ciência e das humanidades. Tenta identificar os talentos precocemente no 2º Ano de escolaridade e acompanhá-los em todo o seu percurso escolar. Existe também um plano de intervenção junto das respetivas famílias de forma a conseguirem colaborar eficazmente no percurso escolar dos seus filhos [85].

Na sociedade americana há uma grande valorização dos talentos precoces e está instituído o direito a respeitar a diferenciação de um aluno superdotado, pelo que existem

na escola e na sociedade ofertas educativas diferentes e específicas para estes alunos. Mais um exemplo é o Instituto para o Avanço Educacional (IEA - *Institute for Educational Advancement*) que oferece serviços de acordo com as necessidades específicas de cada criança superdotada para potenciar o seu desenvolvimento intelectual e pessoal dos 2 aos 18 anos de idade. Na sua dinâmica de intervenção envolve também os professores, os pais, as universidades, as empresas e outras organizações. Este instituto existe desde 1998, e foi fundado por Elizabeth D. Jones, ex-Diretora Associada do Centro Johns Hopkins para Jovens Talentosos. Para esta instituição, os talentos têm a seguinte definição [86]:

“There are many definitions of giftedness, none of which are universally agreed upon. IEA advocates for the definition penned in 1991 by the Columbus Group, made up of parents and professionals well-versed in the needs of the gifted learner: “Giftedness is asynchronous development in which advanced cognitive abilities and heightened intensity combine to create inner experiences and awareness that are qualitatively different from the norm. This asynchrony increases with higher intellectual capacity. The uniqueness of the gifted renders them particularly vulnerable and requires modifications in parenting, teaching and counseling in order for them to develop optimally.”

Políticas e instituições destinadas à sinalização e acompanhamento de jovens talentos e sobredotados não são exclusivas dos EUA, embora aí possam ter maior expressão. Também na China [87], Singapura [88], Filipinas [89] e outros países do Oriente existem práticas instituídas de ensino especial para crianças que demonstrem particular talento em áreas específicas de Ciência, Artes ou Desporto. Nalguns países da antiga União Soviética, esta tradição ainda persiste [90]. Já na Europa Ocidental, um estudo recente da União Europeia, em 2011, sobre *“O Ensino das Ciências na Europa: Políticas Nacionais, Práticas e Investigação”* indica que apenas 3 países, Dinamarca, Espanha e Reino Unido têm leis para apoiar os alunos sobredotados. No entanto, outros países como a Bulgária, República Checa, Estónia, Países Baixos, Polónia e Hungria apresentam medidas de apoio aos alunos talentosos no contexto de um programa ou projeto [91].

Na Dinamarca a lei impõe às escolas a organização de atividades específicas e extracurriculares para alunos do Ensino Secundário com excelentes capacidades de apren-

dizagem. Os conteúdos científicos envolvidos nas atividades são escolhidos em conjunto pelos alunos talentosos e pelas escolas. A estrutura destas atividades permite aos alunos trabalharem individualmente ou em grupo. Além disso, os Ministérios da Educação e das Ciências, da Tecnologia e da Inovação financiam um projeto dirigido pela Universidade de Copenhaga, intitulado “*Cientista em Botão*” para os alunos talentosos das Escolas Secundárias desenvolverem um trabalho de investigação na Universidade [91].

Na Espanha a legislação exige que as autoridades educativas elaborem planos e medidas adequadas para os alunos mais desenvolvidos cognitivamente, interessados e motivados. Há Comunidades Autónomas com vários projetos para alunos talentosos do Ensino Secundário que visam aprofundar as matérias científicas, melhorar a sua formação e familiarizá-los com as metodologias de investigação. Os projetos são transversais a várias áreas do conhecimento [91].

No Reino Unido existem documentos oficiais [92,93] com múltiplas sugestões didáticas e pedagógicas para ajudar os professores no seu trabalho com os alunos talentosos. Estes documentos são para os professores dos Ensinos Primário e Secundário. Na Irlanda do Norte também foi disponibilizado um documento “*Gifted and Talented Pupils - Guidelines for Teachers*” [94] com orientações para facilitar o processo ensino-aprendizagem com alunos especialmente dotados.

Na Bulgária, as escolas são obrigadas a disponibilizar 50 aulas por ano para os alunos especialmente talentosos, desde o 5º ao 12º Anos, sobre várias temáticas de Ciência. Estas aulas são lecionadas ao fim de semana ou durante a semana no fim das aulas obrigatórias [91].

Na República Checa há 2 projetos promovidos pelo Instituto nacional das crianças e dos jovens do Ministério da Educação. Um dos projetos “*Talent*”, é gerido pelo Departamento de Pedagogia da Física da Faculdade de Matemática e de Física da Universidade Charles em Praga e procura identificar alunos talentosos em Ciências dos 13 aos 19 anos. As necessidades educativas destes alunos são trabalhadas por uma equipa multidisciplinar constituída por psicólogos, professores, pais e especialistas do mundo empresarial. Um outro projeto denominado “*Sistema de apoio para o desenvolvimento das potencialidades das*

crianças talentosas nos domínios científico e técnico” é realizado em parceria com especialistas externos. Tem financiamento de entidades empregadoras dispostas a patrocinar o desenvolvimento dos alunos talentosos [91].

A Estónia tem o Centro de Desenvolvimento dos Alunos Sobredotados da Universidade de Tartu onde desenvolve recursos didáticos que podem ser aplicados em contexto de sala de aula e como atividades extracurriculares. Os alunos podem aumentar as aprendizagens individualizadas e aprofundar os conceitos de Ciência participando em cursos de Matemática, Física, Química e Ciências da Vida [91].

Nos Países Baixos há 2 programas direcionados para crianças do Ensino Primário. O programa “*Mentes curiosas*” tem como objetivos sinalizar e desenvolver crianças talentosas dos 3 aos 6 anos da Escola Primária e envolver os pais em todo o processo. Um outro programa, “*Orion*”, envolve Universidades, algumas Escolas Primárias, Centros de Formação Contínua e Centros de Ciência. Neste programa há atividades específicas para os alunos talentosos e formação específica para os professores, com disponibilização de recursos didáticos [91].

Na Polónia, algumas instituições educativas sinalizam talentos e na cidade de Varsóvia, por exemplo, há aulas extracurriculares de Matemática e Ciências para alunos talentosos do Ensino Secundário [91].

A Hungria tem o Conselho Nacional de Apoio ao Talento que apoia as instituições que sinalizam crianças e jovens particularmente dotados, e acompanham as suas aprendizagens na área das Ciências. O financiamento deriva da União Europeia, do Estado e do Setor Privado. Este programa disponibiliza formação contínua para professores, psicólogos e todos os intervenientes das escolas que lidam com os alunos talentosos [91].

Estes são os países mencionados no referido documento da União Europeia, mas existem outros países na Europa que apresentam programas para talentos, como por exemplo, a Áustria, Alemanha, Grécia, Sérvia, França, Roménia, etc.

Na Áustria existe a *Sir Karl Popper Schule* [95] que procura sinalizar talentos, personalizar o seu processo de aprendizagem e envolvê-los em trabalho interdisciplinar orientado para um projeto. A Alemanha tem várias escolas para alunos muito motivados e super-

dotados [2, 3]. A Grécia tem recentemente, desde 2014, o programa CTY no Colégio Anatolia [96]. Este colégio tem uma licença para utilizar o programa da Universidade americana Johns Hopkins University - Center for Talented Youth (CTY), já anteriormente descrito. A Sérvia disponibiliza em Belgrado uma Escola para alunos talentosos em Matemática, Ciências da Computação e Ciências Naturais. Há cerca de 2 anos também integrou o Ensino Primário. Os alunos têm que fazer uma exame de admissão e o ensino praticado é de um nível extremamente elevado. Nesta escola há uma grande valorização do papel do professor. Alguns professores são investigadores, cientistas nas Universidades e ex-alunos que ganharam medalhas nas Olimpíadas Internacionais. Nesta escola de talentos são também treinados os alunos que participam nas várias Olimpíadas Internacionais de Matemática, Física e Informática [97].

A Noruega ainda aguarda a aprovação do Ministério da Educação para a criação da primeira escola privada para sobredotados na cidade de Tønsberg [98]. Alguns alunos talentosos noruegueses têm emigrado para a Dinamarca porque não há no seu país um programa ou projetos vocacionados.

Em Portugal não existem políticas educativas específicas do Ministério da Educação para jovens talentosos e não existem mecanismos eficazes de sinalização destes nas escolas [99]. A serem sinalizados por algum mecanismo não oficial, também não existem escolas específicas para jovens com aptidões ou talentos especiais, com a exceção de algumas escolas desportivas e artísticas. No entanto, em Portugal existem pessoas que já refletem sobre esta problemática, como por exemplo, Jaime Carvalho e Silva da Universidade de Coimbra [100]:

“Penso pois que haveria que criar condições em Portugal para que os nossos talentos matemáticos fossem identificados o mais cedo possível e devidamente acompanhados; num país pequeno como o nosso não nos podemos dar ao luxo de desperdiçar talentos científicos.”

Em Portugal, a sinalização dos talentos para a Matemática, Física e para outras disciplinas científicas é, muitas vezes, feita pelas Olimpíadas e escolas de treino olímpico, como a *Delfos* e a *Quark!*, das poucas iniciativas que se aproximam de uma escola de

“talentos” [101, 102].

1.4 O treino dos alunos olímpicos

Para um país almejar um bom desempenho nas competições internacionais de ciência, é necessário haver um treino olímpico porque as provas são difíceis e contemplam alguns conteúdos científicos dos 1º e 2º Anos do Ensino Universitário¹². O nível de dificuldade das Olimpíadas Internacionais de Física no início era mais próximo do nível Secundário, mas com o tempo a competição foi sendo cada vez mais exigente e o grau de complexidade das provas cresceu. Assim os países apresentam diferentes estratégias para treinar os seus alunos. Talvez por isso possamos considerar várias modalidades do treino olímpico (Tabela 1.2):

Modalidade	Filosofias de Treino	Exemplos
A	Países com treino profissional e específico ao longo de vários anos. Há uma seleção dos alunos em idades muito precoces (pré-adolescentes).	Países Asiáticos China Roménia
B	Países que selecionam mais tarde os alunos mas têm escolas de talentos. O treino ocorre nas escolas de talentos.	EUA Áustria Sérvia
C	Países que têm um treino mais concentrado, mais focado, num curto período de tempo (meses). Treino intensivo realizado em pouco dias.	Portugal Suíça

Tabela 1.2: Três modalidades de treino olímpico praticadas pelos países que participam na IPhO.

Em 1989 a IPhO disponibilizou um documento que mostrava os vários sistemas de treino de alguns países na altura [8]. Por exemplo, a China treinava os seus alunos a

¹²O programa da IPhO pode ser consultado em <http://ipho.org/syllabus.html> e é analisado no Capítulo 5.

nível teórico e experimental durante 70 dias seguidos; o Irão e Chipre durante 50 dias; e a Turquia e a Colômbia durante 45 dias. No entanto, outros países apenas disponibilizavam aos seus alunos curtos períodos de treino, por exemplo, a Áustria, a Suíça e a R.F. Alemã, 3 dias. Outros países nem treinavam, como era o caso da Grã-Bretanha. Neste documento foi ainda interessante observar que havia países que só disponibilizavam treino na componente experimental, como a Holanda, a Finlândia e a R.F. Alemã. O número de alunos que participava nos treinos também variava muito de país para país, desde 5 alunos (por exemplo, Áustria, Finlândia, Suíça e Noruega) até 70 alunos, como era o caso da Hungria.

Os resultados nas Olimpíadas dependem, naturalmente, de vários fatores: da dimensão do país (porque quanto maior for o país maior será o número de talentos, mas precisam de ter a capacidade de os trabalhar), da estratégia de sinalização de talentos, do ensino praticado no país e do formato do treino destes jovens talentos. Um antigo presidente da IPhO alerta para o perigo de um treino exagerado [8]:

“Of course, too intensive training may deform the results. (After a long and intensive training even an elephant may dance to the tune of the piper, but certainly that has nothing to do with the natural abilities of the elephant and one may suspect that the elephant would not be too happy at that!). In consequence of an extra intensive training the results may not reflect real abilities of the students. Also they do not reflect the true state of the physics education. One should say, however, that most of the countries approaches to the problem in a rational way.” (p.10)

Exemplos de Programas e Escolas de Treino Internacionais

A Hungria, a Roménia, a Polónia e a Alemanha são os países da Europa com as melhores prestações na IPhO. Na Tabela 1.3 é apresentado um resumo dos países que ganharam mais medalhas de Ouro na IPhO [103].

Países	Medalhas de Ouro
República Popular da China	106
Rússia	56
República da China / Taipé Chinês	55
USA	52
República da Coreia	51
União Soviética	41
Hungria	39
Roménia	39
Singapura	32
Polónia	20
Alemanha	20
Vietname	20

Tabela 1.3: Estatística dos prémios com as medalhas de Ouro dos países melhor classificados na IPhO, de 1967 a 2014.

De seguida, detalharemos os processos de seleção e programas de treino em alguns destes países e de outros, com realidades mais próximas da nossa. Os países que selecionámos são os seguintes: Hungria, Roménia, Alemanha, EUA, Vietname, Canadá, Espanha, Suíça e Brasil.

A **Hungria** tem um jornal dedicado à divulgação de problemas de Matemática e de Física, o *KöMaL*, com mais de cem anos de história, já referido neste Capítulo. Este jornal insere-se num projeto coeso, eficaz e culturalmente presente nos alunos húngaros. Este jornal perdura no tempo até aos dias de hoje e publica durante todo o ano problemas destinados aos alunos com idades entre os 14 e 18 anos, para além de artigos científicos expressos em linguagem acessível cobrindo temas interessantes de Física e Matemática. Os alunos são incentivados a enviar as soluções para o editor, sendo as mais originais publicadas no jornal e, eventualmente premiadas. Esta revista publica cerca de 120 a 150 problemas por ano e são recebidas anualmente cerca de 2500 a 3000 soluções. Atendendo

ao sucesso desta iniciativa, há mais de 40 anos que todos os problemas são publicados em inglês e húngaro, o que permite o acesso a milhares de alunos fora da Hungria [104]. Um dos objetivos deste jornal é também o de ajudar os alunos e professores a prepararem-se para as competições de Matemática e de Física, como as Olimpíadas. Esta iniciativa secular conta com alunos participantes que se tornaram cientistas famosos, com carreiras profissionais notáveis. O *KöMaL* também publica, com regularidade, notícias sobre as competições nacionais e internacionais de Matemática e Física, e as soluções das provas das Olimpíadas de Matemática e de Física [105].

Na Hungria os alunos que pretendem participar na IPhO ingressam num sistema de estudos conhecido como “*Magyar Fizika Diákolimpiai Szakkörök*”¹³. Este sistema concentra-se nas 5 grandes cidades da Hungria: Budapeste, Miskloc, Pécs, Szeged e Székesfehérvár. Nestas cidades há equipas de professores que ajudam todos os alunos do Ensino Secundário que queiram participar no estudo olímpico. As sessões ocorrem semanalmente e iniciam-se com a resolução de problemas teóricos. Estes problemas são disponibilizados uma semana antes, para os alunos terem a oportunidade de estudar a teoria em casa e tempo para pensar na solução. Os problemas teóricos resolvidos são pontuados. É também objetivo deste sistema proporcionar aos alunos conhecimentos de Física e Matemática para participar noutras competições de ciência, como o concurso Eötvös e a competição de Física OKTV¹⁴. Esta competição é realizada para selecionar os alunos que vão representar a Hungria na IPhO. No grupo total dos alunos das 5 cidades são convidados 20 a 25 alunos que obtiveram as melhores pontuações nos problemas teóricos, para participar na competição “*OKTV*” ocorrendo na Primavera, durante 3 dias os alunos resolvem problemas teóricos e experimentais sobre os temas do programa olímpico. Após a seleção dos alunos que irão representar a Hungria na IPhO iniciam-se os treinos intensivos. Cada aluno tem um trabalho de casa individual para aprofundar os temas do *Syllabus* e resolver problemas das competições anteriores como da APhO (*Asian Physics Olympiad*) e da WoPhO (*World Physics Olympiad*). Para além deste trabalho individual,

¹³Sistema de estudos para as Olimpíadas de Física.

¹⁴OKTV é um acrónimo de “*Kunfalvi Rezső Olimpiai Válogatóverseny*”– *Competição para a Seleção Olímpica Kunfalvi Rezső*.

também há trabalho em equipa para aprofundar os conceitos teóricos e discutirem temas difíceis. Outra estratégia adaptada pela Hungria, para a preparação destes alunos, é obrigá-los a participar na pré-olimpíada de Física “*Román-Magyar Előlimpia*”, realizada anualmente e alternadamente na Hungria e na Roménia. As regras e as provas teórica e experimental estão de acordo com as da IPhO. Nos últimos anos a equipa da Moldávia também participou nesta competição [106].

Na **Roménia**, os melhores alunos do país são captados para uma escola especial em Bucareste chamada *Liceul Teoretic International de Informatic*, criada em 1995. Os alunos olímpicos têm no mínimo 10 horas de treino específico por semana, para além do currículo escolar. A sua preparação é acompanhada permanentemente por professores que canalizam os esforços dos alunos para estas competições. Os números desta escola surpreendem, com 500 medalhas nacionais e 300 medalhas internacionais em competições variadas de ciência, alcançados em apenas 20 anos de participação nas Olimpíadas [4].

Na **Alemanha**, a seleção da sua equipa de 5 alunos para a IPhO é da responsabilidade do Instituto Leibniz para a Educação em Ciência e Matemática (IPN), da Universidade de Kiel, em colaboração com os Ministérios da Educação dos Estados Federais, sendo financiados pelos Ministérios da Educação Estaduais. Os alunos têm que passar por 4 etapas nas Olimpíadas Nacionais antes de ingressarem na seleção Internacional. Todos os alunos das escolas gerais ou profissionais podem participar. A primeira etapa começa na Primavera (abril) do ano anterior à IPhO e estende-se até agosto. São distribuídas tarefas pelas escolas que os alunos têm que resolver em casa para depois serem corrigidas pelo professor da disciplina. Os alunos premiados da primeira etapa passam para a segunda etapa, que decorre entre setembro e outubro. As tarefas são distribuídas aos melhores alunos que têm que resolver os problemas novamente em casa. Estas depois serão corrigidas por uma comissão do IPN. Os 50 melhores alunos da segunda etapa são convidados a participar na terceira etapa, que decorre no final de janeiro ou no início de fevereiro. Os alunos têm que resolver exames com problemas teóricos e experimentais. Assistem a palestras, seminários para aprofundar os conhecimentos de Física, e estagiam uma semana num centro de investigação. Alguns alunos mais talentosos da terceira etapa são selecionados para participar na EUSO. Na quarta etapa, na Primavera (março-abril), já só participam 15

alunos que competem novamente entre si em exames teóricos e experimentais. A estes alunos voltam a ser oferecidos seminários para aprofundar os conhecimentos de Física e completam mais um estágio de uma semana num centro de investigação. No final desta etapa são selecionados os 5 alunos da equipa Alemã para a IPhO. Finalmente, em junho, participam num estágio experimental, de 3 a 5 dias, visando especificamente trabalhar as dificuldades experimentais e aprofundar o conhecimento dos métodos e instrumentos de medição. Em julho, os 5 alunos alemães juntam-se aos colegas da Dinamarca para uma preparação final antes da IPhO. Nas várias etapas os alunos ganham prémios em reconhecimento do seu desempenho, esforço e tempo disponibilizado. Alguns prémios são monetários. Por exemplo, os estudantes que passarem à quarta etapa recebem 500 euros. Outros prémios são estágios em centros de investigação, livros, assinatura de revistas científicas, curso de línguas e viagens pela Europa [83, 107].

Nos **Estados Unidos da América** (EUA) o treino é da responsabilidade da AAPT (*American Association of Physics Teachers*) e da AIP (*American Institute of Physics*) [108, 109]. Estas organizações promovem competições nacionais, em todos os estados, para sinalizarem os alunos mais talentosos que formarão a “*U.S. Physics Team*”, depois de um processo de seleção competitivo. O objetivo genérico da AAPT e da AIP é promover a excelência na aprendizagem da Física. Num objetivo mais específico, procuram fazer um trabalho direcionado para a seleção e treino da equipa americana nas competições internacionais de Física. A seleção dos alunos começa no início de dezembro com a inscrição das Escolas Secundárias para participarem numa primeira etapa, no mês de janeiro. Nesta etapa são selecionados, aproximadamente, 400 alunos para a etapa semi-final, que se segue. Após o exame da semi-final, em março, são selecionados os 20 alunos finalistas que formarão a equipa “*U.S. Physics Team*”. A equipa inicia um campo de treino de estudo intenso, testes e resolução de problemas, durante 10 dias. Este treino acontece na Universidade de *Maryland-College Park*, no final de maio, de onde são selecionados 5 alunos que, mais tarde, voltam a ter um treino intensivo de 3 dias num laboratório para preparar a componente experimental [110].

Como já foi anteriormente referido, nos EUA existem mecanismos para sinalizar e promover alunos especialmente talentosos. Para isso, disponibilizam no país recursos que

permitem trabalhar e desenvolver os alunos particularmente dotados e interessados numa determinada área do conhecimento. O tempo de treino específico para a IPhO não difere muito do que acontece noutros países, mas os excelentes resultados dos EUA na IPhO devem-se, certamente, à capacidade de identificação e acompanhamento precoce de jovens talentos no seu percurso escolar, havendo várias instituições dirigidas para apoio específico (incluindo *sponsoring*) a jovens que, em idade muito tenra, têm particular vocação para a Matemática, Física ou outras áreas da Ciência e das Artes.

Na Ásia tomamos como exemplo o **Vietname**, um país que tradicionalmente conquista muitas medalhas apesar da sua relativa pequena dimensão no contexto asiático. Neste país, há quem dedique uma especial atenção à seleção e ao treino de jovens talentos. Os alunos identificados como particularmente talentosos são submetidos a um exame, que uma vez superado, lhes confere um estatuto e acompanhamento especiais. Os professores que lidam com estes alunos possuem um grau académico elevado e podem usufruir de regalias para os acompanhar e ajudar. O governo do Vietname sempre se preocupou com a problemática dos talentos e já em 1974 existiam aulas de Matemática para desenvolver o potencial destes alunos na Universidade de Hanoi. As aulas de Física foram implementadas mais tarde, em 1983. Todo o currículo de Física nas escolas é muito estruturado ao longo de todos os anos da escolaridade. A Física é assumida como uma ciência fundamental e por isso apresenta-se como uma disciplina autónoma. Os professores de Física são selecionados pelo seu mérito e auferem um salário 70% mais elevado que os restantes professores de outras áreas. No seio deste sistema são realizadas competições regionais e nacionais para selecionar os jovens que representarão o país nas Olimpíadas Internacionais de Física. A equipa selecionada é treinada durante 6 a 8 semanas antes da competição. O treino exaustivo contempla a componente experimental e teórica. Este tipo de procedimento tem tido bons resultados que, se traduzem num número considerável de medalhas e prémios [111].

No **Canadá**, a preparação dos alunos olímpicos para as competições internacionais é realizada no POPTOR - *Physics Olympiad Training in TORonto*, no âmbito do programa de preparação para as Olimpíadas de Física do Departamento de Física da Universidade de Toronto, criado em 2005 [112]. A ideia e o sistema implementado têm objetivos se-

melhantes aos do Vietname, mas nesta escola os alunos realizam uma preparação de 8 meses. Em setembro/outubro as escolas, os professores e os alunos registam-se *on-line* no programa POPTOR. Depois, a partir de novembro e até maio, os alunos recebem, por *e-mail*, problemas de Física e de Matemática, que têm que resolver, e cujas soluções para correção enviam até uma data limite indicada pela organização. Os professores do POPTOR corrigem e fazem comentários, apresentando depois as soluções. Em maio são convidados os 11 melhores alunos para constituir a primeira pré-seleção nacional para as competições internacionais. Estes alunos frequentam, durante uma semana, um campo de treino na Universidade de Toronto. Assistem ainda a palestras e a demonstrações, praticam a resolução de problemas e participam em competições experimentais. No final da semana os alunos fazem um exame. Os 5 alunos que representarão o Canadá na IPhO são selecionados com base em três critérios: os resultados do POPTOR a nível teórico e experimental, o exame nacional CAP¹⁵ que é realizado no início de abril (exame com um nível elevado de dificuldade promovido pela Associação Canadiana de Físicos) e o exame final no fim da semana POPTOR. Como já referimos anteriormente, há equipas de diferentes países que se encontram para treinar, antes de participarem na IPhO. Um exemplo, a equipa do Canadá treinou durante 3 dias com a equipa britânica em Cambridge, Inglaterra, antes de participar na edição de 2013 da IPhO, que decorreu em Copenhaga, na Dinamarca [113].

Em **Espanha** os 5 alunos que participam na IPhO e os 4 alunos que participam na OIBF são selecionados após duas fases, local e nacional. A fase local é organizada por uma comissão local que é constituída por membros designados por cada Universidade e por um delegado da Real Sociedade Espanhola de Física. Esta comissão local tem autonomia para preparar as provas e realizar o número de provas necessárias para selecionar os 3 alunos locais para a fase nacional. O treino destes alunos é da responsabilidade da comissão local e versa sobre os conteúdos teóricos de Física que não estão presentes nos programas curriculares espanhóis e sobre as técnicas e equipamentos experimentais. O exame da fase nacional, a Olimpíada de Física Espanhola (OEF), é realizado em maio.

¹⁵Para mais informações consultar <https://www.cap.ca/en/students-educators/prizes-students/CAP-high-school-cegep-prize-exam>.

Esta fase é organizada por uma Universidade e pela Real Sociedade Espanhola de Física. A implementação das provas (teórica e experimental) e a sua correção é da responsabilidade da Comissão de Olimpíadas de Física. A estrutura das provas é baseada no estilo das provas da IPhO dos anos anteriores. Os 3 alunos de cada Universidade local são acompanhados por um delegado nomeado pela comissão local. Os 5 melhores alunos classificados na fase nacional representam Espanha na IPhO e os 4 que se seguem na classificação participam na OIbF. Estes 9 alunos participam numa nova preparação adicional que contempla as componentes teórica e experimental. Este treino é promovido pela Comissão de Olimpíadas de Física [114].

A **Suíça** seleciona os seus alunos através de competições nacionais. Em janeiro é feita a primeira seleção apenas com um exame teórico [115]. Os 25 melhores alunos participam num campo de treino de três dias para aprofundarem os seus conhecimentos. Na Primavera é realizada a final nacional durante um fim de semana completo, com exames teóricos e experimentais. No primeiro dia realizam 2 atividades experimentais, com a duração de 180 minutos, e 3 problemas teóricos, com a duração de 150 minutos. No segundo dia os alunos resolvem 6 problemas teóricos mais curtos, em 1 hora. Os 5 melhores alunos são selecionados para representar a Suíça na IPhO. Os exames apresentados ao longo destas fases já permitem uma preparação gradual dos alunos para a IPhO. A Suíça participa desde 1995 na IPhO e já conseguiu 27 medalhas (2 medalhas de Ouro, 5 de Prata e 20 de Bronze) e 46 Menções honrosas [116].

O **Brasil**, com uma grande extensão territorial, apresenta uma estrutura logística para as Olimpíadas de Física bastante complexa que envolve estabelecimentos de ensino registados, coordenadores e sub-coordenadores de Estado, coordenadores nacionais e comités nacionais e internacionais. As Olimpíadas de Física no Brasil têm 3 fases. A primeira ao nível de escola, a segunda num local a definir pelo Estado e a terceira num local divulgado pela Coordenação Estadual. Podem participar nas Olimpíadas alunos do 8º e 9º ano do Ensino Fundamental, das 1ª, 2ª e 3ª séries do Ensino Secundário e alunos da 4ª série do Ensino Técnico. Os 40 alunos da 1ª série, com os melhores resultados na terceira fase de um determinado ano, são convidados a participar num treino juntamente com os 20 melhores alunos do 9º ano do Ensino Fundamental da terceira fase. O treino destes

60 alunos tem a duração de 1 ano e é constituído por várias atividades, tais como: aulas experimentais, resolução de problemas, palestras e visitas a laboratórios de investigação nas Universidades dos seus Estados. Após a realização de vários exames (junho/julho e novembro/dezembro) que contemplam o *Syllabus* internacional das Olimpíadas de Física são selecionados os alunos que representarão o Brasil nas IPhO e OIbF [117, 118]

Preparação na Escola *Quark!* - Escola de Física para jovens

Tendo em vista a melhoria da prestação dos alunos portugueses nas Olimpíadas Internacionais, apareceram recentemente no nosso país iniciativas para o acompanhamento e preparação dos alunos olímpicos ao longo do seu percurso escolar, como os projetos *Delfos*, para a Matemática, e o *Quark!*, para a Física, já anteriormente referidos [101, 102]. A Escola *Delfos* foi pioneira, iniciando as suas atividades em 2001. A Escola *Quark!* foi criada em 2007 inspirada na *Delfos*. Estas escolas informais para jovens pré-universitários são ambas da iniciativa da Universidade de Coimbra, e procuram:

- sinalizar os jovens talentos com gosto pela Matemática e pela Física;
- atrair e motivar estes jovens com boas capacidades de raciocínio abstrato e crítico para as ciências exatas;
- proporcionar conhecimentos e capacidades de resolução de problemas em temas de Matemática e de Física que não constam do currículo do ensino em Portugal;
- envolver também os professores das escolas destes alunos em atividades extracurriculares de Matemática e Física.

A Escola *Quark!* é uma escola de Física para alunos pré-universitários (do 11º e 12º Anos). Há um concurso anual, publicitado em todas as escolas do país, para acesso à Escola *Quark!*. As candidaturas são submetidas *on-line*, decorrendo, tipicamente, nos meses de novembro e dezembro. Um júri avalia as candidaturas, tendo por base a média das notas do Ensino Secundário e as cartas de recomendação e de motivação. São

selecionados 30 alunos, a que acrescem os 20 alunos da pré-seleção olímpica que têm entrada automática na Escola *Quark!*, como já anteriormente foi referido. A escola funciona presencialmente com cerca de 50 alunos no Departamento de Física da Universidade de Coimbra. Iniciando-se em janeiro de cada ano, a escola consiste em seis sessões, uma por mês, que ocupam um fim de semana inteiro. A Universidade de Coimbra providencia a todos os alunos alimentação e alojamentos gratuitos nos fins de semana quarkianos [102,119]. Para além do ensino presencial, a Escola *Quark!* promove também o ensino à distância, através da disponibilização de recursos (problemas, sugestões de experiências, etc.) no Fórum *Quark!* [120].

A Escola é dirigida explicitamente a “alunos de excelência”, com particular gosto e aptidão para a Física, e as aulas dos fins de semana quarkianos decorrem a um ritmo muito intenso. As aulas procuram seguir o *Syllabus* internacional das Olimpíadas de Física, cobrindo em particular os temas que geralmente não são abordados no Ensino Secundário português. Os conteúdos científicos, lecionados por professores do ensino universitário, abrangem as seguintes áreas: Mecânica, Eletromagnetismo, Termodinâmica, Ótica e Ondas e Física Moderna. Há aulas expositivas de matéria, mas também aulas de resolução de problemas e demonstrações experimentais. As aulas são intercaladas com atividades extra, como palestras sobre vários temas de Física proferidas por investigadores que são convidados a apresentar o seu trabalho em linguagem simples. No final das aulas existem outras atividades, como apresentações de empresas tecnológicas e eventos culturais como concertos de música Jazz [102,119].

No que diz respeito à componente experimental, esta resume-se a demonstrações realizadas pelos professores. Os alunos não têm aulas experimentais na Escola *Quark!* por razões logísticas, mas os alunos são incentivados a realizar nas suas escolas algumas experiências de Física com apoio no Fórum *Quark!*. No entanto, e em paralelo com as aulas dos alunos na Escola *Quark!*, a SPF em parceria com a Escola *Quark!* tem promovido uma formação contínua em ensino experimental para os professores dos alunos olímpicos, com o objetivo de ajudar estes alunos no necessário treino experimental, nas suas escolas [121].

Na semana que antecede a participação nas IPhO e OIbF, os 9 alunos olímpicos são

sujeitos a um treino intensivo a cargo da SPF que envolve atividades experimentais e resolução de problemas de nível olímpico, conhecidos na gíria olímpica por “problemas *tricky*”. Com este treino específico, os alunos de Física têm tido uma melhoria na prestação nas Olimpíadas Internacionais, mais notória na componente teórica do que na experimental. Nesta última, os alunos portugueses continuam a apresentar grandes dificuldades, resultado provavelmente de uma menor exposição ao ensino experimental, comparativamente a outros países [14].

1.5 Investigação sobre Olimpíadas de Ciência

Encontram-se na literatura desde 1994 alguns trabalhos científicos sobre a realidade das Olimpíadas de Ciência. Estes estudos envolvem alunos olímpicos da Europa, dos EUA e da China. Procuram investigar, entre outros aspetos, se a participação nas Olimpíadas influencia as carreiras profissionais dos alunos participantes, se há fatores que dificultam ou ajudam o desenvolvimento do talento dos alunos olímpicos, se estas competições potenciam os alunos talentosos e quais as possíveis razões que possam justificar o número tão reduzido de raparigas participantes nestas competições [122].

Dois investigadores americanos, James Reed Campbell e o seu colega Herbert J. Walberg, fizeram um estudo em 2009 sobre o impacto das Olimpíadas para desenvolver talentos. Analisaram dados de 345 olímpicos americanos e descobriram que 52% vieram a fazer Doutoramento. Estes alunos seguiram carreiras e áreas técnicas muito relevantes. Tipicamente, frequentaram as melhores Universidades e a esmagadora maioria foi para Harvard, MIT, Princeton, U.C. Berkeley e Stanford. Oito ex-olímpicos americanos selecionaram Cambridge e Oxford, na Europa, para prosseguir estudos. À data da publicação do referido artigo estes ex-olímpicos já tinham publicado, no seu conjunto, 8629 artigos científicos [123].

Em 2011, Jennifer L. Wirt, apresentou uma tese de Doutoramento intitulada “*An Analysis of Science Olympiad Participants’ Perceptions Regarding Their Experience with the Science and Engineering Academic Competition*” na Universidade de Seton Hall [124],

que tinha como objetivo analisar as opiniões dos alunos que participaram nas Olimpíadas de Ciência e estudar a influência desta participação na sua aprendizagem, interesses científicos e desenvolvimento de competências com benefícios para a carreira profissional. Nesse estudo foram analisados 635 inquéritos que fazem parte da base de dados das Olimpíadas Americanas de Ciência. Os dados qualitativos e quantitativos desta tese mostraram claramente o impacto das Olimpíadas na escolha da carreira profissional. Uma das questões de investigação era sobre as percepções dos ex-alunos quanto aos benefícios gerais por terem participado nas Olimpíadas. Responderam no total 44,7% (53,9% mulheres e 46,1% homens). As respostas declaram que os benefícios são múltiplos. Os inquéritos destacam a oportunidade de fazer novos amigos, divertirem-se a participar numa competição com prestígio, desfrutar dos eventos sociais, gosto pelo aspeto competitivo, apreciar uma experiência nova e partilhar momentos em equipa. Uma outra questão estava relacionada com a percepção dos ex-olímpicos sobre o impacto das Olimpíadas de Ciência na sua aprendizagem, no interesse e no desenvolvimento de capacidades e competências científicas. Com as respostas dos inquéritos é difícil identificar as aprendizagens realizadas. No entanto, os alunos reconhecem que a participação na competição lhes permitiu compreender o mundo real da ciência e as suas verdadeiras aplicações. Esta realidade não seria conseguida se estivessem apenas expostos ao ambiente de sala de aula e ao manual escolar. Este estudo procurou, também, investigar as notórias diferenças de género na participação dos estudantes nas competições de Ciência. As raparigas têm mais interesse pela Biologia mas também pela Química, Física e Engenharia. Os rapazes gostam mais de Física, Matemática, Ciências da Computação e Engenharia. Quanto às competências científicas, o estudo refere a maior sensibilidade para a resolução de problemas, o aprender a trabalhar em equipa, desenvolver o pensamento crítico, a motivação, a disciplina e a determinação para concluir uma tarefa. Os rapazes referem a oportunidade de liderança, competência que não foi destacada pelas raparigas. Os ex-olímpicos também referiam que aprenderam a estudar de forma diferente, pois o treino olímpico exige um estudo mais abrangente e independente, onde se tem de relacionar vários tópicos que contribuem para uma mesma questão [124].

Um dos estudos realizado em 2012 sobre a responsabilidade da família junto dos

alunos olímpicos, concluiu que a família é decisiva nos primeiros tempos para o desenvolvimento de capacidades intelectuais [125]. Este fator também já tinha sido estudado por Bloom em 1981 [126]. Os pais que desde muito cedo ajudam os filhos a desenvolver a inteligência e a motivação intrínseca, para além de disponibilizarem os recursos necessários, promovem a sua autonomia e melhores aprendizagens [125]. Outro estudo revela que as variáveis que conduzem ao desenvolvimento de talento e produtividade académica do alunos olímpicos são a existência de um ambiente familiar propício e flexível, mas disciplinado, a influência dos pais, o conjunto de meios disponibilizados pela escola e os interesses internos de cada aluno [127].

Esta realidade é comprovada por um testemunho de um estudante português que ganhou a medalha de Ouro, em 2010, na OIBF que decorreu no Panamá. Num entrevista concedida a um jornal nacional disse [128],

“O meu pai sempre me mostrou como funcionavam muitas ferramentas que tínhamos em casa e que utilizavam princípios físicos, que para mim eram extremamente fascinantes...”

Em 2013, o Ministério Federal Austríaco da Educação, das Artes e da Cultura e o Centro Austríaco de Pesquisa e Apoio para Dotados e Talentosos realizaram uma avaliação qualitativa sobre 4 Olimpíadas: Matemática, Física, Química e Filosofia [129]. Entrevistaram 14 alunos ex-olímpicos e 10 professores dos cursos de preparação, entre março e junho de 2011. A entrevista avaliou as vantagens dos alunos pela participação nas Olimpíadas e nos respetivos cursos de preparação; a existência de alguma experiência negativa; as metodologias usadas pelos professores nos cursos de preparação; o impacto dos cursos em toda a turma e na seleção dos alunos e as sugestões dos alunos e professores para a melhoria dos cursos de preparação. Na análise das respostas a esta avaliação destacamos a resposta unânime de que os benefícios foram consideráveis. Por exemplo, desenvolveram competências, trocaram conhecimentos com os melhores alunos, tiveram a oportunidade de viajar e fazer amigos, assistir a palestras inspiradoras, aumentaram o poder de concentração (aprenderam a concentrar-se durante 5 horas), melhoraram a capacidade de resolução de problemas e ganharam mais autonomia e confiança. Todos os alunos respon-

deram negativamente sobre a existência de más experiências. Apenas chamaram atenção para a sobreposição dos exames nacionais nas escolas com as competições nacionais de Física. Os professores dos cursos de preparação valorizaram a independência, o interesse e a motivação dos alunos olímpicos nas tarefas que lhes eram incumbidas, tornando o trabalho dos docentes gratificante e diferente. Outros aspectos positivos referidos pelo professores foram o facto de trabalhar com pequenos grupos, não existir a pressão das classificações finais da disciplina e cumprimento do currículo, desenvolver novos métodos de aprendizagem, relação de amizade estabelecida com os alunos, partilha de informação com outros professores e receber orçamento para material didático [129].

Em suma, para finalizar este capítulo, convém realçar que as competições de ciência conseguem impulsionar vários agentes da educação, alunos, professores, família, coordenadores de programas, administradores de escolas e responsáveis políticos na área da educação a nível mundial. Ajudam a sinalizar, a motivar e a potenciar o desenvolvimento de jovens talentos. O envolvimento dos seus professores e o acesso a novos e diferentes estilos de recursos didáticos proporcionam melhores práticas em contexto das instituições de ensino. Atendendo a que se tratam de competições à escala mundial, o intercâmbio entre todos os países intervenientes proporciona a troca de ideias, experiências e culturas, que em muitos aspetos será certamente benéfico para a resolução de problemas intrínsecos no sistema de ensino de cada país. Esta realidade está expressa nos objetivos das Olimpíadas de Ciência Americanas que passamos a citar [130]:

- *“To create a passion for learning science by supporting elementary and secondary Science Olympiad tournaments at building, district, county, state and national levels with an emphasis on teamwork and a commitment to excellence.”*
- *“To improve the quality of K-12 science education throughout the nation by changing the way science is perceived and the way it is taught (with an emphasis on problem solving and hands-on, minds-on constructivist learning practices). This goal is accomplished through in-depth core curriculum training workshops and the distribution of curriculum materials.”*

- *“To celebrate and recognize the outstanding achievement of both students and teachers in the areas of science and technology by awarding thousand of certificates, medals, trophies and scholarships.”*

- *“To promote partnerships among community, businesses, industry, government and education.”*

Capítulo 2

O Ensino da Física em Portugal

“Teaching physics involves more than writing formulas on a chalkboard. It involves helping students to see the world in a new way. It involves crafting a learning environment where students are able to explore and understand how the physical world works, and to connect complex scientific concepts to their daily lives. It involves building student confidence in their ability to solve challenging problems, and empowering them to build a better future for themselves and others. Teaching physics well requires creativity, thought and an understanding not only of physics but of psychology, cognition and communication.”¹

Com vista a uma melhor compreensão do estado atual do ensino, consideramos pertinente realizar uma viagem histórica sobre o ensino em Portugal até aos nossos dias. O país tem na sua história um somatório de reformas na educação interligadas com muitos acontecimentos políticos, culturais e demográficos. Na história revelamos alguns dos acontecimentos mais marcantes do ensino em Portugal, com destaque para o ensino da Física.

Prosseguimos com a apresentação e análise de um estudo nacional, o “*Livro Branco da Física e da Química*” [20, 131] que relata a realidade das escolas portuguesas no início do século XXI. Este estudo foi realizado pelas Sociedades Portuguesas de Física (SPF) e

¹Cornell University - Physics Teacher Education Coalition: <https://phystec.physics.cornell.edu/content/why-teach-physics>.

de Química (SPQ), entre os anos de 2000 a 2003. Procurou sinalizar problemas junto dos professores que leccionavam as disciplinas de Física e Química e compreender as razões do insucesso dos alunos, sendo este o estudo mais abrangente, ainda hoje, sobre esta temática.

Apresentam-se, no final do capítulo, dois importantes estudos internacionais com grande impacto na análise dos sistemas de ensino, o PISA “*Programme for International Student Assessment*” [132] e o TIMSS “*Trends in International Mathematics and Science Study*” [133], que permitem retratar a situação atual do ensino em Portugal.

2.1 Uma viagem histórica até à atualidade

Segundo Rómulo de Carvalho², no seu livro “*História do Ensino em Portugal*” [134], as primeiras atividades pedagógicas no nosso país datam dos séculos X e XI, quando surgem os primeiros mosteiros da Península Ibérica. Os mosteiros (escolas monásticas) ou os seminários (escolas episcopais ou escolas catedrais) eram também locais de ensino. Inicialmente, a prática do ensino, para saber escrever, ler e contar, estava associada a Ordens Religiosas. As duas Ordens que tiveram maior impacto na história do nosso ensino foram a Ordem dos Cónegos Regrantes de Santo Agostinho, que pertencia ao mosteiro de Santa Cruz em Coimbra, e a Ordem de Cister de S. Bernardo, que pertencia ao mosteiro de Alcobaça. No mosteiro de Santa Cruz o ensino praticado visava instruir o educando para um saber enciclopédico. Os conteúdos ensinados eram sobretudo de Teologia mas também de Matemática, Medicina e Ciências Naturais. As disciplinas leccionadas eram 7: Gramática, Retórica, Dialética, Aritmética, Música, Geometria, Astronomia e Física. Neste mosteiro a orientação didática e pedagógica, no século XII, estava a cargo de Hugo de São Vitor que já valorizava o ensino das Ciências [134].

No que respeita ao mosteiro de Alcobaça, o grande reformador foi Estêvão Martins, no século XIII. Para além do estudo da Teologia, introduziu a Gramática e a Lógica, a

²Professor de Física e Química, pedagogo, investigador, historiador, divulgador de ciência e poeta (1906-1997).

permissão para pessoas fora da Ordem frequentarem as aulas e a transformação da escola de Alcobaça, inicialmente privada, em sistema público [134]. Quanto às escolas episcopais ou escolas catedrais, os documentos históricos no século XI revelam que o nascimento da primeira escola episcopal, em Portugal, foi na Sé de Braga, antes da fundação da nacionalidade. Logo a seguir apareceu a da Sé de Coimbra, no início do século XII, a da Sé do Porto e depois a da Sé de Lisboa. No século XIII também surgem outras escolas como as Colegiadas³ e as Paroquiais. Os professores estrangeiros eram aqui reputados como os melhores e a falta de livros era um problema. Os alunos portugueses matriculavam-se em Universidades famosas⁴ para estudar Teologia, Cânones, Filosofia e Medicina [134].

A primeira Universidade portuguesa foi fundada em, 1288 no reinado de D. Dinis, e era designada de Estudo Geral de Lisboa. A Universidade é transferida para Coimbra em 1537, no reinado de D. João III. Deve-se a este Rei uma reforma que divide o ensino em dois níveis: o nível básico preparatório em 3 Ciclos e o nível superior, correspondente à Universidade. O 1º Ciclo preparatório tinha a duração de 4 anos, e os alunos aprendiam línguas e literaturas. Este 1º Ciclo era o suficiente para ingressar em Direito. No 2º Ciclo preparatório, que também tinha a duração de 4 anos, ensinava-se Lógica, as Súmulas e Filosofia, que incluía a Física e a Astronomia (Filosofia Natural), a Ética e a Política (Filosofia Moral). O 3º Ciclo preparatório correspondia às Artes e dava acesso a outros cursos superiores [134].

O rei D. João III criou em 1548 o Colégio das Artes em Coimbra para acolher o nível de ensino correspondente ao atual Ensino Secundário. Os professores eram maioritariamente estrangeiros e pedagogos portugueses com carreiras profissionais no estrangeiro. Nesta altura, a par do desenvolvimento económico que ocorreu no século XVI, começaram a aparecer as primeiras escolas para ensinar rapazes a ler⁵ fora das fronteiras das catedrais e dos mosteiros [134]. O rei D. João III apoiou a entrada da Companhia de Jesus em Portugal, criando em Coimbra o Colégio de Jesus, em 1547. Rapidamente os jesuítas conseguiram criar outros colégios em Lisboa e em Évora onde, ao contrário do que acon-

³Eram igrejas e o nome deriva da palavra “colégio” do latim *Collegium*.

⁴Salamanca, Paris, Montpellier, Pádua e Bolonha

⁵Os livros usados para ensinar a ler chamavam-se Cartilhas.

tecia em Coimbra, se ensinavam gratuitamente ricos e pobres. O ensino nestes colégios era praticado exclusivamente por professores da Companhia de Jesus [134]. Mais tarde, em 1555, o rei D. João III passa o Colégio das Artes de Coimbra também para a tutela dos jesuítas. Aqui estudou um matemático famoso e amigo de Galileu Galilei, o jesuíta italiano Christophoro Clavius, entre 1556 e 1560. Foi também neste período que Pedro Nunes, notável matemático português e professor na Universidade de Coimbra, desenvolveu o nónio. Este instrumento foi utilizado na navegação e pelo astrónomo dinamarquês Tycho Brahe.⁶ Christophoro Clavius tinha uma grande admiração pelo trabalho de Pedro Nunes e exaltou o seu desempenho científico a nível mundial. As primeiras observações com um telescópio em Portugal foram realizadas pelos jesuítas [135].

Passado o período áureo dos Descobrimentos, a nação começava a ter o seu tesouro reduzido e por isso, foi necessário minimizar a despesas com professores estrangeiros. No século XVIII, em 1759, o ministro Marquês de Pombal expulsa os jesuítas⁷ [134] e os oratorianos que controlavam a atividade pedagógica em Portugal [135]. Manda também suspender a prática dos métodos de ensino dos jesuítas e redige um Alvará, em 1759, com algumas medidas para a educação [134]. Uma dessas medidas foi criar, pela primeira vez, um lugar de Diretor-Geral dos Estudos para supervisionar o ensino, de quem se esperava também a produção de um relatório anual. Outra medida do Marquês de Pombal foi a criação de muitas escolas gratuitas de Gramática Latina, Grego e Retórica em várias cidades e vilas do país. Os professores eram instruídos sobre o método de ensino a aplicar e usavam como referência o “*Verdadeiro Método de Estudar - 1746*”, de Luís António Verney. Ainda assim, o Diretor-Geral dos estudos deparou-se com o problema da falta de professores para o Ensino Primário e Secundário, situação por resolver premente que se manteve durante muito tempo [134]. Ao fim de 6 anos após a publicação do Alvará, o ensino nas Escolas Menores (designação oposta ao Ensino Superior) continuava caótico. O Marquês de Pombal, polarizado por outros assuntos, não disponibilizava muita atenção aos problemas relatados pelo Diretor-Geral dos Estudos. Neste século do Iluminismo foi ainda

⁶Foi mestre de Johannes Kepler.

⁷Esta expulsão está relacionada com um possível envolvimento dos jesuítas na tentativa de assassinato do Rei D. José.

criado o Colégio dos Nobres, em Lisboa, e no seu ensino introduziram-se novas disciplinas, sendo uma delas a Física Experimental [134]. Mais uma vez, foi notório o problema de conseguir professores especializados, tendo sido contratados vários estrangeiros, entre os quais Angelo Falier para ensinar Física e Miguel Franzini para ensinar Matemática, em 1762. O Colégio abriu em 1765 apenas com 8 professores e faltavam ainda professores de várias disciplinas, incluindo Física, uma vez que o seu professor tinha regressado ao seu país, depois de aguardar 3 anos e meio pela abertura do colégio. O professor de Física contratado um ano mais tarde foi o italiano Giovanni Antonio dalla Bella [134].

Inicialmente estavam matriculados neste colégio 24 alunos nobres com idades entre os 7 e os 13 anos. O Colégio dispunha de um Gabinete de Física Experimental com materiais didáticos de excelência, equiparados aos melhores na Europa. Mais tarde, em 10 de novembro de 1772 estes materiais didáticos foram transferidos para a Universidade de Coimbra, como consequência da suspensão do ensino das disciplinas científicas no Colégio dos Nobres. Os professores italianos do Colégio também vão para Coimbra e ficam a leccionar na Universidade [134].

Uma verdadeira mudança de paradigma no ensino em Portugal ocorre com a Reforma Pombalina do Ensino Superior, implementada por Marquês de Pombal 13 anos após o acórdão da expulsão dos jesuítas. Na sequência desta expulsão, o ensino na Universidade de Coimbra entrou em rápida degradação. Em 1770, o Marquês de Pombal cria a Junta de Providência Literária para intervir e reformar o Ensino Superior [134], contando com as ideias do físico João Jacinto Magalhães na sua empreendedora reforma [135]. Este português residia em Londres mas mantinha contacto com a Universidade de Coimbra e a Academia Real Ciências de Lisboa. João Jacinto Magalhães construía instrumentos científicos para astronomia, navegação e ensino da Física e relacionava-se com eminentes cientistas⁸ [135, 136]. A reforma pombalina procura enquadrar a Universidade de Coimbra nas melhores da Europa. Em 1772, são redigidos os novos estatutos da Universidade e há uma importante reestruturação no ensino, nomeadamente na área das ciências [134](Fig. 2.1).

⁸Conheceu e conviveu com James Watt, Alessandro Volta, Benjamin Franklin e Antoine Lavoisier.

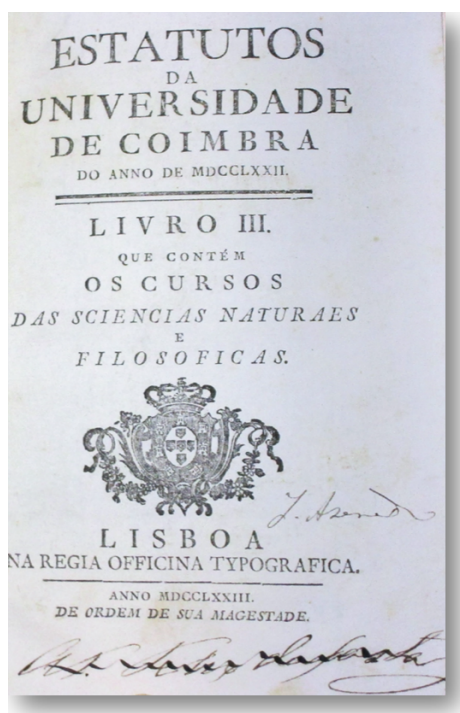


Figura 2.1: “Estatutos da Universidade de Coimbra 1772 - Livro III - Os cursos *das Sciencias Naturaes e Filosoficas*”. Fonte: imagem do livro de Mário Berberan-Santos.

São fundadas as Faculdades de Medicina, Matemática e Filosofia que incluíam nos seus cursos o ensino da Física Experimental, a cargo dos docentes da Faculdade de Filosofia⁹ [134]. No livro terceiro dos estatutos da Universidade de Coimbra de 1772 está patente a preocupação com o ensino experimental nos cursos de Ciências. Em relação à componente de Física os Estatutos indicavam [137]:

*“Para que as Lições de Física, que mando dar no Curso de Filosofia da Universidade, se façam com o aproveitamento necessário dos **Estudantes**; os quais não somente devem ver executar as **Experiências**, com que se demonstram as verdades até ao presente conhecidas na mesma Física; mas também **adquirir o hábito de as fazer com a sagacidade, e destreza, que se requer nos Exploradores da Natureza; haverá também na Universidade uma Coleção das Máquinas, Aparelhos, e Instrumentos necessários para o dito fim.**”* (p.392)

⁹A Universidade de Coimbra fica organizada em 6 Faculdades, as novas mais as antigas, Faculdades de Teologia, Cânones e Leis.

Relativamente às aulas de Química os Estatutos proferiam [137]:

*“Como as Lições Teoréticas nesta Ciência não podem ser bem compreendidas, sem a prática delas; deverá o Professor (...) dar as Lições competentes de Prática no Laboratório; nas quais não fará dos seus **Discípulos** meros espectadores; mas sim os obrigará a **trabalhar nas mesmas Experiências**, para se formarem no gosto de observarem a Natureza; e de contribuirem por si mesmos ao adiantamento, e progresso desta Ciência. A qual não se enriquece com Sistemas vãos, e especulações ociosas, mas com descobrimentos reais, que não se acham doutro modo, senão **observando, experimentando e trabalhando**. O Lente será por isso obrigado a dar por si mesmo aos seus Discípulos exemplo do trabalho, e constância, que se requerem no Observatório da Natureza.”* (p.373)

A Faculdade de Filosofia, para além da Física Experimental, também incluía a Química e a História Natural. Com vista a promover um ensino moderno das matérias que englobavam a experimentação e a observação, o Marquês de Pombal mandou construir o Hospital Escolar, o Teatro Anatómico, o Dispensário Farmacêutico, o Observatório Astronómico, o Laboratório Químico (Fig. 2.2), o Gabinete de História Natural, o Jardim Botânico e o Gabinete de Física Experimental [134].



Figura 2.2: Laboratório *Chimico* do século XVIII. Atual Museu da Ciência da Universidade de Coimbra. Fonte: Imagem da autoria de Paulo Loureiro, 10 agosto 2012.

As aulas de Física na Faculdade de Filosofia começaram no final do ano letivo de

1772-1773, por causa dos atrasos na transferência dos recursos humanos e materiais que provinham do Colégio dos Nobres de Lisboa [134].

Após a morte do rei D. José I, em 1777, o Marquês de Pombal sai da gestão política. O que origina em 1778 o regresso a Portugal do Físico e pedagogo Teodoro de Almeida, exilado em França pelo Marquês de Pombal. É considerado o fundador da Física Experimental em Portugal e um grande divulgador de ciência [135, 136]. Proferia conferências e escrevia artigos sobre Filosofia Experimental. Uma das suas obras didáticas de maior referência tem 10 volumes e intitula-se “*Recreação Filosófica*” ou “*Dialogo sobre a filosofia natural para instrução de pessoas curiosas que não frequentarão as aulas*” [135, 136]. O ensino passa a estar sob tutela da rainha D. Maria I que entrega novamente esta missão aos religiosos [134].

Outro momento importante da história do ensino em Portugal foi o desenvolvimento da Escola Normal de Lisboa, em 1816, no reinado de D. João VI, a primeira escola criada para a formação de professores [134].

A reforma de Manuel da Silva Passos, em 1836, criou um Liceu Nacional em todas as capitais de distrito, onde se leccionava 10 disciplinas [134, 138]. Nesta reforma há a valorização do ensino das Ciências (Física, Química e Mecânica) e da História Natural, tendo sido construídos em cada liceu uma Biblioteca, Jardim Botânico, Laboratórios de Química, e Gabinetes de Física, Mecânica e História Natural [134]. A construção dos novos liceus exigia um elevado esforço financeiro e atendendo à instabilidade política vivida na época, não foi possível completar a ambiciosa reforma de Passos Manuel¹⁰ [134, 138].

Mais tarde, em 1844, ocorre uma nova reforma no ensino concretizada por Costa Cabral, que desvaloriza o ensino científico nos Liceus, reduzindo o ensino das disciplinas de Física, Química, História Natural e Línguas Francesa e Inglesa [134, 138]. Nesta reforma renasceu o Conselho Superior de Instrução Pública¹¹ com sede em Coimbra. Tinha com missão controlar e supervisionar as várias atividades da Direção Geral de Educação e instrução pública, incluindo os métodos de ensino e os programas [134, 138].

¹⁰Nome porque era conhecido Manuel da Silva Passos.

¹¹Este Conselho foi criado em 1835 por Rodrigo da Fonseca, mas foi revogado após 2 meses.

Na revista “*O Instituto*”, do Instituto de Coimbra, podemos encontrar vários artigos que se debruçam sobre assuntos da educação nacional. Na década de cinquenta, do século XIX, foram aí publicados artigos sobre os sistemas de ensino de alguns países europeus como Itália, Suécia, Noruega, Espanha, Inglaterra e França [138]. Constata-se nestes artigos a valorização do ensino das ciências nos liceus estrangeiros, com uma forte vertente prática e experimental. Os autores advogavam que os professores portugueses deveriam frequentar uma formação em países de referência para aprenderem os melhores métodos de ensino nos temas científicos mais relevantes para a emergente revolução industrial. Esta formação nunca foi possível, por restrições financeiras [138]. Também nesta revista foram publicados os relatórios do Conselho Superior de Instrução Pública, a partir de 1854 (Fig. 2.3) [139].

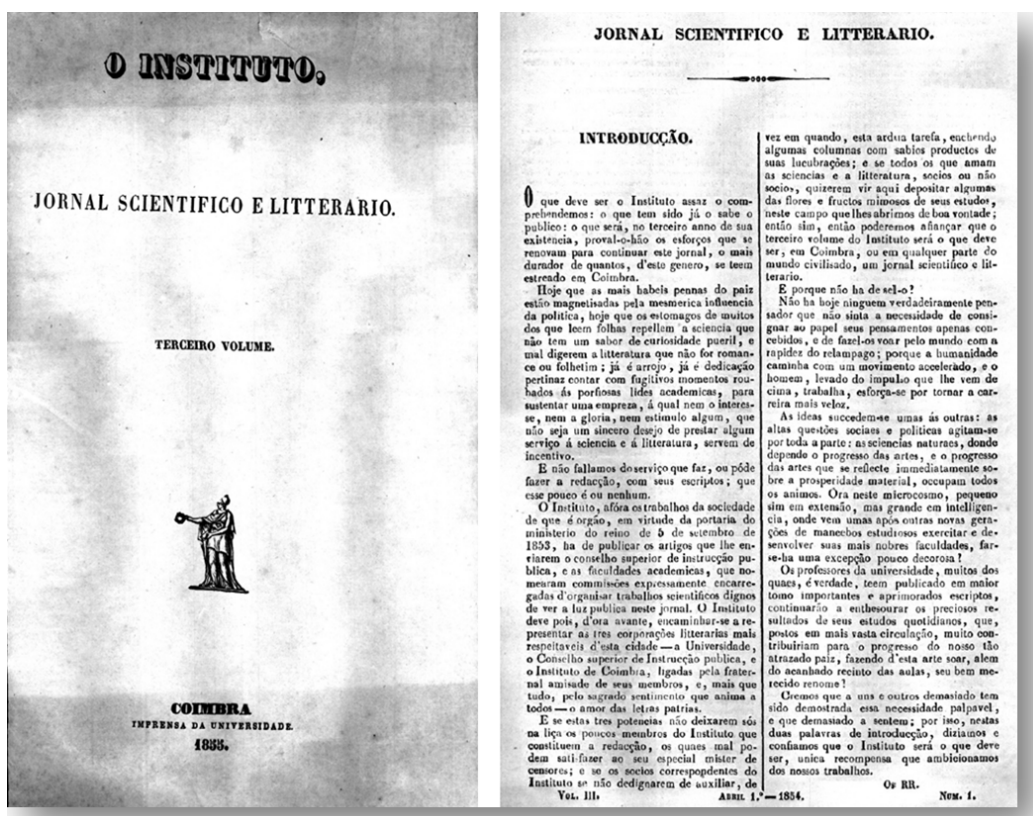


Figura 2.3: “*O Instituto: jornal científico e litterario*” - Vol. 3 (1854/55). Fonte: imagem da Universidade de Coimbra.

No ano letivo de 1854/1855 o Conselho deliberou a criação da disciplina de Princípios da Física e da Química e História Natural. Esta medida começou por ser implementada

nos liceus de Coimbra e Porto e, no ano seguinte, alargou-se aos restantes liceus. Prevista na reforma de Passos Manuel, a implementação desta medida demorou 18 anos. Podiam leccionar esta disciplina os professores da Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra ou docentes com o grau de doutor ou bacharel em Filosofia, ou o curso completo dos liceus. Aos professores era exigido a defesa de uma tese, 2 provas orais e 1 exame prático onde realizavam experiências [138].

Em 1859 é criada a Direção-Geral da Instrução Pública, em Lisboa, responsável pelas obras de qualificação dos espaços escolares e a seleção de manuais [134]. O Regulamento Geral dos Liceus é aprovado num decreto de 1860. O Ensino Secundário tem a duração de 5 anos e é constituído por 10 disciplinas, sendo dadas orientações sobre os materiais e os equipamentos dos Gabinetes de Física e dos Laboratórios de Química [138].

O Ministério de Instrução Pública foi criado em 1870. O Ministro D. António da Costa defendeu a criação de Escolas Normais para a preparação pedagógica e científica dos professores. Valorizou também a educação da mulher criando Escolas Normais femininas, defendendo a igualdade entre os rapazes e as raparigas na instrução escolar e descentralizou o ensino, alargando o ensino Primário. Este Ministro dividiu o ensino em 2 graus, elementar e complementar. No 2º grau eram lecionados Elementos de Física, de Química e de História Natural. As raparigas eram também instruídas em tarefas domésticas. Infelizmente, estas medidas foram revertidas passados 2 meses [134].

Só em 1872, no âmbito de uma nova reforma, foi criado um decreto para os programas oficiais das disciplinas. Os livros científicos de referência eram aprovados por 10 anos e os compêndios por 3 anos. Após auscultação da Direção-Geral e dos conselhos dos liceus o ministério selecionava um compêndio comum a nível nacional. O compêndio de Física para liceus "*Princípios de Physica*" tratava os conteúdos de uma forma qualitativa. Relativamente à componente experimental, apenas incluía a descrição teórica do funcionamento dos aparelhos e da sua aplicação, mas não incluía experiências a serem realizadas pelos alunos [138].

Segue-se mais um conjunto de reformas em 1880, 1886 e 1888. Nesta década de oitenta foram criadas as Escolas Industriais e houve uma grande atenção sobre o en-

sino profissional. Nesta período já havia a preocupação de proporcionar um ensino que conduzisse os alunos a saber fazer [134].

Em 1894, Jaime Moniz, membro do Conselho Superior de Instrução Pública, foi autor de mais uma reestruturação nos Ensinos Primário e Secundário. O curso Liceal passou a ser constituído pelo Curso Geral (5 anos) e por um Curso Complementar (2 anos) que incluía o ensino de Física, Química e História Natural numa só disciplina [134, 138].

Em paralelo, na Universidade de Coimbra procurava-se modernizar nas áreas de Ciências e de Medicina, proporcionando aos seus professores viagens científicas pelos melhores centros europeus. As trocas de conhecimento e contactos proporcionadas no âmbito destas viagens permitiram a António dos Santos Viegas Júnior, diretor do Gabinete de Física [140], trazer as experiências de Wilhelm Roentgen sobre os raios X para o Gabinete de Física passados apenas dois meses da sua descoberta, em 1896. O seu colega de Física, Henrique Teixeira de Bastos, fez as primeiras radiografias em Portugal e rapidamente se iniciaram os testes para aplicar os raios X na área da Medicina [135]. Henrique Teixeira de Bastos publica um artigo sobre o assunto na revista “*O Instituto*” [141, 142]. Esta importante descoberta foi também noticiada na revista “*O Occidente*”, em 25 de março de 1896 (Fig. 2.4) [143, 144].



Figura 2.4: Revista “*O Occidente*” com a notícia “*A Photographia através dos corpos opacos*”, 25 de março de 1896. Fonte: imagem do colecionador Alexandre Ramires.

Em 1907 ocorre uma grave crise na Universidade de Coimbra sob a ditadura de João Franco que mandou encerrar todas as instituições de Ensino Superior quando os estudantes fizeram greve. Com a implementação da República em 1910 os republicanos consideraram estratégico resolver o problema do atraso educativo português. Por este motivo foi publicado no “*Diário do Governo*”, um diploma sobre o novo sistema escolar 10 dias após a revolução combatendo [134],

“o analfabetismo, o insuficiente número de escolas primárias, a deficiente preparação pedagógica e científica dos professores desse mesmo grau de ensino e a sua mísera situação económica.” (p.656)

Para impor as suas ideias revolucionárias, os republicanos afastaram as Ordens Religiosas do ensino, contrariaram a doutrina católica nas escolas do Estado e as praxes e privilégios da Universidade de Coimbra. Os membros da Companhia de Jesus foram novamente expulsos [134].

Os republicanos dedicaram uma atenção particular ao combate ao analfabetismo adulto e à preparação dos professores do Ensino Primário, realizada nas Escolas Normais Primárias em Lisboa, Porto e Coimbra, que tinham acesso a Laboratórios de Física e Química. A instrução da componente prática era feita nos liceus sob orientação dos professores que já se encontravam no ativo, estando a componente teórica a cargo das Universidades [134]. A lecionação rudimentar de Ciências Físico-Químicas e Histórico-Naturais com aplicações à Indústria, Agricultura, Astronomia, etc., foi implementada no ensino Primário Complementar que era facultativo e gratuito, para alunos dos 10 aos 12 anos, destinado àqueles que não prosseguiram estudos no Ensino Secundário [134].

Ainda no ano de 1911 foram criadas as Universidades de Lisboa e Porto e concretizada a fundação do Instituto Superior Técnico - IST. O primeiro diretor do IST foi o Engenheiro Alfredo Bensaúde que apoiava o ensino experimental [135, 145].

Num dos artigos publicados por Bernardino Machado¹² na revista “*O Instituto*”, re-

¹²Professor da Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra, Membro do Conselho Superior da Instrução Pública, Ministro do primeiro governo chefiado por Hintze Ribeiro e duas vezes Presidente da República (1915-1917 e 1925-1926), <http://www.presidencia.pt>.

lativo à reforma de 1880, é criticada a falta de bons professores, referindo a sua fraca formação científica e pedagógica, a falta de compêndios e de equipamentos nos gabinetes e laboratórios dos liceus [146]. As suas ideias eram arrojadas para a época. Considerava que o ensino não deveria ser formal e abstrato, mas que os alunos deveriam envolver-se ativamente no seu processo de aprendizagem e que a relação professor-aluno deveria ser valorizada [146]. O professor deveria fazer uso da experimentação, da observação de objetos e fenómenos, e manipular instrumentos para auxiliar o ensino dos conteúdos teóricos e, desta forma, motivar os seus alunos. Em 1900 Bernardino Machado, expõe esta ideologia no seu *“Curso de Pedagogia”* dividido em 5 lições [147, 148]. Estas ideias pedagógicas foram tidas em conta em 1905 nos programas de Física e de Química, e 9 anos mais tarde, na implementação da disciplina de *“Trabalhos práticos”* [134, 149].

Em 1905 o programa de Física dava indicações de como deveria ser o ensino da Física: *“na 3.^a classe é prático; na 4.^a e 5.^a, descritivo; na 6.^a e 7.^a geral”*. O objetivo do ensino prático da Física na 3.^a classe era familiarizar os alunos com a observação dos principais fenómenos físicos e fornecer conhecimentos intuitivos que permitissem explicar o mecanismo de funcionamento de instrumentos e aparelhos usados no dia-a-dia. Este programa de Física também indicava que as experiências se baseassem em materiais simples e caseiros para que fosse possível aos alunos reproduzi-las com as suas próprias mãos, noutros contextos. A 4.^a e 5.^a classes, sendo puramente descritivas, não envolviam explicações teóricas com cálculos mas descreviam os factos e as leis. Indicava que a vertente prática experimental deveria estar sempre presente. Na 6.^a classe e na 7.^a classe os alunos resolviam problemas teóricos e faziam exercícios práticos no laboratório [150].

Uma das medidas da reforma de 1905 foi o aumento da carga horária das disciplinas científicas e a sua separação como disciplinas independentes [134]. A Física passou a ser lecionada isoladamente, tal como a Química e as Ciências Naturais [146]. Além disso, esta reforma também deu indicação para os professores privilegiarem na disciplina de Física a componente prática e experimental. Em 1914, é introduzido no Ensino Secundário o trabalho experimental individual [151]. O aluno deveria realizar o trabalho numa perspetiva de investigador ativo e, desta forma, teria a oportunidade de desenvolver competências no estudo e no trabalho. Este trabalho experimental era orientado pelo professor sem a

cedência de protocolo “tipo receita” [134, 149, 151]. Os problemas experimentais do tipo investigativo incentivavam o aluno a “*descobrir e redescobrir*” (p.890) [151]. Um dos decretos de 1914 sobre a criação dos trabalhos individuais educativos nos Liceus, que eram de inscrição facultativa, dizia [151]:

“Nos Liceus a onde haja material didático suficiente e instalações adequadas, são os reitores autorizados a prover à instituição de cursos de trabalhos individuais, destinados aos alunos da 6.^a e 7.^a classes, nas seguintes disciplinas: Física, Química, Ciências Biológicas e Geológicas, e Geografia.” (p.899)

Estes trabalhos podiam ser realizados em laboratórios, museus ou no campo [134, 151].

Em 1918, já no regime ditatorial chefiado por Sidónio Pais, há uma nova reforma no ensino conduzida pelo Professor de Matemática, da Universidade de Coimbra, Francisco Costa Lobo [134]. Uma das medidas da reforma foi a exigência de gabinetes e de laboratórios apetrechados com material e instrumentos para ministrar o curso complementar de Ciências em Liceus. Nesta reforma foram, ainda, alterados os programas de Física e Química com a diminuição de conteúdos, mas salvaguardando a permanência da valorização do ensino experimental. Solicitava-se uma interligação entre os fenómenos físicos e a experimentação. Para além das aulas teóricas, que continham demonstrações científicas, os alunos também tinham aulas laboratoriais semanais para a realização dos trabalhos práticos individuais, com a duração semanal de 1h30min. Após a realização do seu trabalho individual de investigação os alunos faziam uma apresentação pública [149].

Um marco histórico interessante sobre a carreira docente foi contido no “*Estatuto da Educação Nacional*”, elaborado em 1923, que não saiu do papel, mas tinha como diretrizes [134]:

“Propõe-se um vencimento único para professores de igual categoria, com acréscimo especial para os que se revelarem mais dedicados e competentes. Os que ao fim de três anos de exercício não revelarem os necessários dotes profissionais serão reduzidos, no mínimo em 20%, nos seus

vencimentos, e suspensos de funções se não melhorarem num prazo subsequente de outros três anos. A antiguidade dos professores não conta para efeitos de promoção e de nomeação mas apenas a dedicação e a competência.” (p.702)

Após o golpe militar de 1926, a ideologia do Estado Novo “*Deus, Pátria e Família*” passa a dominar todo o sistema de ensino. As políticas educativas seguiram esta ideologia tendo como pano de fundo a redução das despesas do Estado [134].

Salazar ordenou a redução de escolas, de programas e dos anos obrigatórios no ensino Primário que passam de 4 para 3. A coeducação foi proibida e extinto o ensino Primário Complementar. A instrução liceal também viu reduzido o número de anos do curso e as matérias ensinadas. As novas regras para o concurso de livros a adotar nos Liceus, a obrigatoriedade do uso do caderno diário e as funções alargadas dos reitores foram outras medidas implementadas por Salazar [134]. Os pedagogos ficam condicionados na sua liberdade de expressão e cessam a publicação de artigos de índole pedagógica na revista “*O Instituto*” [149]. A formação de professores ao nível pedagógico e científico ficou menos exigente porque pouco mais era necessário do que ensinar a ler, escrever e contar [134].

Em 1930 o Governo da ditadura também faz nova legislação sobre a preparação de professores do ensino Liceal. Os professores tinham que frequentar o Curso de Ciências Pedagógicas, em Lisboa ou Coimbra, e a componente prática correspondia a um estágio de 2 anos nos Liceus Normais [134].

Em 1935, o Conselho de Ministros assina um diploma para garantir que os funcionários do Estado cumpriam os princípios fundamentais da Constituição. Quando foi aplicado o diploma alguns professores universitários¹³ de prestígio foram afastados das Universidades [134]. O ministro Carneiro Pacheco procurava controlar as disciplinas e os conteúdos dos livros para garantir que o seu ideário político era ensinado. Em 1937 foram publicadas as regras para o “*livro único*” do Ensino Primário Elementar, sujeito a um concurso público. O rendimento escolar era muito baixo e, por isso, o Governo orde-

¹³Médico Abel Salazar, Filólogo Rodrigues Lapa, Psicólogo Sílvio Lima e o Botânico Aurélio Quintanilha.

nava aos professores benevolência nos critérios de correção dos exames, que eram pouco exigentes [134].

Em 1939 inicia-se a II Grande Guerra Mundial. Este tempo de dificuldades e expectativa não era propício a transformações pedagógicas. Era necessário apenas vigiar as instituições e nelas continuar a defender os princípios da doutrina do Estado Novo [134]. Em 1936, tinham sido encerradas as Escolas do Magistério Primário e a formação dos professores foi drasticamente reduzida, mas entre 1940 e 1950 Salazar comprometeu-se a construir 12 500 salas de aula para a prática do Ensino Primário. Esta medida obrigou a reabrir Escolas do Magistério Primário e a formação de professores passou de 3 para 2 anos. Era urgente combater a falta de professores para leccionar nas novas escolas primárias [134].

O fim da II Grande Guerra Mundial, em 1945, trouxe a esperança de algumas alterações políticas. Contudo, pouco mudou, e as repressões do Estado Novo, também na inovação pedagógica, até se agravaram. Vozes dissidentes na Academia foram suprimidas. De entre os professores universitários demitidos por Salazar destacam-se os ilustres Professores de Física, Mário Silva da Universidade de Coimbra e Manuel Valadares da Universidade de Lisboa. Também a fiscalização das atividades dos professores dos Liceus foi acentuada, com a criação da Inspeção do Ensino Liceal que reprimia as práticas progressistas [134].

A 22 de outubro de 1947 foi aprovado um Decreto-Lei (n° 37-112 - Diário do Governo, 1ª Série, n° 247) onde se definia que o ensino da Física deveria ser ministrado no âmbito da disciplina de Ciências Físico-Químicas a todos os alunos do 2º Ciclo Liceal (atualmente 3º Ciclo do Ensino Básico) e 3º Ciclo Liceal (atual 10º e 11º Anos do Ensino Secundário). No que concerne ao ensino da Física, nesta altura os conteúdos foram alargados, mas eram ensinados de forma superficial. A carga horária da disciplina de Ciências Físico-Químicas no 2º Ciclo Liceal era de 3 horas semanais. O programa de Física procurava interligar as aprendizagens realizadas em contexto de sala de aula com as que os alunos adquiriam no dia-a-dia. Compreendia a resolução de problemas, a citação de referências históricas e a realização de atividades experimentais com a finalidade de promover nos

alunos uma atitude científica. A preocupação de recorrer à experimentação visava tornar o ensino mais simples, claro, e apelativo. No ensino da Física também era dada ênfase às aplicações da Física através da explicação do mecanismo de funcionamento de alguns aparelhos caseiros [16, 152].

Os manuais escolares únicos em cada disciplina e iguais para todas as escolas vigoravam durante 5 anos. Os professores não tinham liberdade para usar outros recursos, mesmo apontamentos. Havia um controlo apertado sobre o conteúdo e a metodologia do que era ensinado. O professor era uma autoridade na sala de aula. A obediência, o respeito e a não contestação eram regras que o aluno tinha de cumprir. O ensino para além do Primário era sobretudo destinado a elites [16, 134, 152].

A qualidade dos manuais escolares únicos era variável. Destacam-se pela sua qualidade os do Rómulo de Carvalho, de grande clareza expositiva e elegância formal [153]. Os seus compêndios escolares eram um sucesso e alguns foram aprovados como “*livro único*”, apesar das restritas regras impostas durante um certo período do Estado Novo. O seu “*Guia de Trabalhos Práticos de Química para o 3.º Ciclo dos Liceus*” foi utilizado durante 24 anos (1950 a 1974) e teve mais de 10 edições. Outro compêndio usado como “*livro único*” durante 5 anos (1951 a 1955) foi o “*Compêndio de Química para o 3.º Ciclo*”. A mesma sorte não teve o autor com o “*Compêndio de Física para o 2.º Ciclo do Ensino Liceal*”. Este livro foi reprovado para “*livro único*” e não chegou a ser publicado [153].

Após a suspensão da lei que obrigava ao “*livro único*”, Rómulo de Carvalho edita um outro excelente compêndio didático, “*Ciências da Natureza*”, em dois volumes, direcionado aos alunos do recém-criado Ciclo Preparatório do Ensino Secundário [153]. Sobre este inovador compêndio, editado em 1968/69, Rómulo de Carvalho escreve nas suas “*Memórias*” [154]:

“Imaginei organizar um compêndio onde tudo fosse adquirido através da observação e da experimentação, servindo-me de um rapazinho da mesma idade daqueles a quem o livro se destinava, cuja pessoa estivesse sempre presente nas páginas do compêndio, observando e experimentando aquilo que pretendia comunicar. O rapazinho iria acompanhando o meu projeto e eu iria corrigindo todas as dificuldades que nele

encontrasse adaptando assim toda a execução proposta no texto, à idade normal do aluno.” (p.283)

O compêndio para os alunos do 1º Ano das “*Ciências da Natureza*” ocupava-se dos temas de Física e Química. O volume I foi um sucesso com 12 edições e vendeu 378 mil exemplares [153,154] (Fig. 2.5 [155]).

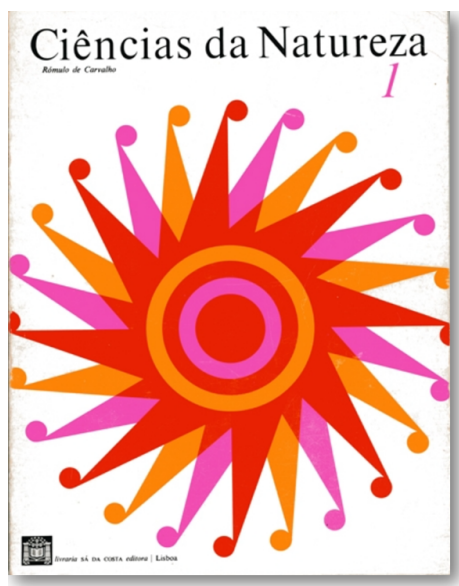


Figura 2.5: Capa do livro “*Ciências da Natureza 1*” de Rómulo de Carvalho, 1968. Fonte: imagem do livro de José António Paixão.

O Volume II teve 5 edições e vendeu 126 mil exemplares. O compêndio para os alunos do 2.º Ano das “*Ciências da Natureza*” abordava temas de Zoologia, de Botânica e de Mineralogia e Geologia [154].

Em 1952, o Ministro da Educação Nacional, Pires de Lima, promoveu um Plano de Educação Popular (1953-1954) para combater o analfabetismo. A obtenção do Diploma de Instrução Primária passou a ser obrigatório para aceder ao trabalho no comércio e na indústria, ou obter a carta de condução automóvel [134].

Sucedeu a Pires de Lima o Professor Catedrático da Universidade Técnica e engenheiro de formação Francisco Leite Pinto [134]. A sua grande inovação no Ministério da Educação Nacional foi a interligação da educação com a economia. Idealizou em 1959 o Plano de Fomento Cultural. Para a implementação deste plano eram necessários re-

cursos técnicos e financeiros que escasseavam no país. Para ultrapassar esta limitação, o ministro recorre a ajudas internacionais, nomeadamente sugerindo uma colaboração com a Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económicos (O.C.D.E.). Os acordos internacionais que o Governo estabeleceu obrigou-o a fazer certas alterações, a mais importante o aumento da escolaridade obrigatória. Em 1964 o Ensino Primário passou de 4 anos para 6 anos, obrigatório para ambos os sexos [134]. Foi criado também, em 1967, o Ciclo Preparatório do Ensino Secundário. Tinha a duração de 2 anos e os rapazes e as raparigas frequentavam-no separados. Este Ciclo fundiu o 1º Ciclo do Ensino Liceal e o Ciclo Preparatório do Ensino Técnico. Os temas relacionados com a Física eram ensinados na disciplina de Ciências da Natureza do 1º Ano deste Ciclo [134].

A década de 60 viu surgir o interesse dos professores e das instituições pela utilização dos meios audiovisuais nas práticas pedagógicas. Em 1964, o Ministro Galvão Teles instituiu o Centro de Estudos de Pedagogia Audiovisual, depois criou o Instituto de Meios Audiovisuais de Ensino e a Telescola. Com a Telescola foi muito alargado o Ensino Preparatório que chegou a todo o país através da radiodifusão e da televisão. Este Ministro também criou em 1965 o Gabinete de Estudos e Planeamento da Ação Educativa. A este órgão competia estudar os problemas do ensino e as reformas educativas propondo soluções à tutela [134].

Em 1968, o novo Presidente do Conselho, Marcelo Caetano, convidou para a sua equipa ministerial o Professor Catedrático de Física Veiga Simão. O então Ministro ocupa a pasta da Educação e implementa uma nova reforma na década de setenta do século XX. As suas ideias inovadoras, modernas e criativas eram inspiradas nas culturas e nas experiências vividas em Inglaterra, onde frequentou a Universidade de Cambridge [156]. A Reforma educativa iniciou-se a 15 de janeiro de 1970. O currículo de ciências, apesar de desfasado no tempo, teve a influência dos currículos de ciências dos Estados Unidos da América e de Inglaterra [16]. Neste ano foi formulada a Lei de Bases do Ensino composta por legislação, medidas e ações reformistas para todo o sistema educativo. Esta Lei de Bases ainda está patente, em termos de ideias e valores, na Lei de Bases do Sistema Educativo de 1986 [156]. A ideia chave da reforma do Professor Veiga Simão foi a “democratização do ensino” que procurava garantir a igualdade de oportunidades para

todos os alunos. Com esta ideia o Estado tenta pela primeira vez institucionalizar a escola de massas [157].

Em 1971, o Professor Veiga Simão tem uma atitude inédita ao convidar o público a pronunciar-se sobre os documentos de dois projetos: “*Projeto do Sistema Escolar e Linhas Gerais da Reforma do Ensino Superior*” que apresentou ao país [134]. Em 1973 o Ministro alargou a escolaridade obrigatória dos 6 para os 8 anos e aumentou o Ensino Preparatório [157]. Neste mesmo ano são apresentados os resultados da reforma, traduzindo de forma quantitativa o trabalho concreto e real dos projetos em curso. Esta reforma foi interrompida com o golpe militar de 25 de abril de 1974 e a transição do país para o regime democrático [134].

Até finais da década de 70 as aulas laboratoriais estavam incorporadas na disciplina de Ciências Físico-Químicas do Ensino Secundário e os alunos eram divididos em turnos. Finda esta década, deixou de existir uma componente laboratorial formal na disciplina de Ciências Físico-Químicas e apenas os alunos que escolhiam as novas disciplinas práticas das áreas científicas, como por exemplo “Quimicotecnica”, tinham acesso às aulas laboratoriais [16, 25].

Em 1975, foi extinto o Ensino Comercial e Técnico e criado o Ensino Básico Unificado. Esta medida rompeu com a dualidade entre o Ensino Liceal e o Ensino Técnico e remeteu para a idade dos 15 anos a decisão sobre o rumo escolar [157, 158].

A rápida massificação do ensino que ocorreu após o 25 de abril e a consequente pressão sobre o Ensino Universitário, que não conseguia acolher a vaga de alunos que terminavam o Ensino Secundário ao fim de 11 anos de escolaridade, levou à criação, em 1977, do ano propedêutico, constituído por 5 disciplinas obrigatórias. Em 1980, o ano propedêutico foi substituído pelo 12º Ano do Ensino Secundário. O Ensino Secundário passou a ter 2 ramos, o do ensino com vista à entrada no Ensino Superior Universitário e o profissionalizante. No ano seguinte, foi publicada uma Portaria que explicitava os currículos dos cursos profissionalizantes que possibilitavam aos alunos prosseguirem o Ensino Superior Politécnico [157, 158].

Também neste ano de 1981 o Professor José Mariano Gago¹⁴, juntamente com outros colegas, foi o responsável pela primeira exposição, em Portugal, de divulgação científica “*De que são feitas as coisas?*”, patente no Instituto Superior Técnico (Fig. 2.6) [159].



Figura 2.6: Cartaz da exposição “*De que são feitas as coisas?*”. Fonte: imagem do artigo de Mário Pimenta.

Esta exposição de divulgação científica para o grande público permitia realizar experiências, e foi apoiada pelo CERN (*European Organization for Nuclear Research*). A adesão foi extraordinária, com milhares de visitantes.

Igualmente importante, em 1986, foi a entrada de Portugal na Comunidade Económica Europeia (CEE). Com este acontecimento surgiram vários desafios ao desenvolvimento de um país ainda ferido pela ditadura. A mudança do paradigma da Educação era um desses grandes desafios. Neste período houve uma forte aposta no Ensino Profissional. O Ministro da Educação José Augusto Seabra cria em 1983 o Ensino Técnico Profissional pós 9º Ano. Os cursos Técnico-Profissionais tinham a duração de 3 anos e a possibilidade

¹⁴Mais tarde Ministro da Ciência e Tecnologia de 1995 a 2002 e Ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de 2005 a 2011.

do ingresso no Ensino Superior. Os cursos profissionais com a duração de 1 ano e meio só permitiam um diploma profissional e a entrada no mundo do trabalho [157, 158]. Neste período houve um conjunto de fatores que desencadearam esta reforma: o desemprego juvenil, as alterações na estrutura militar, o abrandamento da emigração e o regresso de população das ex-colónias [157]. A reforma não foi bem sucedida porque, apesar de haver muita oferta nos cursos profissionais, houve uma notória falta de procura por parte dos alunos que encaravam o Ensino Técnico e Profissional como um ensino de menor prestígio [157, 158].

No ano de 1986 foi criada a Lei de Bases do Sistema Educativo que consagrou o Ensino Básico como universal, obrigatório, gratuito e com a duração de 9 anos. No que diz respeito à cultura científica destacamos os dois seguintes objetivos da Lei de Bases [160]:

*“Assegurar o desenvolvimento do raciocínio, da reflexão e da **curiosidade científica** e o aprofundamento dos elementos fundamentais de uma cultura humanística, artística, científica e técnica que constituam suporte cognitivo e metodológico apropriado para o eventual prosseguimento de estudos e para a inserção na vida activa; c. Fomentar a aquisição e aplicação de um saber cada vez mais aprofundado assente no estudo, na reflexão crítica, na observação e na **experimentação**.”* (p.3070,3071)

Neste mesmo ano, em 1986, José Mariano Gago foi convidado para presidir à Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica. O seu mandato pautou-se não só pelas questões de investigação científica mas, também, pelo apoio à divulgação científica e à aproximação entre os cientistas e as escolas [161].

Na década de 80 Portugal esteve envolvido numa investigação, realizada a nível mundial, que defendia que a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) deveria ser privilegiada no ensino das ciências [162]. Segundo este movimento, as três dimensões deveriam fazer parte da estrutura conceptual dos currículos de ciências, permitindo uma melhor formação dos futuros cidadãos para o desenvolvimento económico dos países [16].

Apesar das novas perspetivas introduzidas pelos investigadores em Didática das Ciências e em Ciências da Educação, os programas mantinham ainda, nesta altura, uma perspetiva onde as leis e princípios científicos eram ensinados com ênfase na aprendiza-

gem do “*método científico*”, sem preocupação de uma contextualização das aprendizagens na Tecnologia e sem as relacionarem com o meio social do aluno. No que diz respeito ao ensino experimental, por vezes, os programas de Ciências Físico-Químicas dos 7º, 8º e 9º Anos tinham um enfoque eminentemente experimental, mas os objetivos de aprendizagem nem sempre eram coerentes com esta perspetiva. Na prática, a componente experimental de Ciências Físico-Químicas era muitas vezes negligenciada [16, 25].

Em 1987 foi realizado um estudo sobre o trabalho experimental nas aulas de Física e Química com uma amostra constituída por 521 professores [163]. A maioria destes professores (54,9%) referiu que usavam nas suas aulas o trabalho experimental, mas a atividade que mais usavam era ainda a “Resolução de exercícios” (84,7%). Os professores de Física, (55,5%), consideravam que os equipamentos eram insuficientes para a realização do trabalho experimental. O questionário implementado também investigava quatro tipologias do trabalho experimental: demonstrações, verificações individuais, verificações em grupo e pequenas investigações. Os resultados mostraram que os professores faziam essencialmente demonstrações para “*mera ilustração da teoria*”. O estudo evidenciou que o facto dos professores serem profissionalizados apresentava vantagens na utilização do trabalho experimental nas aulas de Física e Química. Os autores recomendaram que o trabalho experimental fosse mais focado no aluno, que os professores clarificassem previamente os objetivos do trabalho experimental e indicaram a necessidade de formação contínua na área do trabalho experimental para os professores com mais de 5 anos de serviço [163].

O XI Governo Constitucional implementou uma reforma na educação cujos marcos mais importantes foram a criação das Escolas Profissionais e a Reforma Curricular dos Ensinos Básico Secundário, em 1989, promovida pelo Ministro da Educação Roberto Carneiro [164]. Em 1991 são publicados os programas do 2º e 3º Ciclos do Ensino Básico [158]. Quanto ao ensino das Ciências, a disciplina de Ciências Naturais era lecionada nos 7º e 8º Anos, e a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 8º e 9º Anos. Nos programas foi valorizada a experimentação como uma ferramenta importante no processo ensino-aprendizagem. Os alunos do Ensino Secundário que seguiam o Curso Geral Científico e Natural tinham, nos 10º e 11º Anos, a disciplina de Ciências Físico-Químicas e no 12º Ano, a par da Matemática, disciplina obrigatória, optavam por 2 disciplinas específicas

(Física, Química, Biologia, etc.) [23].

Em 1990, Mariano Gago apresenta o seu livro “*Manifesto para a Ciência em Portugal*” com ideias inovadoras [165].

Seis anos mais tarde, é criada a Agência *Ciência Viva*, quando Mariano Gago era Ministério da Ciência e da Tecnologia. A *Ciência Viva* teve um papel ímpar na promoção da Ciência no público escolar e não escolar, tendo também tido um papel fundamental na reapetrechamento dos laboratórios escolares, promovendo concursos para projetos de divulgação do ensino das ciências nas escolas [166].

O sistema educativo viu ser implementada em 1993 mais uma reforma curricular do Ensino Secundário e a Criação de Cursos Tecnológicos, pelo Ministro da Educação António Couto dos Santos [167]. Nesta reforma foram introduzidas as disciplinas de Técnicas Laboratoriais (Física/Química/Biologia/Geologia), no âmbito dos planos de estudo dos cursos gerais criados ao abrigo do Decreto-lei n.º 286/89, de 29 de agosto. Estas disciplinas apresentavam os seguintes objetivos [168]:

- *Adquirir um saber criativo, um saber fazer e a capacidade de pensar por si próprio;*
- *Desenvolver interesse pela investigação e capacidade para a acompanhar com atitudes de autonomia e cooperação;*
- *Manifestar segurança e espírito independente mobilizando criticamente saberes e competências adquiridas;*
- *Adquirir capacidade de abstracção baseada na especulação teórica dos factos experimentais e quotidianos;*
- *Manifestar capacidade de resolução de problemas e comunicação de resultados científicos, assim como rigor e espírito crítico.”* (p.11)

A organização letiva desta disciplina era da responsabilidade das escolas. Inicialmente muitas delas não dispunham de equipamentos, materiais e laboratórios para o plano de estudos das disciplinas de Técnicas Laboratoriais. Também alguns professores consideraram que a articulação entre as disciplinas de Técnicas Laboratoriais e Ciências Físico-Químicas não era muito eficaz. Apesar destas limitações, os alunos que frequentaram esta disciplina tiveram a oportunidade de realizar amplo trabalho experimental em

aulas específicas para o efeito [23, 25].

Em 2001, o Ministro da Educação Augusto Santos Silva promoveu outra Reorganização Curricular do Ensino Básico, publicada no Decreto-Lei n° 6/2001 de 18 de janeiro. Esta reorganização começou a ser desenhada anteriormente, a partir do ano letivo de 1996/1997, no mandato do Ministro da Educação Eduardo Marçal Grilo e resulta de uma proposta do Departamento do Ensino Básico intitulada “*Projeto de Reflexão Curricular Participada*” [169]. Desta reflexão resultou um segundo projeto, “*Projeto de Gestão Flexível do Currículo*”, que proporcionava às escolas maior autonomia na implementação do Currículo. Com esta nova reorganização procurava-se aumentar a eficácia das aprendizagens essenciais, diminuir o abandono escolar e o insucesso no Ensino Básico. As escolas tinham liberdade para adaptar o currículo às características dos alunos. Este projeto foi aplicado em algumas escolas e alvo de debates e pareceres entre todos os agentes educativos. Em resultado deste trabalho piloto foi apresentada a Proposta de Reorganização Curricular do Ensino Básico, em 2000, que entrou em vigor em 2001 [23, 169, 170].

O novo currículo das ciências para o 3° Ciclo do Ensino Básico foi implementado no ano letivo de 2002/2003, pelo ministério de David Justino. As disciplinas de Ciência Naturais e de Ciências Físico-Químicas passaram a existir nos 7°, 8° e 9° Anos. O Decreto-Lei n° 6/2001 no artigo 3°, alínea e) refere, a este propósito [169]:

“Valorização das aprendizagens experimentais nas diferentes áreas e disciplinas, em particular, e com carácter obrigatório, no ensino das ciências, promovendo a integração das dimensões teórica e prática.” (p.259)

As aulas passaram a ser de 90 minutos e a carga horária semanal da disciplina de Ciências Físico-Químicas, nos 7° e 8° Anos, passou a ser de 2 blocos de 90 minutos, e no 9° Ano passou a ser de 2,5 blocos (225 minutos) [169]. Neste currículo foi enquadrada a interação Ciência - Tecnologia - Sociedade - Ambiente (CTSA) e os temas científicos deveriam ser explorados numa perspectiva interdisciplinar. O ensino passa a focar-se no desenvolvimento de competências [171]. Também foi estabelecido um sistema de reconhecimento, validação e certificação de competências (RVCC) como modalidade de educação/formação de jovens e adultos [158].

A última reforma no Ensino Secundário foi implementada em 2004, embora o seu desenho se tenha iniciado na última década do século XX. Em 2001 foi publicado um Decreto-Lei para a Revisão Curricular do Ensino Secundário e nele se repete um dos princípios orientadores do Decreto-Lei n° 6, no artigo 3°, alínea f), sobre a obrigatoriedade das atividades experimentais no ensino das ciências [172].

As novidades da reforma (Decreto-Lei n° 74/2004 de 26 de março) são a obrigatoriedade da escolaridade até ao 12° Ano, a reorganização dos Cursos Gerais e Tecnológicos, a criação de novos programas para as disciplinas e a atribuição de maior autonomia na administração e gestão às escolas dos Ensinos Pré-escolar, Básico e Secundário [157]. Os “Princípios orientadores” do artigo n° 4, alínea g) declaram [173]:

“Favorecimento da integração das dimensões teórica e prática dos saberes, através da valorização das aprendizagens experimentais nas diferentes áreas e disciplinas e da criação de espaços curriculares de confluência e integração de saberes e competências adquiridos ao longo de cada curso.”
(p.1933)

No que diz respeito ao ensino da Física, esta reforma de 2004 procedeu a uma alteração significativa dos programas das disciplinas de Ciências Físico-Químicas dos 10°, 11° e 12° Anos. A disciplina de Ciências Físico-Químicas passa a designar-se de Física e Química A. Nos Cursos Tecnológicos foi criada a disciplina de Física e Química B. As disciplinas bienais tinham a carga horária semanal de 3 blocos de 90 minutos, em cada ano letivo [173]. Foi implementado o exame nacional nas disciplinas bienais no final do 11° Ano e o exame nacional de Física no 12° Ano foi suspenso a partir do ano letivo 2006/2007. Nesta reforma também foi introduzido, no 12° Ano, uma área curricular não disciplinar denominada “Área de Projeto”, para os alunos dos Cursos Científico-Humanísticos, e o “Projeto Tecnológico”, para os alunos dos Cursos tecnológicos. A “Área de Projeto” tinha a carga semanal de 2 blocos de 90 minutos e procurava interligar conhecimentos de natureza interdisciplinar e transdisciplinar [174]. Nalgumas escolas, as Áreas de Projeto foram usadas para implementar pequenos projetos de natureza científica, com os alunos, alguns apoiados por Universidades. No âmbito destas alterações no Ensino Secundário

também foram eliminadas as disciplinas de Técnicas Laboratoriais. Um pequeno número de atividades experimentais foram incorporadas na disciplina de Ciências Físico-Químicas do 10º e 11º Anos e nas disciplinas de Física e de Química do 12º Ano [175].

O Ministério da Educação teve acesso a relatórios concebidos pelo Grupo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário (GAAIRES). No relatório de 2006 refere-se [175]:

“A extinção das disciplinas técnicas, não compensada na carga horária atribuída às disciplinas da componente de formação específica, acarretou uma diminuição efetiva do peso do ensino prático e/ou experimental ao longo dos três anos do ensino secundário, deficit particularmente sentido na área das ciências experimentais. Acrescem dificuldades sentidas até agora na articulação entre teoria e prática nos períodos lectivos de 90 minutos.” (p.3)

Esta relatório alerta o Ministério da Educação para o peso dos exames na classificação de acesso ao Ensino Superior, que condiciona as práticas pedagógicas e orienta os professores, sobretudo, para o ensino de conteúdos avaliados no exame nacional. Houve um reforço da componente prática e experimental nos novos programas e o aumento da duração das aulas para 90 minutos que permitiria, *a priori*, rentabilizar as aulas desta componente. No entanto, o relatório declara alguns constrangimentos na implementação no ensino experimental [175]:

- “1. a extinção das disciplinas técnicas;*
- 2. desarticulação entre as exigências do currículo e as condições existentes nas escolas;*
- 3. gestão das práticas pedagógicas nas aulas de 90 minutos.”* (p.10)

Ainda sobre o ensino experimental, os professores referem a falta de equipamentos e a dificuldade na gestão da carga horária atribuída às disciplinas, de forma a equilibrar as componentes teórica e prática e/ou experimental. Esta dificuldade aparece interligada à extinção da disciplina de Técnicas Laboratoriais, referindo o relatório [175]:

“É generalizado o discurso que responsabiliza o desaparecimento das disciplinas de técnicas pela redução do ensino prático e/ou experimental, uma vez que a existência destas disciplinas garantia um espaço curricular específico para a sua exploração.” (p.55)

Professores, alunos e encarregados de educação afirmaram que as aulas de 90 minutos só são produtivas com estratégias didáticas versáteis. Continuaram a existir muitas aulas expositivas. No que concerne à formação e atualização dos professores para a implementação da Reforma no Ensino Secundário, o relatório indica falta de formação científica, em particular na área do ensino experimental. Os alunos criticam os tradicionais métodos de ensino dos professores, muito teóricos e expositivos. Já os professores defendem as suas metodologias, referindo falta de condições para inovar nas práticas pedagógicas. A falta de condições inclui a necessidade de preparar os alunos nas competências que serão alvo de avaliação nos exames nacionais, a extensão dos programas e a obrigatoriedade de os cumprir. O elevado número de alunos por turma e as limitações nos desdobramentos das turmas são também referidos [175].

Na sequência dos relatórios do GAAIRES, o Ministério da Educação presidido por Maria de Lurdes Rodrigues concretizou algumas alterações curriculares nos Cursos Científico-Humanísticos do nível Secundário. Estas alterações estão patentes no Decreto-Lei n.º 272/2007 de 26 de julho. Com vista a viabilizar a componente prática e/ou experimental foi atribuído um reforço de carga horária nas disciplinas bienais, incluindo a de Física e Química A, bem como nas disciplinas anuais, como a Física do 12º Ano. Esse reforço correspondeu a 45 minutos de carga horária semanal associados a um tempo letivo de 90 minutos, perfazendo 135 minutos. Este tempo (135 minutos) foi considerado o tempo mínimo obrigatório para a implementação de aulas experimentais a desenvolver com os alunos [176].

Mais tarde, em 2011, com Maria Isabel Vilar, na tutela do Ministério da Educação, foi publicado o Decreto-Lei n.º 50/2011 de 8 de abril. Duas das medidas preconizadas neste documento foram a eliminação da disciplina de “Área de Projeto” do plano dos Cursos Científico-Humanísticos do 12º Ano e a diminuição da carga horária letiva semanal dos

alunos no ano de conclusão do Ensino Secundário. Esta medida da redução da carga horária foi justificada, no Decreto-Lei, pela finalidade de “... *uma carga horária e uma organização curricular centrada na conclusão do ciclo de ensino e na preparação dos exames nacionais*” (p.2097). A disciplina de Física do 12º Ano do Ensino Secundário teve uma redução de 45 minutos [177].

Em dezembro de 2011 o Ministro da Educação e Ciência, Nuno Crato, apresentou uma proposta-base da Revisão da Estrutura Curricular. As medidas propostas tinham como objetivo concretizar alterações às matrizes curriculares que, na altura, vigoravam e tinham sido propostas nos Decretos-Leis n.º 50/2011 de 8 de abril e n.º 94/2011 de 3 de agosto [178].

Em 2013 procedeu-se à criação das Metas Curriculares (despacho n.º 15971/2012 [179]), sem a alteração dos respetivos programas, para a disciplina de Ciências Físico-Químicas do 3º Ciclo do Ensino Básico e para as disciplinas de Física e de Química do 12º Ano do Ensino Secundário. Apenas as disciplinas de Física e Química A, dos 10º e 11º Anos, do Ensino Secundário tiveram novos programas com as respetivas Metas Curriculares. No entanto, nestes novos programas manteve-se mais de 80% dos programas antigos. As Metas Curriculares¹⁵ para o 12º Ano foram elaboradas contando com a redução da carga horária definida no Decreto-Lei n.º 50/2011 [180].

A aplicação das Metas Curriculares é obrigatória, tendo sido empregue à disciplina de Ciências Físico-Químicas a partir do ano letivo de 2014/2015 [181].

Em síntese, podemos constatar que a história do ensino em Portugal apresenta vários episódios, alguns com impacto positivo, outros negativo, no sistema educativo português. Os sucessos e as vicissitudes dependeram dos atores envolvidos, com preponderância para o poder político que conduzia as reformas. No que concerne ao ensino das Ciências, verificamos que as reformas mais progressistas estiveram associados a personalidades políticas que valorizavam a Ciência e nela viam o motor para o desenvolvimento do país.

Para terminar, em linha de reflexão, apresentamos um gráfico do Instituto Nacional

¹⁵Serão analisadas quanto às Atividades Laboratoriais no Capítulo 3.

de Estatística, IP - Portugal (Fig. 2.7)¹⁶, com a percentagem de evolução de analfabetismo entre 1940 a 2001 [158]. É surpreendente verificarmos que no início do século XXI cerca de 10% das mulheres e cerca de 5% dos homens em Portugal ainda são analfabetos...

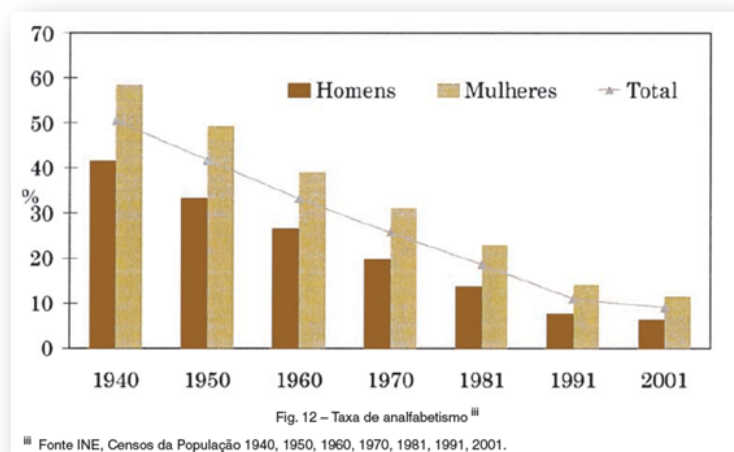


Figura 2.7: Taxa de analfabetismo em Portugal entre 1940 a 2001.

2.2 Livro Branco da Física e da Química

Foi realizado em Portugal, no início deste século, um estudo exaustivo e de referência sobre o ensino da Física e da Química, elaborado pelas Sociedades Portuguesas de Física e de Química, e patrocinado pela Fundação Calouste Gulbenkian. Este estudo está publicado em 2 livros: “*Livro Branco da Física e da Química*”, (2002) [20] e “*Livro Branco da Física e da Química - Opiniões dos alunos 2003*”, (2005) [131].

Na análise, que envolveu cerca de 1500 professores dos Ensinos Básico e Secundário, reconhecem-se as vantagens do ensino experimental [20]:

“...desenvolvimento do raciocínio crítico; ajudar a compreensão dos conceitos e a relacionar a teoria com a prática; motivar/interessar mais os alunos para os assuntos científicos e desenvolvimento de capacidades/competências/processos de trabalho científico.” (p.184)

¹⁶O gráfico foi retirado da página 17 do livro “*50 Anos de Estatística da Educação, Volume I*”, com autorização do editor.

No entanto, a dinâmica das aulas experimentais não promovia um adequado desenvolvimento das competências. As atividades experimentais tipicamente realizadas nesta altura tinham como objetivo observar fenómenos, verificar leis e teorias e tinham pouca ênfase na resolução de problemas concretos e na formulação e verificação de hipóteses. Os professores consideravam que as maiores dificuldades dos alunos nas atividades experimentais eram [20]:

- formular e verificar hipóteses;
- decidir e escolher as técnicas laboratoriais de investigação apropriadas para as testar;
- explicar relações;
- fazer generalizações.

Em contexto de sala de aula, as estratégias dos professores para ensinar Física e Química envolviam a transmissão expositiva da teoria com recurso ao manual, “quadro e giz”, a resolução de exercícios, a realização de algumas demonstrações e as correções de testes e trabalhos de casa. Estas estratégias metodológicas não permitiam desenvolver e avaliar competências e capacidades práticas, a criatividade, espírito crítico, curiosidade e a autonomia na aprendizagem dos alunos [20]. Em termos de atividades extracurriculares o estudo destaca a realização das “*Semanas da Física e da Química*” e as “*Visitas de Estudo*”. A participação nas Olimpíadas de Física e de Química não era muito frequente [20]:

- Olimpíadas de Física: participavam apenas 9% dos alunos do Ensino Básico, 14% do Ensino Secundário e 6% do Curso Tecnológico;
- Olimpíadas de Química: participavam apenas 4% dos alunos do Ensino Básico, 6% do Ensino Secundário e 5% do Curso Tecnológico.

Neste ponto revelamos o seguinte comentário dos autores do estudo [20]:

“...a participação nas Olimpíadas de Física e Química é baixa, se considerarmos que este tipo de actividades pode ser um poderoso incentivo para os alunos apreciarem mais a realização de actividades experimentais abertas e de pesquisa...” (p.112)

No que concerne às **disciplinas de Técnicas Laboratoriais de Física e de Química**, que existiam nessa altura, a esmagadora maioria (77%) dos professores considerou estas disciplinas **fundamentais para o desenvolvimento de competências prático-experimentais e para fomentar a realização do trabalho experimental** [20]. Os professores, em geral, gostavam destas disciplinas e eram a favor da sua continuidade com uma boa articulação com as disciplinas de Ciências Físico-Químicas (10° e 11° Anos), Física e Química (12° Ano), aliada a uma sólida formação dos professores na componente experimental [20]. A proposta de Revisão Curricular de 2002 viria a extinguir as disciplinas de Técnicas Laboratoriais por considerar que *“a teoria não se pode separar da prática”*, e a sua substituição por disciplinas de *“Trabalho de Projeto e Projeto Tecnológico”*. Estas últimas disciplinas viriam, também elas, a serem eliminadas dos currículos em 2011, como já anteriormente referido. As maiores dificuldades, assinaladas pelo professores inquiridos, para a implementação regular de aulas experimentais são as seguintes [20]:

- Falta de materiais, equipamentos, laboratórios e técnicos de laboratório;
- Falta de tempo no horário dos professores para preparar as experiências;
- Falta de avaliação do trabalho experimental;
- Fraco aproveitamento dos alunos face ao esforço do professor;
- Falta de formação por parte dos docentes;
- Extensão dos programas que dificultam uma gestão de tempo;
- Elevado número de alunos por turma;
- Indisciplina dos alunos;
- Inexistência de bons protocolos experimentais;
- Exames nacionais muito teóricos que não valorizavam o ensino experimental;
- Falta de prática laboratorial.

O questionário inquiriu também sobre a formação e motivação profissional dos professores. Estes professores consideraram que a formação inicial e contínua apresentava falhas na componente científica, no equilíbrio entre a formação básica em Física e Química e nas áreas das Ciências da Educação e das Novas Tecnologias de Informação. As temáticas destacadas por estes como sendo aquelas onde apresentavam maiores dificuldades eram [20]:

“Física Moderna, Eletrónica, Acústica, Ótica, Metodologias e Didáticas da Física e da Química, História das ideias em Física e Química, Química e Ambiente e Química e Saúde.” (p.187)

A oferta de formação em todas estas áreas e nas temáticas referidas eram insuficientes. Os professores frequentavam em média 2,6 formações por ano, mas muitas destas formações não eram específicas das disciplinas. No período do estudo, a maioria dos professores declarava-se motivada, mas cerca de 1/3 estava indeciso quanto ao mudar de profissão e 3% indicou que, se pudesse, mudaria de profissão [20].

Este estudo procurou ainda indagar sobre o papel das Sociedades Portuguesas de Física e Química. A avaliação dos professores quanto ao apoio científico, pedagógico e no desenvolvimento de atividades experimentais nas escolas por parte das Sociedades era insuficiente. No entanto, no que concerne às revistas das Sociedades e às conferências por elas organizadas, a avaliação dos professores foi boa. A esmagadora maioria dos professores inquiridos (mais de 80%) era, nesta altura, sócio das Sociedades Portuguesas de Física ou de Química [20].

Após a sinalização dos problemas no ensino da Física e da Química e da análise dos dados, os autores do *“Livro Branco”* fizeram recomendações para os vários intervenientes do sistema educativo: professores, escolas, administração central e regional, equipas de desenvolvimento curricular, centros e instituições de formação e Sociedades Portuguesas de Física e Química. Destacamos algumas destas recomendações na Tabela 2.1 [20].

Intervenientes do Sistema Educativo	Recomendações
Professores	<ul style="list-style-type: none"> - Valorizar competências teóricas e práticas; - Desenvolver atividades experimentais; - Considerar parâmetros da componente experimental na avaliação final dos alunos; - Reivindicar ações de formação;
Escolas	<ul style="list-style-type: none"> - Gerir os espaços laboratoriais para o uso exclusivo de atividades experimentais;
Administração central e regional;	<ul style="list-style-type: none"> - Criar oficinas de manutenção de equipamentos; - Criar a carreira de técnicos de laboratório de ciências; - Incluir no horário dos professores tempo para preparação das atividades experimentais;
Equipas de desenvolvimento curricular	<ul style="list-style-type: none"> - Incluir avaliação da componente experimental nos exames nacionais; - Promover os exames nacionais de Física e Química nos 9º, 11º e 12º Anos;
Centros e Instituições de formação	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver formação contínua nas áreas científicas; - Encontrar estratégias para motivar professores; - Promover cursos sobre avaliação dos alunos e do ensino experimental;
Sociedades Científicas	<ul style="list-style-type: none"> - Atender aos problemas de formação sobre o ensino experimental; - Ajudar a dinamizar o ensino experimental; - Ajudar a potenciar as práticas pedagógicas relacionadas com o ensino experimental.

Tabela 2.1: Algumas recomendações do estudo do “*Livro Branco da Física e da Química*”.

Várias destas recomendações ainda não foram implementadas no nosso sistema de ensino. Esta constatação pode levar-nos a deduzir que alguns dos problemas sinalizados no âmbito deste estudo se mantêm até aos dias de hoje. Por exemplo, o escasso tempo que os professores dedicam à realização das atividades experimentais é na opinião dos autores do livro “*Ensino Experimental das Ciências - Um Guia para professores do Ensino Secundário*” [182], publicado em 2013, um problema ainda por resolver.

Como já anteriormente referimos, o estudo do “*Livro Branco*” foi ampliado em 2003 para reunir as opiniões dos alunos dos Ensinos Básico e Secundário com os seguintes

objetivos [131]:

- “-Identificar a evolução do interesse e da motivação para o estudo da Física e da Química desde o ensino básico até final do Secundário e respectivas causas;*
- Diagnosticar intenções de prosseguimentos de estudos e de cursos que os alunos pretendiam seguir nos Ensinos Secundário (9º Ano) e Superior (11º Ano);*
- Identificar metodologias de ensino com que os alunos aprendem melhor;*
- Identificar perspectivas sobre atividades experimentais;*
- Identificar perspectivas sobre programas e avaliação;*
- Comparar opiniões de alunos e professores de Física e Química.” (p.1)*

O estudo analisa também a opinião dos alunos, cuja amostra se fixa nos que frequentavam o ano letivo de 2002/2003 em escolas de Portugal Continental. Com vista à recolha da opinião destes sobre as disciplinas de Física e de Química do 12º Ano foram igualmente auscultados alunos que frequentavam o 1º Ano do Ensino Superior, em 2003. Os dados foram recolhidos com recurso a um questionário. As características da amostra inquirida podem ser consultadas na Tabela 2.2 [131].

A esmagadora maioria dos alunos deste estudo gostava de realizar atividades experimentais. Isto é verdade para 82% dos alunos do Ensino Básico, 88% dos alunos do Ensino Secundário e 89% dos alunos do Ensino Superior [131]. Apenas 5% dos alunos de cada nível de ensino responderam que nunca fizeram atividades experimentais [131]. Quando compararam as elevadas percentagens dos alunos com gosto pelas atividades experimentais com a baixa frequência da realização das atividades experimentais, relatada pelos professores, os autores do estudo concluíram que o ensino experimental não correspondia ao recomendado nos programas, nem às expectativas e interesses dos alunos [131]. Os alunos do 9º e 11º Anos achavam que as atividades experimentais proporcionavam aulas interessantes e divertidas, opinião mais mitigada no 12º Ano.

Alunos do estudo de 2003	
N° Sujeitos	7119 Escolas Públicas amostra aleatória* (3068 9° Ano) (4051 11° Ano) 81 Ensino Superior amostra não aleatória
Média das Idades	15,0 anos (Ensino Básico) 16,8 anos (Ensino Secundário) 19,5 anos (Ensino Superior)
Género	53 % Feminino 47% Masculino
Escolaridade dos pais	80% 4 a 11 anos 9% superior à Licenciatura

*Foram enviados 10 000 questionários para as escolas Básicas e Secundárias mas apenas responderam 71% dos alunos.

Tabela 2.2: Caracterização dos alunos que participaram no estudo do “*Livro Branco da Física e da Química - opinião dos alunos 2003.*”

Embora os alunos gostassem das atividades experimentais, consideravam que aprendiam melhor com as estratégias de ensino centradas no professor. Esta situação incongruente, segundo os autores do estudo, pode estar relacionada com a desvalorização da avaliação das atividades experimentais nos critérios finais de classificação. Indicaram que é urgente repensar as metodologias do ensino experimental e a definição de critérios de avaliação, que deveriam valorizar as atividades experimentais mais centradas no aluno [131].

A maioria dos alunos, 54%, que já tinha concluído o 12° Ano e frequentava cadeiras de Física no 1° Ano do Ensino Superior, considerava como estratégia eficaz de ensino a realização de trabalhos experimentais de Física, em grupos de dois ou três alunos [131].

Os autores do “*Livro Branco*” analisaram os resultados da secção “*Procedimentos experimentais que os alunos apreciam mais e consideram mais difíceis*” usando a classi-

ficação dos procedimentos de trabalho científico preconizado por Robert D. Tennyson¹⁷. Este autor agrupa os procedimentos em 3 categorias de conhecimentos: “*Declarativo ou factual, Procedimental e Contextual ou conceptual*” (Tabela 2.3) [131].

Conhecimento	Atividades Experimentais Procedimentos
“ Declarativo ou factual (que significa saber a informação)”	“Executar/ realizar uma experiência, manipular materiais e equipamento, observar, medir e registar dados, descrever procedimentos experimentais e comunicar resultados escrita e oralmente.”
“ Procedimental (que significa saber como usar a informação)”	“Processar e tratar os dados, calcular a precisão dos resultados, prever resultados e aplicar técnicas laboratoriais na resolução de novos problemas ou situações experimentais.”
“ Contextual ou conceptual (que significa saber quando, onde e porquê usar certos conceitos e capacidades cognitivas associadas)”	“Explicar relações, desenvolver generalizações, formular questões para investigar, formular hipóteses para serem testadas, formular e responder a novas questões baseadas na investigação levada a cabo e planejar experiências com base na teoria.”

Tabela 2.3: Classificação dos procedimentos de trabalho científico usados na análise de alguns resultados do estudo “*Livro Branco da Física e da Química - opinião dos alunos 2003.*”

A maioria dos alunos deste estudo preferiam os procedimentos científicos do tipo *Declarativo ou factual*, que são os menos difíceis [131]. Houve contudo exceções, porque 56% dos alunos também gostavam de fazer previsão de resultados, tarefa enquadrada no conhecimento *Procedimental*. Os procedimentos da categoria *Contextual ou conceptual* tais como, “*desenvolver generalizações, explicar relações e formular questões para investigar*” (p.166-167) foram considerados os mais difíceis [131]. No entanto, os melhores alunos na disciplina de Ciências Físico-Químicas mostravam-se motivados para os procedimentos do conhecimento *Contextual ou conceptual*. Os rapazes gostavam mais dos procedimentos experimentais que envolviam conhecimentos das categorias *Procedimental e Contextual ou conceptual*, enquanto que as raparigas gostavam mais do conhecimento *Declarativo ou*

¹⁷Professor de Psicologia Educacional na Universidade Americana Minnesota.

factual [131].

Para serem bem sucedidas as atividades experimentais de Física e de Química os alunos indicavam que era necessário [131]:

“...compreender melhor a teoria e o(a) professor(a) explicar bem a teoria antes e depois da realização da experiência.” (p.168)

Os resultados indicavam que os alunos, à medida que evoluíam na escolaridade, reconheciam a importância das atividades experimentais para uma melhor compreensão dos conceitos teóricos. As razões apontadas pelos professores e pelos alunos para justificarem a realização das atividades experimentais eram, em alguns aspetos, diferentes, mas existia uma razão em comum: a motivação e o gosto pelas atividades experimentais [131].

As estratégias de ensino no 12º Ano estavam direcionadas para o sucesso no exame, e trabalhos de projeto, e as atividades experimentais eram pouco implementadas pelos professores. Curiosamente, eram os melhores alunos os que preferiam aulas mais teóricas, os alunos mais fracos eram os que preferiam atividades experimentais. Estes declararam que as atividades experimentais facilitavam a compreensão da matéria teórica [131].

Na conclusão do estudo *“Livro Branco da Física e da Química - opinião dos alunos 2003”* os autores alertam [131]:

“Perante os resultados desta investigação, torna-se urgente repensar o ensino da Física e da Química se pretendermos, por um lado, que os alunos se sintam atraídos para o seu estudo e, por outro lado, se desejarmos que as aprendizagens nestes domínios da ciência, se tornem verdadeiramente úteis para a formação de cidadãos conscientes e intervenientes na construção de uma sociedade melhor, no contexto actual do desenvolvimento científico e tecnológico.” (p.171)

2.3 Estudos *PISA* e *TIMSS*

Atualmente o Ministério da Educação dispõe de vários mecanismos para avaliar o sistema educativo português [183]. De entre os mais importantes, destacam-se a participação

portuguesa nos estudos internacionais PISA e TIMSS [7, 184]. Dadas as características, a amplitude e o impacto destes estudos, dedicar-lhe-emos a seguir uma especial atenção. Os relatórios nacionais sobre o desempenho de Portugal nestes estudos são da responsabilidade do Instituto de Avaliação Educativa, I.P.(IAVE)¹⁸, e serviram de base à nossa análise [183, 185].

Estudo *PISA*

O estudo PISA iniciou-se em 2000 com a participação de 43 países e economias¹⁹, realiza-se de 3 em 3 anos e tem como objectivo avaliar os conhecimentos e as competências cognitivas dos alunos com 15 anos de idade em três domínios: Literatura, Matemática e Ciências. Esta avaliação foca-se nas competências dos alunos para mobilizarem o que aprenderam ao longo de todo o seu percurso escolar e na capacidade de usarem esses conhecimentos e competências em situações diversas, avaliadas em questões e problemas contextualizados na realidade quotidiana [185]. É importante realçar que o estudo não avalia o currículo de um determinado ano nem de um determinado domínio e também não pretende avaliar os conhecimentos de um dado aluno, mas obter informação fiável sobre uma população de alunos homogêneos do ponto de vista etário. Como objetivo último, a avaliação do PISA procura comparar a nível internacional os sistemas de ensino educativos dos países participantes e definir padrões de referência para os 3 domínios avaliados [185]. Em cada ciclo do estudo é dada ênfase a um domínio principal. O estudo é organizado pela OCDE (*Organisation for Economic Co-operation and Development*)²⁰ [186], e nele participam países da OCDE bem como um conjunto de outros países que não pertencem a esta organização mas que se associaram, voluntariamente, a este estudo.

Em 2000 e 2009, o domínio principal avaliado no PISA foi a Leitura, em 2003 e 2012

¹⁸As imagens que a seguir apresentaremos no âmbito dos estudos PISA e TIMSS fazem parte dos relatórios nacionais e são reproduzidas com autorização do IAVE.

¹⁹Nos relatórios do PISA “economias” são regiões de países que têm estatuto económico, político ou administrativo próprio, como por exemplo a Região Administrativa Especial de Hong Kong.

²⁰Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, constituída por 35 países, criada em 1961 com o objetivo de promover o desenvolvimento e a cooperação dos seus estados-membros.

a Matemática e em 2006 e 2015 a Ciência [185].

A implementação do PISA em cada país segue regras estritas ditadas pela OCDE [185]. A seleção das escolas e dos alunos é realizada de forma aleatória, multietapa da responsabilidade da OCDE, a partir da lista completa de escolas fornecidas pelo Ministério da Educação. Para além da implementação do teste PISA são também utilizados questionários de contexto que alunos, professores, diretores, pais e encarregados de educação devem responder. Com estes questionários procura-se caracterizar o ambiente socioeconómico e cultural das famílias e das escolas, os recursos educativos, as práticas de ensino e de aprendizagem e as opiniões e atitudes dos alunos sobre as aprendizagens. A informação sobre as variáveis sociais, económicas e ambientais são depois relevantes para explicar os resultados e ajudar nas conclusões [185].

Debruçamo-nos, agora, sobre o último estudo de PISA, realizado em 2015, cujo domínio principal foi a área da Ciência. Neste ano também foram avaliados como domínios secundários a literacia financeira e a resolução de problemas em contexto colaborativo. Os alunos portugueses apenas foram avaliados na resolução de problemas em contexto colaborativo; os resultados desta componente apenas serão divulgados em 2017 [185]. Neste domínio secundário *“foi proposto a cada aluno que resolvesse problemas que envolviam competências próprias do trabalho colaborativo, como a distribuição de tarefas entre os membros de um grupo virtual do qual o aluno fazia parte, a integração de informação proveniente de fontes múltiplas e a reação aos estímulos introduzidos pelos parceiros virtuais.”* (p.19). Em 2015, pela primeira vez, os teste e os questionários de contexto foram realizados em computador [185].

No estudo PISA 2015 estiveram envolvidos a nível mundial 72 países e economias, 17 565 escolas, 95 000 professores, 143 000 encarregados de educação e 509 000 alunos (Figura 2.8). Em média estão envolvidas 274 escolas e 7070 alunos por cada país ou economia [185].

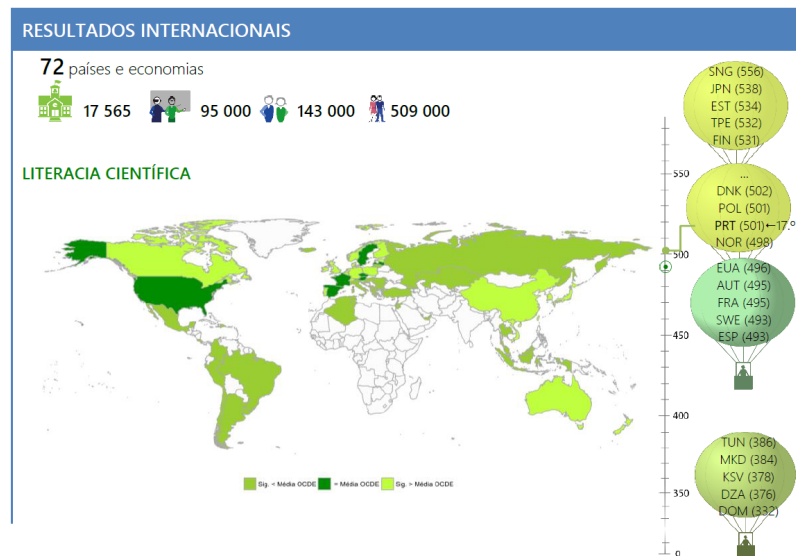


Figura 2.8: Caracterização da população envolvida no teste de Literacia Científica do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.i).

Os alunos tinham 2 horas para realizar o teste PISA, sendo 1 hora para o domínio principal e a outra hora repartida igualmente pelos domínios da Matemática e Literatura. Pela primeira vez, o teste foi realizado em dois formatos, digital (computador) e tradicional. O formato digital foi usado em 57 países e o formato tradicional de papel-e-lápis foi usado nos restantes países [185].

O teste PISA é constituído por itens de resposta de seleção e de construção. As correções do teste foram realizadas por codificadores automáticos e corretores humanos. Em Portugal estiveram envolvidos 4 corretores para a Matemática, 4 para a Leitura e 6 para as Ciências, que tiveram formação e treino específico da OCDE [185].

A avaliação PISA tem subjacente um quadro conceptual que envolve três aspetos. O primeiro é o conceito de literacia para cada domínio (Literatura, Matemática e Ciências), o segundo aspecto envolve a discriminação de níveis de proficiência (para todos os domínios) que estabelecem os conhecimentos que os alunos devem saber e o que devem saber fazer com eles, e o terceiro aspeto tem em conta a globalização da economia e os desafios que ela apresenta aos estudantes, de diferentes sistemas educativos, que um dia vão competir em igualdade pela oferta de emprego [185].

A **literacia científica** é definida no PISA [185] como,

“...a capacidade de um indivíduo para se envolver em questões relacionadas com ciência e de compreender as ideias científicas, como um cidadão reflexivo. Assim sendo, um indivíduo cientificamente letrado está preparado para participar num discurso racional sobre ciência e tecnologia o que exige competências para:

1. ***Explicar fenómenos cientificamente*** - identificar, apresentar e avaliar explicações para um conjunto de fenómenos naturais e tecnológicos;
2. ***Avaliar e conceber investigações científicas*** - descrever e julgar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente;
3. ***Interpretar dados e evidências cientificamente*** - analisar e avaliar dados, afirmações e argumentos apresentados de várias formas e deles retirar conclusões científicas legítimas.” (p.20)

Os alunos precisam de gerir no teste PISA vários tipos de conhecimento (de conteúdo, processual e epistemológico) e um conjunto de atitudes (interesse pela ciência, valorização da abordagem científica e consciência ambiental). O conhecimento de conteúdo envolve os conceitos e as ideias científicas. O conhecimento processual diz respeito aos métodos e técnicas utilizados para edificar o conhecimento científico. O conhecimento epistemológico foca-se na compreensão de teorias, hipóteses e dados científicos. As competências foram avaliadas em questões aplicadas a vários contextos. Estas questões eram abrangentes e ultrapassavam os conteúdos curriculares [185]. As áreas temáticas das Ciências consideradas no último PISA foram: “*Saúde e doenças; Recursos Naturais; Qualidade do ambiente; Riscos e Fronteiras da ciência e da tecnologia*”. As categoriais de conhecimento de conteúdo foram: “*Sistemas Físicos; Sistemas Vivos e Sistemas da Terra e do Espaço*”. A componente dos “*Sistemas Físicos*” envolvia conhecimentos sobre “*estrutura da matéria, propriedades da matéria, alterações químicas da matéria, movimento e forças, energia e transformações da energia, interações entre a energia e a matéria*”(p.22) [185].

No domínio das Ciências foram definidos 6 níveis de proficiência. A pontuação da proficiência dos alunos variou entre 0 e 1000 pontos. Esta escala já é utilizada desde o PISA 2000. Os níveis de proficiência ditam os graus de complexidade, quantidade e dificuldade

de conhecimentos de conteúdo, processual ou epistemológico. Estes níveis possibilitam uma melhor interpretação do desempenho dos alunos e a respetiva categorização num determinado nível [185]. Na Tabela 2.4 está uma breve descrição sobre cada nível de proficiência no domínio da Ciência²¹, e o respetivo limite inferior de pontuação [185].

Nível	Limite inferior de pontuação	Nível de Proficiência
6	acima 708	O aluno consegue, explicar e aplicar os conhecimentos científicos numa variedade de situações complexas. Também consegue demonstrar um raciocínio científico avançado.
5	633	O aluno tem a capacidade de questionar, de comparar, de relacionar e avaliar. Aplica conhecimentos científicos em situações reais complexas.
4	559	O aluno lida eficazmente com situações e assuntos científicos. Consegue seleccionar e integrar explicações de várias disciplinas.
3	484	O aluno consegue usar conceitos científicos, fazer previsões e providenciar explicações. Também consegue tirar conclusões ou fazer a sua própria avaliação.
2	410	O aluno possui conhecimentos científicos suficientes e é capaz de fazer interpretações muito simples.
1	335	O aluno tem um conhecimento científico limitado que só consegue aplicar às situações muito simples e suas conhecidas.
0	abaixo 335	O aluno apresenta reduzidas competências científicas e muitas dificuldades nas questões mais fáceis do PISA.

Tabela 2.4: Breve descrição dos níveis de proficiência do domínio da Ciência do estudo PISA.

O estudo de PISA não contempla a realização de atividades experimentais mas tem questões com análise e interpretação de dados. Alguns itens dos testes foram tornados

²¹No ano de 2015 o nível 0 foi desdobrado em 2 níveis (nível *a* entre 261 pontos e 335 pontos e o nível *b* abaixo de 261 pontos).

públicos e podem ser consultados em formato digital, e em português, na página *online* da OCDE [187]. O seguinte exemplo do teste no domínio das Ciências do PISA 2015 está incluído no relatório nacional (p.23-25) [185]. A unidade «*Correr com Tempo Quente*», Figuras 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 e 2.13, conjuga os dois tipos de resposta, seleção e construção. O IAVE fez uma caracterização aos diferentes itens da pergunta quanto à competência de literacia científica, ao tipo de conhecimento, ao sistema, ao contexto e ao grau de dificuldade expresso pelos níveis de proficiência. Neste exemplo o grau de dificuldade variou entre os níveis 3 e 5.

PISA 2015

Correndo em Clima Quente
Introdução

Leia a Introdução. Então clique na seta "PRÓXIMO".

CORRENDO EM CLIMA QUENTE

Durante uma corrida de longa duração, a temperatura do corpo aumenta e o corpo transpira.

Se os corredores não bebem água o suficiente para repor a água perdida transpirando, eles podem sofrer de desidratação. Uma perda de água de 2% da massa corporal, ou acima, é considerado estado de desidratação. Esse percentual está indicado no medidor de perda de água abaixo.

Se a temperatura do corpo subir para 40 °C ou mais, os corredores podem sofrer uma condição de ameaça à vida, chamada de insolação. Essa temperatura está indicada no termômetro de temperatura do corpo mostrado abaixo.

Perda de Água (%)

Temperatura do Corpo (°C)

(a)

Figura 2.9: Item da unidade (a) «*Correr com Tempo Quente*» do teste de Ciências do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.23).

A Figura 2.9 apresenta a descrição do problema e a Figura 2.10 faz uma introdução ao programa de simulação simples que os alunos usaram para responder à questão e ao modo interativo de gerar os resultados. A Figura 2.11 mostra a resposta à primeira questão, de seleção complexa, e a resposta correta gerada com base nos resultados da simulação. A Figura 2.12 mostra a segunda questão da unidade, que é respondida com base numa seleção de quatro opções de resposta. A resposta tinha que ser justificada e para isso o aluno necessitava de recolher mais dados na simulação e selecionar os dados relevantes

para a resposta.

PISA 2015

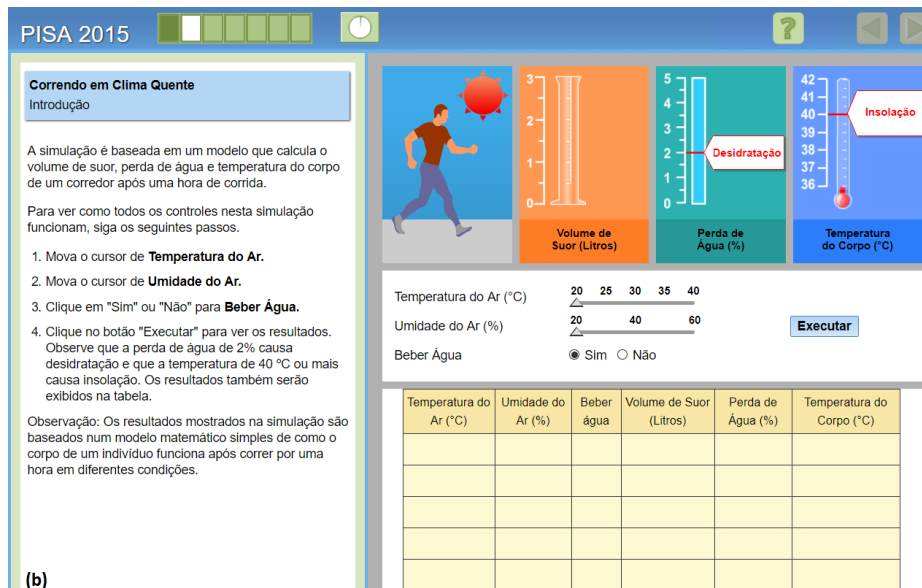
Correndo em Clima Quente
Introdução

A simulação é baseada em um modelo que calcula o volume de suor, perda de água e temperatura do corpo de um corredor após uma hora de corrida.

Para ver como todos os controles nesta simulação funcionam, siga os seguintes passos.

1. Mova o cursor de **Temperatura do Ar**.
2. Mova o cursor de **Umidade do Ar**.
3. Clique em "Sim" ou "Não" para **Beber Água**.
4. Clique no botão "Executar" para ver os resultados. Observe que a perda de água de 2% causa desidratação e que a temperatura de 40 °C ou mais causa insolação. Os resultados também serão exibidos na tabela.

Observação: Os resultados mostrados na simulação são baseados num modelo matemático simples de como o corpo de um indivíduo funciona após correr por uma hora em diferentes condições.



Temperatura do Ar (°C)	Umidade do Ar (%)	Beber água	Volume de Suor (Litros)	Perda de Água (%)	Temperatura do Corpo (°C)

(b)

Figura 2.10: Item da unidade (b) «Correr com Tempo Quente» do teste de Ciências do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.23).

Correr com Tempo Quente
Questão 1 / 6

Como Executar a Simulação

Executa a simulação para recolheres dados baseados na informação seguinte. Para responderes à questão, seleciona de entre as alternativas apresentadas.

Um corredor corre durante uma hora, num dia quente e seco (temperatura do ar 40 °C e humidade do ar 20%). O corredor não bebe água alguma.

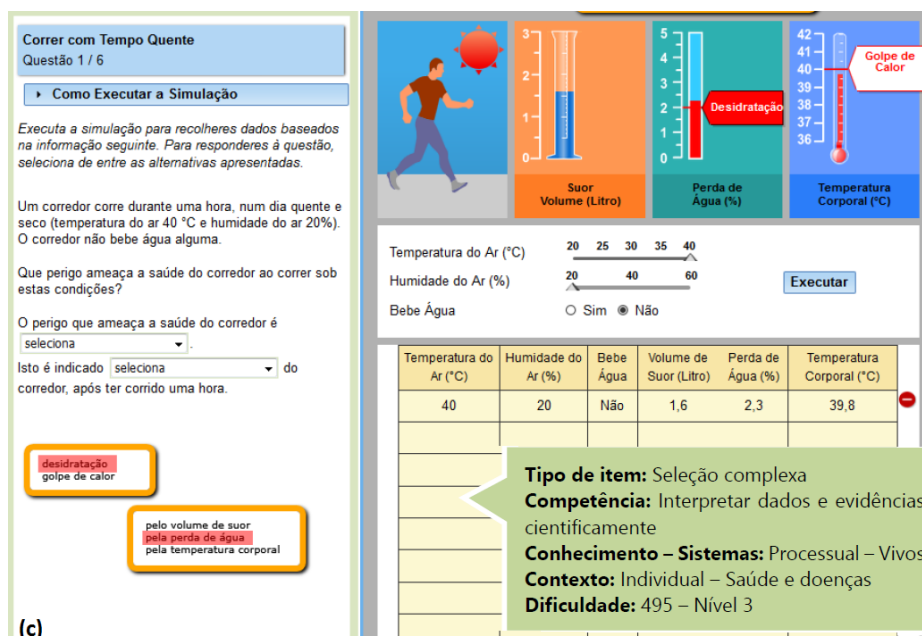
Que perigo ameaça a saúde do corredor ao correr sob estas condições?

O perigo que ameaça a saúde do corredor é seleciona

Isto é indicado seleciona do corredor, após ter corrido uma hora.

desidratação
golpe de calor

pele volume de suor
pela perda de água
pela temperatura corporal



Temperatura do Ar (°C)	Humidade do Ar (%)	Bebe Água	Volume de Suor (Litro)	Perda de Água (%)	Temperatura Corporal (°C)
40	20	Não	1,6	2,3	39,8

Tipo de item: Seleção complexa
Competência: Interpretar dados e evidências cientificamente
Conhecimento – Sistemas: Processual – Vivos
Contexto: Individual – Saúde e doenças
Dificuldade: 495 – Nível 3

(c)

Figura 2.11: Item da unidade (c) «Correr com Tempo Quente» do teste de Ciências do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.24).

Correr com Tempo Quente
Questão 2 / 6

Como Executar a Simulação

Executa a simulação para recolheres dados baseados na informação seguinte. Para responderes à questão, seleciona uma opção e depois seleciona os dados na tabela.

Um corredor corre durante uma hora, num dia quente e húmido (temperatura do ar 35 °C, humidade relativa do ar 60%), sem beber água alguma. Este corredor está em risco de desidratação e de golpe de calor.

Qual seria o efeito de o corredor beber água durante a corrida sobre o seu risco de sofrer desidratação e golpe de calor?

Beber água reduziria o risco de golpe de calor, mas não o de desidratação.

Beber água reduziria o risco de desidratação, mas não o de golpe de calor.

Beber água reduziria tanto o risco de golpe de calor como de desidratação.

Beber água não reduziria nem o risco de golpe de calor nem o de desidratação.

★ Selecciona duas linhas de dados na tabela para justificares a tua resposta.

(d)

Temperatura do Ar (°C)	Humidade do Ar (%)	Bebe Água	Volume de Suor (Litro)	Perda de Água (%)	Temperatura Corporal (°C)
35	60	Não	1,8	2,5	40,5
35	60	Sim	1,8	0,0	40,5

Tipo de item: Seleção e construção
Competência: Interpretar dados e evidências cientificamente
Conhecimento – Sistemas: Conteúdo – Vivos
Contexto: Individual – Saúde e doenças
Dificuldade: 581 – Nível 4

Figura 2.12: Item da unidade (d) «Correr com Tempo Quente» do teste de Ciências do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.24).

Correr com Tempo Quente
Questão 3 / 6

Como Executar a Simulação

Executa a simulação para recolheres dados baseados na informação seguinte. Para responderes à questão, seleciona uma opção, seleciona os dados na tabela e depois escreve uma justificação.

Quando a humidade do ar é de 60%, qual é o efeito de um aumento da temperatura do ar no volume de suor, após uma corrida de uma hora?

O volume de suor aumenta

O volume de suor diminui

★ Selecciona duas linhas de dados na tabela para justificares a tua resposta.

Qual é a razão biológica para esse efeito?

O suor aumenta para baixar a temperatura do corpo.

A resposta do aluno refere a função biológica do suor: arrefecer o corpo/regular a temperatura do corpo.

(e)

Temperatura do Ar (°C)	Humidade do Ar (%)	Bebe Água	Volume de Suor (Litro)	Perda de Água (%)	Temperatura Corporal (°C)
25	60	Sim	1,1	0,0	39,1
35	60	Sim	1,8	0,0	40,5
25	60	Não	1,1	1,6	39,1
35	60	Não	1,8	2,5	40,5

Tipo de item: Seleção e construção (escolher dados na tabela)
Competência: Avaliar e conceber uma experiência científica
Conhecimento – Sistemas: Processual – Vivos
Contexto: Individual – Saúde e doenças
Dificuldade: 530 – Nível 3

Tipo de item: Construção
Competência: Explicar um fenómeno cientificamente
Conhecimento – Sistemas: Conteúdo – Vivos
Contexto: Individual – Saúde e doenças
Dificuldade: 644 – Nível 5

Figura 2.13: Item da unidade (e) «Correr com Tempo Quente» do teste de Ciências do PISA 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.25).

A Figura 2.13 permite visualizar os últimos itens avaliados. O aluno voltava a usar o simulador para recolher dados e com base na sua interpretação respondia às perguntas.

Analisando agora a prestação de Portugal, começamos pela caracterização da amostra do nosso país que participou no estudo de PISA 2015 [185], que é a indicada na Figura 2.14.

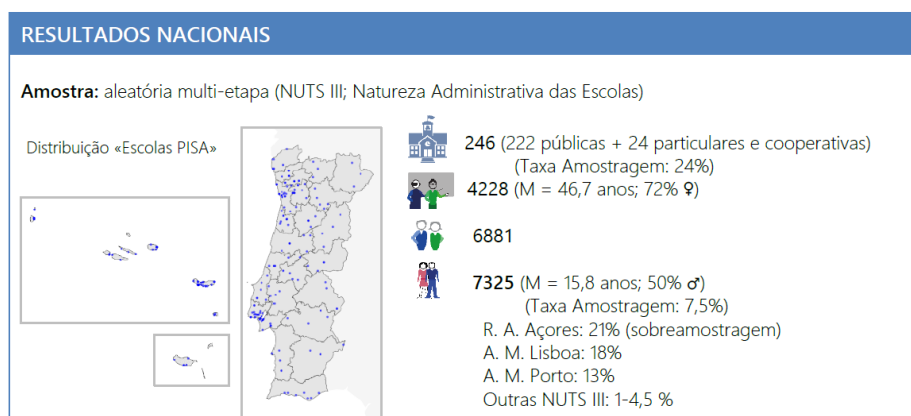


Figura 2.14: Caracterização da amostra nacional no PISA 2015: número de escolas, professores, encarregados de educação e alunos. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.ii).

Em Portugal, a amostra foi constituída por alunos que frequentavam diferentes anos de escolaridade, do 7º Ano ao 11º Ano. No nosso sistema educativo, os alunos com 15 anos frequentam normalmente o 10º Ano. No entanto, a amostra foi constituída por 56,6% dos alunos do 10º Ano e a restante percentagem foi distribuída pelos anos escolares do 3º Ciclo, por outros percursos curriculares não regulares e, ainda, pelo 11º Ano. Estes dados revelam que continuam a existir elevadas taxas de retenção no nosso sistema de ensino, pois um número muito significativo (29,9%) de alunos com 15 anos ainda se encontra no 3º Ciclo do Ensino Básico [185].

Apresentamos agora alguns resultados relevantes obtidos pelos alunos no domínio da Ciência, que foi o domínio principal avaliado no PISA 2006 e PISA 2015. Reitera-se que estes resultados não envolvem todos os alunos da potencial população-alvo, mas apenas a amostra de alunos portugueses que participaram no estudo. Por isso, os resultados são estimativas obtidas da amostra e têm sempre associado um erro de estimação quando extrapolados para o universo global [185].

Para uma melhor compreensão do percurso português no domínio das ciências comparamos alguns resultados do PISA em 2006 e em 2015 (Tabela 2.5) [185, 188].

A análise dos resultados do PISA 2006 [188], no que diz respeito ao desempenho em Ciência, evidenciou os seguintes aspectos mais pertinentes que mereceram comentário nos relatórios oficiais da organização. O desempenho médio dos alunos portugueses encontrava-se significativamente abaixo do valor médio dos países da OCDE, ocupando o nosso país a 4ª posição do final da tabela (27ª posição entre 30 países). A análise da distribuição dos percentis dos alunos pelos níveis de desempenho (de 0 a 6), mostra que este mau resultado devia-se à conjugação de dois factores. Por um lado, existia uma percentagem anormalmente elevada de alunos com desempenho muito fraco (24,5% no nível 0 e 1 e 28,8% no nível 2), sem paralelo nos outros países europeus, e mais próxima da realidade dos países menos desenvolvidos que participaram no estudo. Por outro lado, foi notória a muito baixa percentagem de alunos com desempenho científico de muito bom ou de excelência (só 14,7% dos alunos atingiram o nível 4, e apenas 3,1% dos alunos obtinham a classificação de “*Top Performers*”, com níveis 5 e 6). Destes, uma percentagem residual de 0,1% dos alunos conseguia superar a meta dos 708 pontos necessários para a classificação de nível 6 (Tabela 2.5).

	Nível 0 (abaixo 334,94)	Nível 1 (334,94 a 409,54)	Nível 2 (409,54 a 484,14)	Nível 3 (484,14 a 558,73)	Nível 4 (558,73 a 633,33)	Nível 5 (633,33 a 707,93)	Nível 6 (acima 707,93)
2015	3,4	14,0	25,4	28,8	21,0	6,7	0,7
2006	5,8	18,7	28,8	28,8	14,7	3	0,1
Variação	- 2,4	- 4,7	3,4	0	6,3	3,7	0,6
Variação agrupada	-7,1		9,7			4,3	

Tabela 2.5: Valores dos níveis de desempenho dos alunos portugueses no domínio de Ciências nos estudos PISA de 2006 e de 2015.

Na própria análise da OCDE, Portugal tinha em 2006 um duplo problema a resol-

ver: a exclusão (alunos com mau desempenho) e as “elites”, que a escola portuguesa não potencia [188]. Os indicadores de contexto do PISA de 2006 mostraram que os alunos portugueses eram dos mais interessados por assuntos científicos, que mais valorizavam o valor da ciência, e os que mais equacionavam e mesmo ambicionavam seguir carreiras científicas e tecnológicas [5]. Manifestando os jovens em Portugal alto apreço e interesse pela ciência, uma situação não partilhada pela maior parte dos países ocidentais onde a ciência era desvalorizada em relação a outras atividades, o sistema de ensino em Portugal não parecia ter a capacidade de desenvolver os talentos nesta área que, certamente existiam, e com motivação para prosseguirem estudos e carreiras promissoras.

A evolução muito positiva do desempenho de Portugal no estudo PISA realizado em 2015 foi amplamente noticiada na comunicação social. A pontuação média dos alunos portugueses na componente de Ciência melhorou 27 pontos (de 474 para 501 pontos)(Figura 2.15) [185].

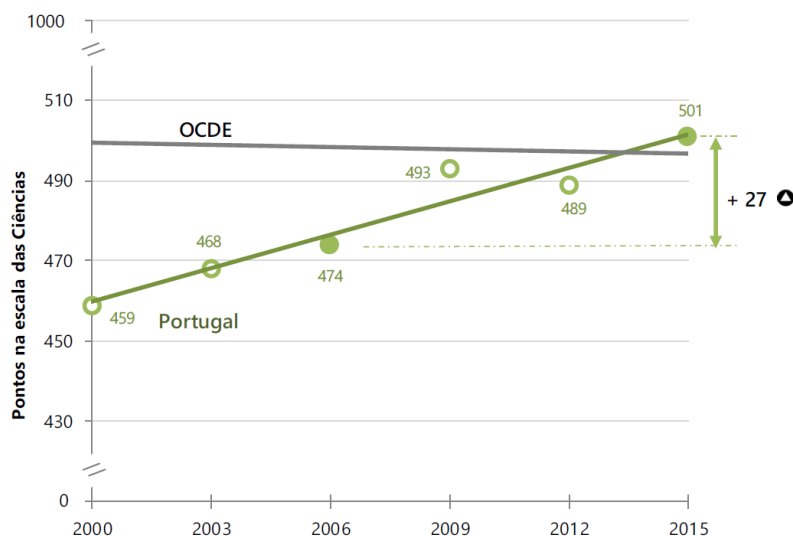


Figura 2.15: Resultados médios nacionais em Ciências ao longo dos seis ciclos do estudo PISA. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.53).

Portugal obteve a pontuação média de 501 pontos (erro-padrão de 2,43 pontos)²² na

²²Um intervalo de confiança a 95% para a média nacional variou entre os 496 pontos e os 506 pontos e a margem de erro para este nível de confiança foi aproximadamente cinco pontos.

escala das ciências, colocando-se acima da média da OCDE. No caso da OCDE a média diminuiu ligeiramente porque em 2006 ficou em 498 pontos e em 2015 a pontuação média foi de 493 pontos [185].

A nossa posição no ranking dos países da OCDE subiu da 27.^a (em 2006) para a 17.^a posição (em 2015 participaram no estudo 37 países da OCDE). Se considerarmos todos os países e economias participantes no PISA 2015 Portugal ocupou a 23.^a posição [185].

A análise da evolução dos percentis de desempenho dos alunos permite concluir que esta evolução muito positiva se deveu a uma diminuição significativa (7,1%) da percentagem dos estudantes de desempenho muito fraco (de nível 0 ou 1), e ao aumento do desempenho dos estudantes muito bons (de nível igual ou superior a 4). No que diz respeito aos “*Top Performers*”, em 2015, Portugal teve 7,4% de alunos com desempenho de nível 5 ou 6, comparado com 3,1% em 2006. Entre os dois Ciclos de avaliação Portugal conseguiu aumentar 4,3% de alunos nos níveis 5 e 6 de proficiência (Tabela 2.5) [185].

Este resultado do aumento de “*Top Performers*” em Portugal é particularmente interessante quando se analisa também a opinião da OCDE sobre a importância dos “*Top Performers*” [6]

“Top Performers in reading, mathematics or science: The rapidly growing demand for highly skilled workers has led to a global competition for talent. High-level skills are critical for creating new knowledge, technologies and innovation and, as such, are key to economic growth and social development. Looking at the top performing students in reading, mathematics and science allows countries to estimate their future talent pool.” (p.154)

Com a vasta informação disponibilizada nos relatórios internacionais do PISA de 2006 e 2015 [185, 188] seleccionámos 5 países (Finlândia, Espanha, República Checa, Hungria e EUA) para comparar com a realidade portuguesa, tendo construído gráficos com as percentagens dos níveis de proficiência destes 6 países (Fig. 2.16).

Naturalmente, o tipo de políticas educativas praticadas nos vários países, que são diversificadas, deverá refletir-se no desempenho dos alunos. O tradicional exemplo de excelência de ensino na Europa é a Finlândia, onde o professor e a educação são ver-

dadeiramente valorizados [189]. Em ambos os gráficos da Fig. 2.16 verificamos o bom desempenho no PISA dos seus alunos. A percentagem de alunos (tanto em 2006 como em 2015) cresce continuamente desde o nível mais baixo até ao mais alto. No entanto, em 2015 os alunos “*Top Performers*” finlandeses diminuíram 8,6% relativamente a 2006 [185]. Os EUA, comparativamente a Portugal, partilha o problema de ter uma percentagem significativa de alunos nos níveis 0 e 1, nomeadamente em 2006 (Fig. 2.16), o que faz com que desça na posição do ranking, apesar de ter uma boa percentagem de alunos nos níveis 5 e 6.

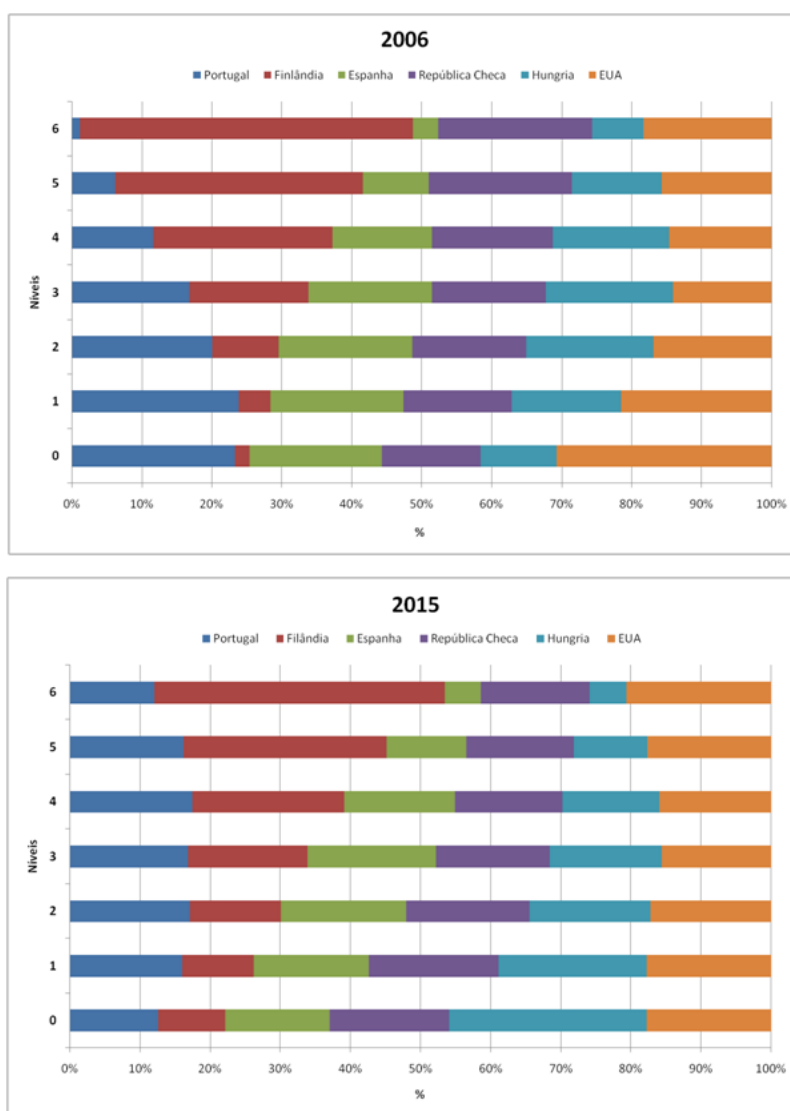


Figura 2.16: Resultados nos níveis de proficiência de alguns países no estudo PISA no domínio das Ciências em 2006 e 2015.

Este país tem escolas com características extremas, muito boas ou muito más. No entanto, os EUA têm uma grande preocupação em promover a literacia científica da sociedade americana e arranjar estratégias que motivem os jovens para a ciência, tornando-os inovadores e criativos, como já exemplificámos no Capítulo 1. Outros países como a Hungria e a República Checa, culturalmente mais semelhantes a Portugal [190, 191], apresentavam em 2006 um valor superior dos “*Top Performers*”, ou seja, bons resultados nos níveis 5 e 6. Esta situação inverteu-se em 2015 com Portugal a aumentar a percentagem dos seus alunos “*Top Performers*”. Relativamente ao nível mais baixo, nível 0, Portugal teve uma redução na percentagem destes alunos comparativamente à Hungria e a República Checa. A Hungria aumentou para mais do dobro a percentagem de alunos no nível 0, entre 2006 e 2015.

Da análise do gráfico da Fig. 2.16, referente a 2006, verificamos ainda que a Espanha tinha uma percentagem elevada de alunos nos níveis 0 e 1, mas ligeiramente inferior à percentagem de Portugal nos mesmos níveis. No que diz respeito aos alunos no nível 6, a Espanha tinha uma percentagem superior a Portugal. Em 2015 Portugal superou a Espanha e apresentou melhores resultados tanto nos níveis 0 e 1 como nos níveis 5 e 6.

Dos 52 países que participaram nos 2 Ciclos do PISA, em que domínio principal foi a Ciência, a maioria não registou diferenças significativas na percentagem dos alunos no nível mais baixo ou “*Low Achievers*” e nos níveis mais exigentes (5 e 6) ou “*Top Performers*”. Portugal foi o país que registou uma progressão mais acentuada na percentagem de alunos “*Top Performers*”. O relatório da OCDE “*Results in Focus*” destaca [192]:

“In the majority of countries with comparable data, students performance in science remained essentially unchanged since 2006. However, mean performance in science improved between 2006 and 2015 in Colombia, Israel, Macao (China), Portugal, Qatar and Romania. Over this period, Macao (China), Portugal and Qatar increased the share of students performing at or above Level 5 and simultaneously reduced the share of students performing below the baseline level of proficiency (Level 2).” (p.4)

A Figura 2.17 mostra a distribuição de alunos e de resultados por nível de escolaridade nos 2 anos em que o domínio principal avaliado foi as Ciências.

Como atrás mencionado, no sistema educativo português o 10º Ano é o ano modal em que maioria dos alunos tem 15 anos. As pontuações médias progrediram em todos os anos excepto no 9º Ano.

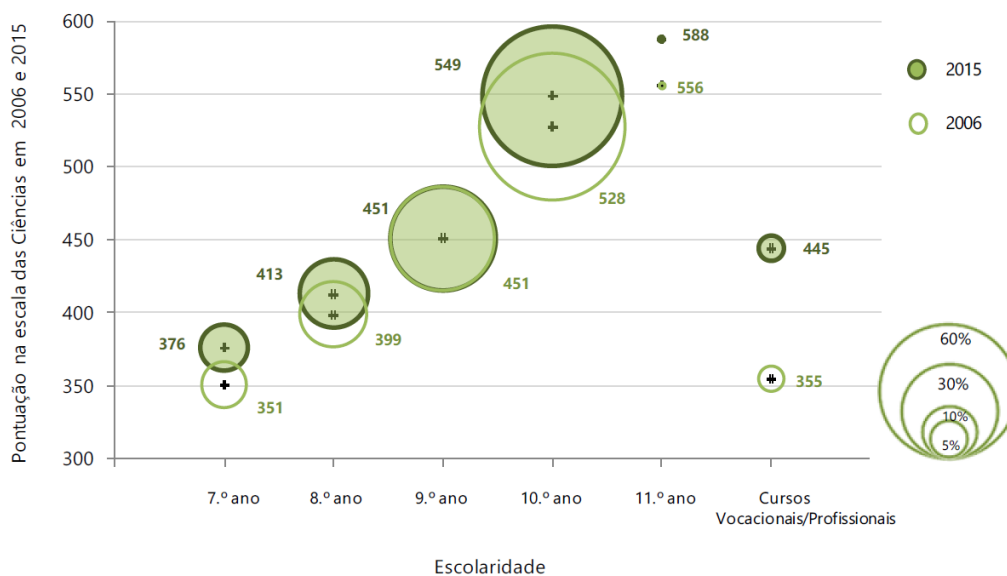


Figura 2.17: Pontuação na escala das Ciências por nível de escolaridade nos anos do domínio principal, PISA 2006 e 2015. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.65).

A progressão das pontuações médias foram as seguintes: 25, 14, 21, 32 e 90 pontos, nos 7º, 8º, 10º e 11º Anos e nos Cursos Vocacionais/Profissionais, respetivamente. Os alunos dos Cursos Vocacionais/Profissionais foram os que mais se destacaram em 9 anos [185].

De seguida, vamos focar a nossa atenção apenas sobre os resultados do PISA 2015, no domínio das Ciências, realçando os países com melhor desempenho, os resultados por género, natureza administrativa da escola, desempenho médio na subescala de sistemas de conteúdos e de competências científicas.

Dos 10 países com melhor desempenho no domínio das Ciências, 7 são asiáticos: Singapura, Japão, Taipé Chinês, Macau (China), Vietname, Hong Kong (China) e B-S-J-G²³ (China) [185]. Encontramos nesta lista alguns dos países que mais medalhas de ouro ganharam na IPhO entre 1967 e 2014 (Tabela 1.3 do Capítulo 1). Singapura foi o país que

²³B-S-J-G é o acrónimo de Beijing, Shanghai, Jiangu, Guangdong (China).

apresentou os melhores resultados médios em todos os domínios, incluindo as Ciências. Este país teve apenas 10% de alunos abaixo do Nível 2 e 24,2% dos alunos alcançaram os níveis de proficiência mais elevados. No nível 6 registou 5,6% alunos com mais de 708 pontos na escala de Ciências. Portugal está no grupo dos países com as percentagens mais elevadas de alunos no Nível 2 ou acima (82,6%) e os países da OCDE registaram em média 78,8%. Os países Europeus que tiveram as melhores classificações foram a Estónia e a Finlândia [185].

Os resultados por género mostraram que os rapazes portugueses conseguem melhores resultados do que as raparigas. Portugal foi um dos países onde se verificou uma grande diferença na distribuição de resultados por género [185]. Nas Olimpíadas de Física também são os rapazes que maioritariamente ganham medalhas.

Na análise dos resultados globais, por género e níveis de proficiência, os rapazes tiveram melhores desempenhos entre os “*Top Performers*” e os piores desempenhos entre os “*Low Achievers*” em literacia científica. No caso de Portugal, 9,6% dos rapazes e 5,2% das raparigas estão no grupo dos “*Top Performers*”. A Finlândia foi o único país onde as raparigas apresentaram uma vantagem considerável no grupo dos “*Top Performers*”. Portugal não evidenciou diferenças de género no nível de proficiência “*Low Achievers*” [185].

Quantos aos resultados por natureza administrativa da escola, os alunos das escolas privadas portuguesas obtiveram melhores desempenhos médios que os colegas das escolas públicas. No ensino privado, 25% dos alunos registaram 600 pontos ou mais no domínio das Ciências e os seus colegas no mesmo percentil tiveram 566 pontos ou mais. Por outro lado 95% dos alunos das escolas privadas obtiveram pontuações médias acima dos 400 pontos e 95% dos alunos do ensino público tiveram pontuações médias de 347 pontos [185].

Tal como indicado, o teste PISA classificou os itens de acordo com os “*Sistemas de Conteúdo, Competências Científicas e Tipo de Conhecimento Científico*” [185]. Os sistemas de conteúdo avaliados foram: “*Sistemas Físicos, Sistemas Vivos e Terra e Espaço*”. A Fig. 2.18 mostra os resultados do desempenho médio de Portugal e da OCDE.

Portugal destacou-se nos sistema de conteúdo “*Sistemas Vivos*” com 503 pontos, mais 11 pontos do que a média dos países da OCDE. Logo a seguir, os alunos portugueses

obtiveram melhor desempenho nos sistemas de conteúdo “*Terra e Espaço*” com 500 pontos e, por último, nos “*Sistemas Físicos*” com 499 pontos. Em todos os “*Sistemas*” Portugal conseguiu pontuações acima da média da OCDE [185].

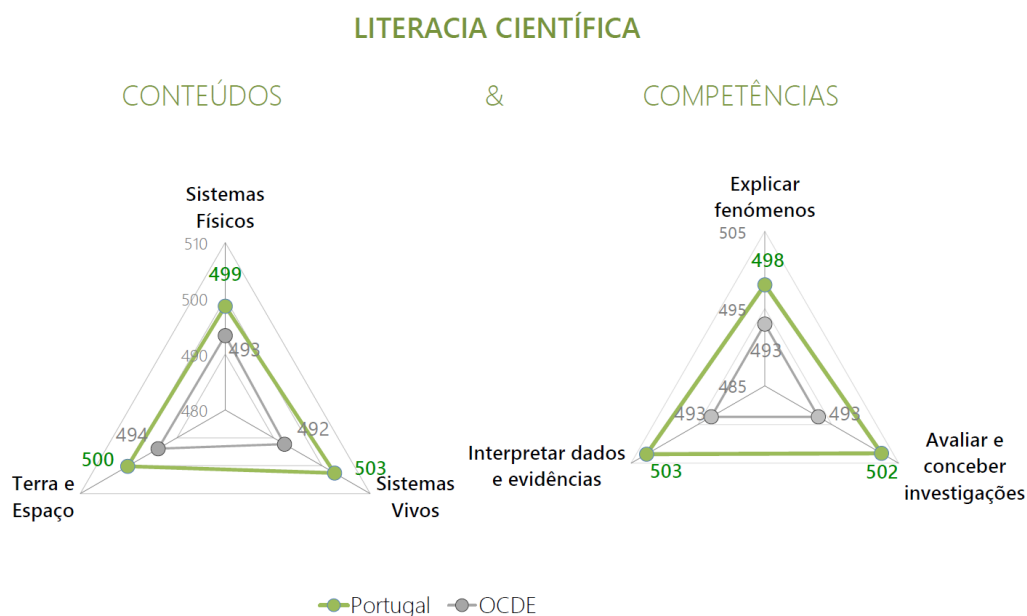


Figura 2.18: Desempenho médio em Ciências na subescala de sistemas de conteúdo e de competência científica do PISA, em Portugal e na OCDE. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.73,75).

As competências científicas avaliadas foram: “*Explicar fenómenos, Interpretar dados e evidências e Avaliar e conceber investigações*”. Portugal conseguiu, mais uma vez, pontuações médias acima da média do conjunto de países da OCDE (Figura 2.18). A competência “*Interpretar dados e evidências*” foi a melhor classificada com pontuação média de 503 pontos, depois foi a competência “*Avaliar e conceber investigações*” com 502 pontos e, por fim, a competência com menor pontuação média por parte dos alunos portugueses foi “*Explicar fenómenos*” com 498 pontos. Portugal destaca-se dos países da OCDE na competência “*Interpretar dados e evidências*” com uma vantagem de 10 pontos [185].

Por último, a subescala para avaliação das ciências quanto ao “*Tipo de Conhecimento*”, que foi solicitado na resolução de itens de literacia científica, apresenta os seguintes resultados para Portugal: “*Conhecimento de conteúdo*” com 500 pontos e “*Conheci-*

mento processual e epistemológico” com 502 pontos. Em ambos os conhecimentos a média da OCDE foi 493 pontos [185].

Andreas Schleicher, diretor de Educação e Competências da OCDE [193] proferiu em Portugal uma conferência intitulada, “*PISA: Avaliação, resultados, desafios*”, em fevereiro de 2016 [194]. No âmbito desta visita ao nosso país, concedeu ainda algumas entrevistas aos meios de comunicação social [195–197]. Nesta iniciativa, emitiu a sua opinião sobre as prestações dos alunos portugueses no PISA e o caminho que Portugal deverá seguir no setor da Educação. Sugere que Portugal deveria tomar como exemplo os países melhor classificados no estudo de PISA. Estes países têm em comum algumas práticas e políticas educativas como seja a seleção, formação e qualidade dos professores; a promoção da inovação em contexto de sala de aula e a fomentação de um ensino de excelência para todos os alunos. Andreas Schleicher considera que a forma de ensinar terá que mudar e que todas as competências da esfera cognitiva, emocional e social deverão ser trabalhadas com os alunos. Elogia os progressos dos portugueses, na última década, quanto à profissionalização dos professores e à dinâmica das escolas envolvidas numa rede escolar mais coerente e colaborativa.

Estudo *TIMSS*

Existem duas versões do estudo TIMSS [133]. A versão base realiza-se de 4 em 4 anos e avalia o desempenho dos alunos, do 4º e 8º Anos, nas áreas de Matemática e Ciências, e uma versão denominada TIMSS *Advanced* realizada apenas nalguns anos. O TIMSS *Advanced* (*Trends in International Mathematics and Science Study - Advanced*) avalia conhecimentos e competências de Matemática A e de Física²⁴ junto dos alunos que estão a finalizar o Ensino Secundário e que pretendem, no futuro, seguir as áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharias e Matemática. A entidade responsável pelo estudo é a IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*) é uma cooperativa internacional independente constituída por organizações públicas e privadas que trabalham na área da investigação educacional. O TIMSS *Advanced* foi realizado pela

²⁴Só a componente de Física será objeto de análise no âmbito deste estudo.

primeira vez em 1995, com a participação de 6 países, pela segunda vez em 2008, com a participação de 10 países e pela terceira vez, em 2015, com a participação de 9 países. Portugal participou pela primeira vez em 2015 juntamente com a Eslovénia, Estados Unidos da América, Federação Russa, França, Itália, Líbano, Noruega e Suécia [183]. Atendendo a que Portugal só participou uma vez, não é possível fazer uma análise da evolução dos desempenhos dos alunos, à semelhança do que se fez no estudo PISA. Os resultados apenas permitem fazer uma caracterização e uma comparação dos desempenhos dos alunos com os dos outros 8 países participantes [183].

No TIMSS *Advanced* 2015 participaram, no conjunto dos 9 países, 56 000 alunos (32 000 em Matemática e 24 000 em Física), 5000 professores e 3000 escolas (Fig. 2.19) [183]. Portugal participou com 5851 alunos do 12º Ano. A caracterização da amostra de Portugal que participou na componente de Física está indicada na Fig. 2.20 [183].

Os critérios específicos e rigorosos para a seleção das amostras foram ditados pela IEA. Os países participantes fornecem à IEA uma lista das escolas com os alunos nacionais elegíveis para participar no estudo [183].

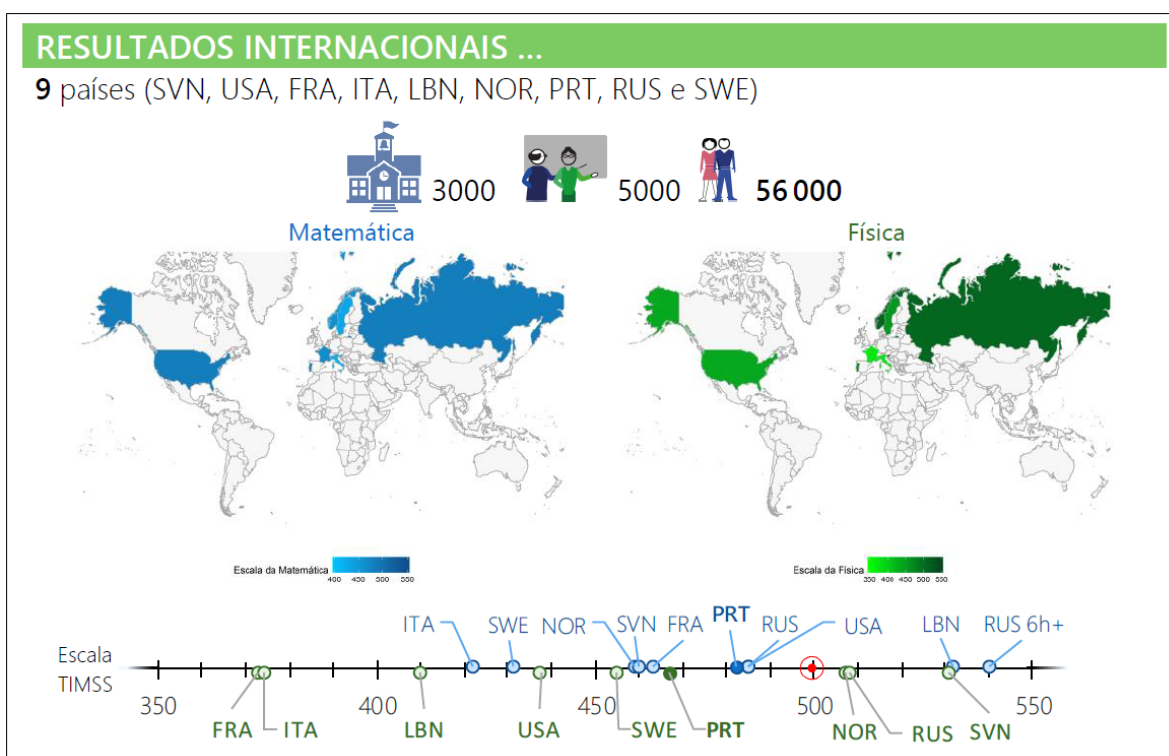


Figura 2.19: Caracterização da amostra usada no TIMSS *Advanced* em 2015: número de países, escolas, professores e alunos. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.i).

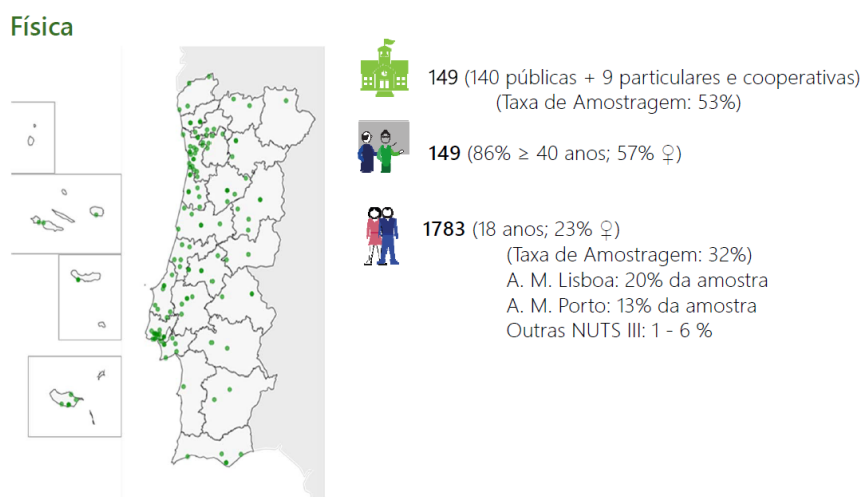


Figura 2.20: Caracterização da amostra nacional do TIMSS *Advanced* 2015: número de países, escolas, professores e alunos. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.ii).

A Tabela da Fig. 2.21 apresenta os dados do “índice de cobertura populacional” e o

“índice de cobertura curricular” e mostra que entre os 9 países há uma grande variabilidade.

País	Anos de Escolaridade	Índice de Cobertura Populacional (Matemática Avançada)	Índice de Cobertura Populacional (Física)	Índice de Cobertura Curricular (Matemática Avançada)	Índice de Cobertura Curricular (Física)
Eslovénia	13	34,4%	7,6%	99%	100%
Estados Unidos América	12	11,4%	4,8%	99%	97%
Federação Russa	11	10,1%	4,9%	76%	90%
Federação Russa 6h+	11	1,9%			
França	12	21,5%	21,5%	91%	80%
Itália	13	24,5%	18,2%	98%	100%
Líbano	12	3,9%	3,9%	93%	81%
Noruega	13	10,6%	6,5%	98%	93%
Portugal	12	28,5%	5,1%	93%	82%
Suécia	12	14,1%	14,3%	93%	93%

Fonte: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS *Advanced* 2015

Figura 2.21: TIMSS *Advanced* 2015: Índices de cobertura curricular e populacional em Matemática e Física. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.11).

Em Portugal, o *curriculum* de Física do 12º Ano cobre apenas 82% dos conteúdos curriculares e a frequência de Física, no ano terminal do Ensino Secundário, é bastante inferior à dos outros países da Europa: 5,1% dos alunos do 12º Ano em Portugal frequenta a disciplina de Física, enquanto que a taxa equivalente em Itália e França é de 18,2% e 21,5%, respetivamente [183].

O quadro conceptual que orientou a avaliação do TIMSS *Advanced* assenta em 2 vertentes: áreas de conteúdos e dimensões cognitivas. A seleção destas 2 vertentes procurou espelhar os currículos, os níveis de desempenho e os quadros conceptuais preconizados pelos sistemas educativos de cada país para o ensino e para a aprendizagem da Física e da Matemática [183]. As áreas de conteúdo avaliadas foram a Mecânica e a Termodinâmica, a Eletricidade e o Magnetismo, e os Fenómenos Ondulatórios e a Física Atómica/Nuclear [183]. No entanto, houve 18 itens que correspondiam a temas que não estavam contemplados no programa da disciplina de Física do 12º Ano do Ensino Secundário, em Portugal. A Tabela 2.6 mostra o número de itens avaliados em cada tema e o número de itens com que os alunos portugueses não estavam familiarizados [183].

Áreas de Conteúdo	Nº Itens Avaliados	Nº Itens não avaliados
Mecânica e Termodinâmica	40	6
Eletricidade e Magnetismo	28	4
Fenómenos Ondulatórios e Física Atômica / Nuclear	35	8

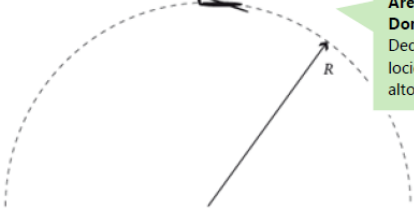
Tabela 2.6: TIMSS *Advanced* 2015: número de itens avaliados nas áreas de conteúdo. Destes itens, alguns não estão contemplados no programa da disciplina de Física do 12º Ano do Ensino Secundário em Portugal.

Para além dos conteúdos referidos os alunos também tinham que revelar as suas competências organizadas em três domínios cognitivos: “*Conhecer*”, “*Aplicar*” e “*Raciocinar*” [183].

O teste, realizado individualmente, teve a duração de 90 minutos. A seguir os alunos tinham 30 minutos para responder a um questionário [183]. Em 2015 os itens de cada domínio curricular foram organizados em 9 blocos. Esta distribuição dos blocos de itens visou: “*maximizar a cobertura das áreas de conteúdo dos domínios curriculares do TIMSS Advanced e assegurar que cada aluno respondia a um número suficiente de itens que permitisse estimar convenientemente os seus conhecimentos e competências nos domínios avaliados*” (p.12,13) [183]. O teste de Física foi estruturado tendo em consideração a distribuição dos 103 itens por áreas de conteúdo, dimensões cognitivas, tipologia do item e estimativa do tempo de resposta. A distribuição do tempo de teste por áreas de conteúdo foi o seguinte: Mecânica e Termodinâmica (40%); Eletricidade e Magnetismo (25%) e Fenómenos Ondulatórios e Física Atômica/Nuclear (35%). Relativamente às dimensões cognitivas a distribuição do tempo foi: “*Conhecer*” (30%), “*Aplicar*” (40%) e “*Raciocinar*” (30%) [183].

Este estudo, à semelhança do PISA, também não avalia a componente experimental da Física. Para exemplificar o tipo de questões colocadas no TIMSS, a Fig. 2.22 mostra alguns itens tornados público pelo IEA.

4 Um avião descreve, com velocidade de módulo constante, uma trajetória circular vertical de raio R . Quando o avião está no ponto mais alto da trajetória, os passageiros sentem-se como "se não tivessem peso". Módulo da aceleração da gravidade = g .



Área: Mecânica e termodinâmica
Domínio: Raciocinar
Deduzir a expressão do módulo da velocidade de um objeto no ponto mais alto de uma trajetória circular vertical.

Qual é o módulo da velocidade do avião no ponto mais alto da trajetória?

(A) gR
(B) \sqrt{gR}
(C) $\frac{g}{R}$
(D) $\sqrt{\frac{g}{R}}$
(E) $2gR$

11 Num reator de fissão de uma central nuclear, pode ocorrer a seguinte reação:
 ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + ?$
Completa a equação da reação considerada.

Área: Fenômenos ondulatórios e Física Atômica/nuclear
Domínio: Aplicar
Completar a equação de uma reação de fissão nuclear

Figura 2.22: TIMSS *Advanced* 2015: exemplos de itens avaliados.

Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.33).

Níveis de desempenho	Pontos	Caracterização
Intermédio	[475; 550]	“Os alunos demonstram alguns conhecimentos elementares sobre a Física subjacente a um conjunto de fenómenos.”
Elevado	[550; 625]	“Os alunos aplicam leis fundamentais da Física para resolver problemas em várias situações.”
Avançado	≥ 625	“Os alunos revelam compreensão das leis da Física na resolução de problemas em contextos práticos e abstratos.”

Tabela 2.7: TIMSS *Advanced* 2015: níveis de desempenho e pontuação (p.36).

O estudo TIMSS *Advanced* definiu 3 níveis de desempenho que permitiu hierarquizar os resultados em Física. A pontuação varia entre 0 e 1000 pontos com o ponto central

fixo em 500 pontos numa escala que não se tem alterado desde a primeira edição. Os 500 pontos representaram o desempenho médio de todos os participantes em 1995. Os 3 níveis de desempenho e os respetivos pontos estão representados na Tabela 2.7 [183].

O estudo envolve, para além do teste, os questionários de contexto aos alunos, às escolas e aos professores. O relatório do TIMSS alerta para uma leitura cautelosa dos resultados porque os alunos não responderam a todos os itens dos testes, nem à mesma combinação de itens. Não recomendam a comparação entre o desempenho individual dos alunos, nem entre amostras de pequena dimensão (por exemplo escolas) [183].

Vamos agora apresentar os resultados mais relevantes deste estudo. Portugal conseguiu a pontuação média de 467 pontos e ocupou a 4ª posição. O país que conseguiu melhor pontuação média em Física foi a Eslovénia e as piores pontuações foram conseguidas pelos franceses e italianos (Fig. 2.23) [183].

País	Média Escala Global Física	Mecânica e Termodinâmica (39 itens)		Eletricidade e Magnetismo (27 itens)		Fenómenos Ondulatórios e Física Atómica/Nuclear (35 itens)	
		Média	Diferença face à Escala Global	Média	Diferença face à Escala Global	Média	Diferença face à Escala Global
Eslovénia	531 (2,5)	541 (2,7)	10 (1,6) ⬆	530 (4,3)	-1 (4,5)	511 (4,5)	-20 (3,9) ⬇
Federação Russa	508 (7,1)	514 (6,7)	7 (1,6) ⬆	515 (8,0)	8 (2,8) ⬆	490 (7,5)	-17 (2,1) ⬇
Noruega	507 (4,6)	503 (4,1)	-5 (1,7) ⬇	514 (5,5)	7 (3,8)	507 (5,2)	0 (2,1)
Portugal	467 (4,6)	489 (4,8)	22 (3,2) ⬆	431 (5,8)	-35 (4,5) ⬇	456 (6,2)	-11 (5,2) ⬇
Suécia	455 (5,9)	455 (6,1)	0 (2,7)	455 (6,0)	1 (2,6)	451 (6,3)	-4 (2,7)
† Estados Unidos da América	437 (9,7)	462 (9,6)	25 (3,4) ⬆	380 (12,2)	-58 (3,9) ⬇	431 (8,7)	-7 (3,0) ⬇
† Líbano	410 (4,5)	395 (4,4)	-15 (4,7) ⬇	399 (5,2)	-11 (5,9)	431 (6,8)	20 (5,7) ⬆
Itália	374 (6,9)	376 (6,4)	2 (2,6)	425 (6,6)	51 (3,7) ⬆	329 (7,9)	-45 (2,3) ⬇
França	373 (4,0)	327 (5,7)	-46 (3,7) ⬇	339 (4,7)	-34 (3,8) ⬇	418 (4,5)	45 (2,5) ⬆

⬆ Resultado da subescala significativamente superior ao da escala global de Física

⬇ Resultado da subescala significativamente inferior ao da escala global de Física

† Não cumpriu os critérios de amostragem

Fonte: IEA - Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS *Advanced* 2015

Figura 2.23: TIMSS *Advanced* 2015: Resultados no domínio da Física quanto à área de conteúdos. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.66).

A taxa de participação dos alunos no estudo TIMSS *Advanced* mostrou que as raparigas têm menor predisposição para frequentar a disciplina de Física. Portugal foi o país

que apresentou a maior diferença na distribuição dos alunos por género, 25% de raparigas e 75% de rapazes. As raparigas conseguiram em média 456 pontos e os rapazes 470 pontos [183].

Portugal apresentou os melhores resultados em “*Mecânica e Termodinâmica*”, com 22 pontos acima do valor médio alcançado e os piores resultados em “*Eletricidade e Magnetismo*”. Nesta área apresentou uma diferença bastante negativa face à escala global, menos 35 pontos. Os piores resultados médios no conjunto dos países participantes foram observados na área “*Fenómenos Ondulatórios e Física Atómica/Nuclear*” (Fig. 2.23) [183].

Na Tabela da Fig. 2.24 observamos que Portugal conseguiu obter pontuações médias acima da média global nas dimensões cognitivas “*Conhecer*” e “*Raciocinar*”, com 7 pontos e 14 pontos, respetivamente. Os alunos portugueses revelaram maiores dificuldades na resolução dos itens da dimensão “*Aplicar*” [183].

País	Média Escala Global Física	Conhecer (30 itens)		Aplicar (41 itens)		Raciocinar (30 itens)	
		Média	Diferença face à Escala Global	Média	Diferença face à Escala Global	Média	Diferença face à Escala Global
Eslovénia	531 (2,5)	521 (4,2)	-10 (3,3) ▼	543 (3,8)	12 (3,5) ▲	514 (5,7)	-17 (5,6) ▼
Federação Russa	508 (7,1)	517 (7,5)	9 (2,4) ▲	508 (7,6)	1 (1,3)	493 (6,7)	-15 (2,4) ▼
Noruega	507 (4,6)	529 (4,2)	22 (2,9) ▲	484 (5,3)	-23 (1,8) ▼	519 (5,7)	12 (2,8) ▲
Portugal	467 (4,6)	474 (4,7)	7 (3,0) ▲	452 (5,7)	-15 (3,9) ▼	481 (3,9)	14 (2,9) ▲
Suécia	455 (5,9)	452 (6,0)	-3 (2,1)	454 (6,4)	0 (3,0)	450 (6,2)	-4 (3,2)
† Estados Unidos da América	437 (9,7)	444 (9,8)	7 (3,5)	420 (10,2)	-17 (2,9) ▼	455 (8,8)	17 (3,3) ▲
† Líbano	410 (4,5)	378 (4,7)	-32 (3,6) ▼	433 (5,4)	22 (5,3) ▲	375 (6,2)	-35 (4,1) ▼
Itália	374 (6,9)	367 (6,6)	-7 (4,4)	371 (7,3)	-3 (2,1)	375 (7,3)	1 (3,0)
França	373 (4,0)	375 (3,9)	2 (1,6)	358 (5,6)	-15 (3,4) ▼	397 (4,2)	24 (1,9) ▲

▲ Resultado da subescala significativamente superior ao da escala global de Física

▼ Resultado da subescala significativamente inferior ao da escala global de Física

† Não cumpriu os critérios de amostragem.

Fonte: IEA - Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS *Advanced* 2015

Figura 2.24: TIMSS *Advanced* 2015: Resultados no domínio de Física por dimensão cognitiva. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.69).

Os resultados expressos na Fig. 2.25 mostram que Portugal conseguiu 3% dos alunos no nível Avançado e 16% no nível Elevado, ambos os valores abaixo da mediana internacional (5% e 18% respetivamente). A percentagem de alunos portugueses no nível Intermédio foi 46%, valor igual à percentagem da mediana internacional [183].

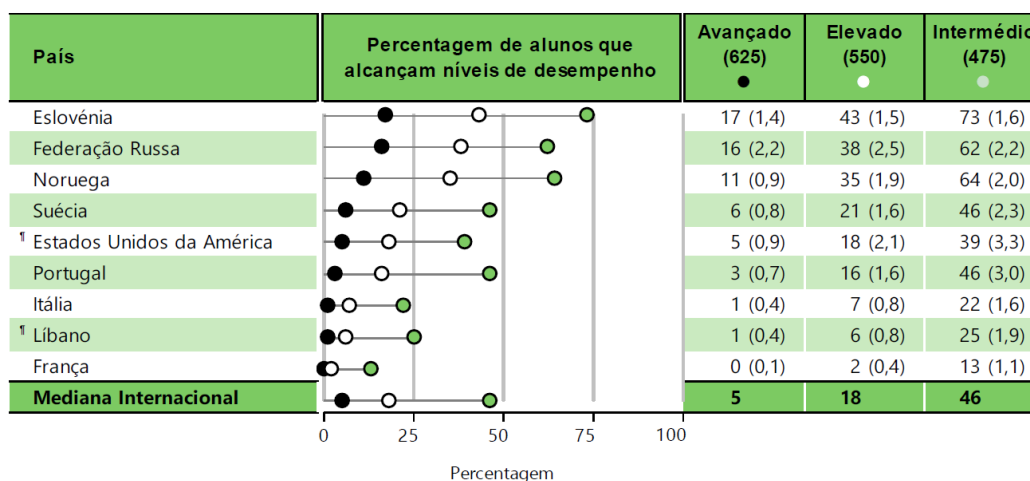


Figura 2.25: TIMSS *Advanced* 2015: Resultados no domínio de Física por nível de desempenho. Fonte: imagem do relatório nacional do IAVE (p.79).

Os alunos que frequentavam o ensino privado apresentaram melhores desempenhos, mais 21 pontos em média do que os colegas das escolas públicas, uma tendência também observada no estudo PISA [183].

Em suma, estes dois estudos internacionais revestem-se de grande importância pois permitem comparar os sistemas de ensino dos países participantes. Neste século XXI, de grandes transformações globais, desafios e mobilidade profissional exige-se um ensino adaptado a esta realidade da globalização. O ensino das Ciências, e da Física em particular, destaca-se na sociedade eminentemente tecnológica.

Capítulo 3

A Problemática do Ensino Experimental da Física

“Poderá sugerir-se, a este propósito, que uma educação científica orientada experimentalmente contribuirá porventura para um contexto mais favorável à redução da discriminação social no insucesso do ensino científico.”

José Mariano Gago, *Manifesto para a Ciência em Portugal*, 1990, p.110 [165]

Neste capítulo analisamos a problemática do Ensino Experimental da Física, uma vez que a nossa investigação versa sobre as dificuldades experimentais dos alunos olímpicos portugueses nas competições internacionais. Por este motivo, é pertinente explicar as ideias de alguns especialistas que se têm debruçado sobre esta problemática, enquadrando-as nalguns referenciais teóricos das Ciências da Educação. Classificam-se, por isso, de seguida diferentes tipos de atividades experimentais e refletimos sobre as suas vantagens e desvantagens, bem como os problemas na sua implementação. A seguir, analisamos as Orientações Curriculares do Ministério da Educação do Ensino Pré-escolar ao Ensino Secundário, com destaque para as atividades experimentais das disciplinas de Física e Química A dos 10º e 11º Anos e da disciplina de Física do 12º Ano. Após esta análise documental do que a tutela preconiza para o ensino experimental, abordaremos a formação inicial e contínua dos professores, o estado dos laboratórios escolares e seus equipamentos, que são condicionantes relevantes para a implementação deste tipo de ensino. Por

fim, comparamos a realidade dos alunos portugueses com a dos outros colegas europeus, também participantes na IPhO.

3.1 Perspetivas teóricas

Para uma prática efetiva do ensino experimental, os responsáveis pela elaboração do currículo e o professor que o implementa devem ter presente um quadro teórico e nele reconhecer os seus valores, potencialidades e limitações. Na discussão que se segue, destacamos apenas os princípios que consideramos mais relevantes.

Atualmente é unânime a ideia que o aluno só aprende se estiver envolvido ativamente no processo de aprendizagem [198], mas os pontos de vista sobre os métodos ativos¹ e as formas de o discente construir a sua aprendizagem, com a ajuda do docente, são diversos. Isabel Festas reúne as opiniões em dois grandes grupos [198]. Alguns autores defendem que deve ser o próprio aluno a procurar o conhecimento sem grande interferência do professor, estando o processo de ensino-aprendizagem fortemente centrado no aprendiz. O acesso ao conhecimento pode ser feito por métodos de descoberta ou de investigação. Por outro lado, outros autores baseados nas teorias da cognição defendem que o aluno edifica conhecimento com ajuda assídua do professor, mesmo usando métodos expositivos [198,199]. Segundo Galvão e Serra ambas as perspetivas, cognitivista e construtivista são importantes e complementam-se [200].

Antes destas teorias predominava a teoria behaviorista, uma teoria da aprendizagem desenvolvida com base em experiências comportamentais realizadas em animais. As atividades cognitivas não eram explicitamente reconhecidas, sobretudo porque os alunos aprendiam num processo de estímulo-resposta. O ensino era ministrado com vista à aprendizagem dos alunos por treino, repetição, reforço dos comportamentos, e era valorizado o saber fazer cada vez melhor. A motivação extrínseca era estimulada com as recompensas que serviriam de motor para o aprendiz alterar os seus comportamentos [201].

¹Segundo Isabel Festas [199] *método ativo* “...é todo aquele que possibilita que o aluno construa uma representação da nova informação a aprender, é todo aquele em que o aluno é ativo cognitivamente, independentemente de o ser ou não do ponto de vista comportamental.” (p.180)

É incontornável enunciar as muito influentes teorias sobre o processo de ensino-aprendizagem de John Dewey, Jean Piaget, Lev Vygotsky, Jerome Bruner e de Benjamin S. Bloom. Para além destas, neste cenário educacional também são relevantes os contributos da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a do Processamento da Informação.

As ideias de John Dewey, um modernista em teorias da educação que viveu entre o final do século XIX e o princípio do século XX, contribuíram para a valorização do ensino prático [191] e também para a elaboração dos currículos de ciências, na década de 60, com base na resolução de problemas [16]. Dewey defendeu que as aulas deveriam ser desenvolvidas para a compreensão e não para a memorização, e a relação professor-aluno deveria ser estimulada para um melhor processo ensino-aprendizagem. O aluno para se envolver na aprendizagem tem de ter motivação, reconhecer o conhecimento como útil e com significado para ele [202]. Nesta perspetiva, é hoje em dia comumente aceite que a aprendizagem na escola deverá ser experimentalmente ativa e por resolução de problemas, tal como preconizado por Dewey [191].

Na obra de Jean Piaget foi visível a influência da sua formação de base em biologia quando estipulou os pressupostos biológicos do desenvolvimento intelectual: assimilação-acomodação e adaptação. O aluno em contacto com o meio assimila informação e incorpora-a nas suas estruturas cognitivas. A nova informação pode transformar as estruturas já existentes e posteriormente haver acomodação. A adaptação ao meio, as interações e as transmissões em equilíbrio ajudam a desenvolver a inteligência. Piaget descreveu 3 estádios da inteligência: sensório-motora (dos 0-2 anos), operatória concreta (dos 2-11/12 anos) e operatória formal (11/12-15/16 anos) [203]. Os seus trabalhos alertavam para a necessidade de se organizar o ensino em função das características de cada estádio e do ritmo de desenvolvimento cognitivo de cada aluno. Segundo Piaget, o aluno também constrói a aprendizagem quando há conflito cognitivo e tem consciência dos erros. Para este autor o erro, traduz as formas de pensamento e, por isso, deveria ser valorizado pelos educadores [204].

Um outro grande contributo para o ensino foi dado por Lev Vygotsky, psicólogo

russo [205] que definiu uma zona de desenvolvimento proximal que se situa entre a fase do desenvolvimento real do aluno e a fase do desenvolvimento potencial em que o mesmo aluno se encontrará [199]. Quando o aluno atinge o nível potencial, adquiriu conhecimento e houve desenvolvimento cognitivo. Para isso acontecer, são cruciais os apoios do professor, do ensino e da aprendizagem formal e, ainda, a interação que o aluno estabelece com pessoas que o rodeiam (família, amigos, etc.) e outros recursos didáticos como a televisão, computador e livros. O suporte social e os próprios instrumentos que a cultura onde está inserido lhe disponibiliza influenciam o seu desenvolvimento intelectual [198]. Esta ideologia socio-construtivista de Vygotsky alerta para a necessidade do professor atender aos múltiplos fatores sociais e individuais que interferem no desenvolvimento de cada aluno [199]. Neste enquadramento, o professor, através dos seus métodos de ensino, pode criar e expandir a zona de desenvolvimento proximal de cada aluno [204].

Já Jerome Bruner [206] defendia, na sua teoria de ensino, a organização do conhecimento e a resolução de problemas ao ritmo de aprendizagem de cada aluno. Bruner valorizava a aprendizagem ativa por descoberta, e acreditava que este tipo de aprendizagem impulsionava no aluno a motivação intrínseca e o pensamento intuitivo. Contudo, salvaguardou que deve existir equilíbrio entre o método de ensino por indução e os outros métodos de ensino [199]. A ideia de Bruner, do uso de métodos ativos num ensino pela descoberta, foi apoiada por Jerrold Zacharias, Físico americano no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Jerrold Zacharias foi um dos líderes do projeto “*Physical Science Study Committee*”-(*PSSC*) [207, 208] que, na década de 50 do século XX, revolucionou o ensino das Ciências. Este projeto procurou mudar o paradigma dos métodos de ensino, os conteúdos e a estrutura conceptual subjacente. Os métodos de ensino passaram a ser mais ativos, os alunos tinham maior autonomia, responsabilidade na sua aprendizagem e uma aproximação à metodologia da investigação científica. Os trabalhos experimentais passaram a ter amplo destaque e a ser desenvolvidos numa perspetiva de descoberta. As aulas experimentais procuravam motivar os alunos e ajudá-los na compreensão dos conceitos. Os resultados do projeto ficaram, contudo, aquém das expectativas e um dos motivos foi o elevado grau de exigência conceptual implicado neste tipo de ensino [16]. Na opinião de Derek Hodson, os objetivos do trabalho prático por descoberta foram mal interpretados

pelos professores, na medida em que colocavam os alunos a ter uma atitude igual à do cientista com vista à descoberta de conhecimento científico, quando a finalidade era a aquisição de conteúdos científicos já existentes [30].

Outra ideia importante para a qualidade do processo ensino-aprendizagem foi a defendida pelo psicólogo David Ausubel. Ele entendia que o conhecimento prévio dos alunos deve ser valorizado para existir uma aprendizagem significativa [209].

Também os conhecimentos da teoria da aprendizagem com base no Processamento da Informação são relevantes para o ensino [201]. Existem três tipos de memória: sensorial, de curto prazo (ou de trabalho) e de longo prazo [198, 210]. A interação entre elas na atividade cognitiva do aluno, durante a aprendizagem, processa-se da seguinte forma: os estímulos exteriores (visuais ou auditivos) são captados pelos sentidos e armazenados na memória sensorial que também seleciona a informação. A informação retida pela memória sensorial segue para a memória de curto prazo. Nesta memória, a informação tem de ser trabalhada pelo próprio aluno para ser processada, organizada de forma coerente, não se perder e posteriormente poder ser usada e transferida para novas realidades. A memória de trabalho tem capacidade limitada pois armazena pouca informação e durante pouco tempo. Assim, os alunos têm que ter acesso a pouca informação para compreenderem e assimilarem os conteúdos. A informação, depois de trabalhada na memória de curto prazo, com auxílio dos conhecimentos anteriores armazenados na memória de longo prazo, passa sob a forma de conhecimento para esta memória, onde é armazenada e pode ser posteriormente recuperada sempre que o aluno precisa de a aplicar a uma atividade cognitiva [198]. Segundo Festas, na aprendizagem ativa e com compreensão, o aluno “*seleciona, organiza, integra, armazena e recupera conhecimento*” (p.50), sendo o trabalho cognitivo realizado pelo aprendiz. Contudo, é também indispensável o professor usar mecanismos motivacionais e emocionais para favorecer a concentração do aluno necessária à aprendizagem. Para tornar realidade o que anteriormente descrevemos, o professor tem a responsabilidade de planear, lecionar e avaliar adequadamente as suas práticas pedagógicas [198].

No ensino experimental, a definição de objetivos é importante para se especificar o que os alunos devem saber (conhecimentos) ou saber fazer (capacidades). Uma das

ferramentas mais usadas no ensino é a taxonomia dos objetivos educacionais de Benjamin S. Bloom *et al.* Esta taxonomia, que foi revista em 2001 [211], faz um cruzamento entre o tipo de conhecimento fatural, conceptual, processual e metacognitivo, segundo o qual o processo cognitivo envolve 6 dimensões de complexidade crescente [212],

1. **Lembrar:** envolve recuperar conhecimento da memória a longo prazo,
2. **Entender:** conectar conhecimento novo com conhecimento prévio,
3. **Aplicar:** envolve conhecimento processual,
4. **Analisar:** decompor e relacionar conhecimentos,
5. **Avaliar:** julgar quantitativamente e qualitativamente,
6. **Criar:** produzir um produto original,

que se intersectam com 4 dimensões do conhecimento (p.217) [212]

- A. **Conhecimento Fatural:** aluno tem os elementos básicos de uma disciplina,
- B. **Conhecimento Conceptual:** aluno estabelece relações entre os elementos básicos,
- C. **Conhecimento Processual:** aluno usa habilidades, técnicas, métodos de investigação,
- D. **Conhecimento Metacognitivo:** aluno tem consciência (auto-conhecimento) da sua cognição.

A taxonomia de Bloom foi e ainda é muito influente, tendo norteado as Metas Curriculares do Ministério da Educação [213], atualmente em vigor, onde se faz uso de um verbo para definir o tipo de processo cognitivo (“como”) e de um substantivo para definir o tipo de conhecimento (“o que”) [212, 214].

Após esta pequena viagem por algumas ideias das Teorias da Educação, a seguir procuramos esclarecer distintas definições relativas ao ensino experimental evidenciadas

em manuais, documentos normativo-legais e que fazem parte da linguagem dos professores e alunos.

Na literatura, o ensino experimental é referido de forma diversa: *“trabalho experimental, trabalho laboratorial, trabalho prático, atividades laboratoriais, “hands-on”, trabalho prático-laboratorial, entre outros”*. Estes termos assumem mais do que uma definição, dependendo do autor, e por vezes até são usados com o mesmo significado [30].

Robin Millar adota a seguinte definição de **trabalho prático** [28],

“ ‘practical work’ means any teaching and learning activity which involves at some point the students in observing or manipulating real objects and materials. The term ‘practical work’ is used in preference to ‘laboratory work’ because location is not a salient feature in characterising this kind of activity. The observation or manipulation of objects could take place in a school laboratory, or in an out-of-school setting, such as the student’s home or in the field...” (p.2)

Os autores do *“Livro Branco da Física e da Química”* procuraram clarificar o significado de trabalho experimental e trabalho prático-laboratorial. O **trabalho experimental** significa para estes autores [20],

“Qualquer tipo de atividade (laboratorial ou não) que envolve os alunos em trabalho direto com os equipamentos e materiais, de forma a desenvolver/aprofundar conhecimentos teóricos e capacidades de trabalho científico, nomeadamente o controlo de variáveis. Nas escolas, o trabalho experimental reveste-se essencialmente do carácter de trabalho prático laboratorial maioritariamente orientado por uma ficha de trabalho guiada, para a verificação da lei.” (p.148)

Laurinda Leite [24] distingue os conceitos de **atividade prática** e **atividade laboratorial** como:

- **atividade prática** - *“entende-se qualquer atividade em que o aluno está ativamente envolvido”*.
- **atividade laboratorial** - *“são atividades que envolvem a utilização de material de laboratório, para produzir um facto ou fenómeno ou analisar uma parte do mundo”*

natural a estudar, mas cuja execução pode decorrer num laboratório ou numa sala de aula normal, desde que não seja posta em causa a segurança de quem executa ou vê executar”. (p.84)

No entendimento de Bernardino Lopes [215], **trabalho experimental** é:

“toda a atividade sobre um referente empírico (bases do campo questiono-experimental), concretizada na execução de procedimentos empíricos, que permite:

- *questionar o referente empírico e o que se sabe sobre ele;*
- *identificar/controlar variáveis;*
- *utilizar/estudar/aperfeiçoar/ construir modelos teóricos e/ou das situações físicas que sirvam de mediadores entre as teorias e a realidade”. (p.259)*

Também Paulo Simeão de Carvalho *et al.* [182], em 2013, definiram 3 tipos de trabalho: **trabalho ou atividade prática (AP)**, **trabalho ou atividade laboratorial (AL)** e **trabalho experimental (TE)**. As designações dadas foram as seguintes (p.38),

AP	<i>“tarefa realizada pelos alunos, manipulando recursos e materiais diversificados, dentro e fora da sala de aula”;</i>
AL	<i>“trabalho prático realizado em laboratório”;</i>
TE	<i>“trabalho prático que envolve controlo de variáveis, seja na forma de experiências guiada, seja em formato investigativo”.</i>

Com base nas definições atrás referidas, ao longo desta tese definimos **atividades experimentais** como,

trabalhos práticos realizados pelos alunos em contexto de sala de aula, em casa ou na escola nos tempos não letivos. Envolvem controlo de variáveis e podem ser atividades demonstrativas, orientadas para a medição de propriedades envolvidas num processo físico, ou investigativas.

Muitos especialistas têm analisado a importância, as potencialidades e as limitações do trabalho prático, e discutem a melhor forma de o implementar [28–31].

O trabalho prático corresponde a um dos possíveis métodos de ensino e encerra em si um conjunto de vantagens. É particularmente recomendável quando os conceitos a transmitir são abstratos [28, 30]. Mesmo assim, só com a realização de várias atividades práticas e num processo gradual de aprendizagem os alunos conseguirão compreender as ideias abstratas e adquirir competências experimentais complexas [28, 30, 200, 216]. O trabalho prático também potencia a motivação e a curiosidade com vista a um maior desenvolvimento cognitivo [29, 30]. Os alunos conseguem recordar as observações, em especial as mais espetaculares, passado muito tempo da realização do trabalho prático. Robin Millar declara que ele é realmente necessário e importante [28],

“The reason lies in Piaget’s insight that it is by acting on the world that our ideas about it are formed and develop. Students, therefore, need to have experiences of acting on the world, in the light of a theory or model, and seeing the outcomes. Only in this way can they come to an understanding of that theory or model”. (p.11)

Este exercício é insubstituível pelo uso de tecnologias, pois exploração de simulações computacionais ou visionamento de vídeos não transmitem a necessária autenticidade [31, 165]. Tratam-se, ainda de recursos limitados para os alunos atingirem os objetivos de aprendizagem. A principal razão apontada por Millar *“is that a real event contains more information than any representation of it”* (p.13) [28]. Isto não impede que o uso de simulações e animações computacionais possam ajudar os alunos a relacionar os conceitos com as teorias/modelos [28].

Jonathan Osborne também aponta argumentos a favor da experimentação em sala de aula [31],

*“1 - its role in providing a first-hand demonstration of phenomena;
2 - its role in providing an experience of what it means to engage in the whole experience of empirical enquiry”.* (p.21)

O trabalho prático pode ajudar os alunos a entender o processo de investigação cien-

tífica, mas é preciso que existam as duas componentes “*hands-on*” e “*minds-on*”. Ou seja, é fundamental que a teoria apoie a experimentação [28–31]. Em contexto escolar, a exploração experimental deve ser acompanhada com um conjunto estruturado de conhecimento conceptual e processual, relativamente ao método científico [31].

Millar coloca várias questões sobre o papel do trabalho prático na compreensão, utilidade e colaboração na aprendizagem. A sua questão central sobre o conhecimento e cognição é “*how, exactly, do we (humans) get the world inside our heads?*” (p.8) [28]. Com base no trabalho de Piaget responde: “*o ser humano constrói uma representação do mundo que o rodeia e da interação com o meio assimila dados nos seus esquemas mentais. Estes dados podem ser alterados para acomodar novos dados, e por fim, restabelecer o equilíbrio entre as realidades internas e externas*”. Esta dinâmica cognitiva levou Millar a afirmar [28],

“If Piaget is correct, then practical experience of observing and (even more important) intervening in the world is essential for understanding”. (p.8)

Na sua perspetiva, o papel do trabalho prático ajuda os alunos a intersetarem 2 domínios do conhecimento. Um sobre os objetos reais e as propriedades observáveis e o outro sobre as ideias. Esta tarefa é operacionalizada na prática com a clarificação dos seguintes objetivos [28]:

i) Domínio dos objetos reais e as propriedades observáveis

- “*identificar objetos e fenómenos e familiarizar-se com eles*”;
- “*aprender fato (ou fatos)*”.

ii) Domínio das ideias

- “*aprender conceitos*”;
- “*aprender a relacionar*”;
- “*aprender a teoria/modelos*”. (p.10)

Porém, na sua opinião, o domínio das ideias desempenha o papel mais significativo no trabalho prático com os objetivos de aprender os novos conceitos e como se relacionam na teoria ou modelo [28].

Muitos outros autores como Maria Freire e Maria José de Almeida defendem que o ensino experimental ajuda na compreensão dos conceitos [16] e “...realizações experimentais são indispensáveis para uma correta aprendizagem da Física, uma ciência por excelência experimental”. (p.32) [217]. Já em 1947, Rómulo de Carvalho fazia uma reflexão sobre a importância do trabalho prático e publica na Gazeta da Física um pensamento “*Acerca dos trabalhos práticos de Física nos Liceus*” [15]:

“O trabalho não precisa de ter elevado interesse científico nem exigir aparelhagem aparatosa. Ao aluno basta-lhe mexer em coisas mezinhas, medir ou pesar, mas não como mede o alfaiate ou pesa o merceiro. Tem de criar o espírito de medida, a consciência física do que significa comparar. Parece-nos isto o essencial de tudo. O aluno poderá, na sua vida real, nunca precisar de medir coisa nenhuma. O que precisará sempre, constantemente, dia a dia, é de aplicar a ponderação do seu espírito, o cuidado da sua observação, o sentimento de equilíbrio que resulta do trabalho minucioso que a prática do laboratório lhe ajudará a desenvolver”.
(p.40)

Haury e Rillero, no seu livro “*Perspectives of hands-on Science Teaching*”, também argumentam com o potencial das experiências com vista à resolução de problemas, que levam os alunos a observar, colocar hipóteses, questionar o quê, como, quando, porquê, a manusear e a confrontarem as dificuldades com as suas próprias mãos, para além de desenvolver o espírito crítico. Estes procedimentos, se devidamente preparados pelo professor, também aumentam a concentração, a autonomia, a criatividade e o gosto pela ciência [218].

Os trabalhos práticos “tipo receita”, por descoberta e em formato de investigação (“*Inquiry*”), na literatura também são alvo de análise e de comparação [18, 28–32, 217]. É unânime entre vários autores as desvantagens do trabalho prático “**tipo receita**”, sendo

considerado uma perda de tempo e podendo até ser prejudicial [30], inibidor do pensamento [29] e desfavorável para aprendizagem [217]. Estudos realizados em escolas inglesas por Abrahams e Reiss (2012), citado por Osborne [31], sobre o trabalho prático mostraram que o professor consegue colocar os alunos a realizar atividades experimentais com recurso a um protocolo “tipo receita”, mas dificilmente consegue incorporar no ensino uma ligação das observações experimentais dos alunos às ideias científicas que é suposto que ilustrem. Assim, na sua perceção, o trabalho prático passa a ter um papel limitado [31]. O trabalho prático “tipo receita” com uma excessiva interferência do professor, com resultados predefinidos, sem reflexão por parte dos alunos sobre o porquê dos procedimentos experimentais usados, não promove no aprendiz uma visão do verdadeiro trabalho científico e pode penalizar o desenvolvimento cognitivo [18, 219].

Relativamente ao trabalho prático por **descoberta**, Hodson aponta problemas porque este despreza os conhecimentos prévios dos alunos, não salvaguarda a estrutura conceptual e sem o devido enquadramento teórico não conduz à aprendizagem. No seu ponto de vista, esta forma envolve o modelo indutivo da ciência que é difícil de praticar na sala de aula [30]. Por outro lado, como já atrás mencionamos, Bruner reconhece vantagens nesta estratégia de ensino que, quando bem implementada e complementada com outros métodos de ensino, é favorável para o aprendiz.

As atividades práticas em formato de **investigação**, na perspetiva de alguns autores, podem desenvolver aprendizagens significativas e transversais [29–32, 220]. O aluno tem que ser ativo na sua aprendizagem para adquirir novo conhecimento [28, 198], atitude fundamental já previamente referida. Com este tipo de atividade o aluno pode seguir os seus próprios métodos de forma autónoma e resolver problemas [220]. Com um problema interessante e com significado para o aluno [30, 202, 220], ele pode colocar questões relevantes, apontar hipóteses, participar na construção do procedimento experimental, recolher, tratar, interpretar os dados e dar suporte teórico às suas conclusões. Esta dinâmica estimula a cognição com vista à compreensão dos conceitos, ao desenvolvimento e a aplicação de capacidades e competências [17, 29, 31, 32]. É importante ensinar o aluno a investigar para construir as suas ideias científicas e as poder defender na sala de aula perante os colegas. Contudo, a implementação e o desenvolvimento deste tipo de atividades, onde está subja-

cente o verdadeiro “método científico”, necessita de tempo [24, 28, 29]. O aluno adolescente encontra-se psicologicamente numa fase em que procura conquistar a individualidade nas formas de pensar e de estruturar o seu próprio trabalho, por isso este formato de trabalho prático pode promover o interesse pela aprendizagem [17, 30]. Ainda assim, o professor deve ser um guia que facilita e orienta para o processo da investigação [219].

No entanto, Millar [28] aponta 3 dificuldades na aprendizagem quando os alunos fazem um trabalho prático do tipo investigativo:

- “A primeira está relacionada com a in experiência dos alunos, a falta de material ou de tempo que muitas vezes resulta em poucos dados, incoerentes ou incompletos”.
- “A segunda dificuldade prende-se com o facto de os alunos não conseguirem relacionar os dados com hipótese teóricas e tirar as suas conclusões mesmo quando os dados recolhidos são bons”.
- “A terceira está relacionada com o facto do aluno saber que o professor tem as respostas certas e está no decorrer da aula a perguntar o que é ‘suposto dar’ ou se os dados que obteve ‘estão certos’.” (p.4)

O valor pedagógico do trabalho prático depende em grande medida do **professor** [30] e a sua responsabilidade na planificação, preparação, execução, orientação e avaliação do trabalho prático também é analisada por vários especialistas [28–31].

De um modo geral os professores valorizam o trabalho prático e segundo Hodson [30] os 5 principais argumentos usados pelos docentes para a sua realização são:

1. *“Motiva e estimula o interesse;*
2. *Ensina competências laboratoriais;*
3. *Melhora a aprendizagem da ciência;*
4. *Ensina o método científico;*
5. *Desenvolve a imaginação, a objetividade e o sentido crítico”.* (p.34)

Com vista ao sucesso da realização do ensino experimental os professores devem satisfazer algumas condições, tais como: identificar corretamente os objetivos, propor um problema interessante para investigar, atender aos aspetos conceptuais, ao nível de complexidade e aos conhecimentos prévios dos alunos, e à posteriori reflexão e discussão de ideias. Se estas condições falharem há perigos na implementação do trabalho prático, tornando-o confuso e improdutivo [28–30].

Uma das estratégias que o professor pode usar para despertar o interesse e estimular o pensamento dos alunos é colocar questões antes das observações a realizar nas atividades práticas [28]. O procedimento do professor é fundamental para os alunos interligarem conhecimentos novos aos prévios, “*tasks which 'scaffold' students' efforts to make these links*” (p.12) [28], e para adquirirem atitudes científicas [30]. Os alunos têm capacidades, motivações e gostos diferentes e, por isso, é importante o professor diversificar as suas práticas pedagógicas.

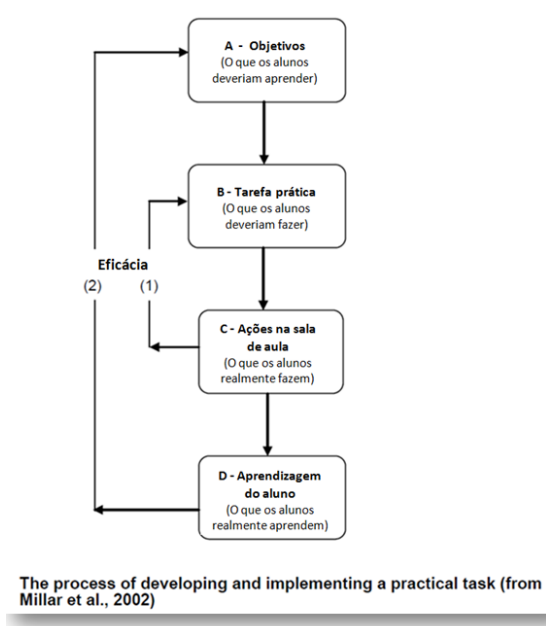


Figura 3.1: Quatro estágios considerados por Millar para o desenvolvimento e a implementação eficaz de uma atividade prática (p.14).

Na ideologia de Millar, o trabalho prático para ser eficaz deve ser estruturado pelo professor em quatro estágios (A, B, C e D) [28] (Fig. 3.1).

A atividade prática para ser eficiente deve atender, em primeiro lugar, ao ciclo de retroação (1), da Fig. 3.1, e só depois ao ciclo de retroação (2), da mesma figura.

A avaliação do trabalho prático também não pode ser descuidada. O professor necessita de avaliar conhecimentos, competências e atitudes exclusivas do trabalho prático para garantir a qualidade do processo de aprendizagem [29].

É ainda de referir, que Hodson [30] acautela contra um excessivo entusiasmo em relação à eficácia didática, muitas vezes apregoada, das aulas práticas, uma vez que o seu efetivo sucesso depende não só do tipo de aula, mas também da forma como o professor a explora na sala. Uma mesma atividade, ainda que desenhada com um objetivo e metodologia específicas, pode ser implementada por professores diferentes de uma forma mais “dirigista” ou “dedutiva”, ou de uma forma mais “criativa” ou “indutiva”. A eficácia didática da experimentação em sala de aula depende, pois, de inúmeros fatores. A medição desta eficácia também não é trivial, uma vez que a experimentação pode contribuir para vários aspetos importantes: motivação dos alunos, transmissão de novos conhecimentos, verificação de leis, aprendizagem de técnicas e práticas operacionais, aprendizagem do método científico, etc.

Após algum desencanto de que nos dá conta Hodson [30], decorrendo em parte de resultados, que ficaram aquém das expectativas, de projetos educativos de caráter fortemente experimental, como o projeto “*Nuffield Physics*” [16, 221], tem havido mais recentemente um renovado interesse nas virtudes do ensino experimental [222–225].

A Associação Americana de Professores de Física também tem refletido e tornado públicas as suas posições sobre o ensino experimental da Física. Esta associação enumerou uma longa lista de objetivos de aprendizagem para as atividades laboratoriais e as condições necessárias para o seu bom aproveitamento [226].

Destacamos alguns objetivos:

- medir quantidades físicas com precisão;
- reconhecer os fatores que podem afetar a exatidão das medidas;
- manipular materiais e instrumentos de medida;

- descrever as observações e fazer medidas;
- comunicar os dados em relatório;
- discutir criticamente os resultados e as conclusões individualmente e com os colegas;

e algumas condições:

- trabalhar em grupos de 2 a 3 alunos;
- realizar aulas divididas em turnos;
- usar materiais simples e de fácil acesso;
- para a formação contínua dos professores é preciso tempo, dinheiro, apoio e incentivos.

Resumidamente, há muitos estudos empíricos sobre a eficácia do trabalho prático como forma de aprender conhecimento científico. No entanto, alguns trabalhos de investigação denunciam ainda uma implementação, muitas vezes, incorreta do trabalho prático [30,31].

Ainda assim, a experimentação é uma idiosincrasia essencial da construção do conhecimento científico [31], sobretudo numa ciência de base fortemente experimental, como a Física. O professor, com o seu desempenho, pode fazer a diferença no sucesso deste método de ensino, mas deverá ser realista pois o aluno não é um “pequeno cientista”!

3.2 Orientações Curriculares do Ministério da Educação

Em Portugal, procura-se promover a experimentação desde a **Educação Pré-Escolar**. Após recentes alterações (Despacho n.º 9 180/2016, de 19 de julho), foi publicado um novo documento das Orientações Curriculares para a Educação de Infância [227,228]. A

abordagem a temas de ciência está incluída na “*Área do Conhecimento do Mundo*”, onde as aprendizagens estão organizadas em três componentes:

- *Introdução à Metodologia Científica;*
- *Abordagem às Ciências;*
- *Mundo Tecnológico e Utilização das Tecnologias.*

O documento acima referido indica como prioritário desenvolver nas crianças uma atitude científica e investigativa, na abordagem às três componentes. Neste âmbito, é sugerido que os professores apresentem às crianças uma dada situação ou problema, as estimulem a dar as suas explicações, a colocar as suas “hipóteses” e a verificá-las com recurso à experimentação. Alerta-se para a necessidade de ajudar as crianças a organizar os dados, classificá-los, ordená-los e “*eventualmente, quantificá-los, através de desenhos, gráficos, medições, etc.*” (p.86) [227]. Na componente “*Introdução à Metodologia Científica*” as aprendizagens deverão [227],

“Apropriar-se do processo de desenvolvimento da metodologia científica nas suas diferentes etapas: questionar, colocar hipóteses, prever como encontrar respostas, experimentar e recolher informação, organizar e analisar a informação para chegar a conclusões e comunicá-las”. (p.86)

As Orientações Curriculares preconizam, ainda, que as aprendizagens devem ser estimuladas com recurso a materiais versáteis que permitam a exploração e a experimentação como ímanes, lupas, termómetros, binóculos, microscópios, globos terrestres, balanças, pinças, etc. Na “*Abordagem às Ciências*”, propõe-se a realização de experiências para a compreensão do conhecimento do mundo físico e natural [227]. O Ministério da Educação disponibiliza aos professores um documento intitulado “*Despertar para a Ciência - Atividades dos 3 aos 6*” [229,230], com sugestões de 20 atividades experimentais e sua exploração didática com vista à aquisição, pelas crianças, de novos conhecimentos e desenvolvimento de capacidades, competências, atitudes e valores. As atividades experimentais propostas estão divididas em 5 módulos temáticos: “*Água, Forças e Movimento, Luz, Objetos e Materiais e Seres Vivos*”.

No 1º Ciclo do Ensino Básico o ensino experimental está inserido na componente de Estudo do Meio, que tem uma carga horária mínima de 3 horas por semana [231]. Um dos objetivos gerais do programa é [232]:

“Utilizar alguns processos simples de conhecimento da realidade envolvente (observar, descrever, formular questões e problemas, avançar possíveis respostas, ensaiar, verificar), assumindo uma atitude de permanente pesquisa e experimentação.” (p.103)

As temáticas e os objetivos das experiências distribuídas pelos primeiros 4 anos de escolaridade (1º - 4º Anos), estão indicados, sobretudo, no Bloco 5 do programa do Estudo do Meio - “*À descoberta dos materiais e objetos*”. É esperado que o professor faça uma abordagem experimental deste tema, recorrendo a materiais simples. É colocada a tónica na “*valorização do trabalho manual*” (p.123), devendo as experiências ser realizadas pelos próprios alunos. O processo de observação é o mais importante nestes anos escolares, alertando já para a necessidade de um registo dos resultados das experiências, devidamente adaptado às idades dos alunos. Verifica-se um crescente grau de dificuldade nos conceitos abordados nas experiências ao longo do 1º Ciclo, envolvendo alguns tópicos simples de Física das áreas da Mecânica, Eletricidade e Magnetismo, Ótica, Acústica, Hidrodinâmica, Hidrostática e Termodinâmica. Apresentamos alguns exemplos [232]:

- *“Realizar experiências que conduzem à conservação da capacidade / volume, independentemente da forma do objeto;*
- *Reconhecer materiais que flutuam e não flutuam;*
- *Experimentar o comportamento de objetos em presença de ar quente e de frio (objetos leves sobre um calorífero, balões de S. João...);*
- *Construir uma bússola.;*
- *Realizar experiências com rodas e rodas dentadas (transmissão do movimento);*
- *Observar e experimentar uma reflexão da luz em superfícies polidas (espelhos ...);*
- *Realizar experiências que permitam constatar o princípio dos vasos comunicantes (construir um repuxo);*
- *Construir circuitos eléctricos simples (alimentados por pilhas);*
- *Realizar experiências, transmissão de som através de sólidos, líquidos e gases”.* (p.123 a 127)

Havendo uma crescente consciência da importância da educação em ciências no 1º

Ciclo do Ensino Básico, o Ministério da Educação disponibilizou aos professores formação específica, entre 2006 e 2010, na qual foram produzidos recursos didáticos específicos para o Ensino Experimental das Ciências. Destes recursos destacam-se guiões didáticos sobre as temáticas abordadas no Estudo do Meio, acompanhadas de cadernos de registo para os alunos e um livro de apoio para os docentes, intitulado “*Explorando...: Educação em Ciências e Ensino Experimental*”. Esta coleção de guiões didáticos está disponível na internet, em formato aberto, integrando já o novo guião disponibilizado em 2012, desde que o programa de formação encerrou em 2010 [233]:

Guiões Didáticos	Ano
Explorando...	da publicação
<i>Flutuação de líquidos</i>	<i>2007</i>
<i>Dissolução em líquidos</i>	<i>2007</i>
<i>Explorando plantas: sementes, germinação e crescimento</i>	<i>2007</i>
<i>A luz...sombras e imagens</i>	<i>2007</i>
<i>A eletricidade: lâmpadas, pilhas e circuitos</i>	<i>2008</i>
<i>Mudanças de estado físico</i>	<i>2008</i>
<i>Sustentabilidade na Terra</i>	<i>2010</i>
<i>A complexidade do corpo humano</i>	<i>2012</i>

O ensino experimental na Educação Pré-Escolar e no 1º Ciclo do Ensino Básico é uma realidade relativamente recente. Recuando a 1997, três professores² do Departamento de Física da Universidade de Coimbra foram pioneiros no desenvolvimento de *kits* de experiências simples para crianças do pré-escolar e 1º Ciclo. No âmbito de um projeto da Delegação Regional do Centro da Sociedade Portuguesa da Física, intitulado “*Ciência a Brincar*” [234], foram distribuídos estes *kits* por cerca de 50 escolas do distrito de Coimbra, com o apoio do programa *Ciência Viva* do Ministério da Ciência e Tecnologia. As crianças envolvidas tinham idades entre os 4 e os 8 anos. Os objetivos do “*Ciência a Brincar*” eram [235]:

²Carlos Fiolhais, Helena Vieira Alberto e Constança Providência

“- *Despertar e desenvolver o gosto, a curiosidade e o sentido de observação nas crianças pela experimentação científica a um nível muito elementar, usando meios o mais simples e acessíveis possíveis.*

- *Dar apoio às professoras(es)/educadoras(es) fornecendo-lhes uma explicação e descrição clara de um conjunto de experiências simples”.*

Como resultado deste projeto pioneiro vieram a prelo vários livros para crianças da coleção “*Ciência a Brincar*”, que conta atualmente com 10 títulos cobrindo variados temas [236]. Os livros incluem as experiências realizadas pelos alunos nas escolas e são ilustradas com desenhos das próprias crianças. O primeiro livro, editado em 1999, foi um sucesso, tendo esgotado nas livrarias. À altura, a literatura de iniciação científica para crianças era escassa e poucos autores portugueses escreviam sobre este assunto. Saliente-se que os livros do “*Ciência a Brincar*” contêm experiências possíveis de realizar não só na escola, mas também em contexto familiar [237]. A qualidade destes livros veio a ser reconhecida com a sua inclusão no Plano Nacional de Leitura, o que ajudou ainda mais à sua difusão [238]. Inspirados nestes livros, multiplicaram-se a nível nacional muitas atividades de iniciação à ciência no Pré-Escolar e no 1º Ciclo [237].

No **2º Ciclo do Ensino Básico** (5º e 6º Anos) os alunos contactam com a experimentação no âmbito da disciplina de Ciências Naturais [239]. Esta disciplina não contempla, contudo, quaisquer conteúdos específicos de Física ou Química, estando os programas dedicados ao estudo dos seres vivos (Biologia) e do planeta Terra (Geologia). Neste Ciclo, as atividades experimentais, que no programa oficial são agora designadas de atividades prático-laboratoriais, são pouco numerosas e abordam, quase em exclusivo, temas da área dos “seres vivos”.

Os autores da coleção “*Ciência a Brincar*” também desenvolveram algumas atividades experimentais sobre o “património cultural e natural” para este Ciclo, e estão compiladas no livro “*Descobre o património!*” [240, 241].

A disciplina de Ciência Físico-Químicas inicia-se apenas no 7º Ano do **3º Ciclo do Ensino Básico**. As Metas Curriculares para o 3º Ciclo (7º, 8º e 9º Anos) alertam para que [242]

“Tendo as Ciências Físico-Químicas uma base experimental, chama-se a atenção para a obrigatoriedade dos descritores com conteúdos de carácter experimental”. (p.1)

As escolas têm autonomia para gerir no 3º Ciclo os tempos letivos semanais. A área disciplinar das Ciências Físicas e Naturais, que inclui as disciplinas de Ciências Físico-Químicas e Ciências Naturais, dispõe de 270 minutos de carga horária semanal para cada ano letivo [243]. A distribuição destes tempos para a prática de aulas experimentais fica ao critério de cada escola. As atividades experimentais de Física cobrem as seguintes temáticas: Espaço, Energia, Som, Luz, Movimentos e Forças e Eletricidade [242]. No 7º Ano os alunos fazem (com e sem relatório) cerca de 10 atividades experimentais de Química e 4 de Física [244]. No 8º Ano realizam (com e sem relatório) cerca de 15 atividades experimentais de Química e 10 de Física [245]. No 9º Ano são preconizadas cerca de 6 atividades laboratoriais de Física e 5 de Química [246].

No **Ensino Secundário** o programa da disciplina de Física e Química A,³ dos 10º e 11º Anos, estipula que as atividades práticas e laboratoriais, devem ser realizadas *“obrigatoriamente, pelos alunos em trabalho de grupo”*, na aula de maior duração (no máximo 150 minutos) e a turma deve ser dividida em turnos. Os alunos são avaliados obrigatoriamente na componente prática-laboratorial e o peso mínimo na avaliação é de 30%, segundo as orientações do Ministério da Educação. Contudo esta avaliação não corresponde necessariamente à das competências de índole laboratorial, pois os autores do programa definem trabalho prático-laboratorial como sendo [213],

“...todo o trabalho realizado pelos alunos, incluindo a resolução de problemas, atividades de pesquisa e de comunicação, atividades com ou sem recurso a material de laboratório (incluindo o controlo de variáveis), é indispensável para o aluno desenvolver atitudes, capacidades e conhecimentos associadas ao trabalho científico.”
(p.26)

Para este nível de escolaridade, as indicações metodológicas do Ministério da Educação recomendam que o professor faça uma preparação prévia das atividades laboratoriais

³Com carga horária semanal mínima de 315 minutos

e o devido enquadramento teórico, juntamente com os alunos. Espera-se que os alunos ao longo da prática experimental se familiarizem com os seguintes tópicos [213]:

- *erros estatísticos e sistemáticos;*
- *alcance e sensibilidade dos instrumentos de medida;*
- *medidas com um número correto de algarismos significativos;*
- *incerteza absoluta de medições diretas;*
- *incerteza relativa em relação à média, exprimindo-a em percentagem (desvio percentual) e associá-la à precisão das medidas;*
- *erro relativo, em percentagem (erro percentual) e interpretar o seu valor, associando-o à exatidão da medida;*
- *traçado de gráficos e de retas de ajuste aos dados experimentais...recorrer à calculadora gráfica (ou equivalente). (p.26)*

Abordamos, de seguida, a componente prático-laboratorial no Ensino Secundário. O programa da disciplina de Física e Química A apresenta 26 atividades laboratoriais obrigatórias para o conjunto dos 2 anos letivos (10º e 11º Anos).

No 10º Ano são realizadas 6 atividades laboratoriais na componente de Física, incluídas no domínio “*Energia e sua conservação*”, e 7 na componente de Química. Os 6 trabalhos prático-laboratoriais de Física são [213]:

Atividades Laboratoriais

AL 1.1. *Movimento num plano inclinado: variação de energia cinética e distância percorrida;*

AL 1.2. *Movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola: transformações e transferências de energia;*

AL 2.1. *Características de uma pilha;*

AL 3.1. *Radiação e potência elétrica de um painel fotovoltaico;*

AL 3.2. *Capacidade térmica mássica;*

AL 3.3. *Balanço energético num sistema termodinâmico.*

No âmbito destas atividades laboratoriais os alunos deverão manusear os seguintes

materiais e equipamentos: cronômetros digitais, balanças, fios elétricos, pilhas, lâmpadas, resistências, voltímetro, amperímetro, painel fotovoltaico, sensores ligados a uma fotocélula, sistema de aquisição automática de dados, termómetro, bloco calorímetro, entre outros. O 11º Ano envolve 13 trabalhos prático-laboratoriais (7 da componente de Física e 6 da componente de Química). Os 7 trabalhos prático-laboratoriais de Física estão enquadrados nos domínios científicos “*Mecânica*” e “*Ondas e eletromagnetismo*” e são os seguintes [213]:

Atividades Laboratoriais

- AL 1.1.** *Queda livre: força gravítica e aceleração da gravidade;*
 - AL 1.2.** *Forças nos movimentos retilíneos acelerado e uniforme;*
 - AL 1.3.** *Movimento uniformemente retardado: velocidade e deslocamento;*
 - AL 2.1.** *Características do som;*
 - AL 2.2.** *Velocidade de propagação do som;*
 - AL 3.1.** *Ondas: absorção, reflexão, refração e reflexão total;*
 - AL 3.2.** *Comprimento de onda e difração.*
-

Neste nível letivo os alunos deverão trabalhar com os seguintes dispositivos e instrumentos: célula fotoelétrica, cronómetro, laser, osciloscópio, gerador de sinais, altifalante, diapasões, sistemas de aquisição automática de dados, rede de difração, entre outros. As Metas Curriculares das atividades laboratoriais dos 10º e 11º Anos estão organizadas em metas específicas e metas transversais a todas as atividades. Permitem aprendizagens do tipo processual (por exemplo, identificar e manusear material e equipamento; realizar montagens laboratoriais; aplicar técnicas laboratoriais; controlar variáveis; organizar dados numa tabela, etc.) e conceptual (por exemplo, compreender o protocolo; realizar esquemas de montagens; comparar ordens de grandeza; construir e interpretar gráficos; determinar valores de grandezas a partir da equação de uma reta de regressão e fazer uma análise crítica dos resultados, etc.) [213].

As Metas Curriculares ainda não estão em vigor na disciplina de Física do 12º Ano, que é o último ano do Ensino Secundário. As novas Metas foram desenhadas em função da redução da carga horária semanal e do novo programa da disciplina bienal de Física e Química A, dos 10º e 11º Anos, que entrou em vigor em 2014. O programa da disciplina de Física do 12º Ano, homologado em 2004, ainda não foi alterado, mas as Metas Curriculares que para ele foram definidas baseiam-se num subconjunto de tópicos do programa compatível com a nova carga horária semanal da disciplina (180 min por semana). A correspondente redução da componente teórica foi acompanhada de uma redução da componente prático-laboratorial [247]. O programa originalmente contemplava 10 atividades prático-laboratoriais enquadradas nas Unidades I e II, “*Mecânica*” e “*Eletricidade e Magnetismo*”, respetivamente. Os trabalhos eram os seguintes [248]:

TL I.1 - *Máquina de Atwood;*

TL I.2 - *Atrito estático e cinético;*

TL I.3 - *Pêndulo gravítico;*

TL I.4 - *Colisões;*

TL I.5 - *Coefficiente de viscosidade de um líquido;*

TL II. - *Campo elétrico e superfícies equipotenciais;*

TL II.2 - *Capacidade de um condensador plano;*

TL II.3 - *Construção e calibração de um termómetro de fio de cobre;*

TL II.4 - *Características de um gerador e de um recetor;*

TL II.5 - *Construção de um relógio logarítmico.*

As Metas Curriculares do 12º Ano englobam agora apenas 6 trabalhos laboratoriais incluídos nos domínios de “*Mecânica*” e “*Campos de forças*” [247]:

AL 1.1. - *Lançamento horizontal*;^{*}

AL 1.2. - *Atrito estático e atrito cinético*;

AL 1.3. - *Colisões*;

AL 1.4. - *Coefficiente de viscosidade de um líquido*;

AL 2.1. - *Campo elétrico e superfícies equipotenciais*;

AL 2.2. - *Construção de um relógio logarítmico*;

**AL Programa do 11º Ano de Física e Química A (2003) que transitou para o 12º Ano.*

Com estes trabalhos práticos os alunos deverão manusear os seguintes materiais e equipamentos: multímetro, gerador, cronómetro, fios elétricos, condensador, craveira, balança, célula fotoelétrica, calhas, esferas, fita métrica, entre outros. Tal como referido, a disciplina de Física do 12º Ano não tem exame nacional, à semelhança das outras disciplinas específicas deste ano. De acordo com as instruções do Ministério da Educação, a avaliação da disciplina deverá contemplar a componente laboratorial, com um peso mínimo de 30% [249].

No atual sistema de ensino, os alunos que finalizam o Ensino Secundário podem realizar uma Prova de Equivalência à Frequência de Física no 12º Ano⁴, onde também são avaliadas competências experimentais, conceptuais e processuais, definidas para este nível de escolaridade [250]. A prova é elaborada por 3 professores da disciplina, sendo supervisionada pelo Conselho Pedagógico. Podem fazer a prova os alunos que não frequentaram a disciplina de Física no 12º Ano, por exemplo, por terem a Física e Química A atrasada, ou que queiram subir a nota interna da disciplina de Física do 12º Ano. Os conteúdos avaliados são os especificados no atual programa do 12º Ano. A prova tem uma componente teórica, com peso na classificação final de 70%, e uma componente prática, com peso na classificação final de 30%, de acordo com a legislação em vigor [249]. A prova prática corresponde a um dos trabalhos laboratoriais obrigatórios. O aluno é avaliado no laboratório por um júri de 3 professores, que observa diretamente todo o procedimento

⁴Desde 2008 após a extinção do exame nacional no 12º Ano de Física, em 2007.

experimental do aluno que tem, também, de realizar um relatório escrito. O relatório deve incluir aspectos teóricos, material, recolha de dados, apresentação e tratamento de dados, construção de gráficos e a análise crítica dos resultados. Cada componente da prova, teórica e prática, tem uma duração de 90 minutos. São, contudo, poucos os alunos que realizam esta prova de equivalência à frequência de Física no 12º Ano [251].

Naturalmente, para além das atividades experimentais/laboratoriais que as Metas Curriculares preconizam e que acabamos de descrever, as escolas podem providenciar outras atividades desta índole, enquadradas ou não na componente disciplinar. Merecem aqui destaque os Clubes de Ciência escolares que mobilizam atividades como Semanas de Ciência, projetos científicos de escola, etc. Estes clubes terão sido mais numerosos e ativos quando existia a disciplina de “Área Projeto” no 12º Ano.

É interessante constatar que a maioria das atividades experimentais obrigatórias dos curricula são ainda muito dirigidas e, nesse aspecto, diferem de forma significativa das provas experimentais das Olimpíadas de Física que são, tipicamente, mais criativas e menos direcionadas e focadas num assunto específico do programa. Há que salientar que as Metas Curriculares e os novos Programas tiveram o cuidado de inserir as atividades experimentais no contexto dos temas abordados, sendo suposto que as atividades experimentais sejam efetuadas à medida que se ensinam os conceitos teóricos. Não existem atualmente no ensino oficial disciplinas obrigatórias ou facultativas de natureza eminentemente experimental ou laboratorial. Nem sempre foi assim.

Como já referimos no Capítulo 2, entre 1993 e 2004 os alunos tiveram a possibilidade de frequentar no Ensino Secundário uma disciplina opcional de componente de formação técnico-laboratorial, as Técnicas Laboratoriais de Física⁵. Aos 10º, 11º e 12º Anos, correspondiam, respetivamente, os Blocos I, II ou III, da disciplina. A filosofia desta disciplina, exclusivamente laboratorial, permitia aos alunos trabalharem semanalmente no laboratório, durante 120 minutos, medindo, registando e manipulando os aparelhos. As turmas tinham no máximo 12 alunos. Esta disciplina reunia as condições para a realização da experimentação pelos próprios alunos, como sejam, a existência de um espaço (laboratório)

⁵Existiam, também, na época as disciplinas de Técnicas Laboratoriais de Química, Biologia e Geologia.

e tempo próprios, materiais e equipamentos e professores com formação específica. As escolas que ofereciam estas disciplinas podiam-se apetrechar com materiais e equipamentos recorrendo à ajuda do Ministério da Educação e ao programa *Ciência Viva*.

Os trabalhos realizados nas Técnicas Laboratoriais não estavam necessariamente relacionados com os temas lecionados nas disciplinas de Ciências Físico-Químicas e de Física do 12º Ano. As experiências eram simples, estavam mais relacionadas com aspetos operacionais e de demonstração e raramente correspondiam a problemas investigativos, onde os alunos formulavam hipóteses e as testavam experimentalmente, como se pretende nos programas atuais. Esta era a realidade, apesar de as orientações do programa das Técnicas Laboratoriais apontarem para que o trabalho de laboratório devesse ser investigativo e com capacidade para estimular a criatividade dos alunos [168]. No entanto, se as experiências eram relativamente simples e dirigidas, já o conjunto de temas e técnicas abordados era muito vasto, e a própria natureza da disciplina impunha que os alunos realizassem eles próprios as experiências. Em cada Bloco das Técnicas Laboratoriais existia um tema unificador para as temáticas abordadas, como se mostra a seguir [252–254].

Bloco I A Física e o Corpo Humano	Bloco II A Física e a Natureza	Bloco III A Física e a Indústria
- Luz	- Física do estado sólido	- Aspetos elementares da utilização da corrente elétrica
- Som	- Física do estado líquido	- Medidas em corrente contínua
- Calor	- Física do estado gasoso	- Fenómenos que envolvem campos elétricos e magnéticos
		- Medições em corrente alternada

Os alunos manipulavam ao tempo equipamentos já com alguma sofisticação: bomba de vácuo, osciloscópio, gerador de frequências, amplificador, rede de difração, fotómetro fotoelétrico, etc. Em cada Bloco eram realizadas mais de duas dezenas de experiências. A estrutura “mãos-na-massa” da disciplina permitia aos alunos o desenvolvimento de um conjunto de competências técnicas, como as de manipulação de multímetros, osciloscó-

pios, etc., que, segundo um estudo americano [216], necessitam de um tempo mínimo de experiência de 5 a 8 semanas num laboratório.

Durante o período em que as Técnicas Laboratoriais estiveram em vigor, os alunos que participavam nas Olimpíadas Internacionais de Física tinham já algumas competências experimentais (manipulação de instrumentos de medida, registo e análise de dados, etc.) que lhes davam uma vantagem competitiva face aos seus colegas de outros países com pouca exposição à prática laboratorial. Nas competições práticas os alunos de então revelavam mais destreza e confiança na execução das experiências [14].

Apesar de os alunos e professores terem tido, à altura do “*Livro Branco*”, opinião maioritariamente positiva sobre as Técnicas Laboratoriais, elas tiveram opiniões críticas [17, 25, 255] que levaram ao seu posterior abandono. A separação entre a parte prática (Técnicas Laboratoriais) e o ensino teórico (disciplina de Ciências Físico-Químicas), bem como o carácter optativo da disciplina de Técnicas Laboratoriais, foram as principais críticas. Em contraponto, defendeu-se a integração de mais trabalhos práticos obrigatórios para todos os alunos na disciplina mãe, numa perspectiva de “investigação”. Infelizmente, com a extinção das Técnicas Laboratoriais, muito investimento realizado em equipamentos laboratoriais escolares foi descontinuado. O resultado foi que, em muitas escolas, a componente experimental disponibilizada aos alunos, quer de Física, quer de Química, foi efetivamente reduzida.

3.3 Formação do Professor

Segundo Juan Pérez, as aprendizagens eficazes conseguem-se com a conjugação de três fatores: inteligência, metodologia usada no processo de ensino e motivação dos alunos [256]. Neste sentido, o professor assume um papel primordial, o de ensinar. Para isso, necessita de ter ao seu dispor um leque diversificado de estratégias didáticas e recursos educativos, onde se incluem as demonstrações experimentais realizadas pelo professor e a experimentação realizada pelo alunos [257]. No entanto, para a implementação do ensino experimental, o professor necessita de uma sólida formação teórica para além de conhecimentos

práticos. É na formação inicial e contínua que o professor deverá adquirir e aperfeiçoar estes conhecimentos [29].

O século XXI exige ainda mais valências na formação do professor, como análise reflexiva e crítica sobre a sua conduta, reconhecimento dos seus pontos fortes e fracos e posteriores atitudes de transformação, onde se insere o empenho numa formação contínua. Aprender a investigar, analisar e a ter uma opinião crítica sobre os aspetos educativos são outras aprendizagens importantes na sua formação [258].

Em Portugal, o perfil de desempenho profissional, estatuto da carreira docente e formação de professores estão regulamentados em Lei. Em 2007 foi definido um novo regime jurídico de habilitação profissional para a docência, Decreto-Lei n.º 43/2007 [259], mais tarde alterado pelo Decreto-Lei n.º 79/2014 de 14 de maio [260]. Atualmente, um professor para ingressar na profissão deverá ser titular do grau de mestre. Este grau é obtido no 2º Ciclo do sistema de Bolonha e tem a duração de 2 anos. O 1º Ciclo, onde os futuros docentes adquirem formação científica na(s) área(s) disciplinar(es) específica(s), tem a duração de 3 anos. No 2º Ciclo (Mestrado), os professores para lecionarem no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, adquirem formação nas seguintes áreas [260]:

- “- Área de docência: (mínimo de 18 u.c);
- Área educacional geral: (mínimo de 18 u.c);
- Didáticas específicas: (mínimo de 30 u.c);
- Iniciação à prática profissional, incluindo a prática de ensino supervisionada: (mínimo de 42 u.c).” (p.2822)

Os professores de Física e de Química, para ingressarem na carreira, terão que possuir o grau de Mestre em Ensino de Física e de Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, de acordo com os Decretos-Leis n.º43/2007 de 22 de fevereiro e n.º79/2014 de 14 de maio [259, 260]. Para aceder a este Mestrado (2º Ciclo de Bolonha) são necessários “120 créditos no conjunto das duas áreas disciplinares (Física e Química) e nenhuma com menos de 50 créditos” e a realização de “provas escritas ou orais, entrevistas ou provas documentais, ou uma combinação destas” de língua portuguesa [260] (p.2823).

As instituições de Ensino Superior têm que satisfazer um conjunto de requisitos para ministrar um curso de Mestrado em Ensino e os recursos exigidos incluem equipamentos e laboratórios didáticos apropriados para a formação dos futuros docentes [260]. As Universidades são as únicas Instituições de Ensino Superior aptas para ministrar esta formação. Atualmente, segundo a Agência de Avaliação e Acreditação do Ensino Superior (A3ES), as Universidades do Minho, Porto, Coimbra, Beira Interior e Lisboa disponibilizam este curso [261].

O Estatuto da Carreira docente publicado no Decreto-Lei nº 41/2012 de 21 de fevereiro [262] estipula os direitos e deveres dos professores. De entre os direitos profissionais específicos assinalados no artigo 4.º destacamos:

*“Direito à formação e informação para o exercício da função educativa;
Direito ao apoio técnico, material e documental.”* (p.834)

Este último é clarificado no artigo 7.º:

“O direito ao apoio técnico, material e documental exerce-se sobre os recursos necessários à formação e informação do pessoal docente, bem como ao exercício da atividade educativa.” (p.834)

De acordo com esta legislação, o professor em exercício deverá dispor dos recursos materiais, mas também de formação para a prática do ensino experimental.

Relativamente aos deveres, enquadram-se na formação os seguintes “deveres gerais” apontados no artigo 10.º [262]:

“Atualizar e aperfeiçoar os seus conhecimentos, capacidades e competências, numa perspetiva de aprendizagem ao longo da vida, de desenvolvimento pessoal e profissional e de aperfeiçoamento do seu desempenho; Participar de forma empenhada nas várias modalidades de formação que frequente, designadamente nas promovidas pela Administração, e usar as competências adquiridas na sua prática profissional.”
(p.835)

Para além da formação inicial, o mesmo Decreto-Lei aborda a formação especializada e contínua. As ações de formação contínua são desencadeadas pelas escolas de acordo com

as necessidades dos professores ou propostas pelo professor numa iniciativa individual, ambas com o objetivo de desenvolvimento profissional [262]. Destas ações de formação contínua, as de carácter obrigatório são gratuitas para os professores. Existem 7 áreas de formação contínua sendo que a formação em ensino experimental se enquadra na seguinte [263],

“Área da docência, ou seja, áreas do conhecimento, que constituem matérias curriculares nos vários níveis de ensino.” (p.1287)

Num estudo de Laura Nunes [264] sobre a formação inicial de professores de Física e Química na Universidade de Coimbra, constata-se que o 1º Ciclo de Bolonha centra-se numa formação científica em Física e em Química, *“associada a uma forte componente laboratorial”* (p.200). O 2º Ciclo foca-se na formação educacional e na iniciação à prática profissional, incluindo a prática de ensino supervisionada [259, 263]. A principal novidade na atual formação de professores é o fomento da investigação educacional [264]. É importante o desenvolvimento de atividades investigativas na prática docente, pois permitirá avaliar os procedimentos didáticos e pedagógicos e, se necessário, reestruturá-los tendo como objetivo uma melhor aprendizagem dos alunos [29].

A Comissão Europeia tem-se preocupado com a problemática da formação inicial e contínua de professores e desenvolvido estudos sobre este assunto. Com vista a obter informação sobre todos os programas europeus de formação inicial de professores em Matemática e Ciências Naturais, disponibilizou um inquérito através da estrutura *Eurydice - The Education, Audiovisual and Culture Executive Agency* [265]⁶. Este inquérito, realizado em 2011, envolveu 815 instituições de ensino na Europa. Os resultados deste inquérito revelam que as competências mais valorizadas na formação inicial dos professores são o domínio do currículo oficial e a capacidade para o ensinar [266].

O estudo atrás referido também mostrou a necessidade de formar professores na aprendizagem com base em projetos, investigações e resolução de problemas [266]. Uma das conclusões mais interessantes revelou que experiências investigativas realizadas no

⁶A Agência de Execução relativa à Educação, ao Audiovisual e à Cultura gere programas da União Europeia nas áreas da educação, cultura, audiovisual, desporto, cidadania e voluntariado.

período de formação pelos futuros professores de ciências vão refletir-se no modo como irão ensinar os seus alunos [266]. Há dificuldade, naturalmente, em implementar este tipo de formação de professores de natureza investigativa, que o relatório europeu reconhece.

O sistema de formação de professores de Ciências tem variações significativas na Europa. Aponta-se, muitas vezes, o sistema educativo finlandês como uma referência para muitos países, incluído Portugal [260]. Na Finlândia, a profissão de professor é muito valorizada, apesar do salário do professor não ser superior à média dos vencimentos dos professores dos outros países da OCDE. A imagem do professor na sociedade finlandesa é a de um profissional dedicado e especialista na sua área. A formação inicial e a seleção dos professores é exigente, dispõem de boas condições de trabalho, o número de alunos por turma não ultrapassa 25, e têm total autonomia pedagógica, o que ajuda na motivação pelo ofício. Além disso, os professores já em exercício mantêm um contacto assíduo com as Universidades, aí realizando, frequentemente, ações de formação contínua, intercâmbio de conhecimentos e colaborando eles próprios na formação de novos professores [189].

Analisando o caso português, as Universidades em Portugal têm promovido algumas ações de formação contínua para professores de Física e Química (grupo 510) dos Ensinos Básico e Secundário, acreditadas pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua (CCPFC) [267–271]. Estas formações contemplam uma abordagem teórica dos conteúdos científicos e uma vertente prática, com experiências. A relação simbiótica entre as Universidades e os professores das Escolas é muito importante para a promoção de um bom ensino. Na Tabela 3.1 apresenta-se exemplos de formações contínuas em ensino experimental da Física, disponibilizadas pelas Universidades portuguesas, algumas realizadas em parceria com a Sociedade Portuguesa de Física.

Universidades	Formação Contínua 2016/2017	
Porto	Atividades Laboratoriais de Física para o novo programa do 10º Ano do Ensino Secundário	- Créditos: 1 u.c. - CCPFC - Propina: 100€ - Seguro Escolar: 2€
	Atividades Laboratoriais de Física para o novo programa do 11º Ano do Ensino Secundário	- Carga horária: 25 horas
Minho	Ensino Experimental das Ciências - Física e Química	- Créditos: 2 u.c. - CCPFC - Propina: a definir - Carga horária: 50 horas
	Física Experimental pré-Olímpica (2013/2014)	- Créditos: 1 u.c. - CCPFC - Propina: 50€ (Sócios) e 70€ (não Sócios) - Carga horária: 25 horas
Coimbra e SPF	Física Experimental pré-Olímpica (2011 a 2016)	- Créditos: 1 u.c. - CCPFC - Gratuita para os professores da pré-seleção olímpica - Carga horária: 25 horas
	Tópicos do novo programa de Física do 11º Ano	- Crédito: 0,6 u.c. - CCPFC - Propina: 50€ (Sócios) e 75€ (não Sócios) - Carga horária: 15 horas
Lisboa e SPF	Introdução ao Arduino nas aulas de Física	- Créditos: 1,5 u.c. - CCPFC - Propina: 90€ (Sócios) e 120€ (não Sócios) - Carga horária: 37 horas

Tabela 3.1: Algumas ações de formação contínua para professores de Física e Química promovidas por Universidades portuguesas, em 2016/17.

Também o Ministério da Educação, por intermédio da Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, procura ajudar na formação de professores, desenvolvendo e disponibilizando instrumentos pedagógicos e didáticos [272].

Atualmente, no nosso país existem muitos professores sem recursos para frequentar as ações de formação contínua. Os principais motivos são a existência de uma propina e a distância da área de residência à Universidade. O desafio do professor português é ser um autodidata na formação contínua, mas o sucesso deste tipo de formação no que diz respeito ao ensino experimental é, naturalmente, mais limitado do que o de outras estratégias.

Os professores têm ao seu dispor, hoje em dia, um conjunto de recursos que podem ajudar na sua formação contínua a vários níveis (científico, didático e pedagógico). Sendo generalizado o acesso à Internet, basta um computador e motivação para procurar e aceder aos recursos. Um dos bons exemplos de recursos portugueses “*on-line*” é o portal “*Mocho - Portal de Ensino das Ciências e Cultura Científica*” [273], organizado pelas Sociedades Portuguesas de Física, Química e Matemática, onde os professores têm acesso a um leque diversificado de recursos didáticos, incluindo sugestões de atividades experimentais de Física, vídeos com simulações, conteúdos teóricos, recomendação de outros *links* de ciência, etc.

Alguns centros de investigação têm promovido ações de formação para professores. O LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, com o apoio do *Ciência Viva*, tem disponibilizado aos professores uma formação contínua “*Escola de Professores no CERN em Língua Portuguesa*” no “*CERN - European Organization for Nuclear Research*” [274]. Esta formação ocorre desde 2007, é gratuita, acreditada (1,4 u.c) pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua [275] e promove no programa de formação uma “*sessão experimental*”.

Os professores portugueses dos diferentes níveis de ensino também têm ao seu dispor, sem custos de utilização, um outro excelente portal intitulado “*Casa das Ciências*” [276], desde 2008. É uma iniciativa da Universidade do Porto, com o apoio da Fundação Calouste Gulbenkian e, com mais de 2000 recursos educativos de Física, Química, Matemá-

tica, Informática, Biologia e Geologia. Esta iniciativa “recolhe, valida e divulga materiais digitais” para os professores de Ciências usarem em diferentes contextos escolares, e também disponibiliza uma revista de “Ciência Elementar”, um “Banco de Imagens” e uma enciclopédia digital “WikiCiências”. A equipa da “Casa das Ciências”, nos últimos 4 anos, vem organizando o “Encontro Internacional da Casa das Ciências” destinado a professores do Pré-escolar ao Ensino Superior, onde são oferecidas formações contínuas acreditadas sobre atividades experimentais [276].

Muitos outros recursos com qualidade científica para a formação contínua de professores estão disponíveis *on-line* em portais de instituições científicas de grande prestígio mundial, tais como:

- “*Institute of Physics*” - IOP [277]
- “*European Space Agency*” - ESA [278]
- “*European Organization for Nuclear Research*” - CERN [279]
- “*National Aeronautics and Space Administration*” - NASA [280]

Esta necessidade de uma formação contínua autodidata por parte do professor tem presentemente uma adversidade, a desmotivação dos professores relatada num recente documento nacional. No relatório português “*Educação 2016: transição e expectativas*”, do Observatório das Políticas de Educação, Formação e Ciência [281], lê-se sobre “*Professores. Uma profissão ‘em risco’: Atualmente os professores consideram que as suas condições de trabalho têm vindo a ser degradadas, sentem-se ansiosos, frustrados e desmotivados*” (p.21) [281]. Quanto à degradação das condições de trabalho o relatório indica: “*a redução do corpo docente em 30 mil efetivos, a diminuição dos vencimentos, o aumento do número de alunos por turma e das horas de trabalho, a não progressão na carreira e o envelhecimento do corpo docente*” (p.21) [281]. Este envelhecimento resulta de dois fatores: a alteração à lei das reformas e o difícil acesso à profissão dos jovens professores. Dados da Direcção-Geral das Estatísticas da Educação e Ciência, relativos ao ano letivo 2014/2015, revelam que 77,3% dos professores que trabalham nas escolas nacionais

têm idades superiores a 40 anos e destes, 39,5% são professores com idade superior a 50 anos. Os jovens professores com idades inferiores a 30 anos representam no total 1,4% (nas escolas públicas trabalham menos de 500 professores) [281]. Estes jovens professores estão mais motivados para investir na sua formação, mas são em número muito reduzido. O problema da falta de interesse pela formação contínua a partir de uma certa fase da carreira docente é justificado por estudos empíricos sobre o “*ciclo de vida*” do professor do Ensino Secundário [282]. A partir dos 35-40 anos de carreira os professores naturalmente começam a investir na vida pessoal e familiar, e noutros interesses fora da escola. O desinvestimento também é provocado por desilusões no trabalho e insatisfação com o sistema educativo [282].

Em jeito de síntese, podemos constatar que os professores de Física e Química dos Ensinos Básico e Secundário têm ao seu dispor condições para uma boa formação inicial e contínua em ensino experimental. Em particular, existe uma gama diversificada de recursos de Física ao seu dispor, embora as ações de formação dedicadas à experimentação sejam pagas e localizadas apenas em determinadas Universidades. Apesar de alguns dos problemas relatados poderem comprometer a formação em ensino experimental, há sempre docentes “eternamente” resistentes às adversidades.

3.4 Laboratórios Escolares e Equipamentos

Para a prática do ensino experimental as escolas necessitam de espaços físicos adequados, recursos humanos e materiais. Em Portugal, houve a preocupação de equipar os primeiros Liceus com Laboratórios de Física e de Química para as aulas experimentais. Um exemplo, é o Laboratório de Física do antigo Liceu Pedro Nunes,⁷ instituído no início do século XX, (Fig. 3.2) [283].

No entanto, ao longo do século XX esta preocupação nem sempre foi atendida na construção de novas escolas. No estudo do “*Livro Branco*”, um número significativo de professores declararam a inexistência de laboratórios nas suas escolas, concluindo os seus

⁷Em 1978 passou a designar-se Escola Secundária Pedro Nunes.



Figura 3.2: Antigo Laboratório de Física “Rómulo de Carvalho” na Escola Secundária Pedro Nunes. Fonte: Imagem da autoria de Margarida Almeida, 2 de junho de 2017.

autores [20]:

“Preocupante é o facto de aproximadamente 22% dos professores do Ensino Secundário afirmar não dispor de Laboratório de Física.” (p.32)

Este problema da falta de laboratórios no ensino público começou a ser resolvido, em parte, pelo “Programa de Modernização do Parque Escolar” criado em 2007 pelo Ministério da Educação [284]. Um dos objetivos do programa era [285],

“Requalificar e modernizar os edifícios das escolas com Ensino Secundário, criando condições para a prática de um ensino moderno, adaptado aos conteúdos programáticos, às didáticas e às novas tecnologias de informação e comunicação.”

Atualmente em Portugal existem 477 escolas para o Ensino Secundário Público que, segundo os responsáveis pelo programa “Parque Escolar”, se agrupam da seguinte forma, consoante os respetivos períodos de construção [286]:

3 Períodos de Construção	n° Escolas
até 1935	12
de 1936 até 1968	94
a partir de 1968	356

Com vista a atingir os objetivos propostos, o programa “*Parque Escolar*” constituiu um grupo de trabalho multidisciplinar que incluiu arquitetos, investigadores e professores de várias áreas científicas. Este grupo caracterizou as infra-estruturas e os espaços laboratoriais antigos geralmente como precários, muitas vezes relegados para zonas isoladas da escola e desajustados às novas exigências dos currículos, “*das práticas experimentais*” e das novas tecnologias, inibindo a diversidade de práticas pedagógicas. O programa “*Parque Escolar*” procurou implementar um novo desenho do espaço para o ensino das Ciências, tornando-o mais integrado com as restantes estruturas da escola e favorável à implementação de vários estilos de trabalho experimental [287].

A implementação no terreno ficou frequentemente aquém das expectativas e a arquitetura dos novos laboratórios tem sido alvo de críticas. Segundo Maria da Conceição Abreu [288], a arquitetura dos novos laboratórios, que resultou da intervenção do “*Programa de Modernização do Parque Escolar Destinado ao Ensino Secundário*” compromete a dinâmica da aula, pois coloca bancadas de trabalho encostadas às paredes e mesas normais no centro do laboratório para realizar experiências, sem acesso, por exemplo, a tomadas de corrente elétrica. Ainda na sua perspetiva, os espaços dos laboratórios cumprem apenas os aspetos de modernidade no apoio ao uso de novas tecnologias. Alerta para a desvalorização do foco principal de “*fazer verdadeiras experiências*” (p.42), que deveria ter norteado o desenho dos novos laboratórios. A harmonização do espaço para que todas as etapas da aula experimental (por exemplo, usar computador com sensores, recolher e tratar dados, elaborar um relatório, etc.) fossem privilegiadas, não terá sido bem conseguida nessa intervenção. Maria da Conceição Abreu vai mais longe na sua análise crítica e declara [288],

“O que me preocupa é o anúncio de que o “Parque Escolar EPE” já tem por missão construir um grande número desta “espécie” de laboratório. Chamando as coisas pelos seus nomes, e correndo ainda assim o risco de me repetir, propor espaços adaptados às novas tecnologias da informação não é propor laboratórios.” (p.42)

Como ilustração deste diagnóstico, a Fig. 3.3 mostra o antigo Laboratório de Física “*Ró-*

*mulo de Carvalho*⁸ na Escola Secundária Pedro Nunes. As bancadas centrais tinham tomadas elétricas e torneiras para a canalização do gás. Na Fig. 3.3 apenas se vêem os “buracos” resultantes da remoção das torneiras de gás.



Figura 3.3: Antigo Laboratório de Física e atual Museu de Física “*Rómulo de Carvalho*” na Escola Secundária Pedro Nunes após a intervenção da “*Parque Escolar*”. Fontes: Imagens da autoria de José Mendes, outubro de 2011 e de Helena Melo, julho de 2017.

A Fig. 3.4 retrata as condições do espaço físico dos atuais Laboratórios de Física dessa mesma escola.

Enquanto que no laboratório antigo (Fig. 3.3) as bancadas centrais estavam equipadas com torneiras e com tomadas para a utilização de corrente elétrica, no laboratório atual (Fig. 3.4) o espaço com acesso a tomadas, água e esgoto é virado para as paredes. O novo Laboratório não tem uma câmara escura para as experiências de Ótica e o escurecimento da sala não é possível com a nova tipologia de janelas. Porém, os professores continuam a dispor de uma sala complementar na área do Laboratório de Física para a preparação,

⁸Após a intervenção do programa “*Parque Escolar*” foi transformado em Museu de Física “*Rómulo de Carvalho*”.

lavagem e arrumação dos materiais das experiências, embora já não exista um técnico dedicado ao laboratório. Neste campo, Maria da Conceição Abreu também destaca a importância de contratar técnicos de laboratório para ajudarem o professor a organizar os materiais, cuidar da manutenção dos equipamentos, na montagem das experiências e auxiliar nas atividades inerentes às aulas experimentais, potenciando a qualidade e o sucesso das mesmas [288]. A mesma necessidade já tinha sido expressa pelos participantes no “*Livro Branco*” [20], não obstante são hoje em número ainda mais reduzido as escolas com técnicos dedicados exclusivamente aos laboratórios didáticos.



Figura 3.4: Atual Laboratório de Física na Escola Secundária Pedro Nunes após a intervenção da “*Parque Escolar*”. Fonte: Imagem da autoria de Margarida Almeida, 2 junho 2017.

Outros especialistas em Didática das Ciências [182] têm defendido que os laboratórios escolares devem ser versáteis para realizar não somente atividades experimentais, mas também outros trabalhos práticos não laboratoriais. Assim sendo, são cada vez mais os laboratórios divididos em duas áreas, uma área destinada ao trabalho laboratorial com bancadas e armários centrais, e outra para o trabalho de pesquisa, não laboratorial, composta por mesas, armário-biblioteca e meios informáticos e áudio-visuais. Para além de um conjunto de condições gerais para o bom funcionamento dos laboratórios sugerem a existência de um professor responsável pela gestão do espaço, um regulamento específico e um “*livro de ocorrências*” para registar anomalias e problemas com os equipamentos [182].

Naturalmente, para além do espaço físico do laboratório escolar, é necessário que ele esteja equipado com materiais e instrumentos adequados e em número suficiente para todos os alunos terem a oportunidade de colocar as “mãos-na-massa” para o real de-

envolvimento de competências experimentais. Também no “*Livro Branco*”, a falta de equipamentos e materiais para as experiências foi mencionada, apesar de este não ser um dos problemas prioritários à altura. Muitos professores já tinham estado envolvidos em Projetos *Ciência Viva*, reconhecendo o seu contributo para o desenvolvimento do ensino experimental nas escolas, ajudando à aquisição de equipamentos [20].

O *Ciência Viva* foi criado em 1996 no Ministério da Ciência e da Tecnologia, pelo Ministro e Professor de Física José Mariano Gago, como uma “*Unidade de Apoio para a Educação Científica e Tecnológica*”. Na sua origem já estava traçado o principal objetivo que norteava o programa [166],

“...apoiar estudos e trabalhos no domínio da promoção do ensino experimental das ciências.”

Em 1997 a “*Unidade de Apoio para a Educação Científica e Tecnológica*” passou a designar-se *Unidade Ciência Viva*, constituída em 1998 como *Ciência Viva - Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica*. Este ambicioso projeto apresenta resultados internacionalmente reconhecidos na promoção da literacia científica na sociedade portuguesa [289], em particular na população escolar [135]. Após 20 anos de atuação o programa *Ciência Viva* continua a enaltecer como um dos seus objetivos principais [166],

“...um programa de apoio ao ensino experimental das ciências e à promoção da educação científica nas escolas”.

Contudo, os concursos de projetos escolares patrocinados pelo *Ciência Viva*, que permitiram a aquisição de equipamentos, são agora muito raros.

Desde 1997 que a agência *Ciência Viva* promove estágios de curta duração em Laboratórios de investigação (“*Ciência Viva no Laboratório - Ocupação Científica de Jovens nas Férias*”) durante as férias do Verão [290]. Estes estágios, alguns na área da Física, proporcionam a alunos do Ensino Secundário um primeiro contacto com o verdadeiro processo de experimentação em contexto de investigação científica. A adesão e o envolvimento dos alunos, instituições e investigadores tem sido elevada [289, 291].

3.5 Comparação com alguns países europeus

Nas Olimpíadas de Física Internacionais (IPhO) os alunos portugueses têm que competir com os seus pares de outras nacionalidades e, por isso, consideramos importante comparar o ensino experimental, pré-universitário, de Física em alguns países europeus. Para atingirmos este objetivo formulámos um conjunto de questões (Tabela 3.2) que foram enviadas, por *e-mail*, para os professores de 24 países Europeus que fazem parte do *International Board* da IPhO [292]. Recebemos resposta de 9 desses países: Suécia, Espanha, Itália, Holanda, Polónia, Inglaterra, Alemanha, Finlândia e Grécia. A Tabela 3.3 sistematiza as respostas e permite inferir que:

- Na maioria dos países, a Física é uma disciplina obrigatória para os alunos que pretendem seguir cursos de Ciências e Engenharias, e a Física é lecionada de forma independente, ao contrário do que acontece em Portugal onde o ensino da Física está associado ao da Química.
- As atividades experimentais são tipicamente integradas na leção da disciplina de Física e não em disciplina laboratorial autónoma.
- Nalguns países, como na Holanda, os alunos realizam atividades experimentais de Física também integradas em projetos de escolas de natureza interdisciplinar.
- O número de horas de aulas experimentais não é rígido e é decidido pelo professor. Em Inglaterra, das 5 horas semanais de aulas de Física, 1 hora é para atividades experimentais. Nalguns países, como é o caso da Grécia e da Espanha, o tempo dedicado a atividades experimentais é muito reduzido.
- Na maioria dos países não existe uma lista de atividades experimentais obrigatórias, mas há exceções como a Polónia e a Inglaterra.
- Os Ministérios da Educação da Suécia, Espanha, Itália, Holanda e Inglaterra impõem metodologias específicas para o ensino experimental.
- A inclusão de atividades experimentais no exame nacional não é prática comum, exceto em Inglaterra e na Alemanha.

- A Polónia é o único país inquirido que referiu a existência de escolas sem laboratórios dedicados ao ensino experimental.
- Os alunos realizam as experiências de Física maioritariamente em grupo. Na Suécia, Holanda e Inglaterra os alunos trabalham em pares. Apenas a Polónia referiu que os alunos realizam as atividades experimentais individualmente.
- Os professores na Itália, Holanda e em Inglaterra dispõem de apoio técnico para a preparação das atividades experimentais, o que não acontece nos outros países.
- As experiências das Olimpíadas de Física Internacionais servem de inspiração aos professores para as atividades experimentais realizadas com os seus alunos, com a exceção da Espanha e Itália.
- O tipo de equipamentos e materiais que os alunos manipulam nas aulas experimentais são relativamente básicos mas incluem, tipicamente, alguns instrumentos de medida.
- Os alunos realizam, por regra, a análise de dados ainda na escola mas quando necessário também o fazem em casa. Na maior parte dos países os alunos fazem relatórios das experiências, mas na Holanda, Polónia, Inglaterra e Grécia os alunos só o fazem “às vezes”.

Na comparação internacional, Portugal destaca-se pela falta de obrigatoriedade da frequência da disciplina de Física do 12º Ano para alunos que pretendem prosseguir estudos científicos e tecnológicos, embora anteriormente no percurso escolar já tenham frequentado por 5 anos a disciplina de Ciências Físico-Químicas (7º ao 11º Anos). Portugal também se destaca pela existência de tempo mínimo semanal para a componente experimental, e pela especificação do Ministério da Educação de competências específicas, a serem trabalhadas com os alunos, num elenco pré-definido de experiências obrigatórias que constam dos programas.

-
- 1.** Is the discipline of Physics optional or compulsory in the pre-university courses of your national curriculum for students looking forward to enrol in a science or engineering degree?
 - 2.** Is Physics taught independently or associated with another discipline?
For example, Physics+Mathematics or Physics+Chemistry?
 - 3.** Are experimental activities in Physics carried out within the scope of the discipline of Physics? Or are experimental activities carried out as an independent discipline intended only for lab/experiments/student's projects work?
 - 4.** How many hours are allocated per week for experimental activities in the high-school curricula?
 - 5.** Is there a set of compulsory experiments students should perform in their Physics course? If so, how many experiments/year are included in this set and what topics are typically covered?
 - 6.** Does the Ministry of Education enforce specific methodologies regarding experimental classes? Is there a set of scientific competences that are valued as more relevant in the student's experimental work?
 - 7.** Is there a national exam that includes experimental activities in Physics? Or do the exams address only theory and problem solving?
 - 8.** Do all schools have a Physics lab?
 - 9.** Do students perform the experimental activities individually, in groups, or experiments are only performed as demonstrations by the teacher with minor involvement of the students? If experimental activities are conducted in groups, what is the average size of the groups?
 - 10.** Do Physics teachers have support for the preparation of experimental activities? Are there any lab technicians to help the teacher?
 - 11.** Do physics teachers or the Ministry of Education draw inspiration from the experimental problems of IPhO or national Physics Olympiads to perform experimental activities at their schools?
 - 12.** What kind of equipment or materials (e.g. multimeters, oscilloscopes, calipers, thermometers, etc.) do the students manipulate during the experimental classes?
 - 13.** Do the students perform the analysis of the collected data in class or at home?
 - 14.** Do the students make reports on their experiments?
-

Tabela 3.2: Perguntas enviadas aos “*Team Leaders*” europeus participantes na IPhO.

Findo o Capítulo 3 terminamos a fundamentação teórica que conduziu aos estudos empíricos. Após análise heurística sobre as Competições de Ciência, o Ensino da Física em

Países	Questões													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Suécia	Ob	F	F	PD	N	S	N	S	G(2)	N	Àv	D	DP	S
Espanha	SR	F	SR	DR	SR	S	N	S	G(2-4)	N	N	Mp	EC	S
Itália	Ob	F	F	DP	N	S	N	S	G(2-5)	S	N	Mp	EC	S
Holanda	Op	F+M F+Q	F+Proj	DP	N	S	N	S	G(2)	S	S	Mb	ECp	Àv
Polónia	Ob	F	F	PD	12	N	N	N	I	N	S	DE	ECp	Àv
Inglaterra	Ob	F	F	1h p.s	12	S	S	S	G(2)	S	P	Mb	E	Àv
Alemanha	Op	F	F	DP	N	N	D	S	TM	N	P	DE	EC	S
Finlândia	Ob	F	F	DP	N	N	N	S	SR	N	Àv	SR	SR	SR
Grécia	Ob	F	F	2-3 por ano	N	N	S	S	G(3-4) D	N	Àv	DE	EC	Àv

Legenda:

Obrigatória (**Ob**); Opcional (**Op**); Sem Resposta (**SR**); Na escola e por vezes em casa (**ECp**)

Física (**F**); Matemática (**M**); Química (**Q**); Projetos (**Proj**); Escola (**E**)

Professor decide (**PD**); Depende, raramente (**DR**); Depende do professor (**DP**);

Sim (**S**); Não (**N**); Grupos (**G**); Individual (**I**); Por semana (**p.s**);

Depende (**D**); Às vezes (**Àv**); Pouco (**P**); Todas as Modalidades (**TM**);

Depende da escola (**DE**); Manipulam poucos instrumentos (**Mp**);

Manipulam instrumentos básicos (**Mb**); Na escola ou em casa (**EC**);

Tabela 3.3: Informação sobre o ensino experimental de alguns países europeus que participam na IPhO.

Portugal e a Problemática do Ensino Experimental da Física apresentamos nos próximos Capítulos uma outra realidade.

Parte II

Estudios Empíricos

Capítulo 4

Investigação empírica

“Qualquer investigação tem por ponto de partida uma situação considerada como problemática, isto é, que causa um mal estar, uma irritação, uma inquietação, e que, por consequência, exige uma explicação ou pelo menos uma melhor compreensão do fenómeno observado.” Fortin, 1999, p.48, [293]

Este Capítulo serve de introdução aos estudos empíricos que realizámos, pretendendo apresentá-los na generalidade, justificar o seu desenho, explicar como se articularam e a forma como cada um contribuiu para alcançar as finalidades da investigação.

Começamos por explicitar o problema, as questões e os objetivos gerais. De seguida, apresentamos, de forma geral, os Estudos Empíricos I e II realizados nos seus contextos, metodologia, população-alvo, principais instrumentos e materiais didáticos e procedimentos. Por último, referimos a estratégia de recolha e tratamento de dados.

4.1 Problema, questões e objetivos gerais

O **problema-chave** que provocou inquietação e curiosidade para esta investigação educacional, no sentido da citação que inicia este Capítulo, foi a constatação de uma degradação das competências experimentais em Física dos estudantes portugueses do Ensino Secundário, evidenciada pelos resultados obtidos nas Olimpíadas Internacionais de Física [14]. Tal como referido no capítulo introdutório desta dissertação, as equipas portuguesas nas com-

petições Internacionais de Física tinham tipicamente, na década de 90 do século passado e nos primeiros anos do século atual, um desempenho superior na prova experimental, comparativamente à prova teórica, situação que atualmente já não se verifica. Algumas hipóteses explicativas desta situação foram já apontadas, tais como o desaparecimento em 2004 das disciplinas de “Técnicas Laboratoriais”, onde os alunos tinham oportunidade de desenvolver competências experimentais, num espaço e num tempo letivo completamente dedicado à experimentação.

Deste problema emergem algumas **questões**¹ sobre as quais incidiu a nossa investigação:

1. As orientações curriculares do Ministério da Educação para a disciplina de Ciências Físico-Químicas dos Ensinos Básicos e Secundário e da disciplina de Física do 12º Ano do Ensino Secundário promovem o desenvolvimento efetivo de competências experimentais?
2. Que dificuldades enfrentam os professores desses níveis de ensino na implementação do ensino experimental de Física?
3. Que valorização fazem os alunos portugueses do ensino experimental, nomeadamente qual o seu nível de interesse pela experimentação, e como apreciam a contribuição da realização de atividades experimentais para o seu processo de aprendizagem?
4. O grau de exigência nas atividades experimentais das Olimpíadas de Física é muito superior ao das atividades experimentais realizadas atualmente no Ensino Secundário em Portugal? Quais as principais diferenças entre as atividades experimentais olímpicas e as preconizadas no meio escolar?
5. Será possível melhorar o desempenho na prova experimental dos alunos que participam nas IPhO e OIbF realizando um treino específico destes alunos e dos seus professores com atividades experimentais próximas do paradigma olímpico?
6. O modelo de atividade experimental olímpica pode ser aplicado em ambiente de sala de aula nas Escolas Secundárias portuguesas?

¹Já referidas na Introdução.

Tendo no horizonte a procura de resposta para estas questões, podemos voltar a enunciar os seguintes **objetivos gerais**² para estes estudos:

- Investigar o potencial das competições de ciência, em particular das Olimpíadas de Física, não só para divulgação da Física e captação de jovens talentos para esta ciência, mas também para sinalizar problemas no ensino e na aprendizagem da Física.
- Explorar o potencial das Olimpíadas de Física portuguesas para ajudar a melhorar o ensino e a aprendizagem da Física, nomeadamente na componente experimental, desenvolvendo um conjunto de atividades experimentais de inspiração olímpica para o treino dos alunos olímpicos, que possam também ser usado nas escolas portuguesas.
- Testar, em ambiente de sala de aula, o modelo de atividade experimental olímpica procurando um novo paradigma de ensino experimental nas escolas portuguesas, tendo em vista a melhoria do ensino da Física.

4.2 Metodologia

Na sequência do referido no ponto anterior, foram delineados 2 estudos realizados em contextos diferentes e com objetivos diversos. O primeiro estudo (**Estudo I**) procurou investigar as causas do problema-chave atrás indicado por auscultação dos intervenientes (alunos e professores) nas Olimpíadas de Física portuguesas, e fazer uma primeira intervenção no grupo dos alunos da pré-seleção olímpica no sentido de ajudar a melhorar a sua prestação nas competições internacionais. O segundo estudo (**Estudo II**) visou implementar, em contexto escolar, um conjunto de atividades experimentais estruturadas segundo o modelo olímpico. Este estudo procurou testar estas atividades, enquanto potenciais instrumentos de aquisição e desenvolvimento de conhecimentos e capacidades científicas, em contexto escolar. Assim, procura-se contribuir para a compreensão global da problemática do ensino experimental da Física nas Escolas Secundárias portuguesas.

²Já referidos na Introdução.

É certamente importante diagnosticar os motivos das carências do ensino experimental, detetadas no primeiro estudo, mas mais importante ainda é intervir na escola, se possível em contexto de sala de aula, com o objetivo de ajudar a resolver alguns dos problemas identificados. Nos Capítulos 5 e 6 serão indicados os objetivos específicos de cada estudo.

4.2.1 Desenho da investigação

Do ponto de vista metodológico, os dois Estudos Empíricos desta investigação podem ser classificados como do tipo exploratório-descritivo (**Estudo I**) e quasi-experimental (**Estudo II**), desenvolvidos sequencialmente.

O estudo exploratório-descritivo foi realizado no contexto das Olimpíadas de Física [294] e na Escola *Quark!* [102], revelando-se necessário dada a inexistência, até à data, de estudos sobre as Olimpíadas de Física portuguesas. Considerou-se, assim, ser importante realizar uma caracterização das Olimpíadas de Física e da Escola *Quark!*, nas suas múltiplas vertentes, através de inquéritos aos seus intervenientes com vista à caracterização exaustiva dos participantes (alunos e professores), das suas expectativas ao participar nestes eventos, das dificuldades e problemas encontrados, entre outros. Englobámos também neste estudo a elaboração e implementação de novos materiais didáticos de atividades experimentais “olímpicas” para treino dos alunos da pré-seleção olímpica e para ações de formação contínua dos professores promovidas pela SPF.

O segundo estudo envolveu uma intervenção em contexto escolar. Em continuidade, procurou testar o modelo de atividade experimental olímpica, usado no **Estudo I**, de uma forma mais controlada, num conjunto de escolas portuguesas. A amostragem dos alunos e professores que participaram neste estudo não pôde ser aleatória, nem foi possível um controlo apertado de todas as variáveis envolvidas. Por este motivo, classificamos este segundo estudo de quasi-experimental, seguindo a terminologia internacionalmente aceite [295].

4.2.2 Populações-alvo e amostras

No **Estudo I** foram analisadas duas populações já previamente selecionadas³: olímpica e *quarkiana*. A população olímpica envolveu todos os alunos e professores que participaram, em Portugal, nas várias fases das Olimpíadas de Física, entre 2011 e 2015. A população *quarkiana* envolveu todos os alunos e professores do Ensino Secundário que frequentaram a Escola *Quark!* entre 2012 e 2015 e o grupo dos antigos alunos de 2007 a 2015 (Tabela 4.1). Os antigos alunos *quarkianos* (2007 a 2015) foram convidados a colaborar via um questionário *on-line*.

Estudo I Olimpíadas de Física e Escola <i>Quark!</i>
Populações-alvo Olímpicas
- Alunos das Olimpíadas Regionais de Física de 2011 a 2015
- Professores das Olimpíadas Regionais de Física de 2011 a 2015
- Alunos das Olimpíadas Nacionais de Física de 2011 a 2015
- Alunos das Olimpíadas Internacionais de Física de 2012 a 2015
- Alunos das Olimpíadas Ibero-americanas de Física de 2012 a 2015
Populações-alvo <i>Quarkianas</i>
- Alunos da Escola <i>Quark!</i> de 2012 a 2015
- Professores dos alunos da pré-seleção olímpica de 2012 a 2015
- Antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> de 2007 a 2015
Estudo II Intervenção nas Escolas Secundárias
População-alvo nas escolas
- Alunos do 12º Ano de 2014/2015
- Professores a leccionar a disciplina de Física do 12º Ano de 2014/2015

Tabela 4.1: Populações-alvo dos Estudos Empíricos I e II.

No **Estudo II** foi considerada uma população-alvo de alunos e professores de Física do 12º Ano (Tabela 4.1) de um conjunto de escolas por nós selecionadas. O principal critério de seleção das amostras foi o dos professores terem a seu cargo turmas de Física do 12º

³A seleção destes participantes nas competições Olímpicas e na Escola *Quark!* foi feita com base nos regulamentos destas atividades descritos no Capítulo 1.

Ano de escolaridade com um número suficiente de alunos para poderem ser divididas em 2 turnos (turno experimental e turno de controlo). Alguns professores já tinham trabalhado connosco noutros projetos, outros trabalharam pela primeira vez. Atendendo ao número limitado de *kits* experimentais disponíveis (por nós fornecidos) não foi possível envolver muitas escolas. Colaboraram neste estudo 8 escolas públicas: 4 do distrito de Coimbra, 1 do distrito de Aveiro, 1 do distrito de Viseu, 1 do distrito de Lisboa e 1 da Região Autónoma dos Açores. Estiveram envolvidos 9 professores e 12 turmas de Física do 12º Ano de escolaridade. Cada turma foi dividida em 2 turnos, experimental e de controlo (total de 24 turnos). Esta divisão foi efetuada, por cada professor da turma, segundo os seus critérios. Os nomes das escolas, dos professores e dos alunos não são referidos nesta tese. Ao longo do estudo as escolas são codificadas com as letras A, B, C, D, E, F, G e H. Nas escolas com duas turmas, estas foram codificadas como A1, A2, B1, B2, C1, C2, H1 e H2.

No total (Estudos Empíricos I e II) foram inquiridos seiscentos e trinta professores ($n=630$) e três mil trezentos e onze alunos ($n = 3311$), sendo os detalhes de cada população indicados nos Capítulos 5 e 6, quando da caracterização das amostras.

4.2.3 Instrumentos de investigação e Materiais didáticos

Com vista a atingir os objetivos de investigação foi construído um conjunto alargado de instrumentos de recolha de dados, e paralelamente, desenvolvidos materiais didáticos para serem utilizados no âmbito do treino olímpico e em contexto de sala de aula. Todos os instrumentos e materiais didáticos foram implementados em suporte de papel, excepto um questionário que foi aplicado *on-line* aos antigos alunos da Escola *Quark!* e algumas entrevistas que foram realizadas por *Skype*. A validação interna de todos os documentos foi conseguida com as correções, sugestões e críticas de professores do Ensino Universitário e do Ensino Secundário que participaram nas diferentes etapas dos dois Estudos Empíricos.

No **Estudo I** foram aplicados às populações das Olimpíadas de Física 7 questionários⁴ (A, B, C, D, E, F e G) da seguinte forma: a cada 1 das 3 primeiras populações

⁴Estes questionários encontram-se em apêndice e são detalhados no Capítulo 5.

foi submetido um questionário diferente e nas 2 últimas populações, alunos das IPhO e OIbF, foram aplicados 2 questionários, antes e depois da competição. Algumas questões nestes vários questionários eram idênticas porque interessava comparar as respostas das diferentes populações. Estes questionários foram previamente supervisionados, em cada ano, pelos responsáveis das Olimpíadas Regionais (Norte, Centro, Sul e Ilhas) e Nacionais. Também foi realizada 1 entrevista⁵ ao Presidente da Comissão Nacional das Olimpíadas de Física em Portugal. Às populações *quarkianas* foram aplicados 3 questionários⁶ (H, M e N) e, ainda, testes (I, J, K e L) aos alunos para avaliar conteúdos de Física antes e depois de frequentarem a Escola *Quark!*.

Foi elaborado um conjunto de 13 atividades experimentais (Volume II) com os respectivos *kits* e guiões de exploração para intervir junto dos alunos e dos professores. Todos os instrumentos e materiais didáticos (Tabela 4.2) citados foram analisados e aprovados pelos professores do Departamento de Física envolvidos no Estudo I. O preenchimento dos questionários e a realização das atividades experimentais, por parte de alunos e professores, foram voluntários.

Populações - alvo	Instrumentos e materiais didáticos
Olímpica	- Questionários
	- Guião de Entrevista
	- Questionários
Quarkiana	- Testes
	- Guiões e <i>kits</i> de Atividades experimentais

Tabela 4.2: Instrumentos e materiais didáticos utilizados no Estudo Empírico I.

Os materiais e os equipamentos dos *kits* foram fornecidos aos alunos e, sendo fáceis de transportar, puderam ser levados para as suas escolas. Estes *kits* foram produzidos e testados, por nós, durante vários meses, no Departamento de Física da Universidade de Coimbra.

⁵A entrevista está no Capítulo 5.

⁶Estes questionários encontram-se em apêndice e são detalhados no Capítulo 5.

No **Estudo II**, os alunos responderam a 2 questionários⁷ (S, U) e realizaram 3 atividades experimentais (Volume II), para as quais elaborámos os respectivos guiões e *kits*. Além disso, foram aplicados testes antes e depois (O, P, Q e R) das atividades para avaliar a aquisição de conhecimentos e capacidades relativas a cada atividade experimental (Tabela 4.3).

Populações-alvo	Instrumentos e materiais didáticos
Alunos do 12º Ano	- Questionários
	- Testes
	- Guiões e <i>kits</i> de atividades experimentais
Professores a leccionar a disciplina de Física do 12º Ano	- Entrevista
	- Guiões com sugestões metodológicas das atividades experimentais

Tabela 4.3: Instrumentos e materiais didáticos utilizados no Estudo Empírico II.

Dos 2 questionários empregues, um foi igual ao utilizado junto da população Quarkiana. Esta igualdade no instrumento, em contextos diferentes, foi importante para comparar as respostas de alunos com características distintas. Todos os professores foram entrevistados individualmente. Foram disponibilizados a todos eles guiões com sugestões metodológicas e resultados típicos das atividades experimentais propostas aos alunos. A estrutura destes guiões foi a mesma dos guiões distribuídos aos professores dos alunos da pré-seleção olímpica que frequentaram a formação contínua, promovida pela SPF no âmbito da Escola *Quark!*.

Os materiais didáticos e os equipamentos para os *kits* das três atividades experimentais, realizadas nas escolas, também foram desenvolvidos e preparados, por nós, no Departamento de Física da Universidade de Coimbra.

⁷Estes questionários encontram-se em apêndice e são detalhados nos Capítulos 6.

4.2.4 Procedimentos

O **Estudo I** teve início em 2011 na população olímpica e em 2012 na população *quarkiana*. Todas as populações foram investigadas até 2015. Com o trabalho desenvolvido no Estudo I procurou-se alargar a intervenção, agora de uma forma mais controlada, desencadeando o Estudo II, que foi realizado no ano letivo de 2014/2015. Para aplicar os questionários à população olímpica do Estudo I solicitou-se uma autorização ao Presidente da Comissão Nacional de Olimpíadas de Física em Portugal. Após autorização, enviaram-se os questionários regionais para os presidentes das Delegações do Norte, Centro e Sul e Ilhas a solicitar aprovação do documento e a sua aplicação na data das Olimpíadas Regionais. Os procedimentos para a aplicação, aos alunos e professores, do questionário regional ficaram ao critério de cada delegação porque dependia da logística local. O Presidente da Comissão Nacional de Olimpíadas de Física decidiu o melhor momento para aplicar os questionários na data das Olimpíadas Nacionais, em Lisboa, e antes e depois da participação dos alunos nas Olimpíadas Internacionais (IPhO e OIBF). A Tabela 4.4 indica as datas e os locais da recolha de dados com base nos questionários aplicados à população olímpica.

A entrevista semi-estruturada ao Presidente da Comissão Nacional de Olimpíadas de Física foi realizada via Skype em 2016, no dia 7 de dezembro.

Para a realização do estudo na Escola *Quark!* solicitou-se autorização ao Departamento de Física da Universidade de Coimbra e aos responsáveis por esta atividade. O teste foi sempre submetido aos alunos na 1^a sessão de janeiro para avaliar os seus conhecimentos de Física. No final da escola, na 6^a sessão, em junho, foi utilizado o mesmo teste, com a função de verificar ganhos na aprendizagem. O questionário de caracterização dos alunos foi distribuído no primeiro intervalo da primeira sessão (janeiro), tendo os alunos respondido durante esse primeiro fim de semana. As atividades experimentais iniciaram-se em janeiro, tendo sido explicado, nessa altura, aos alunos da pré-seleção olímpica o objetivo dos materiais didáticos. As temáticas das atividades experimentais acompanharam os assuntos à medida que foram abordados nas aulas da Escola *Quark!*, e houve uma gradação da dificuldade ao longo das sessões. As atividades experimentais

foram realizadas em casa ou na escola, em atividades extracurriculares. Os alunos tinham um mês para realizar as experiências, devendo elaborar e enviar um relatório em formato livre para o endereço de correio eletrónico da Escola *Quark!* até 4 a 5 dias antes da nova sessão.

Olimpíadas de Física								
Fase Regional		Fase Nacional		Fase IPhO		Fase OIBF		
Data	Local	Data	Local	Data	Local	Data	Local	
2011	7 maio	Porto Coimbra Lisboa e Ilhas	4 junho	Lisboa	10 a 18 julho	Bangkok, Tailândia	26 set. a 1 out.	Guayaquil, Equador
	2012	28 abril						
2013	20 abril	Porto Coimbra Lisboa Açores e Madeira	8 junho	Lisboa	7 a 15 julho	Copenhaga, Dinamarca	22 a 27 setembro	Santo Domingo, República Dominicana
	2014	3 maio						
2015	18 abril	Porto Coimbra Lisboa Açores e Madeira	6 junho	Lisboa	5 a 12 julho	Mumbai, Índia	6 a 13 setembro	Cochabamba, Bolívia

Tabela 4.4: Fases, datas e locais da aplicação dos questionários nas Olimpíadas de Física.

Aos professores acompanhantes dos alunos olímpicos foi disponibilizada uma formação contínua creditada, e organizada pela SPF [121], que decorreu em paralelo com as 6

sessões da Escola *Quark!*. Nesta formação, os professores realizaram as atividades experimentais, por nós preparadas, que foram recomendadas aos alunos, e foi fornecido, para apoio, um guião com sugestões metodológicas para explorar as atividades com os seus alunos na escola. Na formação do ano de 2012, as atividades experimentais abordadas com os professores em cada sessão foram diferentes das realizadas pelos alunos. Nesse ano apenas foi facultado o guião da atividade experimental dos alunos com as sugestões metodológicas no final de cada sessão da formação. Nos anos de 2013 a 2015 todas as atividades experimentais realizadas pelos alunos foram previamente efetuadas pelos seus professores. Os formadores desta ação foram professores do Departamento de Física da Universidade de Coimbra que habitualmente estão envolvidos nas Olimpíadas Nacionais e Internacionais. O professor responsável por esta formação validou antecipadamente todos os instrumentos fornecidos aos professores. O questionário para os professores participantes na ação de formação foi aplicado no final da sessão de maio.

Na população *quarkiana* foram aplicados os instrumentos e usados os materiais didáticos nas sessões da Escola *Quark!*, que decorreram de janeiro a junho em cada ano do período 2012-2015, nas datas indicadas na Tabela 4.5.

O questionário *on-line*, para ser respondido pelos antigos alunos da Escola *Quark!*, foi testado com os alunos de 2015, para ser aferido quanto à clareza e à objetividade. A seguir o questionário foi disponibilizado aos alunos que frequentaram a Escola *Quark!* de 2007 a 2014. Como vários endereços de *e-mails* estavam desatualizados, procurámos colmatar este problema colocando na página de *Facebook* da Escola *Quark!* uma mensagem apelando à colaboração da comunidade *quarkiana*. O questionário *on-line* foi disponibilizado de 22 de abril a 22 de maio 2016, tendo havido uma segunda disponibilização, de 11 de julho a 7 agosto do mesmo ano.

O **Estudo II** foi realizado no 2º e 3º períodos do ano letivo de 2014/2015, em turmas do 12º Ano da disciplina de Física. No 1º período estabelecemos os contactos com os professores que haviam participado na formação da Escola *Quark!*, para solicitar a sua colaboração no estudo. Alguns dos professores contactados, de escolas públicas e privadas, não tinham turmas de 12º Ano de Física ou, então, a turma não tinha um número suficiente

Calendarização da Escola <i>Quark!</i>				
Sessões	2012	2013	2014	2015
1^a Sessão janeiro	28 e 29	26 e 27	25 e 26	24 e 25
2^a Sessão fevereiro	25 e 26	23 e 24	22 e 23	21 e 22
3^a Sessão março	24 e 25	16 e 17	29 e 30	21 e 22
4^a Sessão abril	21 e 22	13 e 14	26 e 27	25 e 26
5^a Sessão maio	12 e 13	11 e 12	24 e 25	16 e 17
6^a Sessão junho	30 e 1 julho	29 e 30	28 e 29	27 e 28

Tabela 4.5: Calendarização das sessões da Escola *Quark!* de 2012 a 2015.

de alunos para a desdobrar em turnos experimental e de controlo. Como anteriormente já foi referido, aceitaram participar no estudo 8 escolas públicas, 9 professores (3 professores, com 2 turmas cada um e 6 professores com uma turma). No estudo foram envolvidos 12 turnos experimentais e 12 turnos de controlo. Foram os professores que estabeleceram o primeiro contacto informal com os colegas do Grupo 510 - Físico e Química e com os diretores das escolas.

Após uma resposta positiva enviou-se, no dia 24 de novembro de 2015, uma carta a todos os diretores e encarregados de educação a explicar os objetivos do estudo e a solicitar uma autorização formal. Todas as respostas dos diretores e dos encarregados de educação ao pedido foram favoráveis. A partir desta data o contacto com os professores tornou-se assíduo (por *e-mail*, via Skype, presencial ou telefónico) até ao final do ano

letivo. As atividades experimentais foram selecionadas com base nas planificações dos professores para o ano letivo. Apenas 3 atividades experimentais permitiram reunir um grupo significativo de escolas. As 2 primeiras atividades experimentais: “*Coefficiente de viscosidade de um líquido*” e “*Características de um recetor e de um gerador*” envolveram 6 escolas e um grupo com 5 escolas realizou a última atividade experimental: “*Construção de um relógio logarítmico*”. O tema da atividade experimental, a sua contextualização no programa do 12º Ano do Ministério da Educação, e o objetivo principal da atividade experimental podem ser consultados na Tabela 4.6 [248].

Atividades experimentais com base no “modelo olímpico”	Objetivo principal	Contextualização no programa 12º Ano: Tema
Atividade 1 - “ <i>Coefficiente de viscosidade de um líquido</i> ”	Determinar o coeficiente de viscosidade de um fluido pelo método de <i>Stokes</i> e estudar a sua variação com a temperatura.	Mecânica de Fluidos - Hidrodinâmica
Atividade 2 - “ <i>Características de um recetor e de um gerador</i> ”	Determinar as características de um gerador (pilha voltaica) e de um recetor (voltâmetro).	Circuitos elétricos - Trocas de energia num circuito eléctrico
Atividade 3 - “ <i>Construção de um relógio logarítmico</i> ”	Determinar a capacidade de um condensador e construir com o condensador um relógio logarítmico.	Circuitos elétricos - Equações dos circuitos eléctricos

Tabela 4.6: Atividades experimentais realizadas em contexto de sala de aula no Estudo Empírico II, segundo o programa da disciplina de Física do 12º Ano.

As escolas estavam numa fase de transição em termos curriculares, por isso tinham alguma liberdade para selecionar os conteúdos do programa e as atividades experimentais para realizarem ao longo do ano letivo. Todos os professores aceitaram a proposta das 3 atividades experimentais a realizar nas suas aulas. Os *kits* foram emprestados às escolas e a sua distribuição exigiu uma calendarização sincronizada entre os intervenientes. Os protocolos das atividades experimentais, os questionários e os testes foram previamente disponibilizados aos professores das escolas para sobre eles se pronunciarem e validarem internamente todos os documentos. As dúvidas e a coordenação de cada aula foram discutidas antecipadamente com os professores. Os 2 questionários foram atribuídos a todos os alunos dos turnos experimental e de controlo. Um dos questionários foi apresentado no final de cada aula experimental e o outro questionário foi aplicado aos alunos no final do 3º período, do ano letivo, e na aula assinalada pelo professor como a mais indicada para o efeito. A entrevista estruturada aos professores foi realizada presencialmente com 4 professores e via *Skype* com 5 professores com calendarização entre julho e outubro de 2015. As temporizações médias de aplicação dos instrumentos e da utilização dos materiais didáticos, pelos alunos no Estudo II, varia entre os 40 e 180 minutos, com 40 minutos para o questionário, 45 minutos para cada teste, 90 minutos para as entrevistas e 180 minutos para as atividades experimentais (Tabela 4.7).

Instrumentos e materiais didáticos	Temporização média
Teste	45 min
Atividade Experimental (guiões e <i>kits</i>)	180 min
Questionário	40 min
Entrevista	90 min

Tabela 4.7: Temporização média da aplicação dos instrumentos e materiais didáticos no Estudo Empírico II.

No Estudo II os resultados dos testes foram recolhidos em 2015: a primeira atividade experimental “*Coefficiente de viscosidade de um líquido*” nos meses de janeiro, fevereiro e março; a segunda atividade experimental “*Características de um recetor e de um gerador*”

nos meses de março, maio e junho, e na última atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*” nos meses de maio e junho (Tabela 4.8).

Turnos	Atividade 1 - “ <i>Coefficiente de viscosidade de um líquido</i> ”		Atividade 2 - “ <i>Características de um recetor e de um gerador</i> ”		Atividade 3 - “ <i>Construção de um relógio logarítmico</i> ”	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
A1	6/2/2015	27/2/2015	NF	NF	22/5/2015	29/5/2015
A2	6/2/2015	27/2/2015	NF	NF	22/5/2015	29/5/2015
B1	27/2/2015	17/3/2015	20/5/2015	3/6/2015	NF	NF
B2	27/2/2015	17/3/2015	19/5/2015	2/6/2015	NF	NF
C1	NF	NF	5/5/2015	19/5/2015	26/5/2015	5/6/2015
C2	NF	NF	5/5/2015	19/5/2015	26/5/2015	5/6/2015
D	27/1/2015	5/2/2015	18/3/2015	28/3/2015	NF	NF
E	22/1/2015	5/2/2015	NF	NF	21/5/2015	28/5/2015
F	13/2/2015	23/2/2015	13/5/2015	20/5/2015	NF	NF
G	NF	NF	23/3/2015	30/3/2015	21/5/2015	28/5/2015
H1	29/1/2015	19/2/2015	16/3/2015	30/3/2015	21/5/2015	28/5/2015
H2	29/1/2015	12/2/2015	16/3/2015	28/3/2015	21/5/2015	1/6/2015

Tabela 4.8: Datas da realização dos testes nas escolas do Estudo Empírico II. O “NF” significa “não fez”.

4.3 Tratamento e análise de dados

O tratamento e a análise de dados que permitiram visualizar, classificar, descrever e interpretar os resultados foram realizados com a ferramenta estatística da folha de cálculo *Excel* [296]. Todos os cálculos de tratamento de dados e gráficos inerentes ao desenvolvimento e à preparação dos materiais didáticos para as atividades experimentais, em ambos

os estudos, foram realizados com o programa *Gnuplot* [297, 298]. Nos 2 estudos houve uma análise de dados qualitativa e quantitativa. Na análise qualitativa das entrevistas e dos questionários, com perguntas de resposta aberta, foi realizado um resumo dos dados não numéricos. Na análise quantitativa foram calculadas percentagens, %, médias, M , médias ponderadas, M_p , desvio padrão, σ , ganhos de conhecimento, G , e ganhos da média normalizado, g .

O ganho de conhecimento, G , entre os pré e pós-testes, em ambos os estudos, foi calculado através da diferença da média da classificação do pós-teste, P_{os} , e do pré-teste, P_{re} (Eq. 4.1)

$$G = P_{os} - P_{re}. \quad (4.1)$$

O ganho da média normalizado, g , foi calculado com base na seguinte equação 4.2,

$$g = \frac{G}{M - P_{re}}, \quad (4.2)$$

onde M é a cotação máxima dos testes (20 valores) e $M - P_{re}$ corresponde ao ganho máximo possível [299].

A visualização e a interpretação dos resultados, em ambos os estudos, foram feitas com ajuda de gráficos e tabelas. Por fim, da análise e interpretação destes resultados retirámos as conclusões, discutindo as limitações dos 2 estudos e elaborando um conjunto de sugestões para a resolução dos problemas identificados e para investigações futuras que são detalhadas no capítulo final desta tese.

Capítulo 5

Estudo Empírico I: Olimpíadas de Física e Escola *Quark!*

"Science is a way of thinking much more than it is a body of knowledge."

Carl Sagan

Este capítulo reporta o trabalho realizado no Estudo Empírico relativo às Olimpíadas de Física e à *Escola Quark!*. Começamos por apresentar os objetivos específicos que guiaram o estudo, a caracterização dos sujeitos envolvidos e os instrumentos e materiais didáticos produzidos e aplicados. Por fim, são revelados os resultados dos dados recolhidos ao longo das diferentes etapas desta investigação.

5.1 Objetivos específicos do Estudo I

O Estudo Empírico I teve os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar as populações de alunos e professores que participam nas Olimpíadas por idade, género, ano de escolaridade, formação académica, etc.;
- Identificar os critérios e mecanismos implementados ao nível da escola para selecionar os seus alunos para as Olimpíadas de Física;

- Investigar as práticas de preparação prévia dos alunos participantes nas Olimpíadas de Física;
- Estudar a motivação de alunos e professores para participar nas Competições de Ciência, em geral, e nas Olimpíadas de Física, em particular;
- Aferir a frequência de participação dos alunos em Olimpíadas de Ciência;
- Aferir a percepção da dificuldade das provas (experimental e teórica) por alunos e professores;
- Auscultar os alunos relativamente à duração das provas teórica e experimental, adequação dos conteúdos e a qualidade do material disponibilizado;
- Auscultar os alunos relativamente às suas perspectivas de desempenho nas Olimpíadas de Física;
- Identificar numa população numerosa de alunos que participam nas várias fases (Regional, Nacional e Internacional) das Olimpíadas de Física as dificuldades mais significativas na aprendizagem da Física e os problemas mais prementes no ensino desta disciplina, sentidos por alunos e professores;
- Identificar as principais dificuldades dos alunos na componente experimental das provas;
- Aferir se a participação nas Olimpíadas de Física tem um impacto positivo no aumento do interesse pela disciplina;
- Auscultar professores e alunos sobre aspetos logísticos das Olimpíadas de Física;
- Identificar as principais dificuldades encontradas pelos alunos na disciplina de ciências Físico-Químicas;
- Identificar os tipos de atividades extracurriculares praticadas pelos alunos relevantes para a aprendizagem de ciência;

- Caracterizar a estrutura da *Escola Quark!* e o método de preparação para as competições internacionais;
- Avaliar os conhecimentos de todos os alunos no início e no fim da sua participação na *Escola Quark!* e aferir a importância do treino olímpico nela realizada;
- Desenvolver, preparar e aplicar recursos didáticos, incluindo *kits* experimentais de baixo custo, para treinar progressivamente os alunos da pré-seleção olímpica, tendo em vista a sua mais ampla aplicação nas Escolas Secundárias nacionais procurando uma renovação das metodologias que conduza a uma melhoria das competências experimentais dos alunos;
- Produzir materiais para professores de Física relacionados com os temas do *Syllabus* das Olimpíadas Internacionais de Física menos abordados no ensino português, e com especial ênfase no ensino experimental;
- Avaliar a importância dos recursos didáticos desenvolvidos para os professores e para os alunos que foram aplicados no decorrer do treino olímpico na *Escola Quark!*;
- Avaliar o impacto da frequência da *Escola Quark!* no percurso académico e profissional dos antigos alunos desta Escola.

5.2 Olimpíadas de Física

A população-alvo olímpica deste estudo corresponde aos sujeitos que participaram na nossa investigação de 2011 a 2015. Os professores e alunos que responderam aos questionários foram agrupados da seguinte forma: alunos e professores da ORF de 2011 a 2015, alunos da ONF de 2011 a 2015, alunos da IPhO de 2012 a 2015 e alunos da OIBF de 2012 a 2015 (Tabela 5.1).

Populações	Sujeitos (n) que responderam aos questionários
1. Alunos das Olimpíadas Regionais de Física de 2011 a 2015	$n = 2376$
2. Professores das Olimpíadas Regionais de Física de 2011 a 2015	$n = 584$
3. Alunos das Olimpíadas Nacionais de Física de 2011 a 2015	$n = 273$
4. Alunos das Olimpíadas Internacionais de Física de 2012 a 2015	$n = 20$
5. Alunos das Olimpíadas Ibero-americanas de Física de 2012 a 2015	$n = 16$

Tabela 5.1: Número de sujeitos das populações-alvo olímpicas.

Caracterização das populações olímpicas

Foram inquiridos 4887 alunos na ORF, mas responderam voluntariamente ao questionário apenas 2376, ou seja, houve uma percentagem de respostas de 49%. Na fase Nacional participaram 345 alunos e responderam ao questionário 273 alunos (79%). Na IPhO foram inquiridos 20 alunos e na OIbF 16 alunos obtendo-se 100% das respostas ao questionário.

Na fase Regional as idades dos inquiridos variaram entre os 13 e os 19 anos, na fase Nacional entre os 13 e os 18 anos, na IPhO e na OIbF os alunos tinham todos 17 ou 18 anos. Quanto ao género, os rapazes estavam em maior percentagem em todas as fases. Os dois géneros estavam razoavelmente equilibrados na ORF, mas depois verificou-se um declínio acentuado da participação das raparigas nas fases seguintes. Isto significa que as alunas tiveram uma menor taxa de sucesso na ORF e na ONF (Tabela 5.2).

	Fase Regional	Fase Nacional	Fase IPhO	Fase OIbF
Nº sujeitos	$n = 2376$	$n = 273$	$n = 20$	$n = 16$
Idade	13 anos 0,5 %	13 anos 0,7 %		
	14 anos 34,1 %	14 anos 25,3 %		
	15 anos 21,1%	15 anos 21,6%	17 anos 40%	17 anos 44%
	16 anos 27,7 %	16 anos 26,4 %	18 anos 60%	18 anos 56%
	17 anos 24,5 %	17 anos 24,5 %		
	18 anos 0,9%	18 anos 1,5%		
	19 anos 0,1%			
	Género	M - 58%	M - 70%	M - 95%
F - 42%		F - 30 %	F - 5%	F - 12,5%
Escalão olímpico	A - 56%	A - 47%	B - 100%	B - 100%
	B - 44%	B - 53 %		

Tabela 5.2: Caracterização das amostras dos alunos das Olimpíadas de Física nas fases ORF, ONF, IPhO e OIbF.

Participaram com os seus alunos na ORF cerca de 1750 professores e responderam ao questionário 584, ou seja, obtivemos 33,4% de respostas voluntárias (Tabela 5.3). A idade média dos professores era de 43 anos. A maioria dos professores acompanhava os alunos mais novos, do escalão A. A formação de base universitária destes docentes era bastante diversificada. Os professores com formação exclusiva em Física (Física, Física para o Ensino e Eng. Física) representam 16,3% desta amostra, enquanto que 34,4% dos professores acompanhantes tinham formação em Ensino de Física e Química. Os restantes 49,3% dos docentes não tinham formação específica em Física. Havia 62% dos docentes com grau de Mestre e 4% já com grau de Doutoramento (Tabela 5.3).

No estudo do “*Livro Branco*” [20] (2002) a formação universitária de base dos professores era maioritariamente noutras áreas científicas, sobretudo em Engenharia Química. Professores com formação de base dos Ramos Educacionais ou cursos profissionalizantes/integrados de ensino estavam menos representados. Na altura 7% dos professores

tinha Mestrado e 0,4% Doutoramento. É curioso verificar que, passados 14 anos sobre a publicação do “*Livro Branco*”, se mantém a mesma percentagem, 13%, dos professores de Física e Química com licenciatura em Ensino da Física.

Professores das Olimpíadas Regionais de Física	
Nº sujeitos	$n = 584$
Idade	Média 43 anos
Escalão dos alunos que acompanham	A - 48%
	B - 39%
Formação base na Universidade	A e B - 13%
	Ensino de Física e Química - 34,4%
	Eng. Química - 19,9%
	Química - 13,4%
	Física para o ensino - 13%
	Química para o ensino - 12,6%
	Física - 2,7%
	Bioquímica - 1,7%
	Ciências Farmacêuticas - 0,6%
	Eng. Física - 0,6%
Química Industrial - 0,6%	
Para além da licenciatura, tem outro grau académico ou alguma especialização	Matemática - 0,2 %
	Ensino de Biologia e Geologia - 0,2%
	Outra Licenciatura - 12 %
	Mestrado - 62%
	Doutoramento - 4%
	Pós-Doutoramento - 0%
	Especialização - 22%
Outro - 0%	

Tabela 5.3: Caracterização dos professores das Olimpíadas Regionais de Física de 2011 a 2015.

Instrumentos

Para esta primeira parte do Estudo I, foram elaborados 7 questionários¹, em colaboração com a SPF e com ajuda de professores universitários foram aplicados nas diferentes fases das Olimpíadas de Física. Os professores universitários fizeram correções, críticas e deram algumas sugestões. A estrutura de cada questionário foi a seguinte:

1. O **questionário A** (em apêndice) foi aplicado aos **alunos na fase Regional** e tinha 19 perguntas sobre os dois seguintes tópicos: Olimpíadas de Física e Gosto pela Ciência. As questões sobre as Olimpíadas de Física versavam sobre o número de vezes que os jovens participaram nesta competição e em outras Olimpíadas; a iniciativa, o motivo, o benefício e a preparação prévia para participar; a confiança na obtenção de um bom resultado; o grau de dificuldade das provas teórica e experimental e as dificuldades na componente experimental. Foram ainda inquiridos sobre as principais dificuldades no estudo da disciplina de Ciências Físico-Químicas e sobre a estrutura das aulas desta disciplina. As quatro questões da SPF (11, 12, 13 e 14) estavam relacionadas com a duração da prova, a sua adequação ao programa da disciplina e qualidade do material disponibilizado; se a participação nas Olimpíadas aumentou o interesse pela Física; a opinião global sobre a competição e sua organização. No tópico “Gosto pela Ciência”² os alunos foram inquiridos sobre a frequência e o tipo de atividades extra curriculares potenciais promotoras de literacia científica, tais como ver programas televisivos sobre ciência, ler livros sobre Ciência, visitar páginas de Ciência na Internet, entre outros.
2. O **questionário B** (em apêndice) foi aplicado aos **professores na fase Regional** e tinha 30 questões cobrindo 2 tópicos: Ensino Experimental e Olimpíadas de Física. O questionário foi muito abrangente e procurou cobrir vários aspetos do

¹Os questionários aplicados aos professores e aos alunos, nas Olimpíadas de Física Regionais e Nacionais, tinham algumas questões providenciadas pela SPF. As 4 perguntas que constavam do questionário promovido pela SPF em anos anteriores, foram incluídas no nosso questionário.

²Esta pergunta foi adaptada do estudo PISA de 2006 e já tinha sido aplicada a alunos do 9º Ano do 3º Ciclo do Ensino Básico em inquéritos promovidos no âmbito da Tese de Mestrado da autora.

ensino experimental: a sua importância para a aprendizagem dos alunos; o interesse demonstrado pelos alunos; as características das aulas experimentais; as principais dificuldades dos alunos; a necessidade, oferta e frequência de formação experimental e as áreas da Física em que os professores enfrentam maiores dificuldades a lecionar. As questões sobre as Olimpíadas de Física cobriam o número de vezes que os professores já tinham participado com alunos na competição, a sua motivação, a preparação e seleção a nível de escola, avaliação do grau de dificuldade das provas experimentais para um aluno médio e para os melhores alunos; a importância das Olimpíadas de Física na dinâmica da escola e o número de prémios já conquistados pelos seus alunos. Por fim, numa questão de resposta aberta, solicitavam-se sugestões para a prática de um melhor ensino experimental da Física. O questionário incluía ainda uma questão da SPF, igual à dos alunos, sobre a organização global da prova e sua logística.

3. O **questionário C** (em apêndice) foi aplicado aos alunos na **fase Nacional** e tinha 9 perguntas, sendo 4 da autoria da SPF (itens 6, 7, 8 e 9) e iguais às do questionário dos alunos na fase Regional (itens 11, 12, 13 e 14). As restantes 5 perguntas procuravam averiguar sobre a preparação, a confiança num bom resultado, o grau de dificuldade das provas teórica e experimental e os aspetos mais difíceis da componente experimental.
4. O **questionário D** (em apêndice) foi aplicado aos alunos **antes** da participação na **IPhO**, tinha 10 questões, sendo 5 de resposta fechada e 5 de resposta aberta. As primeiras questões procuravam inquirir de uma forma geral sobre a preparação prévia para a prova e a confiança num bom resultado. As restantes versavam sobre os seguintes tópicos: perspetivas dos alunos quanto à sua participação na IPhO; áreas da Física em que se sentiam pior preparados; preparação específica da componente experimental durante o ano letivo e na semana da preparação olímpica; principais dificuldades e aspetos em que estavam mais à vontade na componente experimental; interesse das atividades experimentais disponibilizadas ao longo da Escola *Quark!* e o seu contributo para a preparação; significado para os alunos de participar na

IPhO e, por fim, qual o curso que pretendiam seguir na Universidade.

5. O **questionário E** (em apêndice) foi aplicado aos alunos **depois** da participação na **IPhO** e contemplava 7 perguntas. Acrescentou-se ao conjunto das questões da SPF outras que inquiriam sobre os prémios alcançados, o grau de dificuldade das provas e os aspetos mais difíceis da componente experimental. Numa pergunta de resposta aberta, pedia-se ainda sugestões para melhorar o processo de preparação olímpico.
6. O **questionário F** (em apêndice) foi aplicado aos alunos **antes** da participação na **OIBF** e era igual ao questionário do ponto 4.
7. O **questionário G** (em apêndice) foi aplicado aos alunos **depois** da participação na **OIBF** e era igual ao questionário do ponto 5.

Foi ainda realizada uma **entrevista**³ ao Presidente da Comissão Nacional de Olimpíadas de Física inquirindo sobre o desempenho dos alunos portugueses nas provas teóricas e experimentais das IPhO e OIBF, as principais dificuldades nas provas experimentais e as razões para os alunos não obterem melhores resultados na prova experimental. Pediu-se ainda a sua opinião sobre o impacto dos *kits* disponibilizados aos alunos para o treino olímpico e sobre a importância da formação para professores promovida pela SPF nas prestações dos seus alunos. Por último, pediu-se-lhe para definir o perfil de um aluno olímpico e a sua opinião sobre o que deve ser feito em Portugal para ajudar a melhorar a *performance* dos alunos olímpicos que participam na IPhO e na OIBF.

5.3 Resultados

Os resultados dos 7 questionários são apresentados quantitativamente e qualitativamente, em gráficos e em tabelas para os dados numéricos, sendo os dados não-numéricos apresentados também em tabelas e na forma de resumos.

³Apresentada na secção seguinte deste Capítulo.

5.3.1 Olimpíadas Regionais de Física

Os resultados que serão a seguir apresentados correspondem aos dados dos questionários de 584 professores e 2376 alunos, recolhidos no período 2011 a 2015.

Resultados do questionário dos Professores

A exposição destes resultados está dividida pelos dois tópicos do questionário: Ensino Experimental e Olimpíadas de Física.

Perguntas sobre o Ensino Experimental

A esmagadora maioria dos professores, 99%, considerou o ensino experimental uma mais-valia para aprendizagem dos seus alunos. Em geral, consideram que os alunos têm bastante interesse e um quarto dos professores considera que os alunos revelam mesmo imenso interesse pelo ensino experimental (Tabela 5.4).

Perguntas 3 e 4 -	
Relação dos alunos com o ensino experimental	Respostas
3 - Considera o ensino experimental uma mais-valia para aprendizagem dos seus alunos?	Sim - 99% Não - 1%
4 - De acordo com a seguinte escala, classifique o nível de interesse demonstrado pelos seus alunos relativamente ao ensino experimental:	Nenhum - 0% Pouco - 0% Algum - 7% Bastante - 68% Imenso - 25%

Tabela 5.4: Resultados ORF (professores): questões sobre a importância do ensino experimental na aprendizagem dos alunos e sobre o nível de interesse demonstrado pelos alunos no ensino experimental.

É curioso constatar que todos os professores declararam realizar aulas experimentais

ao longo do ano letivo, sendo que a maior percentagem dos professores realiza estas atividades quinzenalmente (Tabela 5.5).

Pergunta 5 -	
Com que periodicidade realiza aulas experimentais ao longo do ano letivo?	Respostas
Não realiza	0%
Semanal	21%
Quinzenal	43%
Mensal	25%
Bimensal	4%
Uma vez por período	6%
Uma vez por ano	0%
Dois vezes por ano	0%

Tabela 5.5: Resultados ORF (professores): questão sobre a periodicidade das aulas experimentais ao longo do ano letivo.

Inquiridos sobre os principais motivos que impedem a realização ou o incremento da frequência de aulas experimentais, mais de metade dos professores referiu falta de tempo. A segunda causa mais assinalada foi a falta de material e apenas 8% refere como impedimento a inexistência de um laboratório na escola, o que não é surpreendente dado o investimento que tem sido feito nos últimos anos com o programa “*Parque Escolar*” (Fig. 5.1).

A maioria dos professores inquiridos respondeu que as aulas experimentais são organizadas em grupos de 3 ou mais alunos. Estas respostas estão em consonância com as dadas à questão anterior, pois os professores declaram dispor de pouco material para as aulas experimentais. Nestes dados é ainda de salientar que 13% dos professores apenas fazem aulas demonstrativas, com análise de dados feita pelos alunos (Fig. 5.2).

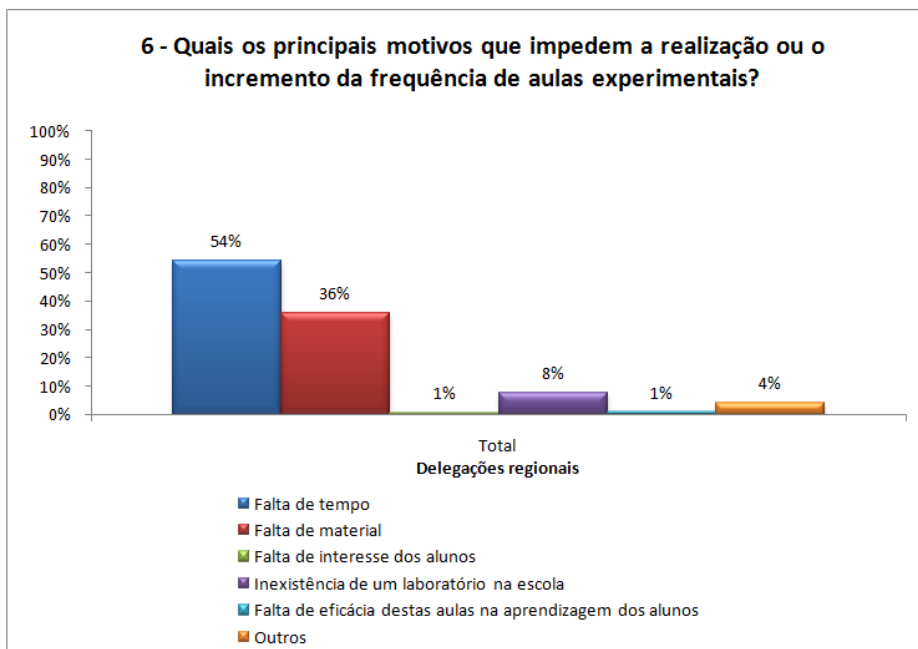


Figura 5.1: Resultados ORF (professores): questão sobre os motivos que impedem a realização ou incremento da frequência de aulas experimentais.

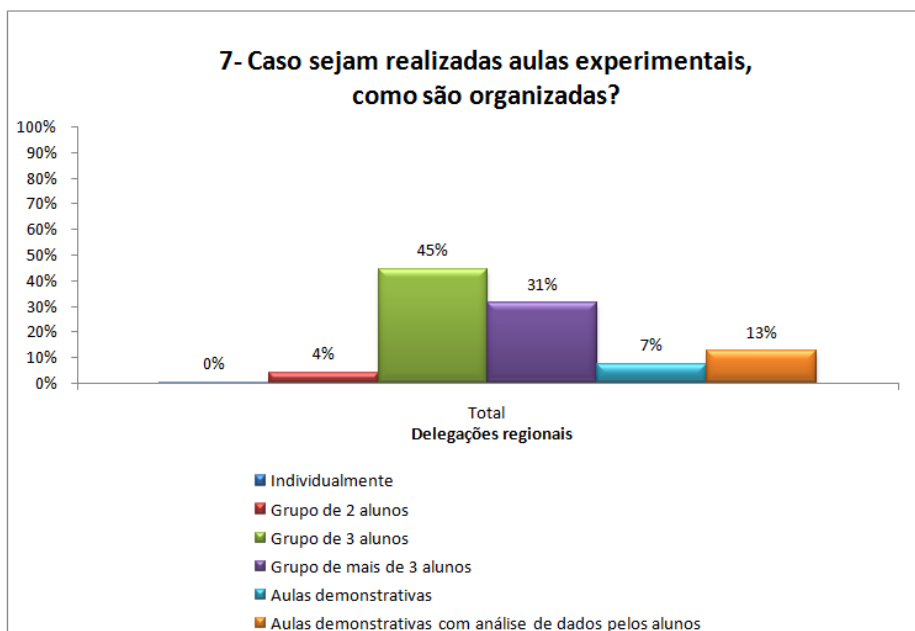


Figura 5.2: Resultados ORF (professores): questão sobre a organização das aulas experimentais.

Uma percentagem muito elevada dos alunos, 71%, faz o tratamento dos dados experimentais na própria aula. Um pouco menos de metade dos alunos faz o tratamento de dados manualmente, mas a maioria recorre ao uso de novas tecnologias, usando a calculadora gráfica ou computador (Tabela 5.6).

Nota-se uma clara evolução neste ponto relativamente a estudos anteriores [20], o que não é surpreendente dadas as orientações dos programas curriculares enfatizarem o uso de calculadoras gráficas nas aulas experimentais.

Perguntas 8 e 9 - Caso sejam realizadas aulas experimentais,	
Caso sejam realizadas aulas experimentais,	Resultados
8 - <u>quando</u> é que os alunos tratam os dados experimentais?	Na própria aula - 71% Como trabalho de casa - 29% Outra - 0%
9 - <u>como</u> é que os alunos tratam os dados experimentais?	Manualmente - 42% Calculadora gráfica - 39% Computador - 18% Outra - 0%

Tabela 5.6: Resultados ORF (professores): questões sobre o tratamento de dados experimentais realizado pelos alunos.

Curiosamente, a maior parte dos professores referiu que a principal dificuldade dos alunos numa aula experimental é a interpretação dos resultados (35%) e reconhecer se o resultado faz ou não sentido (29%), tal como mostra a Fig. 5.3. As dificuldades operativas (manipulação de aparelhos) e de compreensão e interpretação dos protocolos experimentais são minoritárias.

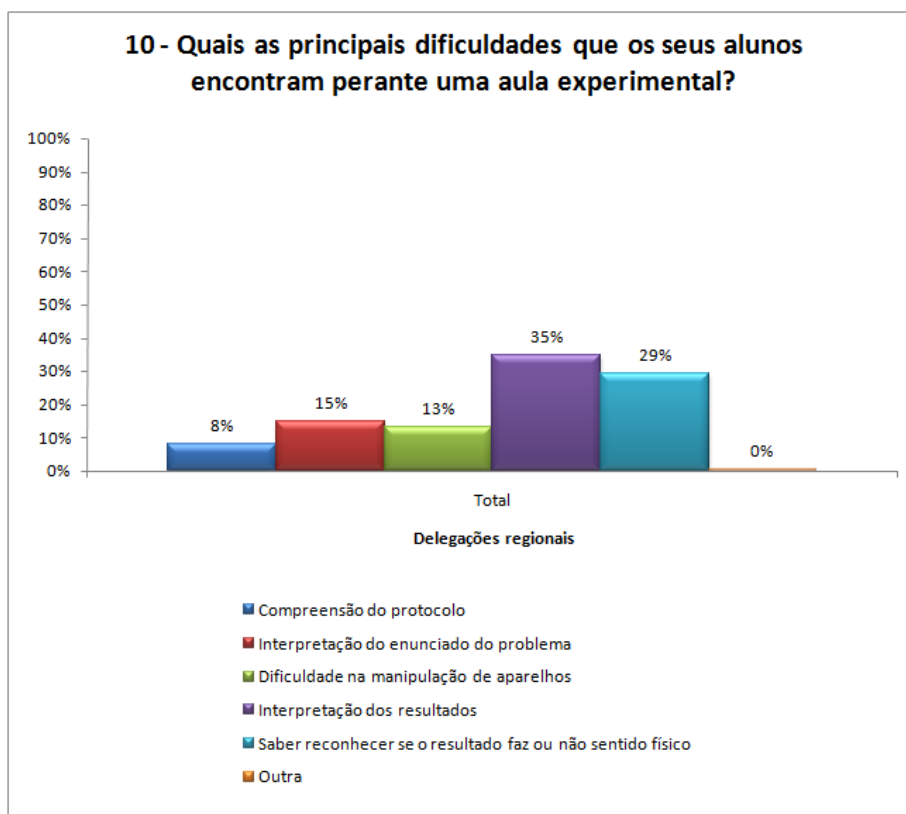


Figura 5.3: Resultados ORF (professores): questão sobre as dificuldades dos alunos perante uma aula experimental.

Questionados sobre a avaliação das aulas experimentais, 99% dos professores referem que avaliam estas aulas, o que, aliás, decorre da lei vigente. No que concerne à percentagem atribuída à componente na avaliação final dos alunos, 60% destes professores atribui a cotação mínima exigida pela tutela (Tabela 5.7), mas um número significativo de docentes atribui uma percentagem inferior à exigida por lei. Tem pouca expressão na comunidade docente a valorização superior a 30% da componente experimental. Já quanto à forma como os professores avaliam o desempenho dos seus alunos nas aulas experimentais, o recurso a questões pré e pós laboratoriais foi a opção mais contemplada.

Os professores também foram inquiridos sobre a realização de demonstrações práticas em aulas (não laboratoriais) e é interessante constatar que 60% dos docentes usa frequentemente esta metodologia (Fig. 5.4).

Perguntas 11, 12 e 13 - Avaliação	Resultados
11 - Caso sejam realizadas aulas experimentais as mesmas são avaliadas?	Não - 1% Sim - 99%
12 - De que forma avalia o desempenho dos alunos nas aulas experimentais?	Relatório - 21% Resposta a questões pré e pós-laboratoriais - 25% Destreza experimental - 16% Participação positiva e contínua em toda atividade - 20% Atitude dos alunos perante a resolução de um problema - 15% Outro - 2%
13 - Qual a percentagem na avaliação final do aluno?	10% - 16% 20% - 19% 30% - 60% 40% - 1% 50% - 0% Outra - 4%

Tabela 5.7: Resultados ORF (professores): questões sobre a avaliação das atividades experimentais.

Nas questões sobre as necessidades de formação dos professores em ensino experimental, um número muito expressivo deles, 89%, sente necessidade de formação específica nesta área e 87% considera que a oferta de formação não é suficiente. Talvez por essa razão, 57% dos professores inquiridos não frequenta ações de formação (Tabela 5.8).

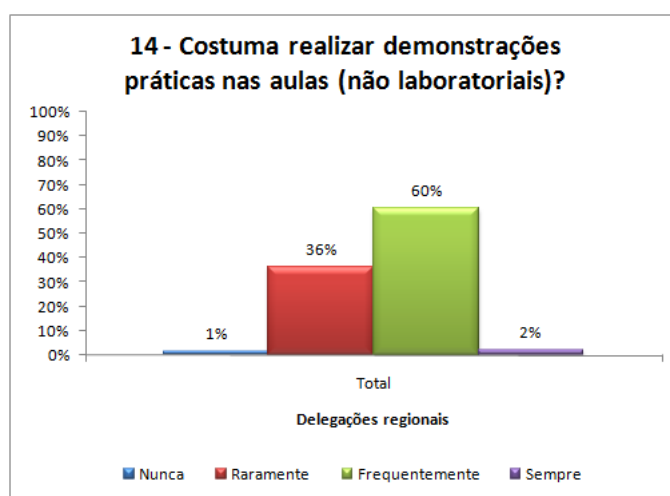


Figura 5.4: Resultados ORF (professores): questão sobre a frequência da realização de demonstrações práticas nas aulas não laboratoriais.

Perguntas 15, 16 e 18 -	
Formação em	Respostas
Ensino Experimental	
15. Sente necessidade de formação específica na área do ensino experimental?	Não - 11% Sim - 89%
16. Considera que é suficiente a oferta formativa para os professores, na área do ensino experimental?	Não - 87% Sim - 13%
18. Quantas ações de formação sobre o ensino experimental da Física frequenta em cada ano letivo?	Não frequenta - 57% 1 a 3 - 43% 4 a 6 - 0% 7 ou mais - 0%

Tabela 5.8: Resultados ORF (professores): questões sobre a formação em ensino experimental.

A pergunta sobre a necessidade de formação específica na área do ensino experimental (questão n° 15, Tabela 5.8) solicitava a justificação da resposta, mas apenas um número reduzido de professores ($n=97$, 16,6%) elaborou este ponto. Na Tabela 5.9 é apresentado um resumo das justificações mais relevantes.

Resumo sobre a necessidade de formação em Ensino Experimental (perg.15)
- Atualização científica;
- Atualização de práticas, metodologias e recursos didáticos;
- É sempre uma mais-valia obter novas experiências, rever matérias e descobrir novidades;
- Existem áreas ainda por explorar e para desenvolver competências;
- Falhas na formação académica;
- Formação específica em calculadoras gráficas, sensores e instrumentos (osciloscópios, etc.);
- Necessidade de diversificar métodos de ensino e de motivação dos alunos;
- Necessidade de diversificar as atividades experimentais;
- Para melhorar, evoluir, inovar e diversificar.

Tabela 5.9: Resultados ORF (professores): resumo das justificações às respostas da pergunta 15.

Quando inquiridos sobre as temáticas onde os professores enfrentam maiores dificuldades a leccionar a componente experimental, sobressaem das respostas a Física Moderna, o Eletromagnetismo e a Eletricidade/Eletrónica. Em contraste, a Mecânica teve apenas 4% de escolha (Fig. 5.5). Este valor estará relacionado com o fato da Mecânica ser o tema mais presente nos *currícula* da disciplina de Ciências Físico-Químicas.

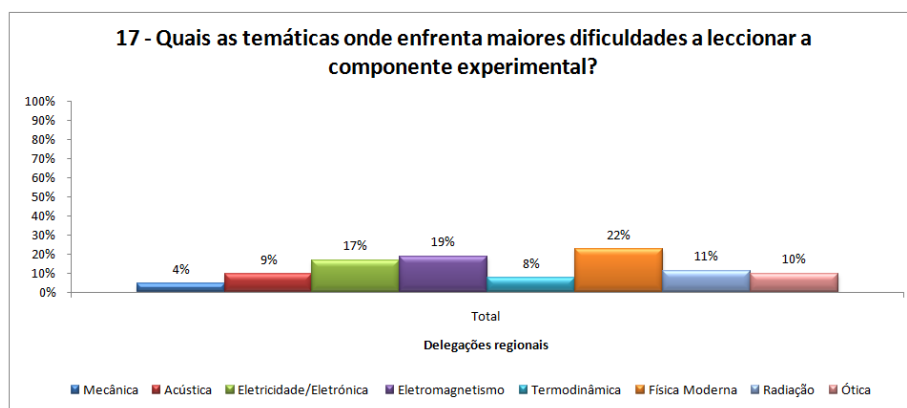


Figura 5.5: Resultados ORF (professores): questão sobre as temáticas onde enfrentam maiores dificuldades a leccionar a componente experimental.

O questionário incluía ainda uma questão de resposta aberta (pergunta n° 30) para os professores indicarem sugestões para a prática de um melhor ensino experimental. Apresentaram sugestões cerca de um quinto dos professores inquiridos ($n=111$). As sugestões com maior expressividade estão elencadas na Tabela 5.10. É evidente das respostas a necessidade do Ministério da Educação facilitar o trabalho dos professores em vários aspetos e valorizar mais o ensino experimental, já que a componente prática não é avaliada em exame e tem uma carga horária reduzida. Algumas das respostas dos professores vão no sentido de procurar solucionar problemas já anteriormente assinalados, tais como: falta de formação, de material e de tempo e a dificuldade em realizar atividades experimentais com grupos numerosos de alunos. No entanto, há ainda professores a pronunciarem-se sobre os espaços físicos da escola, nomeadamente queixando-se da adequação dos laboratórios existentes para a prática do ensino experimental. Os professores reivindicam ainda o uso exclusivo dos laboratórios de Física para as aulas experimentais das suas disciplinas, o que nem sempre se verifica, pois por vezes é usado para aulas de outras áreas disciplinares.

**Pergunta 30 - “Sugestões que considere pertinentes
para a prática de um melhor ensino experimental da Física,
por parte dos alunos ou dos professores.”**

Resumo das sugestões:

- Ações de formação contínua obrigatórias, gratuitas e descentralizadas para professores, em articulação com as Universidades;
 - Contabilizar no horário (não letivo) do professor a preparação das aulas experimentais;
 - Equilibrar as exigências feitas aos professores, pois as avaliações externas e o cumprimento do currículo são um entrave à experimentação;
 - Construir uma plataforma digital para os professores partilharem recursos didáticos;
 - Disponibilizar material e equipamento em bom estado e em número suficiente;
 - Aumentar a carga horária semanal para a experimentação e reduzir o número de alunos nas aulas experimentais;
 - Espaços físicos e laboratórios adequados para a prática laboratorial, com técnicas dedicados;
 - Mais tempo para lecionar os programas, que são extensos ou reduzir os programas;
 - Disponibilizar nos manuais toda a informação necessária para realizar as experiências;
 - Introduzir novamente a disciplina de “Técnicas Laboratoriais” ou equivalente (Área Projeto);
 - Introduzir exames práticos obrigatórios;
 - Defesa do ensino experimental junto do Ministério da Educação e apoio à formação em Física experimental por parte da SPF.
-

Tabela 5.10: Resultados ORF (professores): sugestões mais referidas pelos professores na pergunta 30.

Resultados sobre as Olimpíadas de Física

Apresentando agora os resultados das perguntas relativas às Olimpíadas de Física, comecemos por constatar que um número significativo dos professores são *habitués* nesta competição. Cerca de 32% declarou que a sua escola já teve alunos premiados (Tabela 5.11).

Os professores acham que a principal motivação dos seus alunos para participarem nas Olimpíadas de Física é o desafio de competir com os colegas, sendo indicada como segunda motivação a oportunidade de aprenderem Física. A componente social também foi valorizada pelos professores, seja a oportunidade de visitar a Universidade, seja o convívio proporcionado após a realização das provas (Fig. 5.6).

Perguntas 19 e 28 - Participação e Prémios	Resultados
19 - Quantas vezes já participou com os seus alunos nas Olimpíadas de Física?	1 a 5 vezes - 80%
	6 a 10 vezes - 16%
	11 a 15 vezes - 4%
	16 ou mais - 1%
28 - Algum(ns) aluno(s) da sua escola já ganhou (aram) algum prémio ou menção honrosa nas Olimpíadas de Física?	Não - 68%
	Sim - 32%

Tabela 5.11: Resultados ORF (professores): questões sobre o número de participações e os prémios ganhos pelos seus alunos.

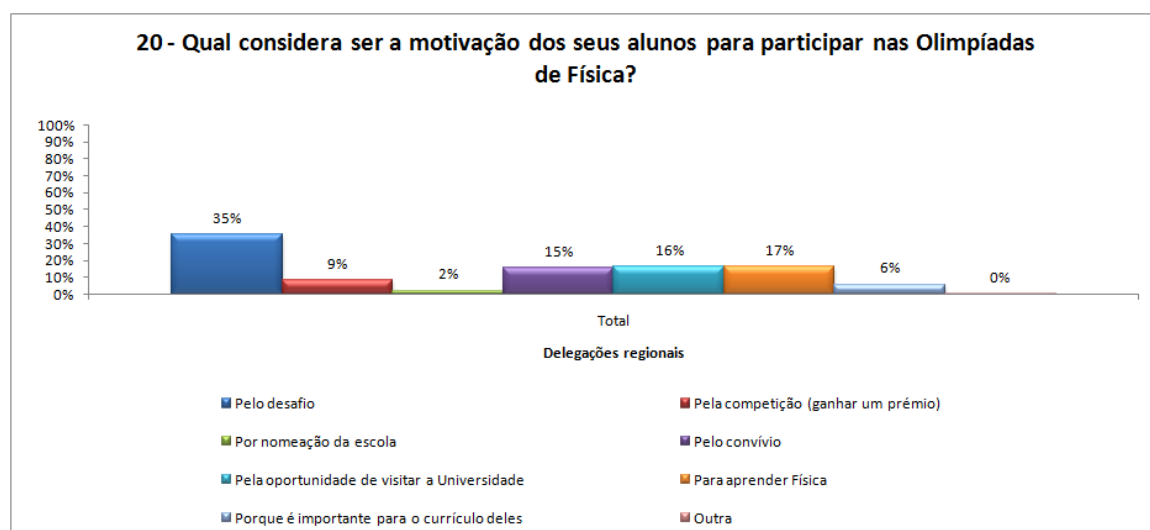


Figura 5.6: Questionário ORF (professores): questão sobre a motivação dos alunos para participar nas Olimpíadas de Física.

Atendendo às características desta competição, é surpreendente verificar que 79% dos professores não preparou os seus alunos especificamente para as Olimpíadas de Física. Os professores que preparam os seus alunos fizeram-no disponibilizando, sobretudo, horas extra para tirar dúvidas e desenvolver as matérias lecionadas nos períodos das aulas (Tabela 5.12).

Perguntas 21 e 22 - Preparação dos alunos		Resultados
21 - Prepara os seus alunos especificamente para as Olimpíadas da Física?	Não - 79% Sim - 21%	
22 - Se respondeu afirmativamente à questão anterior, de que forma prepara os seus alunos?	- Implementação de mais aulas experimentais - 11% - Indicação de problemas para resolver em casa - 25% - Disponibilização de horas extra para tirar dúvidas e desenvolver as matérias lecionadas nos períodos das aulas - 59% - Outro - 4%	

Tabela 5.12: Resultados ORF (professores): questões sobre a preparação dos alunos para a competição.

Apesar da Comissão Nacional das Olimpíadas de Física disponibilizar aos professores provas para uma primeira “fase de escola”, 55% das escolas dos professores inquiridos não realiza provas de pré-seleção. Os alunos continuam a ser selecionados pelos métodos mais clássicos, com destaque para a motivação individual de cada aluno e a sua nota à disciplina. É interessante assinalar que já há um número razoável de escolas que realiza a prova de pré-seleção, sendo que este número tenderá a aumentar, dado que a introdução desta prática é recente (Tabela 5.13).

Perguntas 23 e 24 - Seleção dos alunos		Resultados
23 - A sua escola realiza provas de pré-seleção para as Olimpíadas de Física?	Não - 55% Sim - 45%	
24 - Se respondeu negativamente à questão anterior, como foram seleccionados os alunos?	Currículo escolar - 13% Nota à disciplina - 36% Motivação individual de cada aluno - 49% Outra - 2%	

Tabela 5.13: Resultados ORF (professores): questões sobre a seleção dos alunos para as Olimpíadas de Física.

As provas experimentais das Olimpíadas de Física têm um grau de dificuldade elevado inerente à natureza da competição, sendo aferidas para os melhores alunos, e os professores têm essa percepção. A esmagadora maioria dos professores, 95%, considerou a prova experimental difícil ou muito difícil para o aluno médio das suas turmas (Tabela 5.14).

Perguntas 25 e 26 - Como avalia as provas experimentais das Olimpíadas de Física quanto ao grau de dificuldade para	Resultados			
	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito Fácil
o aluno médio das suas turmas:	41%	54%	5%	0%
os melhores alunos das suas turmas:	5%	65%	28%	2%

Tabela 5.14: Resultados ORF (professores): questões sobre o grau de dificuldade das provas experimentais.

As Olimpíadas de Física primam por apresentar provas teóricas e experimentais desafiantes, com um estilo diferente das convencionais provas escolares, recorrendo, contudo, a materiais simples. Assim, é interessante analisar como a participação nas Olimpíadas de Física permite difundir o conhecimento e fomentar a criatividade no espaço escolar (Fig. 5.7). Quase todos os professores reconhecem esta valência nas Olimpíadas, o que é gratificante.

A opinião dos professores sobre os aspetos logísticos das ORF é maioritariamente positiva em todos os itens. O item pior classificado é o associado à informação disponibilizada sobre as provas teóricas e experimentais (Tabela 5.15). Refira-se, a este propósito, que todas as provas estão disponíveis na página da Internet das Olimpíadas de Física, mas as resoluções e critérios de correção não estão disponíveis *on-line*. É possível que este aspeto esteja subjacente à pior classificação dada pelos professores nas alíneas a) e b) da questão 29.

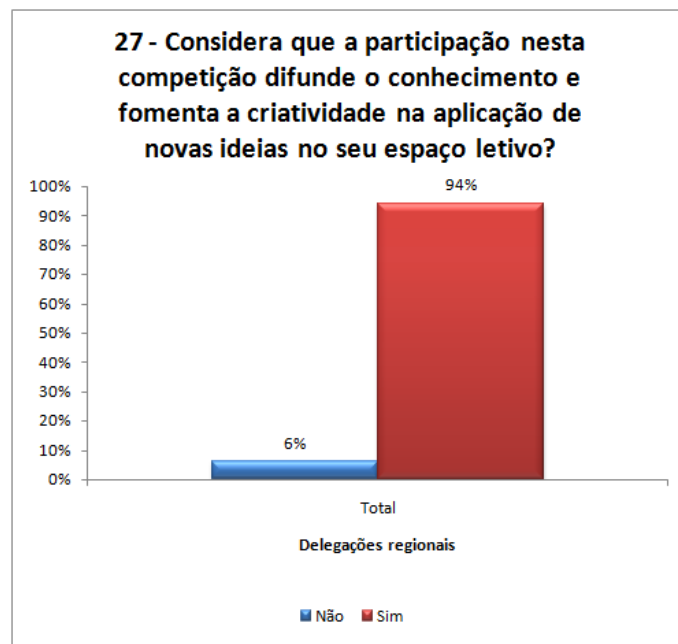


Figura 5.7: Resultados ORF (professores): questão sobre os efeitos da competição no espaço letivo.

29 - Qual a sua opinião sobre a organização das Olimpíadas Regionais de Física?	Má	Razoável	Boa	Excelente
a) Informação disponibilizada sobre as provas teóricas	13%	37%	40%	9%
b) Informação disponibilizada sobre as provas experimentais	15%	36%	40%	9%
c) Encaminhamento para as salas de prova	4%	25%	50%	21%
d) Ambiente de trabalho durante as provas teóricas	1%	14%	64%	21%
e) Ambiente de trabalho durante as provas experimentais	1%	12%	66%	20%
f) Local para a realização provas	1%	10%	62%	27%
g) Espaços para a realização das provas	0%	11%	64%	25%
h) Atividades complementares às provas	3%	22%	55%	20%

Tabela 5.15: Resultados ORF (professores): questão sobre os aspetos logísticos das Olimpíadas Regionais de Física.

Resultados do questionário aos alunos

A primeira questão colocada aos alunos era relativa à sua anterior participação em Olimpíadas de Física. A esmagadora maioria dos participantes estava a participar pela primeira vez (Tabela 5.16).

Na segunda pergunta inquiriu-se sobre a participação dos alunos noutras Olimpíadas escolares. As Olimpíadas de Matemática e de Química são as mais populares. A Olimpíada de Matemática, sendo a mais antiga competição, está universalmente implementada em todos os ciclos das escolas portuguesas. Como estão envolvidos poucos recursos materiais, apenas papel e caneta, podem por isso envolver maior número de alunos. A participação dos alunos inquiridos noutras Olimpíadas é residual (Tabela 5.17).

A decisão de um aluno participar nas Olimpíadas de Física é, maioritariamente, do professor. Apenas 36% dos alunos declara que participa por sua iniciativa (Tabela 5.18).

A maioria dos alunos não faz uma preparação prévia para participar nas Olimpíadas de Física estando, portanto, as suas respostas em consonância com as dos professores. Há, contudo, cerca de mil alunos que declararam que fizeram preparação recorrendo à ajuda de vários intervenientes, nomeadamente do professor da escola, dos colegas e também da Internet (Tabela 5.19).

1 - Quantas vezes participaste nas Olimpíadas de Física?	
1 vez	93%
2 vezes	7%
3 vezes	0%
4 vezes	0%

Tabela 5.16: Resultados ORF (alunos): questão sobre o número de vezes que os alunos participaram nas Olimpíadas de Física.

2 - Se já participaste nas Olimpíadas de outra(s) disciplina(s), por favor indica-a(s):	
Ambiente	11%
Astronomia	1%
Ciência	5%
Conhecimento	0%
Ecologia	1%
Informática	0%
Matemática	36%
Química	21%
Outra	9%
Não	16%

Tabela 5.17: Resultados ORF (alunos): questão sobre a participação dos alunos nas Olimpíadas de outras disciplinas.

3 - De quem partiu a iniciativa de participares nas Olimpíadas de Física?	
Aluno	36%
Professor	60%
Escola	4%

Tabela 5.18: Resultados ORF (alunos): questão sobre a iniciativa de participar nas Olimpíadas de Física.

As respostas às perguntas 8, 9 e 10 colocadas aos alunos sobre as provas foram separadas pelos escalões A (1333 respostas) e B (1024 respostas), porque as provas teóricas e experimentais são diferentes. A confiança dos alunos do escalão A na obtenção de um bom resultado nas Olimpíadas de Física foi equilibrada, já no escalão B a maioria dos alunos, 78%, não tinha confiança num bom resultado (Tabela 5.20). Os alunos de ambos os escalões classificaram o grau de dificuldade das provas como “Difícil” ou “Muito difícil” (Tabela 5.21).

Perguntas 6 e 7 - Preparação prévia	Resultados
6 - Realizaste alguma preparação prévia para a participação nas Olimpíadas de Física?	Não - 58% Sim - 42%
7 - Se respondeste afirmativamente na questão anterior, quem te ajudou nessa preparação?	Colegas - 17% Explicador - 2% Familiares próximos - 2% Internet - 17% Pais - 5% Professor da escolas - 49% Outros - 8%

Tabela 5.19: Resultados ORF (alunos): questões sobre a preparação prévia dos alunos para as Olimpíadas de Física.

8 - Estás confiante que obterás um bom resultado nestas Olimpíadas de Física?	
Escalão A	Não - 50% Sim - 50%
Escalão B	Não - 78% Sim - 22%

Tabela 5.20: Resultados ORF (alunos): questão sobre a confiança de um bom resultado dos alunos dos escalões A e B nas Olimpíadas de Física.

	9 - Como classificas o grau de dificuldade das provas:							
	a) Relativamente à componente experimental				b) Relativamente à componente teórica			
	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
Escalão A	16%	48%	32%	4%	27%	57%	14%	2%
Escalão B	28%	57%	14%	1%	20%	62%	18%	2%

Tabela 5.21: Resultados ORF (alunos): questão sobre o grau de dificuldade das provas na componente experimental e na componente teórica dos alunos dos escalões A e B.

Quando questionados sobre os aspetos que consideravam mais difíceis na prova experimental, a dificuldade na compreensão do enunciado da prova foi o aspeto mais referido pelos alunos de ambos os escalões A e B (Fig. 5.8). Os textos das provas das Olimpíadas não dão sempre instruções diretas. Os alunos precisam de descodificar o enunciado e refletir sobre o problema apresentado, o que pode implicar “ler entre linhas” informação que não é disponibilizada de forma explícita. Por exemplo, não é normalmente indicado nas provas o número de dados que os alunos devem recolher e eles deverão tomar, autonomamente, essa decisão. Em geral, os manuais apresentam problemas teóricos e experimentais com textos mais dirigidos, talvez por isso os alunos não estejam habituados a este tipo de enunciado “olímpico”.

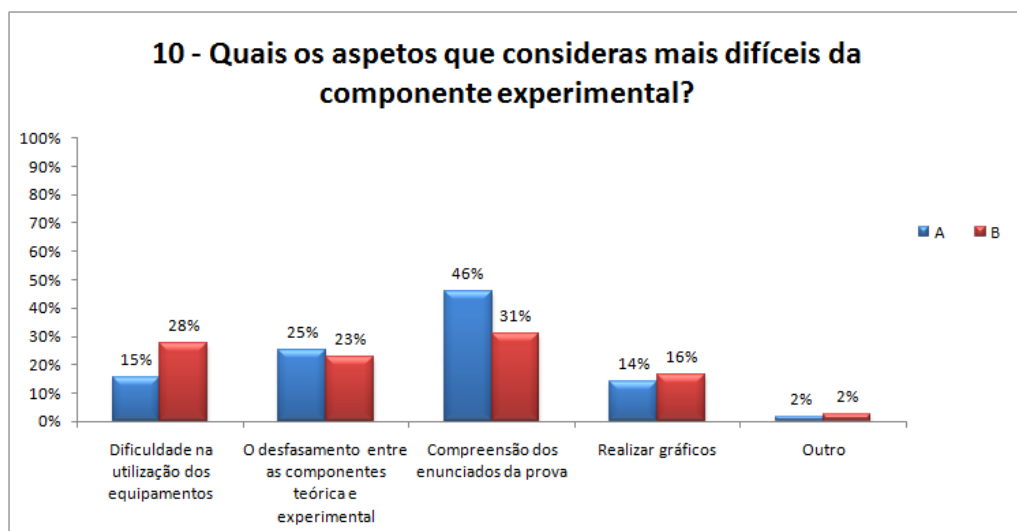


Figura 5.8: Resultados ORF (alunos): questão sobre os aspetos mais difíceis da componente experimental para os alunos do escalão A e do escalão B.

A maioria dos alunos do escalão A avaliou muito positivamente as provas teórica e prática quanto à duração e à qualidade do material disponibilizado. Relativamente à adequação da matéria à disciplina, foi classificada de “razoável” para ambas as provas. Este resultado é curioso porque segundo o regulamento das Olimpíadas de Física, os conteúdos científicos apresentados nas provas são os preconizados nos programas da disciplina de Ciências Físico-Químicas do Ministério da Educação (Tabela 5.22).

11 - Como classificas as provas, relativamente aos seguintes aspectos?	Provas do Escalão A	
	a) Prova teórica	b) Prova prática
Duração	Longa - 14%	Longa - 23%
	Curta - 23%	Curta - 14%
	Boa - 61%	Boa - 63%
Adequação à matéria da disciplina	Nenhuma - 9%	Nenhuma - 12%
	Razoável - 53%	Razoável - 49%
	Boa - 38%	Boa - 40%
Qualidade do material disponibilizado	Mau - 3%	Mau - 5%
	Razoável - 21%	Razoável - 26%
	Bom - 77%	Bom - 69%

Tabela 5.22: Resultados ORF (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e prática, adequação dos conteúdos e qualidade do material disponibilizado aos alunos do escalão A.

Apesar das provas dos 2 escalões serem diferentes, constata-se que a avaliação dos alunos dos escalões A e B é semelhante nos 3 aspetos inquiridos sobre as provas teóricas e práticas (Tabelas 5.22 e 5.23).

11 - Como classificas as provas, relativamente aos seguintes aspectos?	Provas do Escalão B	
	a) Prova teórica	b) Prova prática
Duração	Longa - 10%	Longa - 16%
	Curta - 22%	Curta - 22%
	Boa - 67%	Boa - 63%
Adequação à matéria da disciplina	Nenhuma - 5%	Nenhuma - 14%
	Razoável - 50%	Razoável - 52%
	Boa - 45%	Boa - 34%
Qualidade do material disponibilizado	Mau - 4%	Mau - 8%
	Razoável - 20%	Razoável - 30%
	Bom - 77%	Bom - 63%

Tabela 5.23: Resultados ORF (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e prática, adequação dos conteúdos e qualidade do material disponibilizado aos alunos do escalão B.

A maioria dos alunos declarou que o seu interesse pela Física aumentou um pouco por ter participado nas ORF (Tabela 5.24), sendo que uma percentagem significativa indicou que o seu interesse pela Física aumentou muito.

12 - O facto de teres participado nas Olimpíadas Regionais de Física, aumentou o teu interesse pela Física?	
Não	18%
Sim, um pouco	55%
Sim, muito	18%
Sim, bastante	9%

Tabela 5.24: Resultados ORF (alunos): questão sobre se a participação nas Olimpíadas de Física aumentou o seu interesse pela Física.

A maioria dos alunos recomendaria a um colega seu a participação nas Olimpíadas de Física (Tabela 5.25), pelo que se pode concluir que os alunos avaliaram globalmente de forma positiva a sua participação nesta atividade.

13 - Se um colega teu perguntasse se valia a pena participar nas Olimpíadas, o que dirias?	
Não	2%
Talvez	21%
Sim	56%
Muito	21%

Tabela 5.25: Resultados ORF (alunos): questão sobre avaliação da experiência dos alunos para sugerirem a outros colegas a participação nas Olimpíadas de Física.

À semelhança das respostas dos seus professores, a maioria dos alunos também avaliou positivamente os aspetos logísticos da organização das Olimpíadas Regionais de Física. É igualmente partilhada a opinião menos positiva sobre a informação disponibilizada relativamente às provas teóricas e experimentais (Tabela 5.26).

14 - Qual a tua opinião sobre a organização das Olimpíadas Regionais de Física?	Má	Razoável	Boa	Excelente
a) Informação disponibilizada sobre as provas teóricas	8%	33%	50%	9%
b) Informação disponibilizada sobre as provas experimentais	9%	35%	48%	9%
c) Encaminhamento para as salas de prova	7%	25%	47%	21%
d) Ambiente de trabalho durante as provas teóricas	3%	13%	51%	33%
e) Ambiente de trabalho durante as provas experimentais	3%	15%	52%	31%
f) Local para a realização provas	1%	11%	56%	32%
g) Espaços para a realização das provas	1%	11%	55%	33%
h) Atividades complementares às provas	3%	19%	55%	23%

Tabela 5.26: Resultados ORF (alunos): questão sobre os aspetos logísticos das Olimpíadas Regionais de Física.

Foram ainda auscultadas, na questão 15, as principais dificuldades dos alunos ao estudar a disciplina de Ciências Físico-Químicas. É de salientar que aparecem em primeiro lugar a compreensão de algumas matérias abstratas e a interpretação dos enunciados dos testes (Fig. 5.9). Estes resultados podem indicar também possíveis dificuldades nas disciplinas de Português e de Matemática. As matérias abstratas requerem mais trabalho na leção por parte dos professores, que nem sempre dispõem do tempo necessário e, por outro lado, mais dedicação e estudo por parte dos alunos. Por norma, a aprendizagem de matérias abstratas é, naturalmente, mais exigente.

Na pergunta 16, os alunos opinaram sobre a forma como gostariam que decorressem as aulas da disciplina de Ciências Físico-Químicas. A maioria gosta de aulas versáteis: teóricas, com demonstrações e com a realização de experiências pelos próprios alunos. O interesse e a preferência pela experimentação sobressai, mais uma vez, nas respostas a esta questão (Fig. 5.10).

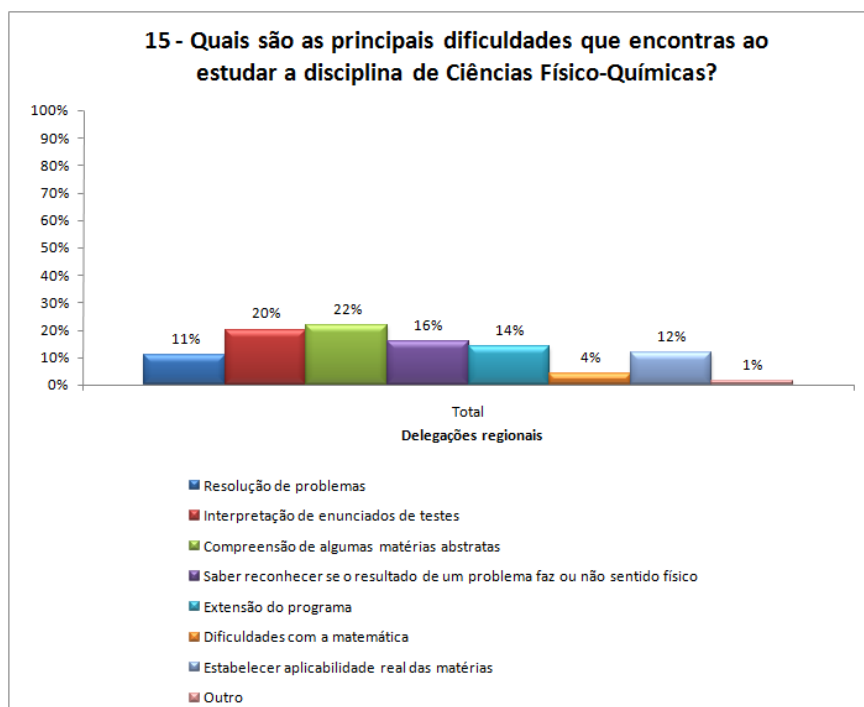


Figura 5.9: Resultados ORF (alunos): questão sobre as dificuldades na disciplina de Ciências Físico-Químicas.

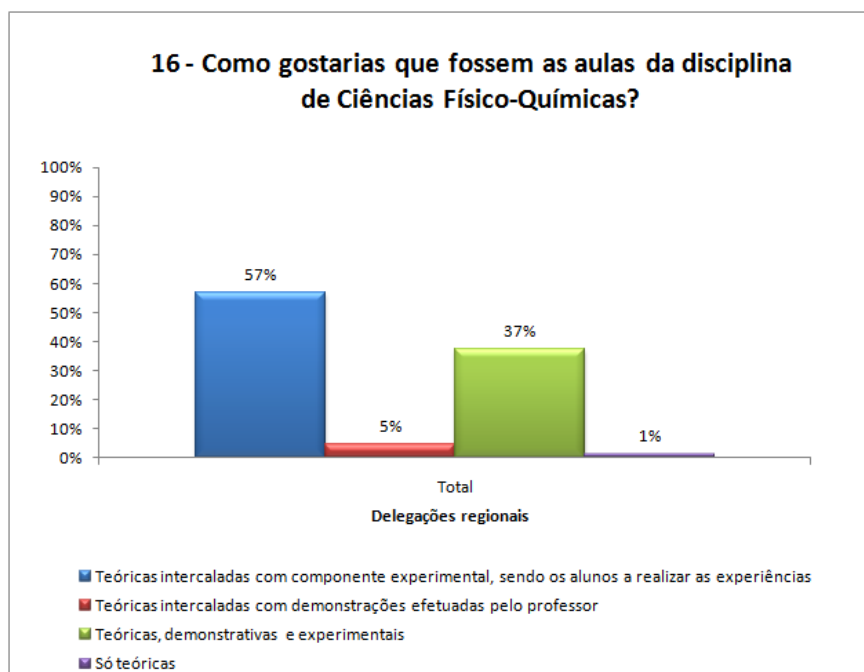


Figura 5.10: Resultados ORF (alunos): questão sobre a preferência do tipo de aulas da disciplina de Ciências Físico-Químicas.

A questão 17 permitiu investigar a frequência com que os alunos realizavam atividades complementares à escola, onde podem aprender ciência (Tabela 5.27). As atividades mais populares foram: ver programas televisivos, consultar páginas da Internet e ler livros ou jornais sobre ciência. Em contraste, a maioria dos alunos respondeu, que “nunca ou quase nunca” ouvia programas radiofônicos sobre ciência ou frequentava um clube de ciências. Esta questão procurava também densificar as respostas dos alunos sobre o motivo de “nunca ou quase nunca” realizarem certas atividades: se por os alunos não terem interesse, ou por não terem acesso à atividade. Neste ponto, a maioria dos alunos respondeu que não tinham acesso a um clube de ciências e não ouviam programas de ciência porque não tinham interesse (Tabela 5.28). Os alunos que responderam que “nunca ou quase nunca” visitaram Museus e Centros de Ciências e os alunos que “nunca ou quase nunca” realizavam experiências em casa, atribuíram maioritariamente a razão à falta de acesso à atividade.

O questionário aos alunos das Olimpíadas Regionais de Física finalizava com 2 questões sobre o projeto *Quark!*. Todos os anos letivos são enviados para as escolas documentação e um cartaz de divulgação sobre o projeto. Apesar deste procedimento, um número significativo de alunos não conhecia a Escola *Quark!*. No entanto, dos alunos que conheciam o projeto, 69% já tinham acedido ao portal na Internet (Tabela 5.29).

17 - Com que frequência fazes as seguintes atividades?	Nunca ou quase nunca	Às vezes	Regularmente	Muitas vezes	Não respondeu
a) Ver programas televisivos sobre ciência	8%	45%	28%	18%	1%
b) Comprar ou pedir emprestados livros sobre ciência	33%	45%	14%	5%	2%
c) Ir a páginas de ciência na Internet	14%	44%	27%	14%	1%
d) Ouvir programas radiofónicos sobre ciência	57%	32%	6%	3%	2%
e) Ler revistas científicas ou textos jornalísticos sobre ciência	15%	44%	27%	12%	1%
f) Frequentar um clube de ciências	64%	21%	7%	5%	3%
g) Visitar Museus e Centros de Ciência	18%	51%	21%	9%	1%
h) Realizar experiências em casa	38%	40%	12%	7%	2%

Tabela 5.27: Resultados ORF (alunos): questão sobre a frequência da realização de atividades complementares à escola para aprender ciência.

17. Indica o motivo se respondeste “Nunca ou quase nunca” na seguinte atividade:	Não tenho interesse	Não tenho acesso
a) Ver programas televisivos sobre ciência	72%	28%
b) Comprar ou pedir emprestados livros sobre ciência	80%	20%
c) Ir a páginas de ciência na Internet	94%	6%
d) Ouvir programas radiofónicos sobre ciência	68%	32%
e) Ler revistas científicas ou textos jornalísticos sobre ciência	76%	24%
f) Frequentar um clube de ciências	46%	54%
g) Visitar Museus e Centros de Ciência	39%	61%
h) Realizar experiências em casa	35%	65%

Tabela 5.28: Resultados ORF (alunos): justificação do motivo da resposta “Nunca ou quase nunca”.

Perguntas 18 e 19 - Escola <i>Quark!</i>	Resultados
18 - Conheces o projeto <i>Quark!</i> Escola de Física para jovens?	Não - 78% Sim - 22%
19 - Se respondeste afirmativamente na questão anterior, já acedeste ao portal na Internet do projeto <i>Quark!</i> ?	Não - 31% Sim - 69%

Tabela 5.29: Resultados ORF (alunos): questões sobre o conhecimento dos alunos do projeto *Quark!* e o acesso ao seu portal na Internet.

5.3.2 Olimpíadas Nacionais de Física

Os resultados a seguir divulgados correspondem aos dados recolhidos na população dos alunos ($n=273$) que participaram nesta competição entre 2011 a 2015.

Resultados dos questionários aos alunos

As duas primeiras questões investigavam se os alunos que participavam nas Olimpíadas Nacionais de Física faziam uma preparação prévia para a competição. A maioria dos alunos, 61%, realizou uma preparação prévia e 47% destes alunos tiveram ajuda do professor da escola. Indicaram também a Internet e a ajuda dos colegas como importantes na preparação (Tabela 5.30).

Perguntas 1 e 2 - Preparação prévia	Resultados
1 - Realizaste alguma preparação prévia para a participação nas Olimpíadas de Física?	Não - 39%
	Sim - 61%
2 - Se respondeste afirmativamente na questão anterior, quem te ajudou nessa preparação?	Colegas - 17%
	Explicador - 1%
	Familiares próximos - 3%
	Internet - 21%
	Pais - 6%
	Professor da escola - 47%
	Outros - 5%

Tabela 5.30: Resultados ONF (alunos): questões sobre a preparação prévia dos alunos para as Olimpíadas de Física.

Os resultados das respostas às perguntas 3, 4 e 5 que versavam sobre as expectativas dos alunos e a sua percepção do grau de dificuldade das provas, são apresentados por escalão. No escalão A responderam 129 alunos e no escalão B 144 alunos.

Os alunos de ambos os escalões responderam maioritariamente (questão 3) que não estavam confiantes num bom resultado nas Olimpíadas Nacionais de Física. É surpreendente que 82% dos alunos do escalão B não perspetivasse um bom resultado, já que dos 30 alunos participantes na ONF em cada ano, 10 têm prémio garantido (Tabela 5.31).

3 - Estás confiante que obterás um bom resultado nestas Olimpíadas de Física?	
Escalão A	Não - 52% Sim - 48%
Escalão B	Não - 82% Sim - 18%

Tabela 5.31: Resultados ONF (alunos): questão sobre a confiança de um bom resultado dos alunos dos Escalões A e B nas Olimpíadas de Física.

Relativamente ao grau de dificuldade das provas experimental e teórica, a maioria dos alunos, de ambos os escalões, classificou-as como difíceis (Tabela 5.32). Apesar destes alunos terem realizado uma preparação prévia, situação que não se verificou na fase Regional, continuaram a classificar as provas como difíceis. O grau de exigência e complexidade também aumentou nesta fase e, talvez por isso, os alunos sentiram mais dificuldades. É de notar que uma percentagem razoável dos alunos de ambos os escalões consideraram a componente experimental fácil, situação distinta da observada na componente teórica porque um número expressivo de alunos, também de ambos os escalões, as classificou como sendo muito difíceis.

	4 - Como classificas o grau de dificuldade das provas:							
	a) Relativamente à componente experimental				b) Relativamente à componente teórica			
	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
Escalão A	11%	56%	33%	1%	28%	60%	11%	1%
Escalão B	17%	56%	26%	1%	35%	47%	15%	2%

Tabela 5.32: Resultados ONF (alunos): questão sobre o grau de dificuldade das provas na componente experimental e na componente teórica dos alunos dos Escalões A e B.

A pergunta 5 procurou investigar os aspetos da componente experimental de maior dificuldade para os alunos. Para os alunos do escalão A, o aspeto mais difícil continuou a ser a compreensão dos enunciados da prova e para os alunos do escalão B a maior difi-

culdade foi manipular os equipamentos. Quanto aos outros aspetos considerados difíceis, os alunos de ambos os escalões opinaram de uma forma semelhante (Fig. 5.11).

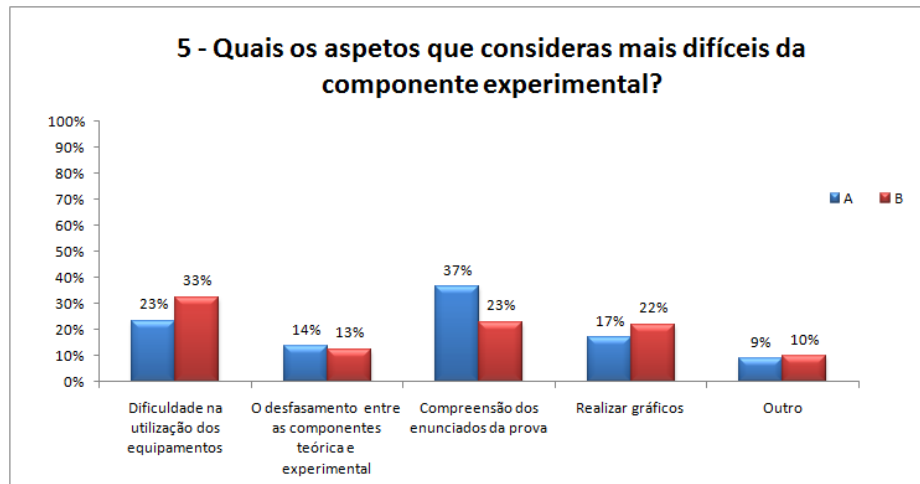


Figura 5.11: Resultados ONF (alunos): questão sobre os aspetos mais difíceis da componente experimental para os alunos do escalão A e do escalão B.

Os alunos das ONF do escalão A consideraram que a duração da prova teórica foi curta. Estes alunos, que na fase Regional tinham considerado a duração da prova adequada, talvez tivessem mudado de opinião porque a complexidade da provas aumentou, mas não o tempo para a sua realização. Em particular, o tempo para a resolução dos problemas teóricos foi considerado escasso. Na prova prática, apesar de o grau de dificuldade também ter aumentado relativamente à prova das ORF, continua a prevalecer a opinião de que a duração ainda é adequada. Os alunos continuam a classificar a adequação de ambas as provas à matéria da disciplina como “razoável” e a qualidade do material disponibilizado como “boa” (Tabela 5.33).

Os alunos do escalão B da fase Nacional, relativamente à fase Regional, mantiveram a sua opinião bastante positiva quanto à duração e à qualidade do material disponibilizado nas duas provas. A adequação à matéria da disciplina na prova prática foi apenas classificada razoável (Tabela 5.34).

6 - Como classificas as provas, relativamente aos seguintes aspectos?	Provas do Escalão A	
	a) Prova teórica	b) Prova prática
Duração	Longa - 4%	Longa - 11%
	Curta - 74%	Curta - 22%
	Boa - 22%	Boa - 67%
Adequação à matéria da disciplina	Nenhuma - 0%	Nenhuma - 0%
	Razoável - 56%	Razoável - 74%
	Boa - 44%	Boa - 26%
Qualidade do material disponibilizado	Mau - 0%	Mau - 7%
	Razoável - 4%	Razoável - 22%
	Bom - 96%	Bom - 70%

Tabela 5.33: Resultados ONF (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e experimental, adequação dos conteúdos e a qualidade do material disponibilizado aos alunos do escalão A.

6 - Como classificas as provas, relativamente aos seguintes aspectos?	Provas do Escalão B	
	a) Prova teórica	b) Prova prática
Duração	Longa - 17%	Longa - 14%
	Curta - 31%	Curta - 28%
	Boa - 52%	Boa - 59%
Adequação à matéria da disciplina	Nenhuma - 0%	Nenhuma - 14%
	Razoável - 28%	Razoável - 55%
	Boa - 72%	Boa - 31%
Qualidade do material disponibilizado	Mau - 0%	Mau - 3%
	Razoável - 7%	Razoável - 17%
	Bom - 93%	Bom - 79%

Tabela 5.34: Resultados ONF (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e experimental, adequação dos conteúdos e a qualidade do material disponibilizado aos alunos do escalão B.

A questão 7 averiguou se os alunos aumentaram o seu interesse pela Física após a participação nas Olimpíadas e a maioria respondeu afirmativamente. A apreciação desta resposta deve ter em conta que os alunos que participam nas Olimpíadas de Física já são, à partida, interessados por Física (Tabela 5.35).

7 - O facto de teres participado nas Olimpíadas Nacionais de Física, aumentou o teu interesse pela Física?	
Não	16%
Sim, um pouco	43%
Sim, muito	25%
Sim, bastante	16%

Tabela 5.35: Resultados ONF (alunos): questão sobre a importância da participação na competição para o aumento do interesse pela Física.

A experiência de participar nas Olimpíadas de Física foi universalmente valorizada pelos alunos. Com prémio ou sem prémio, com provas mais difíceis ou mais fáceis, os alunos consideraram a experiência sempre positiva porque nenhum dos alunos respondeu que não valia a pena participar (Tabela 5.36).

8 - Se um colega teu perguntasse se valia a pena participar nas Olimpíadas, o que dirias?	
Não	0%
Talvez	22%
Sim	40%
Muito	38%

Tabela 5.36: Resultados ONF (alunos): questão sobre avaliação da experiência dos alunos para sugerirem a outros colegas a participação nas Olimpíadas de Física.

Os alunos das Olimpíadas Nacionais de Física, de um modo geral, avaliaram bem todos os aspetos da logística. Tal como aconteceu na ORF, é visível o mesmo problema quanto à informação disponibilizada sobre as provas teóricas e experimentais. As duas únicas percentagens significativas de classificação “Má” estão focadas nestes dois aspetos (Tabela 5.37).

9 - Qual a tua opinião sobre a organização das Olimpíadas Nacionais de Física?	Má	Razoável	Boa	Excelente
a) Informação disponibilizada sobre as provas teóricas	9%	21%	61%	9%
b) Informação disponibilizada sobre as provas experimentais	5%	20%	64%	11%
c) Encaminhamento para as salas de prova	0%	5%	68%	27%
d) Ambiente de trabalho durante as provas teóricas	0%	16%	32%	52%
e) Ambiente de trabalho durante as provas experimentais	0%	16%	41%	43%
f) Local para a realização provas	0%	16%	46%	38%
g) Espaços para a realização das provas	0%	13%	52%	36%
h) Atividades complementares às provas	0%	11%	59%	30%

Tabela 5.37: Resultados ONF (alunos): questão sobre os aspetos logísticos das Olimpíadas Nacionais de Física.

5.3.3 Olimpíadas Internacionais e Ibero - americanas de Física

Os resultados a seguir divulgados correspondem aos dados recolhidos junto dos alunos da IPhO e da OIbF que participaram nesta competição de 2012 a 2015.

Resultados dos pré-questionários aplicados aos alunos das IPhO e OIbF

As questões 1 e 2 do questionário versaram sobre a preparação prévia dos alunos para a participação nas Olimpíadas Internacionais e Ibero-americanas de Física. Todos os alunos fizeram uma preparação prévia e a Escola *Quark!* assume agora um papel primordial na sua preparação. Estes alunos também foram ajudados pelo professor da escola e recorreram a recursos da *Internet*. O papel dos colegas na preparação, também referido nas respostas, era expectável já que no ambiente da Escola *Quark!* promove-se a colaboração

entre todos. É, ainda, interessante verificar que uma pequena percentagem dos alunos da OIbF teve ajuda dos pais e nenhum dos alunos que participam nestas competições foi ajudado por um explicador (Tabela 5.38).

Todos os alunos estavam confiantes num bom resultado nas Olimpíadas Internacionais de Física (IPhO e OIbF) (Tabela 5.39). Esta confiança não foi verificada nas fases anteriores (ORF e ONF), onde os alunos não realizavam, em geral, uma preparação prévia. A preparação prévia terá contribuído para aumentar o grau de confiança num bom resultado.

Perguntas 1 e 2 - Preparação Prévia	Resultados	
	IPhO	OIbF
1 - Realizaste alguma preparação prévia para a participação nas (IPhO - OIbF)?	Não - 0%	Não - 0%
	Sim - 100%	Sim - 100%
2 - Se respondeste afirmativamente na questão anterior, quem te ajudou nessa preparação?	Colegas - 29%	Colegas - 20%
	Explicador - 0%	Explicador - 0%
	Escola <i>Quark!</i> - 100%	Escola <i>Quark!</i> - 100%
	Familiares Próximos - 0%	Familiares Próximos - 0%
	Internet - 86%	Internet - 47%
	Pais - 0%	Pais - 7%
	Professor da escola - 57%	Professor da escola - 27%
	Outros - 29%	Outros - 20%

Tabela 5.38: Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): questões sobre a preparação prévia dos alunos para as Olimpíadas de Física.

3 - Estás confiante que obterás um bom resultado nestas Olimpíadas de Física?		
IPhO	Não - 43%	Sim - 57%
OIBF	Não - 40%	Sim - 60%

Tabela 5.39: Resultados pré IPhO e OIBF (alunos): questão sobre a confiança na obtenção de um bom resultado.

A questão 4, de resposta aberta, questionou as perspetivas dos alunos quanto à sua participação nas Olimpíadas de Física. O resumo das principais respostas pode ser consultado na Tabela 5.40. Neste resumo, há a destacar a oportunidade de vivência de uma experiência interessante, as aprendizagens efetuadas durante a preparação “olímpica” e a vontade de conseguir bons resultados do trabalho e tempo investidos na preparação.

4 - Que perspetivas tens quanto à tua participação nas Olimpíadas de Física?	
IPhO	<ul style="list-style-type: none"> - Confiança num bom resultado, esperança de ganhar uma medalha; - Dar o melhor para conseguir um bom resultado que corresponda ao trabalho investido; - Aprendizagens com a nova experiência; - Experiência muito interessante e muito enriquecedora; - Participar ao mais alto nível numa competição internacional; - Conhecer outras culturas.
OIBF	<ul style="list-style-type: none"> - Experiência diferente, desafiante intelectualmente, interessante; - Explorar mais as diferentes áreas da Física; - Aprender mais Física; - Mostrar capacidades e competências; - Fazer amigos com colegas de outros países; - Discutir problemas de Física com pessoas de outras culturas; - Representar Portugal o melhor possível; - Conseguir uma medalha pelo trabalho realizado na Escola <i>Quark!</i> e em casa; - Fracas expectativas, era preciso ainda mais treino.

Tabela 5.40: Resultados pré IPhO e OIBF (alunos): questão sobre as perspetivas quanto à participação nas Olimpíadas de Física.

Questionámos, ainda, estes alunos sobre as áreas da Física em que se sentem pior preparados (questão 5). As temáticas de Ótica e Termodinâmica foram as mais assinaladas pelos alunos da IPhO e os alunos da OIbF referiram em maior percentagem a Física Quântica e a Relatividade. Em ambos os grupos, a temática de Mecânica é a que apresenta menor dificuldade, com apenas 7% das respostas (Fig. 5.12 e Fig. 5.13). Tal situação poderá estar relacionada com o fato de este ser o tema mais estudado no Ensino Secundário. É curioso que também foi neste tema que os professores das Olimpíadas Regionais declararam estar mais à vontade.

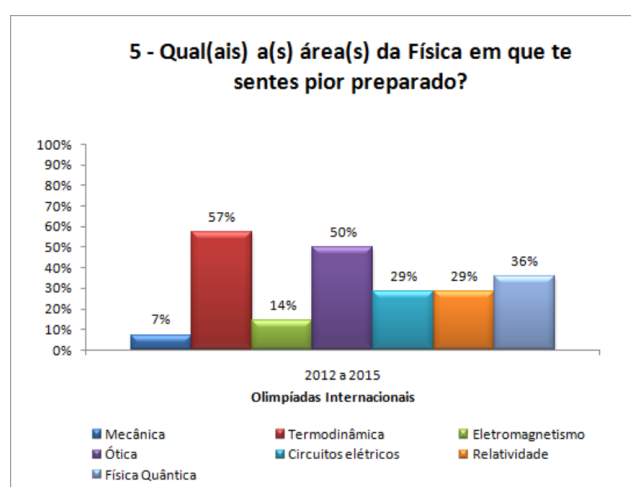


Figura 5.12: Resultados pré IPhO (alunos): questão sobre as áreas em que os alunos se sentem pior preparados.

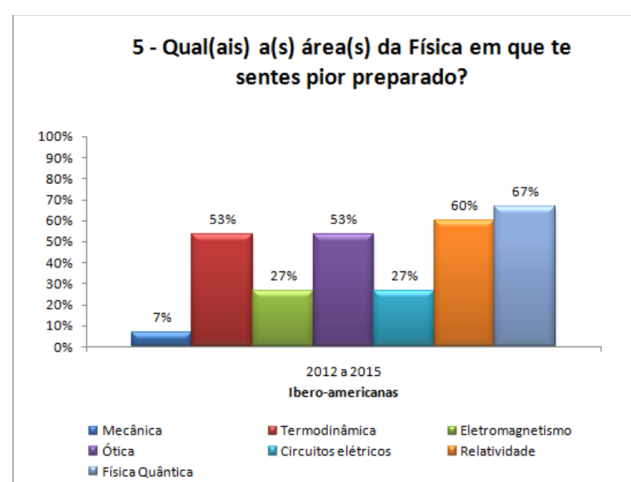


Figura 5.13: Resultados pré OIbF (alunos): questão sobre as áreas em que os alunos se sentem pior preparados.

Foi ainda solicitado aos alunos uma justificação da sua resposta. O resumo das respostas pode ser consultado na Tabela 5.41.

Resumo das justificações	
5 - Qual(ais) a(s) área(s) da Física em que te sentes pior preparado? Porquê?	
IPhO	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas com falta de estudo e prática de exercícios; - Áreas com pouco contacto com a matéria; - Áreas menos abordadas; - Áreas com menor interesse; - Áreas menos trabalhadas por falta de gosto; - Áreas com tópicos menos apelativos e com menor resolução de problemas; - Áreas de difícil compreensão intuitiva; - Áreas com muitas equações para decorar.
OIbF	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas que não são bem lecionadas na escola; - Áreas confusas e extensas; - Áreas com pouca prática e estudo; - Áreas menos intuitivas e menos interessantes; - Áreas com cálculos complexos; - Áreas menos trabalhadas e por isso com mais dificuldades; - Áreas com muitas fórmulas; - Áreas com pouco estudo por falta de gosto.

Tabela 5.41: Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): resumo das justificações sobre as áreas em que os alunos se sentem pior preparados.

Numa pergunta de resposta aberta (questão 6), perguntámos aos alunos como fizeram a preparação experimental na sua escola e durante a semana de preparação Olímpica. O resumo das respostas pode ser consultado na Tabela 5.42. Os 2 grupos assemelham-se nos métodos de preparação.

6 - Relativamente à componente experimental, como fizeste a tua preparação?	
6.1 - Durante o ano letivo na escola	
IPhO	<ul style="list-style-type: none"> - Realizando as experiências da Escola <i>Quark!</i>; - Lendo artigos experimentais; - Realizando experiências com o professor; - Realizando experiências em casa; - Discutindo os resultados com os colegas; - Recorrendo a Internet para tirar dúvidas.
OIBF	<ul style="list-style-type: none"> - Realizando as experiências sugeridas na Escola <i>Quark!</i>; - Acedendo ao laboratório da escola; - Realizar as experiências do 12º Ano de Física; - Realizando experiências com o professor da escola; - Realizando desafios experimentais; - Realizando provas de anos anteriores.
6.2 - Na semana da preparação Olímpica	
IPhO	<ul style="list-style-type: none"> - Fazendo cuidadosamente as experiências propostas; - Realizando experiência antigas da IPhO e da OIBF; - Estudando os métodos de resolução; - Praticando a recolha e tratamento de dados; - Realizando gráficos, e praticando o cálculo de erros; - Fazendo e analisando experiências antigas da “PDF”; - Executando o maior número de tarefas em menor tempo.
OIBF	<ul style="list-style-type: none"> - Treinando o cálculo de erros e propagação de erros; - Ganhando prática no tratamento de dados; - Aproveitando as aulas das técnicas experimentais; - Realizando experiências de provas antigas; - Rentabilizando as aulas de laboratório na disciplina de Física; - Estudando procedimentos e contabilizando o tempo de execução da experiência.

Tabela 5.42: Resultados pré IPhO e OIBF (alunos): resumo das respostas sobre a preparação experimental na escola e na semana da preparação olímpica.

A questão 7, de resposta aberta, procurou identificar as principais dificuldades dos alunos na componente experimental e também os pontos em que se sentiam mais à vontade. O resultado pode ser consultado nas Tabelas 5.43 e 5.44. Verifica-se que as dificul-

dades dos alunos estão relacionadas com as competências menos trabalhadas em contexto escolar. Há ainda o fator tempo que é muito valorizado nas competições internacionais e que necessita dos alunos bem treinados para poderem realizar várias tarefas complexas num tempo limitado. As tarefas apontadas como mais fáceis estão sobretudo relacionadas com o trabalho realizado pelo professor da escola durante o treino.

7 - Na componente experimental:	
7.1 - Quais as principais dificuldades que apresentas e porquê?	
IPhO	<ul style="list-style-type: none"> - Prever o número de medições a realizar; - Fazer gráficos, linearizações, análise de erros e incertezas; - Trabalhar com algarismo significativos; - Obter rapidamente os dados, controlando o tempo para as diferentes tarefas da experiência; - Diminuir os erros e estimar as incertezas; - Fazer os cálculos manualmente. <p>Porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de treino a recolher dados e a temporizar tarefas; - É difícil calcular erros; - Diferentes formas de calcular erros, incertezas e algarismos significativos; - Pouca prática na escola a calcular erros e a fazer linearizações à mão.
OIbF	<ul style="list-style-type: none"> - Recolher dados com o menor erro possível; - Montar circuitos elétricos complexos; - Má gestão do tempo da experiência; - Deduzir fórmulas; - Fazer propagação de erros; - Pouca capacidade para antecipar os dados; - Calcular erros, incertezas e fazer linearizações. <p>Porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de prática na montagem de alguns equipamentos; - Pouco tempo para recolher dados; - Falta de treino em vários procedimentos das experiências; - É difícil ter uma visão global do que é preciso fazer; - É necessário compreender rapidamente certos pormenores.

Tabela 5.43: Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): resumo das principais dificuldades na componente experimental.

7 - Na componente experimental:	
7.2 - Quais as principais facilidades que apresentas e porquê?	
IPhO	<ul style="list-style-type: none"> - Recolher dados; - Desenhar gráficos dos resultados; - Interpretar a teoria em que se baseia a experiência e desenvolver as expressões que serão usadas na análise dos dados. <p>Porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Facilidade em efetuar medidas rigorosas e minuciosas; - Habilidade para desenhar; - Gosto pela teoria subjacente à experiência.
OIbF	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer tabelas e gráficos; - Improvisar durante a experiência; - Recolher dados e analisá-los; - Regressões lineares a “olho”; - Manipular os equipamentos; - Previsões teóricas. <p>Porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Áreas que a professora da escola desenvolveu no treino escolar; - Gosto pela interpretação teórica; - A análise de dados envolve uma abordagem sistemática.

Tabela 5.44: Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): resumo das principais facilidades na componente experimental.

A pergunta 8 só foi introduzida no questionário a partir do ano de 2013, e por isso, responderam apenas 15 alunos da IPhO e 12 alunos da OIbF. A questão procurou medir numa escala de 1 (não contribuiu nada), a 5 (contribuiu muitíssimo) o contributo das atividades experimentais disponibilizadas ao longo da Escola *Quark!* na aprendizagem dos alunos. A maioria dos alunos da IPhO assinalaram na escala o número 4, mostrando que as atividades experimentais contribuíram de forma significativa para a sua aprendizagem. Os alunos da OIbF deram maioritariamente a classificação máxima (5) ao contributo das atividades experimentais do *Quark!* para a sua aprendizagem (Fig. 5.14 e Fig. 5.15).

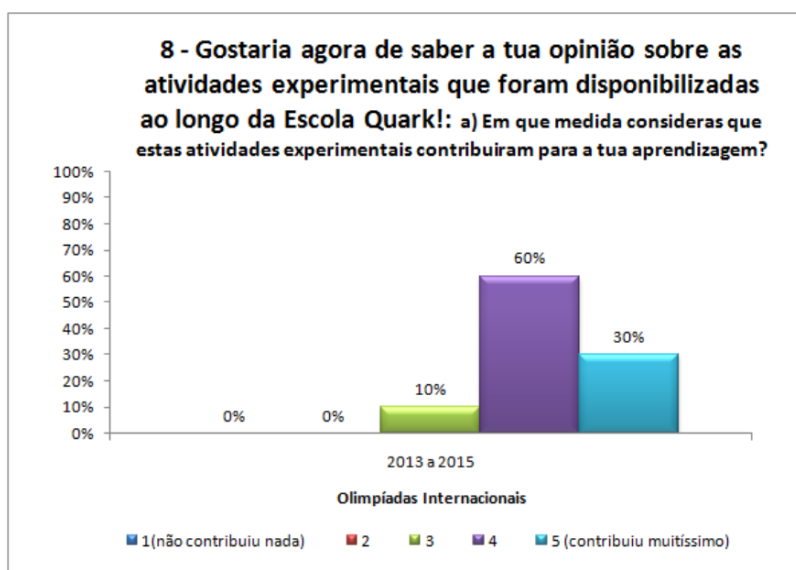


Figura 5.14: Resultados pré IPhO (alunos): questão sobre o contributo das atividades experimentais disponibilizadas na Escola *Quark!* para a aprendizagem.

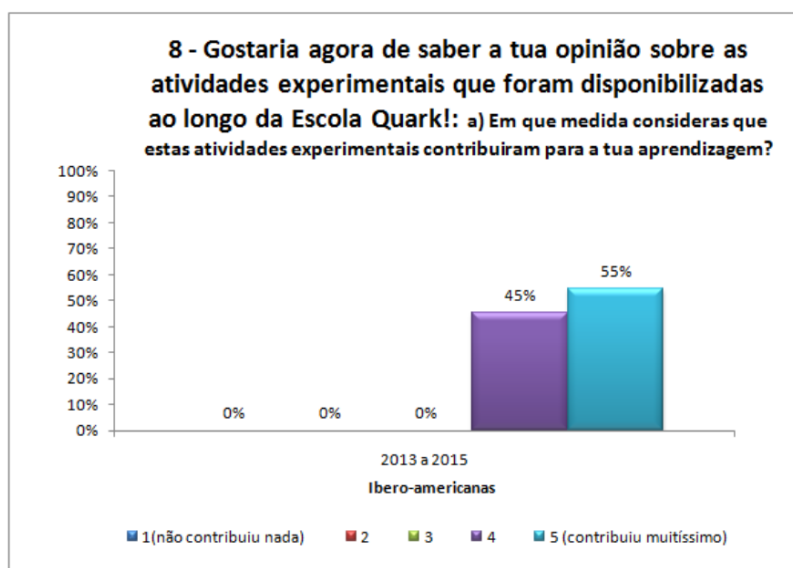


Figura 5.15: Resultados pré OIbF (alunos): questão sobre o contributo das atividades experimentais disponibilizadas na Escola *Quark!* para a aprendizagem.

Questionámos os alunos sobre o significado de participarem nas Olimpíadas de Física. As respostas interessantes e elaboradas que foram dadas eram expectáveis, já que é uma amostra de excelentes alunos do sistema educativo português. Algumas das respostas

são semelhantes às dadas por estudantes de outros países que também participam em Olimpíadas de Ciência [124, 129]. O resumo das respostas dos alunos da IPhO e da OIbF pode ser consultado na (Tabela 5.45).

Resumo	
9 - O que significa para ti, participares nas Olimpíadas de Física ?	
IPhO	<ul style="list-style-type: none"> - Estímulo próprio, ter a oportunidade de mostrar os meus conhecimentos; - Aprender e aprofundar conhecimentos de Física; - Aumentar a motivação para estudar e continuar a gostar de Física; - Ganhar experiência e melhorar o <i>Curriculum Vitae</i>; - Grande desafio, honra em participar e oportunidade a valorizar; - Culminar de vários anos de trabalho e concretizar um objetivo pessoal; - Realizar um sonho e expressar a paixão pela Física; - Conhecer pessoas diferentes com os mesmos interesses.
OIbF	<ul style="list-style-type: none"> - Desafio intelectual, gosto em competir com os melhores alunos; - Recompensa pelo investimento e pelo esforço ao longo do meu percurso escolar; - Motivo de orgulho, honra e responsabilidade em representar Portugal numa competição Internacional; - Estimulo para continuar a estudar Física; - Mostrar que há talento em Portugal, para além dos desportistas; - Sinónimo de empenho para alcançar objetivos, muito tempo dedicado ao estudo da Física; - Testar as minhas capacidades; - Concretização pessoal; - Contactar com outras culturas.

Tabela 5.45: Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): resumo das respostas sobre o significado da participação nas Olimpíadas de Física.

O questionário finalizou com a questão 10 que inquiriu sobre o curso que os alunos pretendiam seguir na Universidade. O curso de Física foi assinalado por 26% dos alunos e logo a seguir os cursos das Engenharias, Física Tecnológica e Mecânica. Alguns dos cursos referenciados por estes alunos apresentam médias de acesso ao Ensino Superior muito elevadas. O resumo das respostas pode ser consultado na (Tabela 5.46).

10 - Qual o curso que pretendes seguir na Universidade?	
Física	26%
Eng. Física	6%
Eng. Física Tecnológica	14%
Eng. Eletrotécnica	3%
Eng. Aeroespacial	6%
Matemática	9%
Medicina	6%
Eng. Mecânica	14%
Outros	6%
Não sei	11%

Tabela 5.46: Resultados pré IPhO e OIbF (alunos): questão sobre o curso que os alunos pretendiam seguir na Universidade.

Resultados dos pós-questionários dos alunos da IPhO e OIbF

O questionário aplicado aos alunos depois da sua participação nas Olimpíadas de Física começou por interrogá-los sobre os prémios obtidos. Um número muito expressivo dos alunos inquiridos que participara na OIbF, 93%, e 67% dos que participaram na IPhO ganhou um prémio, medalha ou menção. As Menções Honrosas foram os prémios mais conseguidos na IPhO e as Medalhas de Prata foram as mais arreadadas pelos alunos na OIbF. Os alunos que não receberam prémio justificaram a situação sobretudo pela falta de estudo ou por “distrações” e “nervosismo” que penalizaram o seu desempenho nas provas (Tabela 5.47).

Na questão 2 os alunos classificaram o grau de dificuldade das componentes teórica e experimental das provas. Os alunos que participaram na IPhO consideraram maioritariamente ambas as provas difíceis. A mesma opinião não é partilhada pela maioria dos alunos participantes na OIbF que classificaram as provas como relativamente acessíveis (Tabela 5.48). Estas opiniões não são surpreendentes pois o grau de dificuldade das duas

provas é bastante diferente. É importante referir que a opinião dos alunos sobre as provas da OIbF teve, provavelmente, como termo de comparação a prova da IPhO.

Olimpíadas de Física		
Perguntas 1, 1.1 e 1.2 - Prêmios	IPhO	OIbF
1 - Ganhaste algum prémio?	Não - 33%	Não - 7%
	Sim - 67%	Sim - 93%
1.1 - Se respondeste sim, qual?	Ouro - 0%	Ouro - 13%
	Prata - 0%	Prata - 44%
	Bronze - 20%	Bronze - 13%
	Menção honrosa - 50%	Menção honrosa - 25%
	Sem prémio - 30%	Sem prémio - 6%
1.2 - Se respondeste não, explica os motivos que puderam ter motivado tal situação?	- Nervosismo	
	- Falta de estudo	
	- Provas longas	- Falta de estudo
	- Falta de organização na prova experimental	- Distrações
	- Provas diferentes do habitual	- Nervosismo

Tabela 5.47: Resultados pós IPhO e OIbF (alunos): questões sobre os prémios conseguidos e os motivos para a não obtenção de um prémio nas Olimpíadas de Física.

2 - Como classificas o grau de dificuldade das provas:								
a) Relativamente à componente experimental				b) Relativamente à componente teórica				
	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
IPhO	33%	53%	13%	0%	40%	47%	13%	0%
OIbF	0%	13%	53%	33%	0%	0%	73%	27%

Tabela 5.48: Resultados pós IPhO e OIbF (alunos): opinião sobre o grau de dificuldade das provas nas componentes experimental e teórica.

Na questão 3 os alunos referiam os aspetos mais difíceis da prova experimental. Uma fração expressiva dos participantes na IPhO, 80%, consideraram outros motivos que não os especificados e 47% dos participantes na OIbF referiu dificuldades na utilização dos equipamentos (Fig. 5.16). As principais dificuldades indicadas nos “outros motivos”, em ambas as amostras, foram a gestão do tempo das experiências e a dificuldade na recolha dos dados propriamente dita.

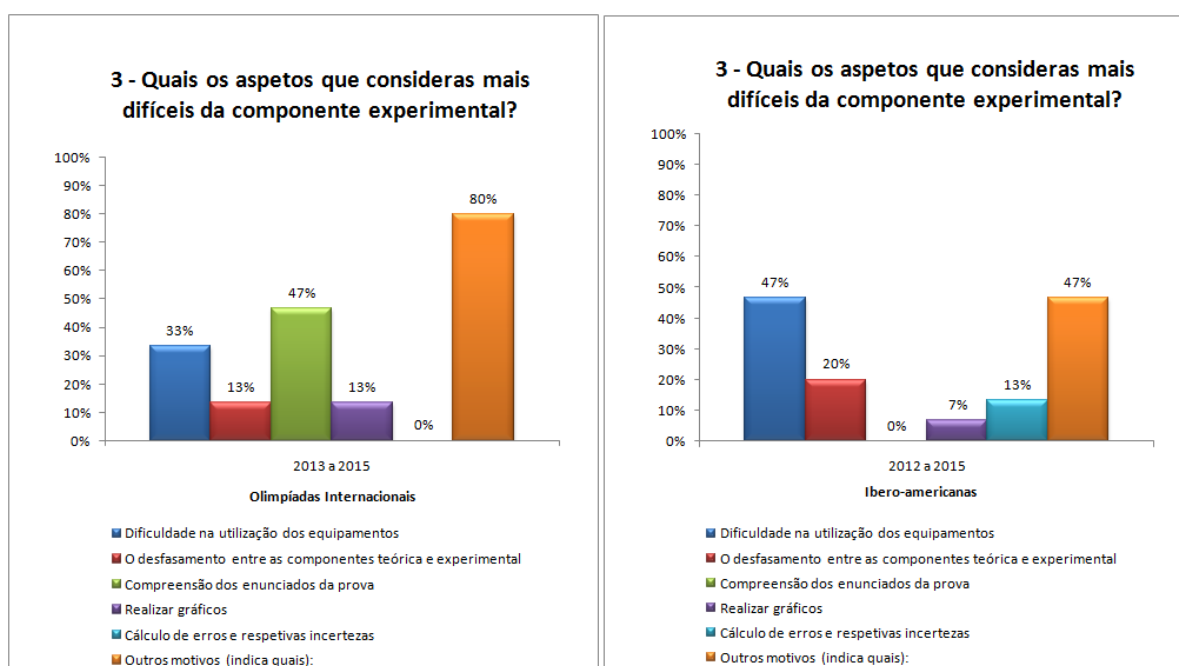


Figura 5.16: Resultados pós IPhO e OIbF (alunos): questão sobre os aspetos mais difíceis da componente experimental nas provas das Olimpíadas de Física.

Inquirimos, ainda, sobre alguns aspetos das provas: duração, adequação à matéria da disciplina e qualidade do material disponibilizado. Os alunos da IPhO apenas fizeram uma boa apreciação à qualidade do material disponibilizado. Consideraram ambas as provas longas e sem nenhuma adequação à matéria da disciplina (Tabela 5.49). A opinião da maioria dos alunos da OIbF diferiu da dos colegas da IPhO, pois consideraram que a qualidade do material disponibilizado era boa, a adequação à matéria da disciplina era razoável e a duração também foi avaliada como boa (Tabela 5.50). Estes resultados referem, sobretudo, o carácter complexo do enunciado das provas experimentais, nomea-

damente na IPhO, onde são, por vezes, dados muitos detalhes técnicos dos equipamentos e poucas instruções de procedimento explícito na estratégia a adotar para a recolha dos dados relevantes para a tarefa experimental.

4 - Como classificas as provas, relativamente aos seguintes aspectos?	Provas da IPhO	
	a) Prova teórica	b) Prova prática
Duração	Longa - 60%	Longa - 73%
	Curta - 13%	Curta - 13%
	Boa - 27%	Boa - 13%
Adequação à matéria da disciplina	Nenhuma - 53%	Nenhuma - 47%
	Razoável - 13%	Razoável - 20%
	Boa - 33%	Boa - 33%
	Mau - 0%	Mau - 7%
Qualidade do material disponibilizado	Razoável - 20%	Razoável - 7%
	Bom - 80%	Bom - 87%

Tabela 5.49: Resultados pós IPhO (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e experimental, adequação dos conteúdos e a qualidade do material disponibilizado.

4 - Como classificas as provas, relativamente aos seguintes aspectos?	Provas da OIBF	
	a) Prova teórica	b) Prova prática
Duração	Longa - 13%	Longa - 7%
	Curta - 7%	Curta - 13%
	Boa - 80%	Boa - 80%
Adequação à matéria da disciplina	Nenhuma - 7%	Nenhuma - 0%
	Razoável - 53%	Razoável - 60%
	Boa - 40%	Boa - 40%
	Mau - 0%	Mau - 27%
Qualidade do material disponibilizado	Razoável - 40%	Razoável - 27%
	Bom - 60%	Bom - 47%

Tabela 5.50: Resultados pós OIBF (alunos): questão sobre a duração das provas teórica e experimental, adequação dos conteúdos e a qualidade do material disponibilizado.

Na questão 5 interrogámos os alunos sobre a relevância da participação nas Olim-

píadas para o aumento do seu interesse pela Física. A maioria dos alunos indicou um aumento do interesse (Tabela 5.51).

O questionário finalizou com uma questão de resposta aberta onde foi feito o pedido de sugestões para uma melhor preparação nos próximos anos. O resumo das respostas dos alunos das IPhO e OIbF pode ser consultado na Tabela 5.52.

5 - O fato de teres participado nas Olimpíadas, aumentou o teu interesse pela Física?	IPhO	OIbF
Não	7%	20%
Sim, um pouco	7%	13%
Sim, muito	60%	27%
Sim, bastante	27%	40%

Tabela 5.51: Resultados pós IPhO e OIbF (alunos): questão sobre a relevância da participação nas Olimpíadas de Física para o aumento do interesse pela Física.

**Resumo: 6 - Que sugestões indicas para uma
melhor preparação nos próximos anos?**

IPhO	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar o tempo de preparação; - Resolver mais cedo provas antigas; - Aumentar o grau de dificuldade dos problemas; - Incentivar e dinamizar o Fórum <i>Quark!</i>; - Ensinar mais fundamentos teóricos; - Aumentar a prática experimental; - Valorizar na preparação o controlo do tempo na resolução de problemas e nas experiências; - Aplicar exercícios mais transversais; - Iniciar o treino olímpico alguns anos antes.
OIBF	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar o número de provas e trabalhos experimentais; - Rentabilizar mais e melhor o Fórum <i>Quark!</i>; - Disponibilizar bons livros para o estudo e entregar mais cedo o livro usado na preparação; - Fornecer as propostas de correção do “<i>Qmate</i>” e do “<i>QChallenge!</i>”; - Divulgar com mais antecedência os temas das aulas da Escola <i>Quark!</i>; - Fórum <i>Quark!</i> mais ativo; - Preparar separadamente os alunos da IPhO e da OIBF; - Defender o estatuto de alta competição para os alunos olímpicos; - Mais apoio às escolas dos alunos olímpicos; - Iniciar a Escola <i>Quark!</i> em outubro.

Tabela 5.52: Resultados pós IPhO e OIBF (alunos): resumo das sugestões para uma melhor preparação olímpica nos próximos anos.

Entrevista ao Presidente da Comissão Nacional das Olimpíadas de Física

1. Há quantos anos é presidente da Comissão Nacional das Olimpíadas de Física?

Resposta: “Desde 2007, há 9 anos”.

2. **Em que anos acompanhou os alunos nas Olimpíadas Internacionais de Física e nas Olimpíadas Ibero-americanas?**

Resposta: “Nas IPhO acompanhei de 2000 a 2016 (durante 16 anos). Nas OIbF acompanhei em 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2015 (durante 13 anos).”

3. **Durante os anos que acompanhou, qual a sua opinião sobre o desempenho dos alunos portugueses na componente experimental e na componente teórica? Há diferenças entre os alunos das IPhO e OIbF?**

Resposta: “Não é fácil comparar entre os anos porque as provas e os alunos são diferentes. Há anos em que os alunos são melhores que outros. Quando iniciei o acompanhamento dos alunos nos primeiros anos as classificações nas provas teóricas eram miseráveis e nas provas experimentais eram tipicamente boas, 10 a 12 em 20 pontos. Nas provas teóricas entre 2000 e 2007 as classificações eram de 3 a 4 em 30 pontos. No ano de 2005 não houve prémios. Em 2007 e 2008, início da Escola *Quark!*, os alunos tiveram Menções Honrosas e alguns prémios porque as pontuações nas provas teóricas subiram para 8 a 9 em 30 pontos e na parte prática mantiveram-se nos 10 a 12 em 20 pontos. Quase todos os alunos tinham boa nota na componente experimental. Depois destes dois anos verificou-se uma inversão nas notas. Em 2009 a pontuação na prova experimental caiu e passou a ser 6 a 7 em 20 pontos, e o que manteve os prémios foi a prova teórica. Esta inversão pode estar relacionada também com a extinção da disciplina de “Técnicas Laboratoriais”. Atualmente os portugueses também têm mais prémios porque mudaram as regras que definem as notas nas Olimpíadas. Dos 9 alunos seleccionados na pré-seleção olímpica os 5 melhores participam na IPhO e os restantes 4 na OIbF. Dos 5 alunos olímpicos participantes na IPhO apenas um ou dois são “especiais”. Os alunos olímpicos que vão competir em setembro na OIbF apresentam sempre piores resultados se forem comparados com os alunos olímpicos que participaram em julho na IPhO. As provas da IPhO são sempre mais difíceis e os alunos da OIbF também têm dois fatores que comprometem o seu desempenho: as férias grandes do verão e a fase de setembro para concorrerem para a Universidade. Apesar destes alunos conseguirem

mais medalhas na OIbF, este número engana porque as provas são mais simples. Dada as características de ambas as competições não é possível estabelecer a melhor comparação.”

- 4. Quais as principais dificuldades demonstradas pelos alunos na componente experimental? E na componente teórica? Há diferenças entre os alunos das IPhO e OIbF?**

Resposta: “Das principais dificuldades na componente experimental, a mais gritante é a incapacidade dos alunos para trabalhar com aparelhos de medida. Os alunos não estão à vontade e dizem sempre que os aparelhos das provas estavam estragados. A verdade é que não sabem funcionar com eles e por exemplo nos multímetros queimam frequentemente os fusíveis. A outra dificuldade relevante é o trabalho sistemático no número de medições. O tempo que todos os alunos dispõem para mexer nos equipamentos não é suficiente, e por isso, falta-lhes destreza manual. Na componente teórica o primeiro problema é não se lembrarem de usar a Física correta no problema porque não estão habituados a fazer coisas tão diferentes. O segundo problema está ao nível da simplificação algébrica porque não conseguem fazer aproximações algébricas e dar a volta à equação. Não há diferença entre os alunos de ambas as competições.”

- 5. Na sua opinião existem algumas competências experimentais em que os alunos portugueses se destaquem na componente experimental? Há diferenças entre os alunos das IPhO e OIbF?**

Resposta: “Neste momento não há nada em que se destaquem os alunos portugueses.”

- 6. Qual(is) a(s) razão(ões) para os alunos olímpicos não obterem bons resultados na componente experimental?**

Resposta: “Os alunos não estão habituados a pensar num problema experimental e a tirar medidas de uma experiência.”

- 7. A sua opinião sobre o desempenho, as dificuldades e as competências experimentais é a mesma ao longo dos anos?**

Resposta: “Não. Na fase das “Técnicas Laboratoriais” os alunos sabiam trabalhar com multímetros, montar um circuito elétrico para medir a intensidade, entre outros exemplos. Neste momento os alunos sabem descrever o processo mas na prática nem sempre conseguem.”

8. **Os kits experimentais disponibilizados aos alunos durante o treino olímpico de 2013 a 2015 foram importantes para ajudar a desenvolver competências experimentais?**

Resposta: “Sim! Os alunos estão sobretudo mais à vontade a fazer as tabelas e os gráficos em papel milimétrico. A apresentação dos gráficos melhorou na escolha das escalas, das unidades e dos eixos. Também melhoraram a fazer a linearização das retas e a propagação dos erros. Adquiriram também alguma sensibilidade na recolha de dados, mas há competências experimentais irrecuperáveis no treino olímpico.”

9. **Houve diferença no processo de preparação entre os alunos que tinham e os que não tinham os professores a frequentar a formação da SPF?**

Resposta: “Só no ano de 2014 consegui acompanhar os professores de perto e essa relação professor-aluno verificou-se vantajosa. No entanto, não é claro para mim o impacto dos professores no desempenho dos alunos.”

10. **É possível desenhar um perfil para o aluno olímpico?**

Resposta: “Sim. Os alunos olímpicos geralmente são bons em ambas as partes: teórica e experimental. O perfil de um aluno olímpico ideal apresenta um espírito diferente do habitual, são imaginativos, criativos, com capacidade de abstração, muito motivados e trabalhadores. Querem aprender verdadeiramente, gostam de pensar e ter estímulos intelectuais. Os alunos que competem nas Olimpíadas de Física procuram saber e compreender com profundidade os conteúdos de Física. Geralmente pensam “fora da caixa” e são diferentes na apresentação da resolução de problemas. Em Portugal há alunos com excelentes notas mas que apenas têm interesse em saber a matéria para os testes. Os alunos olímpicos também alcançam excelentes notas nos testes de avaliação das escolas mas a atitude perante a Física é diferente. Não basta ser um aluno trabalhador, outras competências são colocadas

à prova.”

11. **Na sua opinião, o que deve ser feito em Portugal para ajudar a melhorar a *performance* dos alunos portugueses nas competições internacionais, IPhO e OIbF?**

Resposta: “Devem ser feitas três coisas, em primeiro lugar alterar os programas e torná-los mais ambiciosos. Atualmente são lecionados poucos conteúdos de Física no 12º Ano. Em segundo lugar as aulas experimentais devem ser em maior número, mas serem os alunos a fazer tudo e a montar verdadeiramente as experiências e não apenas a carregar num botão. Por fim, em terceiro lugar, o programa de Matemática, também deveria ser mais ambicioso.”

5.4 Escola *Quark!* - Escola de Física para jovens da UC

A Escola *Quark!* já foi apresentada nos Capítulos 1 e 4. No entanto, revisitamos alguns aspetos no preâmbulo desta secção. É promovida pelo Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra desde 2007. É uma escola de Física para alunos pré-universitários e promove um ensino presencial, disponibilizando 6 sessões (janeiro a junho), a um ritmo muito intenso (fim-de-semana por mês) sábado e domingo, e um ensino à distância a partir do Fórum. O objetivo é disponibilizar formação em Física para “alunos de excelência”, fomentar o gosto pela Física e despertar vocações científicas. O programa de Física seguido nas aulas é o indicado pelo comité olímpico no *Syllabus* internacional das Olimpíadas de Física. Os conteúdos científicos são lecionados por professores do ensino universitário e cobre as seguintes áreas: Mecânica, Eletromagnetismo, Eletricidade, Termodinâmica, Ótica e Ondas, Física Quântica e Física Moderna. Em paralelo com as aulas dos alunos, no âmbito da Escola *Quark!* a Sociedade Portuguesa da Física promove uma formação contínua para os professores do Ensino Secundário.

Caracterização da População *Quarkiana*

Foram inquiridos 224 alunos da Escola *Quark!*, mas responderam voluntariamente ao questionário 213 alunos, ou seja, houve uma percentagem de respostas de 95,1%. Na formação contínua da SPF participaram 43 professores e responderam ao questionário 37, obtendo-se 86% das respostas. Por último, o questionário aos antigos alunos da Escola *Quark!* foi enviado para 358 alunos, mas só obtivemos 102 respostas (29,1%) dos alunos (Tabela 5.53).

Populações	Nº de sujeitos que responderam aos questionários
Alunos da Escola <i>Quark!</i> de 2012 a 2015	213
Professores dos alunos da pré-seleção olímpica de 2012 a 2015	37
Antigos alunos da Escola <i>Quark!</i> de 2007 a 2015	102

Tabela 5.53: Populações-alvo *Quarkianas*.

A idade dos alunos inquiridos está compreendida entre os 16 e 18 anos. Os alunos do género masculino estavam em maior número (72%) que os do género feminino (28%). Os alunos do Ensino Secundário estavam distribuídos pelos seguintes anos escolares: 11º Ano: 20%; 12º Ano: 80%. Os alunos disponibilizaram nos processos de candidatura as classificações escolares nas disciplinas de Ciências Físico-Químicas e Matemática do Ensino Secundário. O espectro das classificações comprova que eram excelentes alunos do sistema educativo português (Tabela 5.54).

Alunos da Escola <i>Quark!</i>	
Nº sujeitos	$n = 213$
Idade	16 anos 22%
	17 anos 71%
	18 anos 8%
Género	<i>M</i> - 72%
	<i>F</i> - 28%
Ano letivo	11º Ano - 20%
	12º Ano - 80%
Notas de avaliação nas disciplinas de Ciências Físico-Químicas (11º Ano - 90 alunos) e de Matemática (11º Ano - 85 alunos) de 0-20 valores	- Ciências Físico-Químicas: média 18,96 valores
	20 - 31%
	19 - 38%
	18 - 27%
	17 - 4%
	- Matemática: média 19,08 valores
	20 - 41%
	19 - 34%
	18 - 16%
	17 - 8%

Tabela 5.54: Caracterização dos alunos que participaram na Escola *Quark!* de 2012 a 2015.

A maioria dos encarregados de educação dos alunos que participaram na Escola *Quark!* tinham formação universitária (Fig. 5.17).

Os professores dos alunos da pré-seleção olímpica tinham em média 46 anos, sendo 49% do género masculino e 51% do género feminino. A média do tempo de serviço desta amostra de professores era de 22 anos. A maioria tinha como formação de base o curso de Física e Química para o ensino. Para além da licenciatura, tinham grau de mestre 28%

dos professores (Tabela 5.55).

Os antigos alunos tinham 21 anos de média de idade, 71% dos alunos eram do género masculino e 29% do género feminino. A média da classificação na disciplina de Física do 12º Ano do Ensino Secundário foi de 19 valores, o que mostra o brilhante desempenho escolar destes alunos (Tabela 5.56).

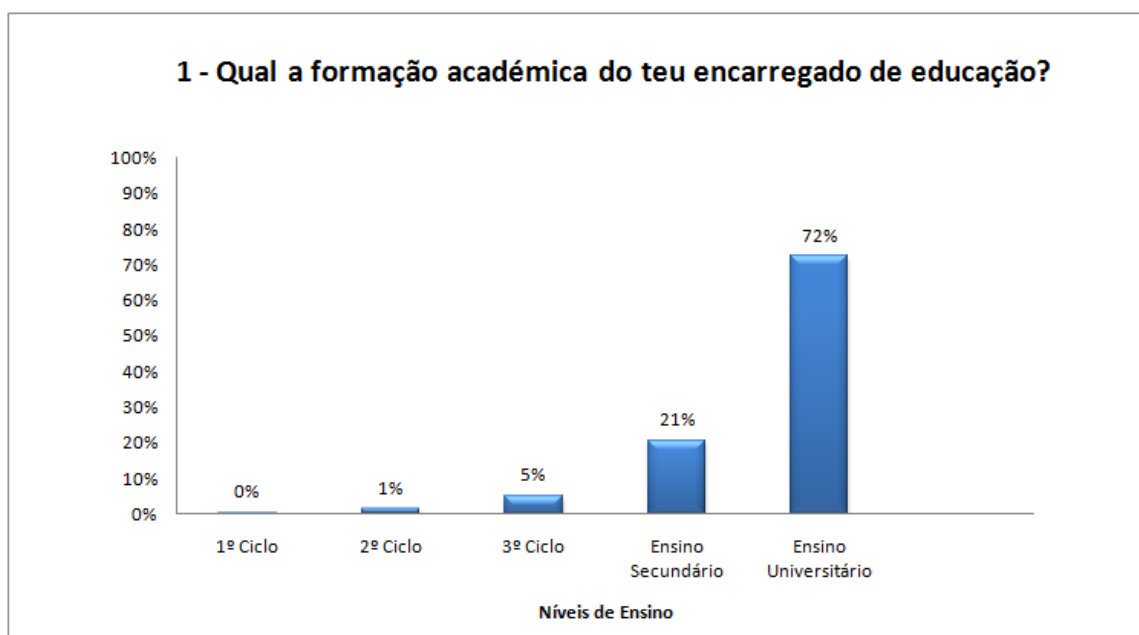


Figura 5.17: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre a formação académica do encarregado de educação.

Professores da formação da SPF	
N° sujeitos	$n = 37$
Idade	Média 46 anos
Gênero	$M - 49\%$ $F - 51\%$
Tempo de serviço	Média 22 anos
Formação base na Universidade	Física - 0% Física para o ensino - 30% Química - 5% Física e Química para o ensino - 35% Química para o ensino - 16% Outra - 14%
Para além da licenciatura, tem outro grau académico ou alguma especialização	Outra Licenciatura - 22 % Mestrado - 28% Doutoramento - 3% Pós-Doutoramento - 0% Especialização - 3% Outro - 0% Não - 44%

Tabela 5.55: Caracterização dos professores que participaram na formação da SPF no âmbito da Escola *Quark!* de 2012 a 2015.

Antigos alunos da Escola <i>Quark!</i>	
Nº sujeitos	$n = 102$
Idade	Média 21 anos
Gênero	$M - 71\%$
	$F - 29\%$
	Física
	média 19 valores
Nota de avaliação	20 - 55,9%
na disciplina de Física	19 - 28,4%
do 12º Ano	18 - 4,9%
do Ensino Secundário	17 - 3,9%
	15 - 2,0%
	Não respondeu 4,9%

Tabela 5.56: Caracterização dos antigos alunos que participaram na Escola *Quark!*.

Instrumentos e Materiais Didáticos

Os instrumentos e materiais didáticos desenvolvidos e aplicados na Escola *Quark!* que foram brevemente referidos no Capítulo 4, são os seguintes:

1. **O questionário H** (em apêndice) foi aplicado a todos os alunos que participaram na Escola *Quark!* de 2012 a 2015 tinha 37 perguntas divididas por 3 assuntos: disciplina de Física, Escola *Quark!* e atividades experimentais. O objetivo foi investigar os seguintes pontos: formação académica do encarregado de educação; disciplina preferida; gosto pelo estudo da Física e das Ciências; início do gosto pela Física; motivos para estudar Física; gosto para resolver problemas/e ou desafios de Física; atividades complementares à escola para aprender Física; participação em projetos de ciência; curso a seguir no ensino superior; estímulo da família para gostar de Física; estudo da disciplina de Física (recursos, frequência, horas semanais de estudo, com ou sem acompanhamento); método de estudo para um teste de ava-

liação; assuntos do programa de Física de que gosta mais e de que gosta menos; avaliação da disciplina de Física (compreensão, utilidade para o prosseguimento de estudos e interesse); dificuldades no estudo da Física; interesse por outras áreas do conhecimento para além da Física. Relativamente à Escola *Quark!* inquiriu-se sobre: conhecimento prévio da Escola *Quark!* e motivos para nela participar; perspetivas sobre a Escola *Quark!* (grau de dificuldade e comparação com a Escola Secundária); valências da Escola *Quark!*. No que concerne às aulas experimentais, foram questionados vários aspetos sobre a exposição ao ensino experimental destes alunos. A última questão, de resposta aberta, solicitou sugestões para melhorar a aprendizagem na disciplina de Física do Ensino Secundário.

2. **Os pré e pós testes I, J, K, L** (em apêndice) foram aplicados a todos os alunos que participaram na Escola *Quark!* de 2013 a 2015, tinham 31 perguntas sobre algumas temáticas preconizadas nas orientações curriculares do Ministério da Educação para as disciplinas de Ciências Físico-Químicas e de Física. O objetivo deste teste foi avaliar os conhecimentos teóricos dos alunos na primeira e na última sessão da Escola *Quark!*. Foram aplicados testes diferentes para os alunos dos 11º e 12º Anos, mas com algumas perguntas iguais. Os testes de 2013 eram diferentes dos de 2014-2015. O início da Escola *Quark!* coincide com o início do 2º período da Escola Secundária. Os testes foram classificados numa escala de 0 a 20 valores.
3. **O questionário M** (em apêndice) foi aplicado aos professores que acompanharam os seus alunos da pré-seleção olímpica de 2012 a 2015 tinha 16 perguntas que versavam sobre os seguintes tópicos: caracterização da amostra; comparação do ensino praticado na Escola *Quark!* com o ensino da Escola Secundária; evolução do desempenho dos seus alunos; áreas da Física em que os alunos e os professores apresentam mais dificuldades e mais destreza; contributo da Escola *Quark!* para o trabalho dos professores a nível teórico e experimental; sugestões para os alunos do Ensino Secundário melhorarem a sua aprendizagem na Física. Deu-se ainda, a oportunidade para os professores se pronunciarem sobre algo que, não tendo sido questionado, considerassem importante relatar.

4. **Os materiais didáticos** que foram desenvolvidos para os professores e para os alunos são explicados com mais pormenor no ponto 5.5.2 e apresentados no Volume II desta tese. Foram preparadas 13 atividades experimentais com protocolo e sugestões metodológicas para os professores, com alguns resultados típicos. A Tabela 5.57 mostra o título de cada atividade experimental e o número de *kits* produzidos com materiais e equipamentos pouco onerosos. Estas atividades experimentais pretendiam ajudar os alunos da pré-seleção olímpica, potenciando-lhes uma boa preparação para as competições. Estas atividades têm um grau de exigência e uma estrutura próxima das atividades experimentais da IPhO e da OIbF.

Atividades Experimentais	Nº de <i>kits</i>
1. Estimativa da espessura de um traço de lápis	15
2. Caixa negra	15
3. Baloíço	15
4. Disco de Maxwell	15
5. Oscilações de um tubo	15
6. Lampadinha	15
7. Lupa	25
8. Porquinhos Oscilantes	25
9. Pêndulo gravítico	25
10. Pêndulo bifilar	25
11. Termómetros	25
12. Uma questão de lentes..., Telescópio de Galileu	25
13. Calor latente de evaporação da água	25

Tabela 5.57: Número de *kits* produzidos por cada atividade experimental no Estudo Empírico I.

5. **O questionário N** (em apêndice) aplicado aos antigos alunos que frequentaram a Escola *Quark!* de 2007 a 2015 tinha 31 perguntas sobre: caracterização da amostra; motivação para participar na Escola *Quark!*; participação na IPhO ou na OIbF;

opinião sobre o ensino proporcionado na Escola *Quark!* e na Escola Secundária; contribuição da Escola *Quark!* para o percurso académico; influência da Escola *Quark!* na decisão do acesso ao Ensino Superior e opinião sobre aspetos do Ensino Secundário relacionados com o ensino experimental.

5.5 Treino Olímpico

No Capítulo 1 já referimos o modo como os alunos são selecionados na ONF para a pré-seleção olímpica, que mais tarde participam no treino olímpico no âmbito da Escola *Quark!*. É importante voltar a salientar que alguns conteúdos científicos de Física exigidos aos alunos que participam na IPhO e na OIBF não são contemplados nos programas das disciplinas de Ciências Físico-Químicas, de Física e de Matemática do Ensino Secundário. Outros conteúdos, que até são lecionados ao longo do percurso escolar destes alunos, são pouco aprofundados. Por isso, urge ajudá-los a desenvolver e a adquirir novos conhecimentos não só de Física como também de Matemática. Aos alunos olímpicos na área da Matemática é-lhes exigido, por exemplo, saber desenvolver uma função em série de Taylor, calcular integrais simples, resolver equações diferenciais ordinárias, conhecer o conceito de vetor gradiente, entre outros. Os conhecimentos de Matemática obrigatórios podem ser consultados na página da Internet da IPhO em: <http://ipho.org/syllabus.html>.

5.5.1 Componente teórica

Na Escola *Quark!* os alunos tiveram aulas sobre todos os temas do *Syllabus* olímpico (Tabela 5.58)⁴, apesar de alguns terem um elevado grau de complexidade e exigência.

⁴Não há uma página oficial da OIBF com o programa das componentes teórica e prática, mas todos os anos o país organizador disponibiliza as orientações curriculares para as respetivas provas. A título de exemplo, na página da *Internet* do país organizador da OIBF de 2016, Uruguai, é possível verificar que o programa é praticamente igual ao da IPhO, ver <http://oibf2016.blogspot.pt/p/temario.html>.

Programa (<i>Syllabus</i>) da IPhO
Parte Teórica
Temas preconizados: - Mecânica (Cinemática, Estática, Dinâmica, Mecânica Celeste e Hidrodinâmica); - Campos eletromagnéticos (Equações de Maxwell, Interação da matéria com campo elétricos e magnéticos e Circuitos elétricos); - Oscilações e ondas (Oscilador harmônico, Ondas, Interferência e Difração, Interação de Ondas Eletromagnéticas com a Matéria, Ótica Geométrica e Fotometria, Aparelhos Óticos); - Relatividade; - Física Quântica (Ondas de Probabilidade e Estrutura da Matéria); - Termodinâmica e Física Estatística (Termodinâmica clássica, Transferência de calor e Transições de Fase).
Informação retirada da página da <i>Internet</i> da IPhO em http://ipho.org/syllabus.html .

Tabela 5.58: Principais tópicos da componente teórica do programa (*Syllabus*) da IPhO.

Para aferir o grau de conhecimentos prévios dos alunos no início da Escola *Quark!*, estes realizaram testes (nos apêndices I, J, K, L) inspirados nos testes de escolha múltipla americanos SAT (*Scholastic Aptitude Test or Scholastic Assessment Test*)⁵. Estes testes são exames padronizados nos Estados Unidos, desde 1926, com o objetivo de ajudar a selecionar alunos para as Universidades Americanas. Há testes de Ciências (Física, Química e Biologia), de Matemática, de História, de Inglês e de outras Línguas.

As temáticas de Física exploradas nos testes realizados nos 3 anos desta investigação foram restringidas a alguns tópicos dos programas de Física então em vigor (Tabelas 5.59 e 5.60). Atendendo a que os alunos acedem à Escola *Quark!* com excelentes classificações nas disciplinas do Ensino Secundário, os testes tinham algum grau de exigência, envolvendo capacidades de raciocínio e de abstração que são superiores, em geral, às dos exames nacionais da disciplina de Ciências Físico-Químicas do 11º Ano. Comparando os temas da Tabela 5.58 com os das Tabelas 5.59 e 5.60 verifica-se que não foi possível avaliar várias temáticas exigidas pelo Comité Olímpico Internacional porque os alunos não tinham ainda estudado esses temas na Escola Secundária.

⁵ <https://collegereadiness.collegeboard.org/sat>

Testes 11° e 12° Anos 2013
Parte A - Escolha Múltipla
- Vetores
- Mecânica
- Eletricidade
- Eletromagnetismo
Parte B - Problema de desenvolvimento
- Mecânica

Tabela 5.59: Temáticas de Física do teste aplicado aos alunos dos 11° e 12° Anos que participaram na Escola *Quark!*, em 2013.

Teste 11°e 12° Ano 2014 e 2015
Parte A - Escolha Múltipla
- Mecânica
- Hidrostática
- Eletricidade
- Eletromagnetismo
- Ótica
- Termodinâmica
Parte B - Problema de desenvolvimento
- Mecânica

Tabela 5.60: Temáticas de Física do teste aplicado aos alunos dos 11° e 12° Anos que participaram na Escola *Quark!*, em 2014 e 2015.

Como já mencionado, o pré-teste foi sempre aplicado aos alunos na primeira sessão, em janeiro. Após a participação na escola durante as 6 sessões foi aplicado o pós-teste, na sexta sessão, em junho, para avaliar novamente os conhecimentos teóricos. Os alunos não foram avisados previamente destes testes e dispunham de 2 horas para responder. O tempo para a realização do teste estava contemplado no horário do programa de cada sessão. O

resultado do pré-teste foi comunicado na sessão de fevereiro e o resultado do pós-teste ainda na sessão de junho. As classificações dos alunos não lhes foram disponibilizadas, apenas foram anunciados os nomes dos alunos do 11º e 12º Anos que obtiveram melhor classificação, e estes receberam como prémio um livro de Física. Os testes revelaram-se importantes para aferir os temas onde os alunos apresentavam maiores dificuldades. Deste modo, os professores responsáveis pelas aulas da Escola *Quark!* puderam ajustar os conteúdos e os objetivos das aulas às necessidades específicas dos alunos.

5.5.2 Componente prática

Como já foi referido anteriormente, o programa oficial da IPhO é bastante mais extenso e exigente do que o do Ensino Secundário português e contempla um conjunto de capacidades e competências práticas que podem ser consultadas na Tabela 5.61.

Programa (<i>Syllabus</i>) da IPhO
Parte Prática
<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer as regras de segurança do laboratório; - Conhecer instrumentos e dispositivos de laboratório simples (termómetros, calorímetros, prismas, voltímetros, amperímetros, multímetros, potenciómetros, díodos, transístores, dispositivos óticos simples, entre outros); - Capacidade para utilizar, com a ajuda de instruções adequadas, alguns instrumentos sofisticados e dispositivos tais como: osciloscópio, geradores de sinal e função, conversor analógico-digital ligado a um computador, amplificador, circuitos integrador e diferenciador, fonte de alimentação, entre outros; - Identificar adequadamente as fontes de erro e a estimativa da sua influência no(s) resultado(s) final(is); - Calcular erros absolutos e relativos e a precisão dos instrumentos de medida; - Traçar uma reta em papel milimétrico, escolher diferentes escalas (polares e logarítmicas), fazer regressões lineares e barras de erros; - Expressar o(s) resultado(s) final(is) e erro(s) com número correto de algarismos significativos.
<p>Informação retirada da página da <i>Internet</i> da IPhO em http://ipho.org/syllabus.html.</p>

Tabela 5.61: Programa (*Syllabus*) da IPhO da componente prática.

Muitas destas competências experimentais são pouco trabalhadas nas disciplinas de Ciências Físico-Químicas e de Física do 12º Ano do Ensino Secundário. Assim sendo, é importante que os alunos adquiram essas competências ao longo do seu treino olímpico. Os materiais didáticos que, no âmbito deste trabalho, produzimos para eles e para os seus professores revelaram-se uma ferramenta importante para os ajudar nesta caminhada até às competições olímpicas. As atividades experimentais desenvolvidas no âmbito da Escola *Quark!* correspondiam a experiências desafiantes, de alguma complexidade e já próximas do paradigma Olímpico. Algumas foram baseadas em atividades experimentais de competições anteriores. Procuravam estimular o desenvolvimento de capacidades e competências tais como a habilidade instrumental, a criatividade, a autonomia, o “desenrascanço”, o espírito crítico, a sensibilidade na recolha de dados, etc. Na primeira sessão da Escola *Quark!*, que decorreu no mês de janeiro, foi explicado aos alunos olímpicos o objetivo dos materiais didáticos e os aspetos logísticos das atividades experimentais. As temáticas das atividades acompanharam os assuntos à medida que eles eram lecionados na Escola *Quark!* e procurou-se estabelecer um aumento gradual de dificuldade ao longo das sessões. Os guiões fornecidos eram relativamente verbosos, de várias páginas com muita informação. Os enunciados das provas internacionais podem exceder 20 páginas e, por isso, os alunos têm de se habituar a lidar com guiões extensos e a conseguir processar muita informação em pouco tempo.

Recordando a nossa definição de **atividades experimentais**: *trabalho prático realizado pelos alunos em contexto de sala de aula, em casa ou na escola nos tempos não letivos. Envolvem controlo de variáveis e podem ser atividades demonstrativas, orientadas para a medição de propriedades envolvidas num processo físico, ou investigativas*, procurámos disponibilizar aos alunos, em cada sessão, 2 atividades com características diferentes: a primeira mais complexa e orientada, e uma segunda com um enunciado mais curto e menos orientado mas apelando mais à criatividade do aluno. Este último tipo de atividade só foi introduzido a partir do ano de 2013.

Os materiais e equipamentos dos *kits* fornecidos aos alunos foram por nós produzidos e testados no Departamento de Física da Universidade de Coimbra. As atividades foram

realizadas pelos alunos em casa ou nas suas escolas, em atividades extracurriculares, para que os alunos trabalhassem a sua autonomia (Fig. 5.18). No desenho dos *kits* foi tido em conta a facilidade do seu transporte.

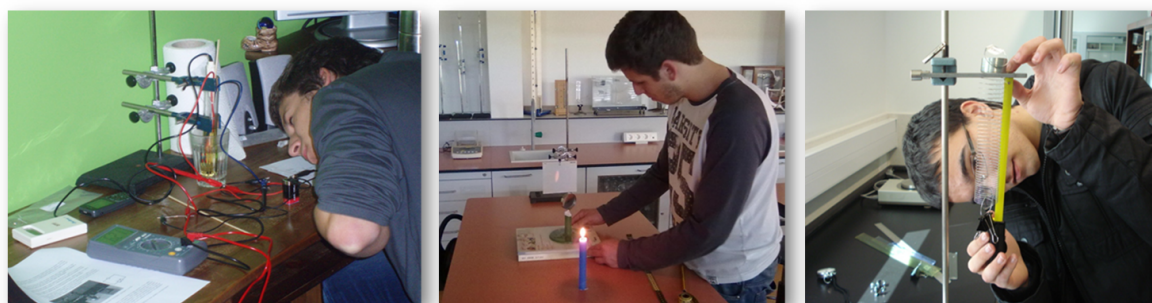


Figura 5.18: Alunos da pré-seleção olímpica a realizar na escola as atividades experimentais propostas na Escola *Quark!*. Fonte: Imagem da autoria de João Correia, 2014.

A logística da Escola *Quark!* não permitiu um treino presencial da componente experimental. Nas aulas teóricas foi, contudo, abordado o cálculo de erros e incertezas.

Os enunciados das atividades experimentais e respetivas indicações metodológicas especificavam os objetivos de cada atividade:

1. “*Estimativa da espessura de um traço de lápis*”

Objetivo: Estimar a espessura de um traço de lápis através da medição da sua resistência elétrica, para mostrar que o traço consiste numa camada extremamente fina de grafite (da ordem de grandeza do nanómetro) (Fig. 5.19).

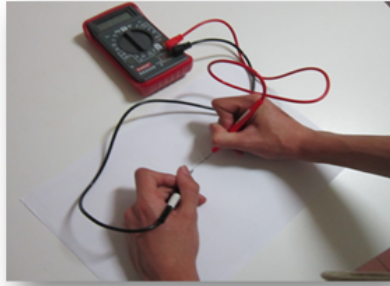


Figura 5.19: Material usado na atividade experimental “*Estimativa da espessura de um traço de lápis*”. Fonte: Imagem da autoria de Paula Leitão, fevereiro de 2012.

2. “*Caixa negra*”

Objetivo: Medir a aceleração da gravidade usando um pêndulo físico que é uma “caixa negra mecânica” constituída por um cilindro com uma esfera no seu interior e, a partir de medidas não destrutivas, determinar a posição da esfera e a razão entre as massas do cilindro e da esfera (Fig. 5.20).

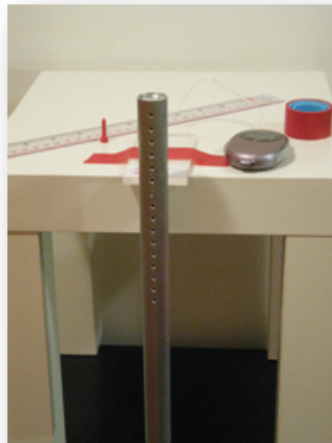


Figura 5.20: Material usado na atividade experimental “*Caixa negra*”.

3. “*Baloço*”

Objetivo: Medir a aceleração da gravidade usando um baloço improvisado com uma régua de madeira e várias latas de conserva com diferentes diâmetros (Fig. 5.21).



Figura 5.21: Material usado na atividade experimental “*Baloíço*”.

4. “*Disco de Maxwell*”

Objetivo: Determinar a aceleração da gravidade g , medindo o tempo de “queda” de um iô-iô (disco de Maxwell) (Fig. 5.22).



Figura 5.22: Material usado na atividade experimental “*Disco de Maxwell*”.

5. “*Oscilações de um tubo*”

Objetivo: Determinar a espessura de um tubo de alumínio cheio de água, sem abrir o tubo, recorrendo às oscilações de um pêndulo bifilar (Fig. 5.23).



Figura 5.23: Material usado na atividade experimental “*Oscilações de um tubo*”.

6. “*Lampadinha*”

Objetivo: Estudar a relação entre a potência emitida por radiação pelo filamento de uma lâmpada de incandescência e a sua temperatura (Fig. 5.24).

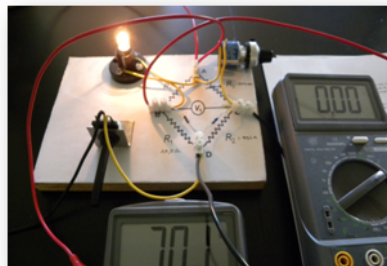


Figura 5.24: Material usado na atividade experimental “*Lampadinha*”.

7. “*Lupa*”

Objetivo: Estudo das características óticas de uma lupa (Fig. 5.25).



Figura 5.25: Material usado na atividade experimental “*Lupa*”.

8. “*Porquinhos Oscilantes*”

Objetivo: Estudo das oscilações de um corpo suspenso numa mola elástica de massa não desprezável (Fig. 5.26).



Figura 5.26: Material usado na atividade experimental “*Porquinhos Oscilantes*”. Fonte: Imagem da autoria de Fernando Nogueira, maio de 2012.

9. “*Pêndulo Gravítico*”

Objetivo: Medir a aceleração da gravidade usando um pêndulo simples (Fig. 5.27).



Figura 5.27: Material usado na atividade experimental “*Pêndulo Gravitico*”.

10. “*Pêndulo Bifilar*”

Objetivo: Medir o momento de inércia de uma barra metálica usando um pêndulo bifilar (Fig. 5.28).



Figura 5.28: Material usado na atividade experimental “*Pêndulo Bifilar*”. Fonte: Imagem da autoria de João Correia, fevereiro de 2014.

11. “*Termômetros*”

Objetivo: Calibração de dois termômetros (um diodo de Si polarizado diretamente por uma corrente constante e um termistor). Determinação do ponto de fusão de uma substância pura e de uma mistura de duas substâncias puras, com um dos termômetros (Fig. 5.29).

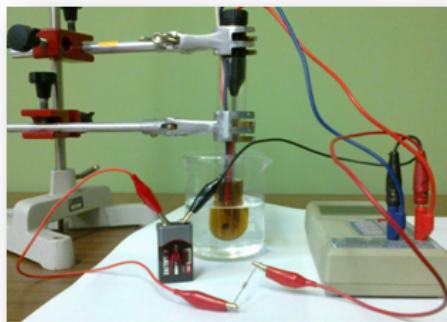


Figura 5.29: Material usado na atividade experimental “*Termômetros*”.

12. “*Uma questão de lentes..., Telescópio de Galileu*”

Objetivo: Determinar a distância focal de uma lente usando quatro métodos distintos. Medir o índice de refração do vidro de uma lente. Construir um telescópio caseiro (Fig. 5.30).



Figura 5.30: Material usado na atividade experimental “*Uma questão de lentes..., Telescópio de Galileu*”.

13. “*Calor latente de evaporação da água*”

Objetivo: Determinar o calor latente (entalpia de transição) de evaporação da água tendo em conta as perdas de energia no processo de aquecimento (Fig. 5.31).



Figura 5.31: Material usado na atividade experimental “*Calor latente de evaporação da água*”.

Sendo a falta de material um dos problemas identificados nos questionários aplicados nas Olimpíadas de Física, tivemos especial cuidado para que os *kits* utilizassem materiais majoritariamente de baixo custo, simples e de fácil acesso. Na Tabela 5.62 foi feita uma estimativa do preço por *kit* com e sem instrumentos de medida. Este cálculo por *kit* envolve todo o material necessário à experiência. Há equipamentos e materiais que podem ser investimentos feitos pela escola, pois duram alguns anos e são reutilizáveis, como por exemplo, multímetros, craveiras, balanças, lupas, fios elétricos, suportes universais, etc.

Em 2014, o *Ciência Viva* disponibilizou financiamento para a Escola *Quark!* e, por isso, foi possível expandir o número de *kits* para as diferentes atividades experimentais (Tabela 5.57). As atividades experimentais da competição de criatividade “*QChallenge!*”, com enunciados mais abertos e para os quais não disponibilizamos sugestões metodológicas, foram as seguintes:

1. “***Determinar a aceleração da gravidade usando um plano inclinado***”

Objetivo: Improvisando um plano inclinado com a calha fornecida, idealizar e executar uma experiência que permita determinar, com menor erro possível, a aceleração da gravidade.

2. “***Velocidade do som no ar***”

Objetivo: Medir a velocidade do som no ar com materiais simples e de fácil acesso.

3. “***Bolinhas mágicas***”

Objetivo: Determinar a distância focal de uma lente esférica no ar e quando submergida em óleo alimentar.

4. “*Determinação do Número de Avogadro*”

Objetivo: Determinar o Número de Avogadro com material caseiro.

5. “*Coefficiente de restituição*”

Objetivo: Medir o coeficiente de restituição do choque de uma bola de ping-pong com uma superfície de pedra polida.

6. “*Determinação do Zero Absoluto na cozinha*”

Objetivo: Estimar o Zero Absoluto (Lei de Charles) com uma palhinha transparente, água, gelo, lata de coca-cola, tinta ou corante alimentar, plasticina e termómetro.

7. “*Medir a capacidade térmica mássica do ar*”

Objetivo: Medir a capacidade térmica mássica do ar com ajuda de um secador do cabelo, uma balança de precisão, um tubo de cartão (rolo de papel higiénico) e um termómetro.

8. “*Torricelli, Hagen e Poiseuille*”

Objetivo: Idealizar uma experiência que permita medir como varia a altura h de um líquido num frasco, em função do tempo, quando o líquido escoar através de um pequeno buraco lateral, próximo do fundo do frasco.

9. “*Balança de Jolly*”

Objetivo: Com o material fornecido (mola *slinky*) e outro material caseiro, improvise uma balança de Jolly para medir a densidade de um ovo.

10. “*Medição do raio da Terra*”

Objetivo: Medir o raio da Terra através da diferença temporal dos instantes do pôr do Sol medidos por dois observadores à beira-mar, a alturas diferentes: um ao nível do mar e outro sobre uma pequena elevação.

Atividades Experimentais	Preço(€) por <i>kit</i>	Preço (€) por <i>kit</i> *
1. Estimativa da espessura de um traço de lápis	21,16	1,16
2. Caixa negra	11,30	5,80
3. Baloíço	17,35	7,85
4. Disco de Maxwell	33,10	7,60
5. Oscilações de um tubo	19,29	8,79
6. Lampadina	101,1	36,10
7. Lupa	12,05	7,05
8. Porquinhos Oscilantes	26,25	5,75
9. Pêndulo Gravítico	12,15	2,65
10. Pêndulo Bifilar	43,85	12,37
11. Termómetros	56,37	11,37
12. Uma questão de lentes...Telescópio de Galileu	17,40	13,40
13. Calor latente de evaporação da água	74,10	3,60

* Não incluindo instrumentos de medida

(multímetros, cronómetros, craveiras, termómetros, balança de precisão) e suporte universal

Tabela 5.62: Estimativa do custo monetário, por cada *kit*, para cada uma das 13 atividades experimentais.

Foi sempre solicitado que a análise e tratamento dos dados [300,301] das atividades experimentais fossem realizadas manualmente, sem recurso à calculadora gráfica ou ao computador. Na Fig. 5.32 apresentam-se alguns exemplos de tratamento e análise de dados efetuados manualmente por alunos da pré-seleção olímpica. No lado esquerdo da figura observamos os dados organizados numa tabela, o cálculo de incertezas e o esboço de um gráfico em papel milimétrico, incluindo a determinação manual do declive de uma reta de linearização dos dados e respetiva incerteza. No lado direito é possível observar, mais uma vez, um gráfico em papel milimétrico com os eixos bem identificados, as escalas cuidadosamente escolhidas, a linearização dos dados e o cálculo de erros.

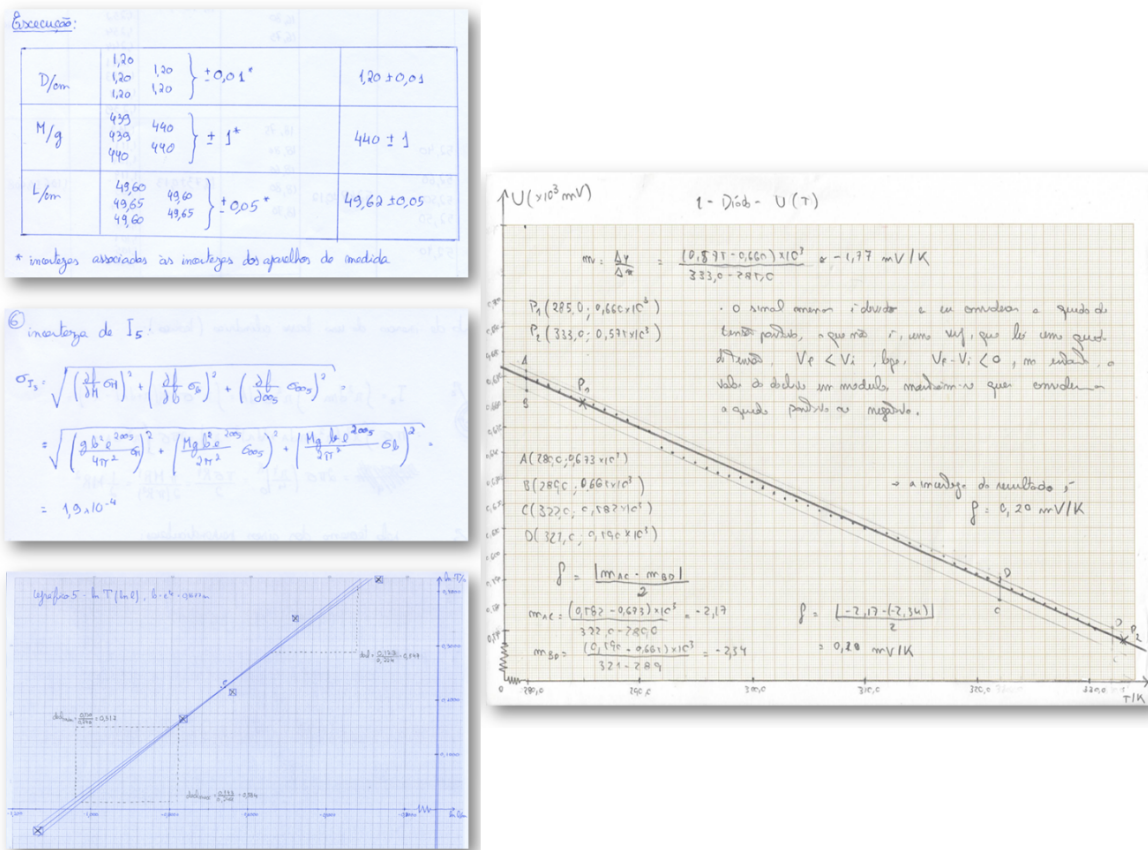


Figura 5.32: Exemplos de tratamento de dados feito manualmente pelos alunos da pré-seleção olímpica.

As atividades experimentais não tinham um carácter obrigatório, sendo voluntária a adesão dos alunos e professores acompanhantes. Os alunos tinham um mês para realizar as experiências e depois enviavam um relatório em formato livre para o endereço da *Escola Quark!* até 4 dias antes da nova sessão. Na Tabela 5.63 foi contabilizado o número de alunos que realizou as atividades experimentais. Este número de alunos foi diminuindo ao longo das sessões por vários motivos: semanas com maior incidência de testes escolares, viagens de finalistas do 12º Ano na época da Páscoa, preparação para as provas olímpicas de maio, e por fim, em junho, os exames nacionais de Português e de Matemática. Apesar destes motivos, um número muito significativo de alunos fez as atividades experimentais propostas.

Atividades Experimentais										
Sessões da Escola <i>Quark!</i>										
	janeiro		fevereiro		março		abril		maio	
Anos	AE1	AE2	AE1	AE2	AE1	AE2	AE1	AE2	AE1	AE2
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>
2013	22	22	20	17	18	15	12	10	11	5
2014	21	21	20	12	17	15	15	10	7	0
2015	20	18	18	10	17	11	11	13	9	0

AE1 - Atividade Experimental mais complexa e orientada
 AE2 - Atividade Experimental de criatividade menos orientada
n = alunos que realizaram atividade experimental

Tabela 5.63: Número de alunos que realizaram a atividade experimental proposta nas sessões da Escola *Quark!*.

Sessão após sessão, foram analisados os relatórios dos alunos com base nos critérios indicados na Tabela 5.64. Posteriormente eram selecionadas as melhores experiências e aos alunos que realizavam essas experiências foi oferecido um prêmio simbólico - CDs de Jazz. Os alunos devolviam os *kits* emprestados depois de finalizarem a atividade experimental.

Critérios para análise dos relatórios das atividades experimentais

- Recolha de dados: número de pontos;
 - Qualidade das medidas; metodologia da execução experimental;
 - Organização dos dados numa tabela;
 - Construção do gráfico em papel milimétrico: escalas, eixos e unidades;
 - Cálculos das grandezas físicas relevantes a partir dos dados medidos;
 - Cálculo dos erros e incertezas;
 - Comentários quanto à precisão e exatidão;
 - Criatividade: montagem e recolha de dados.
-

Tabela 5.64: Critérios de análise dos relatórios enviados pelos alunos que realizaram as atividades experimentais propostas na Escola *Quark!*.

Formação dos professores acompanhantes dos alunos olímpicos

Como referido no Capítulo 4, foi disponibilizada aos professores acompanhantes dos alunos da pré-seleção olímpica uma formação contínua organizada pela SPF, em paralelo com as sessões da Escola *Quark!*. Esta formação estava acreditada pelo CCPFC. Na Tabela 5.65 indica-se o número de professores inscritos que frequentaram e se submeteram à avaliação final da formação.

Reconhecendo a importância do papel do professor no processo ensino-aprendizagem, considerámos pertinente colaborar na preparação desta ação de formação.

Formação Olímpica da SPF no âmbito da Escola <i>Quark!</i>			
	Nº de Professores inscritos	Nº de Professores que frequentaram	Nº de Professores avaliados
2012	14	8	8
2013	18	15	13
2014	23	14	13
2015	18	6	6
Total	73	43	40

Tabela 5.65: Número de professores na formação contínua olímpica da SPF.

No dia da formação os professores eram agrupados em pares para realizarem a atividade experimental. Após a recolha e tratamento de dados, faziam a análise e a discussão em conjunto. A Fig. 5.33 mostra o ambiente de trabalho durante a formação.

Os conteúdos teóricos subjacentes a cada atividade também foram explorados pelo formador. Os *kits* usados pelos professores foram os mesmos disponibilizados aos alunos. A duração da formação foi de 7 horas por sessão. O documento com as sugestões metodológicas foi fornecido apenas no final de cada dia de formação, para não interferir no trabalho dos professores.



Figura 5.33: Professores dos alunos da pré-seleção olímpica na formação contínua da SPF no âmbito da Escola *Quark!*.

5.6 Resultados

Os resultados a seguir apresentados correspondem a dados recolhidos na Escola *Quark!* no período de 2012-2015.

5.6.1 Questionário aos alunos da Escola *Quark!*

Pedia-se aos alunos, na questão 2 a), para identificarem a sua disciplina preferida. Esta alínea era de resposta aberta, tendo a preferência recaído em várias disciplinas, sendo a disciplina de Física a mais cotada, 57%, como seria expetável (Tabela 5.66).

Os alunos indicaram maioritariamente que começaram a gostar de Física no 7º Ano. Este é o ano em que os alunos iniciam a disciplina de Ciências Físico-Químicas. É ainda de destacar que os anos correspondentes ao início do 3º Ciclo e do Ensino Secundário foram os mais referidas pelos alunos (Fig. 5.34).

A questão 4 era de resposta aberta e questionava os alunos sobre as suas motivações para estudar Física. As respostas reiteram o valor atribuído por estes alunos à disciplina de Física, sendo motivados pela beleza desta disciplina, que abre as portas para um melhor conhecimento da Natureza e do Universo e também o carácter de desafio e inovação associados à Física. O resumo das respostas mais significativas está compilado na Tabela 5.67.

Pergunta 2 - Diz, por favor,	Resultados
a) Qual a tua disciplina preferida?	Física - 57%
	Matemática - 11%
	Física e Química - 11%
	Química - 4%
	Geometria Descritiva - 4%
	Biologia - 4%
	Física e Matemática - 4%
	Inglês - 2%
Física e Aplicações informáticas - 2%	
b) Numa escala de 1 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu gosto pelo estudo de Ciências.	1 (nenhum) - 0%
	2 - 0%
	3 - 7%
	4 - 33%
	5 (muito) - 60%
c) Numa escala de 1 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu gosto pelo estudo da Física.	1 (nenhum) - 0%
	2 - 1%
	3 - 9%
	4 - 30%
	5 (muito) - 60%

Tabela 5.66: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre a disciplina preferida e o gosto pelo estudo de Ciências e da Física.

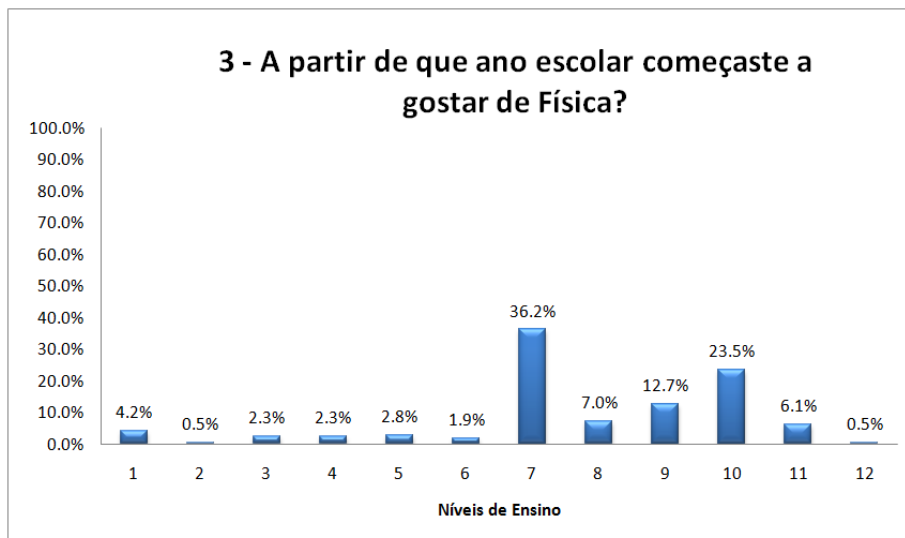


Figura 5.34: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre o início do gosto pela Física.

Resumo das respostas à pergunta 4

O que te motiva para estudar Física?

- A curiosidade pelo mundo;
- O conhecimento da Natureza;
- A paixão, gosto, prazer;
- A beleza das leis da Física;
- A capacidade para a compreensão de todos os fenómenos;
- A elegância da aplicação da Matemática;
- Ciência fascinante, abstrata mas lógica e prática;
- Realização intelectual pela descoberta de coisas novas, o desejo de saber mais;
- A associação à inovação tecnológica;
- Interessante, inspirante, motivante e desafiante;
- A resolução de problemas divertidos;
- Não tem limites, transcende todas as áreas e procura descrever tudo;
- A sua importância na Tecnologia e nas Ciências da Vida;
- A Física explica conceptualmente realidades intuitivas e não intuitivas;
- Utilidade para o futuro académico e profissional.

Tabela 5.67: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: resumo sobre a motivação para estudar Física.

Um conjunto de questões inquiriram sobre aspetos relacionados com o processo de aprendizagem da Física destes alunos. A esmagadora maioria (99%) dos alunos respondeu que gostava de resolver problemas e/ou desafios de Física. Os estímulos da família parecem ter um papel importante no desenvolvimento do gosto pela Física. Quando se lhes perguntou o que a escola disponibilizava para os ajudar a aprender Física, as respostas mais frequentes dos alunos foram a existência de laboratórios e de professores disponíveis para tirar dúvidas. A maioria dos alunos, 83%, realizava atividades complementares à escola relacionadas com a Física. As atividades que os alunos fizeram com mais regularidade foram consultar sítios e páginas de Física na Internet, ler livros sobre Física e ouvir e ver programas de rádio e de televisão sobre temas de Física (Tabela 5.68).

A questão 7 perguntava aos alunos se eles tinham participado em projetos de Ciência promovidos pela escola ou por outras entidades e a maioria, 62%, participava. Esta questão tinha ainda uma alínea de resposta aberta onde se solicitava aos alunos a indicação dos projetos em que estavam envolvidos. Responderam 131 alunos (62%) podendo as suas respostas ser consultadas na Tabela 5.69.

Perguntas 5, 9, 23, 6 e 6 a)	Resultados
Aprender Física	
5 - Gostas de resolver problemas e/ou desafios de Física?	Não - 1% Sim - 99%
9 - Há alguém da tua família que estimule o teu gosto pela Física?	Não - 44% Sim - 56%
23 - Indica o que é que na tua escola é disponibilizado para te ajudar a aprender Física?	Laboratórios - 76% Aulas experimentais frequentes - 15% Aulas extra de Física - 24% Professores disponíveis para tirar dúvidas de Física - 67% Leccionação de matéria extra ao programa por parte dos professores - 15% Equipamento informático para pesquisas na Internet - 18% Biblioteca equipada com bons livros de Física - 28% Participação em projetos e concursos de Ciência/Física - 44%
6 - Realizas atividades complementares à escola para aprenderes Física?	Não - 17% Sim - 83%
a) Se respondeste “Sim” na questão anterior, indica quais são essas atividades:	Aulas de explicação de Física - 10% Ouvir e ver programas de rádio e de televisão sobre temas de Física - 40% Consultar sítios e páginas de Física na Internet - 59% Ler livros sobre Física - 51% Ler revistas científicas ou textos jornalísticos sobre Física - 38% Frequentar um Clube de Ciências/Física - 12% Visitar Museus/Centros de Ciência - 24% Realizar experiências em casa - 16% Outros - 15%

Tabela 5.68: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questões sobre o gosto pela resolução de problemas e desafios de Física, o estímulo familiar, oferta e atividades complementares à escola para aprender Física.

Resultados	
7 - Participas em projetos de Ciência promovidos pela escola ou por outras entidades?	Não - 38% Sim - 62%
	<ul style="list-style-type: none"> - Visitas de estudo e palestras de Física; - Projeto <i>Quark!</i>; - Clubes de Ciência; - Universidades de Verão; - Projeto <i>Delfos</i>; - Olimpíadas;
a) Se respondeste “Sim” na questão anterior indica qual ou quais:	<ul style="list-style-type: none"> - CERN <i>Masterclass</i>; - Estágios de Verão; - <i>Ciência Viva</i> no Verão; - Projeto <i>TWIST</i> (EDP); - Projeto radiação ambiente; - <i>PMate</i> e <i>Kanguru matemático</i>; - Noite Europeia dos investigadores; - Divulgação de ciência juntos dos mais novos (2º e 3º Ciclos); - Concursos de Ciência.

Tabela 5.69: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre a participação em projetos de Ciência.

A questão 10 incidiu sobre a forma de o aluno estudar a disciplina de Física, nomeadamente quanto aos recursos, frequência e horas semanais de estudo. A maioria dos alunos estudavam pelo manual escolar e pelos apontamentos tirados nas aulas, 2 a 4 vezes por semana e entre 2 a 5 horas (Tabela 5.70). Há ainda uma percentagem expressiva, 33% dos alunos, que só estudavam para o teste de avaliação e 35% dos alunos estudava menos de 2 horas semanais.

10 - Como estudas a disciplina de Física?	Resultados
a) Relativamente aos <u>recursos</u> que usas para estudar Física:	Apontamentos dados pelo explicador - 6%
	Apontamentos dados pelo professor da escola - 47%
	Apontamentos que tiras nas aulas - 73%
	Manual escolar - 79%
	Consulta de outros livros (para além do manual escolar) - 42%
	Exercícios indicados como trabalho de casa pelo professor - 64%
	Exercícios indicados como trabalho de casa pelo explicador - 7%
	Exercícios extra por iniciativa própria - 55%
	Consultas na Internet - 46%
	Outros - 6%
b) Relativamente à <u>frequência</u> do estudo de Física:	Estudo diariamente - 6%
	Estudo duas a quatro vezes por semana - 45%
	Estudo uma vez por semana - 16%
	Só estudo antes do teste de avaliação - 33%
c) Relativamente à <u>quantidade</u> de horas semanais:	menos de 2 horas - 35%
	entre 2 a 5 horas - 50%
	entre 6 a 10 horas - 15%
	mais de 10 horas - 0%

Tabela 5.70: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questões sobre o método de estudo, frequência e horas semanais.

A questão 17 versava sobre a forma preferida de estudar, e a esmagadora maioria dos alunos, 85%, gostava de o fazer individualmente. Esta questão solicitava ainda uma justificação da resposta (Tabela 5.71). Os alunos gostavam de estudar sozinhos porque conseguiam maior concentração, rendimento e podiam adaptar as estratégias de estudo às suas necessidades.

Resultados	
17 - Como preferes estudar Física?	<p>Grupo - 10%</p> <p>Individualmente - 85%</p> <p>Com o professor da escola - 3%</p> <p>Com o explicador - 2%</p>
Porquê?	<p>Grupo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Partilhar dúvidas e trocar ideias; - Discutir problema e soluções; - Ambiente mais motivador e estimulante; - Comparação de processos e resultados com colegas; - Compensa trabalhar em grupo para superar lacunas na aprendizagem. <p>Individualmente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maior concentração, autonomia e produtividade; - Mais rendimento e melhor ritmo neste método de estudo; - Compreendo melhor as dificuldades trabalhando sozinho; - Necessidade de silêncio e tranquilidade; <p>Com o professor da escola</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prefiro selecionar os materiais necessárias para consolidar a matéria; - Menores perturbações; - Importante aprender sozinho a resolver dificuldades; - Sozinho ajuda a desenvolver o pensamento e raciocínio próprios. <p>Com o explicador</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sinto-me melhor orientado; - Incentiva-me à compreensão; - Ensina bem e permite-me esclarecer melhor as minhas dúvidas. <p>Com o explicador</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esclarece-me as dúvidas no imediato; - O trabalho é mais personalizado; - Foco nas dúvidas individuais.

Tabela 5.71: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questões sobre as preferências de estudo.

As questões 15 e 16 abordavam as dificuldades sentidas pelos alunos a estudar Física. Estes alunos não costumavam ter dificuldades, mas quando as tinham era sobretudo na

compreensão de algumas matérias mais abstratas. O professor da escola foi o principal interveniente para os ajudar a colmatar essas dificuldades (Tabela 5.72).

Pergunta 15 e 16 -		Resultados
Dificuldades a estudar Física		
15 - Quando estudas Física tens dificuldades?	Não - 73%	
	Sim - 27%	
		Compreensão de algumas matérias abstratas - 18%
		Interpretação de enunciados - 7%
a) - Se respondeste “Sim” na alínea anterior, quais são as tuas principais dificuldades?		Resolução de problemas - 10%
		Interpretação do resultado - 1%
		Saber reconhecer se o resultado faz ou não sentido - 2%
		Perceber para que servem determinadas matérias - 4%
		Outro - 3%
		Pais - 16%
		Familiares próximos - 6%
16 - E quando tens dificuldade em estudar algumas matérias de Física a quem recorres?	Internet - 49%	
	Professor da escola - 76%	
	Colegas - 30%	
	Explicador - 7%	
	Outros - 8%	

Tabela 5.72: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questões sobre as dificuldades a estudar Física.

A questão 11 era de resposta aberta e pedia aos alunos que descrevessem o seu método de estudo para um teste de avaliação. As respostas mais frequentes foram a realização de exercícios e estudar pelo manual (Tabela 5.73). Já na questão anterior o manual escolar assumia um papel importante no estudo.

Resumo das respostas à pergunta 11

Descreve o método que usas, quando estudas para um teste de avaliação de Física?

- Ler a matéria no manual;
 - Fazer esquemas da matéria e organizar um formulário;
 - Estudar com a maior antecedência possível;
 - Fazer resumos, a seguir ler, resolver problemas do manual e fichas do professor;
 - Compreender a teoria e depois praticar muitos exercícios;
 - Diariamente não sair das aulas com dúvidas e antes do teste resolver exercícios;
 - Estudar por outros recursos para além do manual (livros, Internet, etc.);
 - Rever a teoria e praticar mais exercícios nas matérias com dúvidas;
 - Estudar fórmulas e relacioná-las para depois prever o tipo de exercícios;
 - Estudar todos os dias um tópico de Física e resolver exercícios;
 - Fazer exercícios e trabalhar arduamente até melhorar o desempenho e haver confiança;
 - Fazer testes intermédios e exames nacionais;
 - Sistematizar e sintetizar a matéria teórica, estudar o que sai para o teste e resolver exercícios;
 - Fazer resumos diariamente e antes do teste voltar a ler o manual e praticar exercícios;
 - Compreender a relação entre as matérias e fazer o máximo de exercícios;
 - Treinar muitos problemas;
 - Fazer exercícios com crescente grau de dificuldade;
 - Mecanizar exercícios e fazer testes de anos anteriores.
-

Tabela 5.73: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: resumo das respostas sobre o método de estudo para um teste de avaliação de Física.

A questão 12, de resposta aberta, inquiria os alunos sobre o tema de Física de que mais gostavam. As respostas dos alunos foram tratadas de forma a serem quantificadas, resultando como temas preferidos os da Mecânica Clássica (Tabela 5.74).

Resumo das respostas à pergunta 12	
Do programa de Física, que estudaste desde o 7º Ano de escolaridade e até ao momento, indica o tema de que gostaste mais.	
Acústica	- 0,5%
Astronomia	- 5,2%
Eletromagnetismo	- 6,6%
Eletricidade	- 2,8%
Física de Partículas	- 2,8%
Física Moderna	- 2,8%
Mecânica Clássica	- 65,7%
Mecânica de Fluidos	- 0,9%
Mecânica Quântica	- 1,9%
Ótica	- 3,3%
Radiação	- 0,9%
Termodinâmica	- 3,3%
Todos	- 2,3%

Tabela 5.74: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: resumo sobre o tema de Física preferido.

A questão 13, de resposta aberta, inquiria os alunos sobre o tema de Física de que menos gostavam. As respostas dos alunos também foram quantificadas. As temáticas de Eletricidade e de Eletromagnetismo eram as menos populares (Tabela 5.75).

Na questão 14 os alunos pronunciaram-se numa escala de (1 a 5) sobre a facilidade, utilidade e interesse da Física. Quanto à compreensão, a maioria dos alunos, 59%, considerava a Física fácil, 66% considerou-a útil no prosseguimento de estudos e a esmagadora maioria, 83%, considerou-a interessante (Tabela 5.76). Nesta pergunta, mais uma vez, as respostas dos alunos fazem sobressair as suas aptidões e interesse por esta área do saber.

Resumo das respostas à pergunta 13	
Do programa de Física, que estudaste desde o 7º Ano de escolaridade e até ao momento, indica o tema de que <u>gostaste menos</u> .	
Acústica	- 8%
Astronomia	- 8%
Eletromagnetismo	- 19%
Eletricidade	- 22%
Eletrónica	- 1%
Física Moderna	- 1%
Mecânica Clássica	- 5%
Mecânica de Fluidos	- 3%
Mecânica Quântica	- 2%
Ótica	- 10%
Radiação	- 2%
Termodinâmica	- 11%
Parte de Química	- 2%
Não sabe	- 2%
Não tem	- 7%

Tabela 5.75: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: resumo sobre o tema de Física que menos gostam.

14 - Relativamente aos seguintes	
tópicos, como consideras a	Resultados
disciplina de Física:	
Compreensão	1 (Muito difícil) - 0%
	2 - 5%
	3 - 14%
	4 - 59%
	5 (Muito fácil) - 23%
Útil no prosseguimento de estudos	1 (Nada) - 0%
	2 - 0%
	3 - 4%
	4 - 30%
	5 (Muito) - 66%
Interessante	1 (Nada) - 0%
	2 - 1%
	3 - 1%
	4 - 15%
	5 (Muito) - 83%

Tabela 5.76: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questão para classificar a disciplina de Física quanto à compreensão, utilidade e interesse.

A questão 18 procurou medir o interesse dos alunos por 12 áreas selecionadas do conhecimento. Os alunos tinham muito interesse pela Física, 83%, logo a seguir pela Matemática, 77%, e é curioso que a área que em terceiro lugar lhes manifesta muito interesse seja a Música. As disciplinas de Química e de Inglês também lhes despertavam interesse. No entanto, estes alunos tinham menos apetência pelo Francês (Tabela 5.77). A Física e a Matemática foram as únicas disciplinas que tiveram sempre 0% de respostas na classificação “não interessa nada” e “interessa pouco”. Como classificação “interessa-me moderadamente” também foram as disciplinas com menor percentagem de 1% e 3%, respetivamente.

Resultados da pergunta 18					
Em que medida tens interesse nas seguintes áreas?					
	Não me interessa nada	Interessa-me pouco	Interessa-me moderadamente	Interessa-me	Interessa-me muito
Física	0%	0%	1%	12%	87%
Química	2%	12%	26%	41%	18%
Biologia	8%	15%	26%	31%	21%
Geologia	25%	31%	29%	13%	1%
Matemática	0%	0%	3%	20%	77%
Português	21%	31%	27%	13%	8%
Filosofia	10%	19%	22%	24%	25%
Inglês	4%	10%	26%	36%	24%
Francês	38%	31%	19%	10%	2%
Informática	4%	11%	26%	30%	29%
Música	4%	14%	16%	28%	38%
Desporto	6%	18%	24%	26%	26%

Tabela 5.77: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre as áreas de interesse.

Relativamente à Escola *Quark!*, a maioria dos alunos participou nesta Escola por iniciativa própria e tiveram conhecimento do projeto *Quark!* principalmente através do professor da Escola Secundária. O grau de dificuldade do ensino praticado na Escola *Quark!* foi classificado por 76% dos alunos como difícil a muito difícil e comparativamente à Escola Secundária a maioria, 54%, considerou o ensino muito diferente. Estes alunos consideraram que a Escola *Quark!* lhes permitiu sobretudo apreender novas matérias, compreender melhor alguns temas da Física e desenvolver novas competências de raciocínio (Tabela 5.78).

Perguntas 19, 20, 21 e 22 - sobre a Escola <i>Quark!</i>	Resultados
19 - Participas na Escola <i>Quark!</i> porque:	Foste selecionado a partir das Olimpíadas de Física - 32% Por iniciativa própria, candidataste-te ao projeto - 57% Por iniciativa de um professor, candidataste-te ao projeto - 10% Outra - 1%
20 - Como tiveste conhecimento da Escola <i>Quark!</i>?	Por colegas - 25% Por familiares - 6% Com o professor da escola - 35% Na escola - 19% Vi na Internet - 16% Outros - 22%
21 - Que opinião tens do ensino que será praticado no <i>Quark!</i>?	1 (Muito fácil) - 0% 2 - 3% 3 - 21% 4 - 54% 5 (Muito difícil) - 22%
a) Relativamente ao grau de dificuldade:	
21 - Que opinião tens do ensino que será praticado no <i>Quark!</i>?	1 (Muito diferente) - 54% 2 - 32% 3 - 10% 4 - 2% 5 (Muito semelhante) - 1%
b) Comparativamente à tua escola:	
22 - O que pensas que a Escola <i>Quark!</i> te permitirá?	Compreender melhor alguns temas da Física - 88% Apreender novas matérias - 93% Desenvolver novas competências de raciocínio - 87% Conhecer pessoas novas - 79% Melhorar a performance intelectual - 77% Participar em novos desafios - 70% Outro - 8%

Tabela 5.78: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questões relativas à participação na Escola *Quark!*.

A questão 24 inquiriu sobre a periodicidade das aulas experimentais na Escola Secundária. As respostas mais frequentes foram a periodicidade mensal (30,3%), quinzenal (24,2%), e uma vez por período (23,0%). Uma percentagem pequena (7,9%), mas significativa, dos alunos não realizava aulas experimentais por falta de tempo e de material. Estes motivos já foram também sinalizados nos questionários das Olimpíadas de Física (Tabela 5.79).

Perguntas 24 e 24 a) Aulas Experimentais - <u>Periodicidade</u>	Resultados
24 - Com que periodicidade realizas aulas experimentais ao longo do ano letivo?	Não realizo - 7,9%
	Semanal - 9,1%
	Quinzenal - 24,2%
	Mensal - 30,3%
	Bimensal - 3,6%
	Uma vez por período - 23,0%
	Uma vez por ano - 0,6%
	Duas vezes por ano - 1,2%
a) Se respondeste “Não realizo” na alínea anterior, indica o(s) motivo(s) que, na tua opinião, poderão justificar essa situação?	Não há laboratório na escola - 0%
	Falta de tempo - 85%
	Falta de material - 46%
	Falta de interesse por parte do professor - 31%
	Outro - 23%

Tabela 5.79: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre a periodicidade da realização das aulas experimentais.

Àcerca da organização das aulas experimentais na Escola Secundária, para a quase totalidade (89%) dos alunos estas eram organizadas em grupos de 3 ou mais alunos. A maioria dos alunos, 51%, declarou que fazia a montagem dos equipamentos, e o cronómetro, o osciloscópio e o multímetro foram os aparelhos mais manipulados. O tratamento dos dados experimentais era realizado quase sempre recorrendo à calculadora gráfica ou a uma folha de cálculo (Tabela 5.80).

Perguntas 25, 28, 30 e 33	Resultados
Aulas Experimentais	
25 - Caso sejam realizadas aulas experimentais, como são organizadas?	Individualmente - 0% Grupo de 2 alunos - 4% Grupo de 3 alunos - 39% Grupo de mais de 3 alunos - 50% Aulas demonstrativas - 2% Aulas demonstrativas com análise de dados feita pelos alunos - 4%
28 - Relativamente à montagem dos equipamentos para as atividades experimentais:	Os equipamentos são montados pelo professor - 38% Os equipamentos são montados pelo aluno - 51% Os equipamentos são montados por funcionários da escola - 5% Outro - 6%
30 - Quais destes aparelhos já manipulaste nas aulas experimentais de Física?	Craveira - 58% Multímetro - 74% Cronómetro - 95% Interface de aquisição de dados ligada ao computador - 38% Osciloscópio - 81% Sensores ligados à calculadora gráfica - 68% Outro - 0%
33 - Como é realizado o tratamento dos dados experimentais:	Análise é feita em papel milimétrico - 20% Análise é feita no Excel ou noutra folha de cálculo - 38% Análise é feita com a calculadora gráfica - 71% Outro - 0%

Tabela 5.80: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questões relativas às aulas experimentais.

A questão 26 questionava os alunos sobre as dificuldades na realização das atividades experimentais e 79% dos alunos declarou que tinha dificuldades. Para os restantes alunos as suas dificuldades estavam associadas ao cálculo de erros inerentes às medições e à manipulação dos equipamentos. A questão 34 inquiria sobre o cálculo das incertezas

experimentais e 62% dos alunos declararam que já tinham tratado este assunto numa disciplina. A pergunta 35 era um pequeno problema para estimar a área de um círculo e a incerteza associada dado o diâmetro e a sua incerteza, e a maioria dos alunos deu uma resposta errada para a incerteza da área do círculo (Tabela 5.81), confirmando a dificuldade dos alunos neste tópico.

Perguntas 26, 34 e 35 Aulas Experimentais	Resultados
26 - Quando realizas as atividades experimentais tens dificuldades?	Não - 79% Sim - 21%
a) Se respondeste “Sim” na alínea anterior, quais são as tuas principais dificuldades?	Manipular os equipamentos - 47% Realizar gráficos - 15% Calcular os erros inerentes às medições - 53% Compreender os protocolos - 15% Interpretar o enunciado do problema - 6% Interpretar os resultados - 9% Saber reconhecer se o resultado faz ou não sentido físico - 15% Outro - 9%
34 - Em alguma disciplina tiveste introdução ao cálculo das incertezas experimentais?	Não - 38% Sim - 62%
35 - Se na medição indireta da área do círculo através da medida do seu diâmetro, d , este tiver o valor experimental $10,00 \pm 0,02$ cm, qual é a melhor estimativa da área desse círculo e da incerteza associada ao valor desta área?	Certo - 26% Errado - 52% Sem resposta - 22%

Tabela 5.81: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questões sobre as maiores dificuldades nas atividades experimentais e o cálculo de incertezas.

A questão 31 questionou sobre a prática da realização de um relatório após a atividade experimental. Esperavelmente, a esmagadora maioria, 75%, respondeu afirmativamente. Metade dos alunos fazia o relatório em casa ou na aula, a maioria fazia-o em grupo e o relatório era avaliado para 90% dos alunos. Esta é a prática ditada pelo Ministério da Educação (Tabela 5.82).

Pergunta 31	Resultados
Aulas Experimentais - <u>Relatório</u>	
31 - Depois da atividade experimental fazes um relatório?	Não - 25% Sim - 75%
	Lugar: - Feito em casa - 50% - Feito na aula - 50%
a) Se respondeste “Sim” na alínea anterior, assinala a situação que corresponde ao teu caso?	Autoria: - Individual - 34% - Em grupo - 66%
	Avaliação: - É avaliado - 90% - Não é avaliado - 10%

Tabela 5.82: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre o relatório das aulas experimentais.

Interrogados os alunos sobre a importância das atividades experimentais para ajudar na compreensão dos conceitos de Física, 96% dos alunos respondeu afirmativamente. O reconhecimento da importância fulcral das atividades experimentais já anteriormente tinha sido expressado no questionário efetuado aos participantes das Olimpíadas de Física (Fig. 5.35).

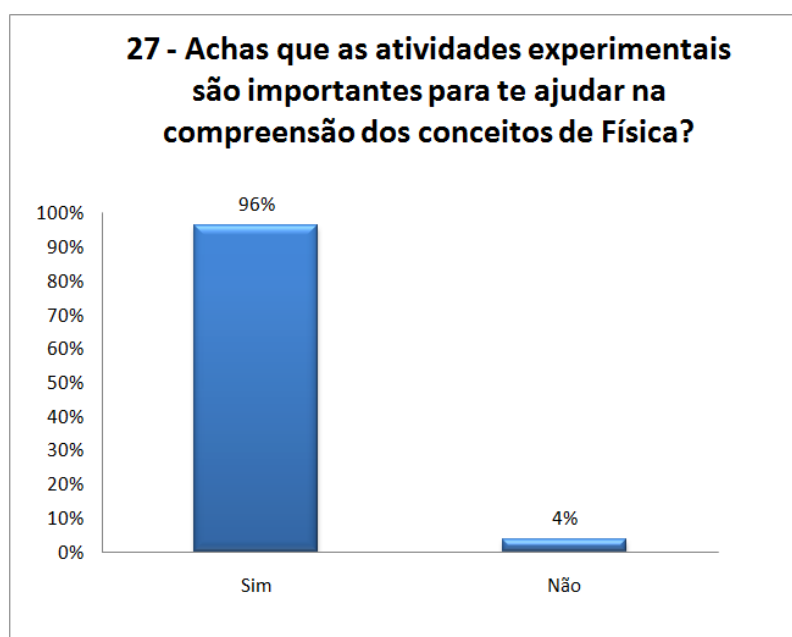


Figura 5.35: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre a importância das atividades experimentais na compreensão dos conceitos de Física.

Foi, ainda, solicitado aos alunos uma justificação da sua resposta. O resumo das respostas dos alunos encontra-se na Tabela 5.83. Comprovar a teoria com base na experimentação, ajudar a compreender matérias abstratas, motivar e desenvolver várias capacidades são alguns dos atributos associados às atividades experimentais.

A questão 36 inquiriu junto dos alunos as temáticas onde enfrentam maiores dificuldades na realização das atividades experimentais. As mais citadas foram a Eletricidade, a Eletrónica e o Eletromagnetismo, que são as mesmas temáticas referidas na questão 13 (Fig. 5.36).

Resumo das respostas à pergunta 27**Justifica a tua resposta:**

- Realiza a ponte entre os conceitos teóricos e a realidade;
 - Experimentação ajuda na compreensão de algo abstrato e complexo;
 - Complementam o demonstrado teoricamente;
 - Desenvolvem raciocínio lógico e sentido crítico;
 - Vital para aprender o método científico;
 - Permitem a “visualização” da teoria para ajudar na compreensão;
 - Há matérias difíceis teoricamente que se tornam fáceis de compreender;
 - Permitem visualizar e confirmar as leis;
 - Ajudam a constatar e aplicar os conceitos;
 - Despertam o interesse e a curiosidade de qualquer aluno;
 - Interagindo com os equipamentos aprendemos mais rapidamente;
 - Ajudam a tirar conclusões e a estabelecer relações entre grandezas;
 - Desenvolvem a capacidade de interpretação de resultados e de manipular instrumentos;
 - Ver é acreditar e testemunhar a validade dos fenómenos aprendidos;
 - Ajudam bastante no raciocínio técnico e prático;
 - Se cada aluno experimentar, e tirar as suas conclusões individualmente, ajuda à compreensão;
 - Preparam para o mundo da investigação científica;
 - Desafiam, despertam a curiosidade e motivam para a disciplina.
-

Tabela 5.83: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: resumo das respostas que justificam a importância das atividades experimentais.

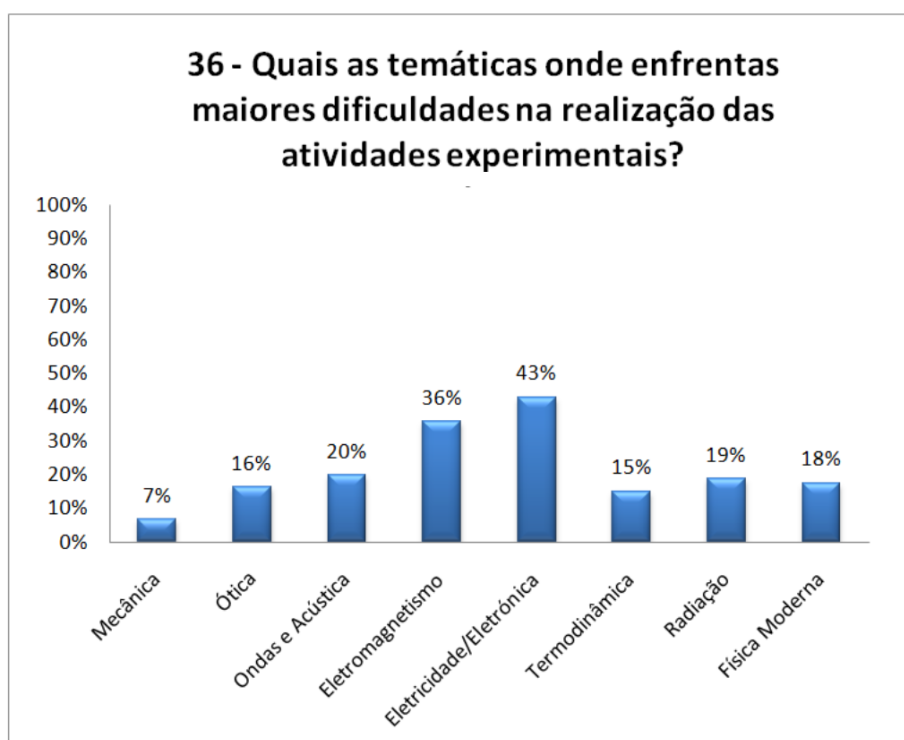


Figura 5.36: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre as temáticas onde encontram maiores dificuldades na realização das atividades experimentais.

O questionário finalizou com uma questão de resposta aberta que perguntava o que poderia ser feito para que os alunos do Ensino Secundário melhorassem a sua aprendizagem na disciplina de Física. O resumo das respostas dos alunos está apresentado na Tabela 5.84. A maioria dos alunos coloca a tónica nos professores, nos programas e na carga horária. Muitos referem a importância de reforçar a componente experimental.

Resumo das respostas à pergunta 37
37 - O que é que no teu entender, poderia ser feito para que os alunos do Ensino Secundário melhorem a sua aprendizagem na Física?

- Aumentar a carga horária da disciplina;
 - Diminuir o número de alunos por turma;
 - Professores que despertem o interesse e expliquem a matéria de forma mais motivadora;
 - Reforçar a componente prática e as atividades para um ensino mais interativo;
 - Articular o programa de matemática com o de Física e Química;
 - Promover mais projetos do género do *Quark!*;
 - Professores com diferentes métodos de ensino e aulas mais dinâmicas e desafiantes;
 - Aumentar os temas de Física a lecionar no programa e abordá-los com profundidade;
 - Separar as disciplinas de Física e Química no 10º Ano;
 - Não retirar os testes intermédios dos 10º e 11º Anos;
 - Promover mais atividades extracurriculares para extrapolar a matéria da sala de aula;
 - Criar novamente as antigas disciplinas de Técnicas Laboratoriais;
 - Aulas que estimulem a imaginação e fomentem o raciocínio divergente;
 - Introduzir a disciplina de Física antes do 7º Ano;
 - Melhorar a qualidade dos manuais escolares;
 - Criar uma convenção de Física tipo “*Canguru Matemático*” para todos os alunos.
-

Tabela 5.84: Resultados dos alunos da Escola *Quark!*: resumo das respostas sobre o que pode ser feito para melhorar a aprendizagem dos alunos na disciplina de Física.

5.6.2 Pré e Pós-testes

Os resultados dos pré e pós-testes aplicados aos alunos do 11º Ano, que participaram na Escola *Quark!* de 2013 a 2015, estão expostos na Tabela 5.85. Incluem-se apenas os resultados dos alunos que fizeram os 2 testes. Nesta tabela estão apresentadas as médias das classificações, M , os desvios padrão, σ , os ganhos de conhecimento G e os ganhos das médias normalizados g .

Atendendo ao grau de dificuldade das perguntas, todos os alunos conseguiram resultados positivos e houve sempre um ganho de conhecimento, entre 33% a 40% do ganho

das médias normalizado. Note-se que os testes aplicados aos alunos do 11° Ano em 2014 e 2015 foram diferentes do teste aplicado em 2013, tendo sido introduzidas perguntas sobre mais temas de Física (Ótica, Termodinâmica e Hidrostática).

Na Tabela 5.86 são apresentados os resultados dos pré e pós-testes aplicados aos alunos do 12° Ano que participaram na Escola *Quark!* de 2013 a 2015. Incluem-se apenas os testes dos alunos que realizaram os pré e pós-testes. Todas as notas foram positivas e houve ganho de conhecimento.

Testes do 11° Ano Parte A							
Sujeitos		Pré-teste		Pós-teste		Ganhos	
Anos	n	M	σ	M	σ	G	g
2013	12	11,71	3,29	14,43	3,47	2,72	0,33
2014	4	12,50	1,48	15,35	1,42	2,85	0,38
2015	9	10,41	2,14	14,27	2,90	3,86	0,40

M - média das classificações
 σ - desvio padrão
 G - Ganho de conhecimento
 g - Ganho da média normalizado

Tabela 5.85: Resultados dos pré e pós-testes aplicados aos alunos do 11° Ano da Escola *Quark!* de 2013 a 2015.

Testes do 12° Ano Parte A							
Sujeitos		Pré-teste		Pós-teste		Ganhos	
Anos	n	M	σ	M	σ	G	g
2013	41	11,04	2,91	14,14	3,55	3,10	0,35
2014	28	12,70	2,97	15,65	2,35	2,95	0,40
2015	20	12,88	2,58	15,69	2,01	2,81	0,39

M - média das classificações
 σ - desvio padrão
 G - Ganho de conhecimento
 g - Ganho da média normalizado

Tabela 5.86: Resultados dos pré e pós-testes aplicados aos alunos do 12° Ano da Escola *Quark!* de 2013 a 2015.

A Tabela 5.87 mostra os números das perguntas do teste do 11° Ano de 2013 distribuídos pelas temáticas de Física. Os gráficos da Fig. 5.37 mostram uma análise das respostas “certas”, “erradas” e “sem resposta” nos pré e pós-testes. Verificou-se que o número de perguntas sem resposta e erradas diminui do pré para o pós-teste. Comparando a Tabela 5.87 com os gráficos da Fig. 5.37 é possível verificar que as perguntas com maior número de respostas erradas ou sem resposta corresponderam à temática de Eletricidade. Claramente, os alunos têm dificuldades em responder a questões sobre circuitos elétricos e a aplicar a lei de Ohm em situações de associação de resistências. Este é o mesmo tema já anteriormente referido pelos alunos no questionário como sendo o de que gostavam menos e no qual tinham mais dificuldades. No entanto, é ainda de notar que a pergunta 9 na temática de Mecânica teve uma elevada percentagem de respostas erradas no pré e pós-testes, o que é curioso visto tratar-se de uma questão relativamente simples envolvendo o cálculo do trabalho de uma força num gráfico $F(d)$. A análise detalhada das respostas mostra que um número significativo de respostas erradas se deveu a não terem considerado o sinal algébrico do trabalho quando responderam à questão.

Teste 11° Ano 2013	
Parte A - Temáticas de Física	Perguntas de escolha múltipla
Vetores	1
Mecânica	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
Eletricidade	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29
Eletromagnetismo	30
Parte B - Temáticas de Física	Pergunta de resposta aberta
Mecânica	1 (a, b, c e d)

Tabela 5.87: Temáticas do teste aplicado aos alunos do 11° Ano que participaram na Escola *Quark!* em 2013.

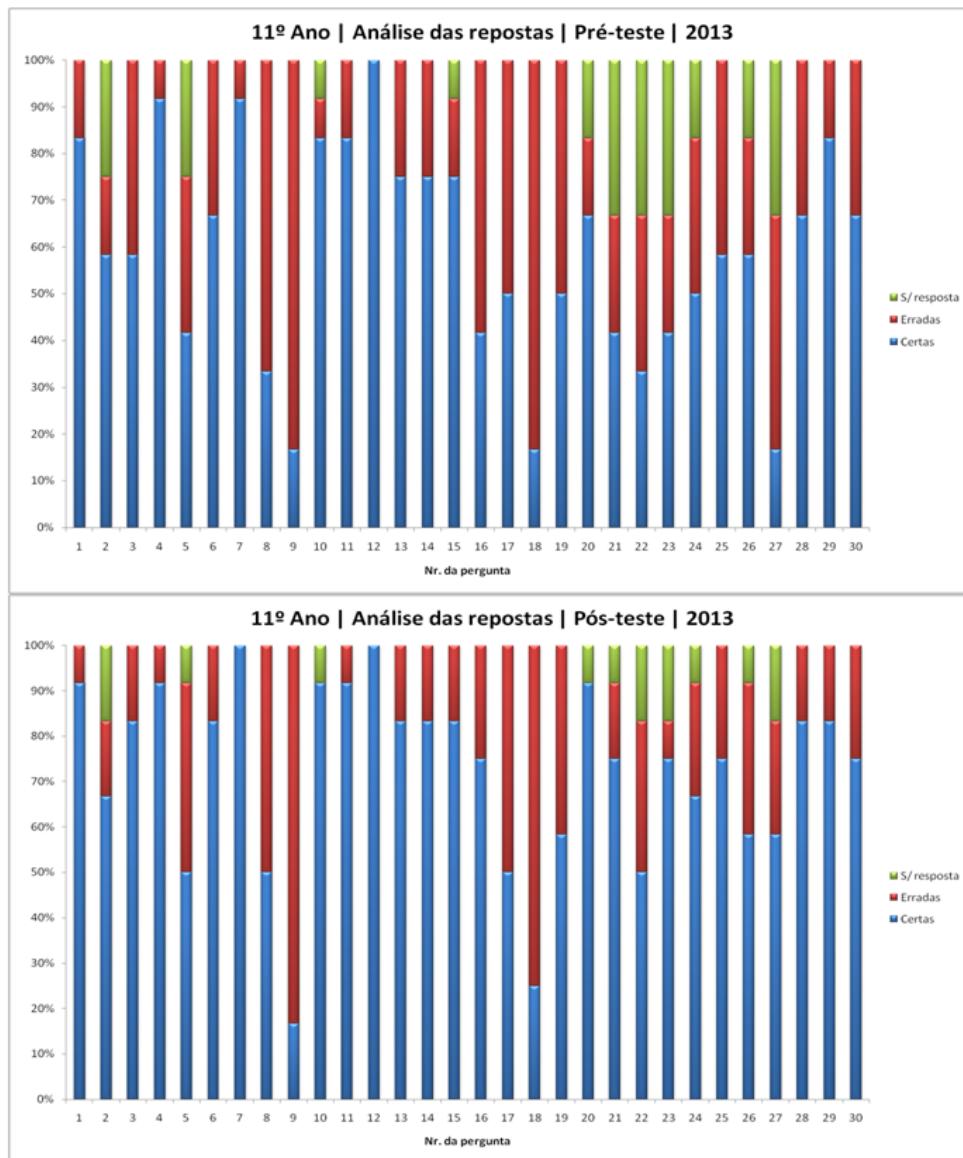


Figura 5.37: Análise das respostas “certas”, “erradas” e “sem resposta” dos pré e pós-testes dos alunos do 11º Ano da Escola *Quark!* de 2013

A Tabela 5.88 também mostra os números das perguntas do **teste aplicado ao 12º Ano, em 2013**, distribuídos pelas temáticas de Física. Os gráficos da Fig. 5.38 ilustram uma análise das respostas nos pré e pós-testes. Verifica-se que o número de perguntas sem resposta e erradas diminui também do pré para o pós-teste. Comparando a Tabela 5.88 com os gráficos da Fig. 5.38 é possível verificar que as perguntas com maior número de respostas erradas correspondem também às temáticas de Eletricidade e Eletromagnetismo (perguntas 11, 17, 21 e 22). Na pergunta 7 de Mecânica os alunos também apresentaram dificuldades, tanto no pré-teste como no pós-teste. A maioria dos alunos, possivelmente por distração, escolheu a opção com uma expressão algébrica familiar mas que errada.

A Tabela 5.89 apresenta os números das perguntas distribuídos pelas temáticas de Física do **teste aplicado aos alunos do 11º Ano, em 2014 e 2015**. Os gráficos das Figuras 5.39 e 5.40 mostram uma análise das respostas nos pré e pós-testes. Verifica-se que o número de perguntas sem resposta diminui em ambos os anos do pré para o pós-teste. Comparando a Tabela 5.89 com os gráficos das Figuras 5.39 e 5.40, verificamos que as perguntas com maior número de respostas erradas se localiza novamente no tema da Eletricidade, mas também a pergunta 10 de Mecânica teve uma percentagem reduzida de respostas certas. Os alunos também tiveram dificuldades, na pergunta 23, em reconhecer que quando se estica um fio metálico dúctil o seu diâmetro tem, necessariamente que diminuir.

Teste 12º Ano 2013	
Parte A - Temáticas de Física	Perguntas de escolha múltipla
Vetores	1
Mecânica	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
Eletricidade	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
Eletromagnetismo	25, 26, 27, 28, 29, 30
Parte B - Temáticas de Física	Pergunta de resposta aberta
Mecânica	1 (a, b, c e d)

Tabela 5.88: Temáticas do teste aplicado aos alunos do 12º Ano que participaram na Escola *Quark!* em 2013.

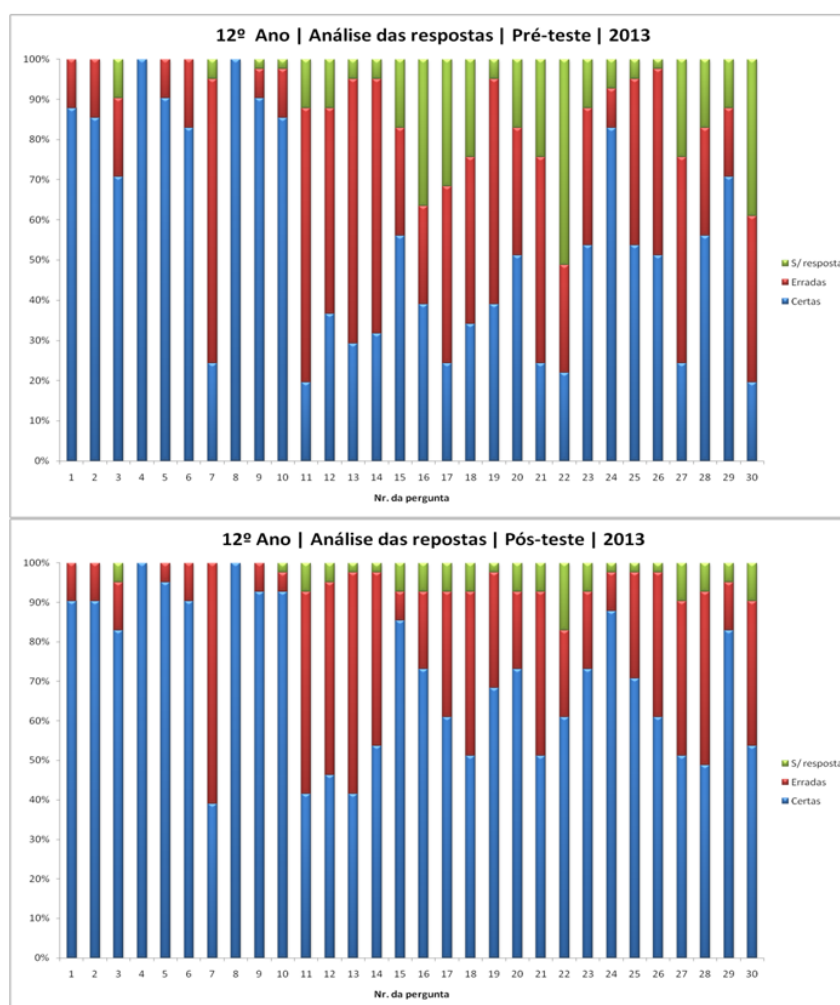


Figura 5.38: Análise das respostas “certas”, “erradas” e “sem resposta” dos pré e pós-testes dos alunos do 12º Ano da Escola *Quark!* de 2013

Teste 11º Ano 2014 e 2015	
Parte A - Temáticas de Física	Perguntas de escolha múltipla
Mecânica	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
Hidrostatica	18
Eletricidade	19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
Ótica	27, 28
Termodinâmica	29, 30
Parte B - Temáticas de Física	Pergunta de resposta aberta
Mecânica	1 (1.1, 1.2.1 e 1.2.2)

Tabela 5.89: Temáticas do teste aplicado aos alunos do 11º Ano que participaram na Escola *Quark!* em 2014 e 2015.

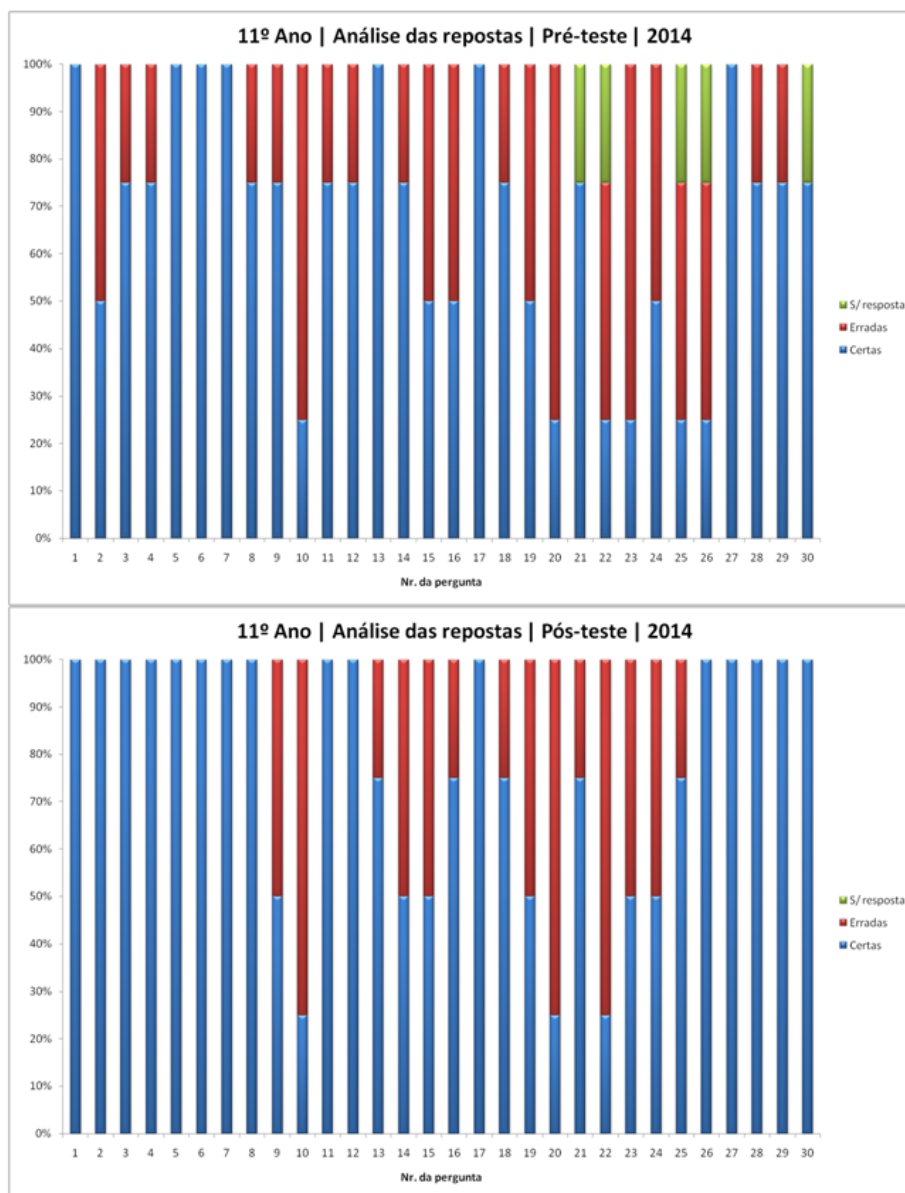


Figura 5.39: Análise das repostas “certas”, “erradas” e “sem resposta” dos pré e pós-testes dos alunos do 11º Ano da Escola *Quark!* de 2014.

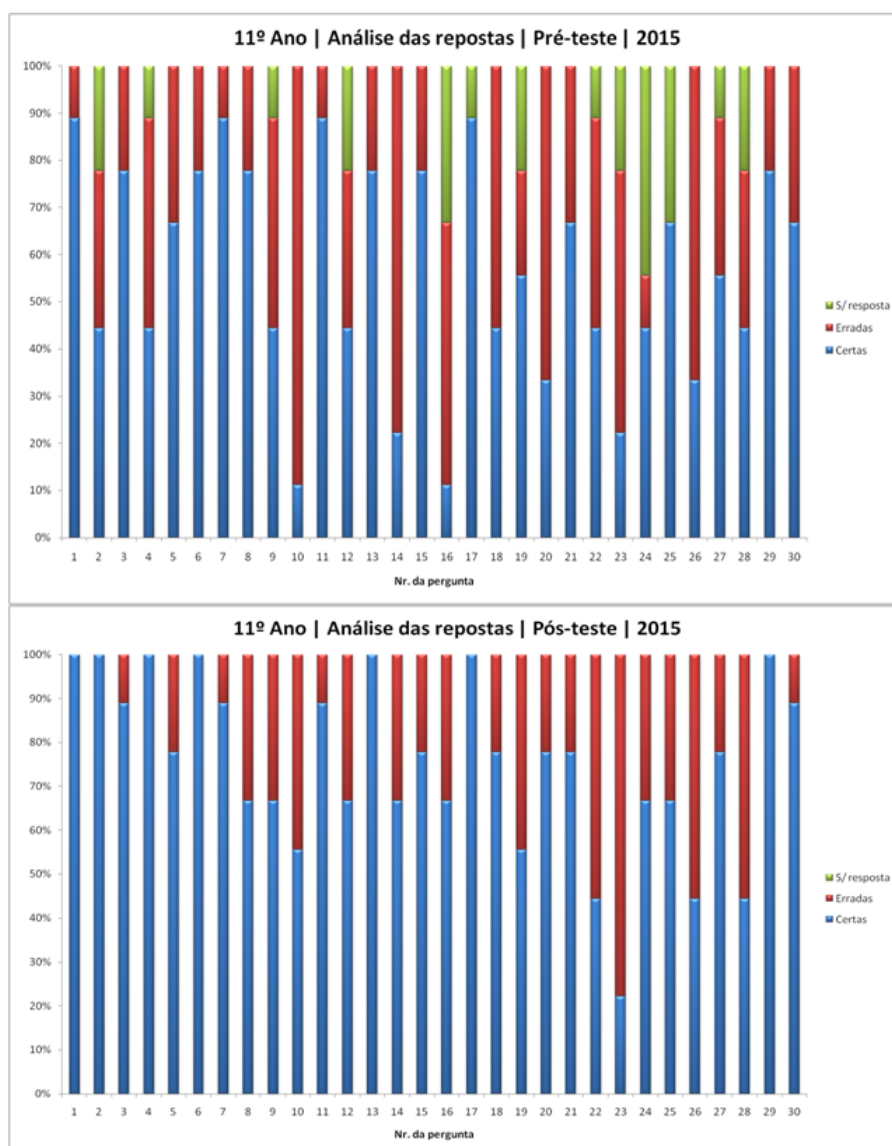


Figura 5.40: Análise das repostas “certas”, “erradas” e “sem resposta” dos pré e pós-testes dos alunos do 11º Ano da Escola *Quark!* de 2015.

A Tabela 5.90 apresenta os números das perguntas distribuídos pelas temáticas de Física do **teste aplicado aos alunos do 12º Ano em 2014 e 2015**. Os gráficos das Figuras 5.41 e 5.42 mostram uma análise das repostas nos pré e pós-testes. Verifica-se que o número de perguntas sem resposta diminui em ambos os anos do pré para o pós-teste. Comparando a Tabela 5.90 com os gráficos das Figuras, 5.41 e 5.42, é possível verificar que em ambos os anos, 2014 e 2015, as perguntas com maior número de respostas erradas são dos temas de Eletricidade e Eletromagnetismo. A pergunta 9 de Mecânica

também teve uma percentagem elevada de respostas erradas. Trata-se de uma questão que podia ser resolvida com considerações energéticas, mas que envolvia alguma subtilidade. Esta era a mesma pergunta com grande percentagem de respostas erradas no teste do 11º Ano (questão 10 desse teste).

A parte B do teste em 2013 e em 2014-2015 correspondia a um problema de Mecânica de resposta aberta. De um modo geral, os alunos aplicaram corretamente as equações da Cinemática, a Lei da Conservação da Energia Mecânica e a Lei da Conservação do Momento Linear. Os principais erros identificados nas respostas dos alunos estavam relacionados com operações de matemática, provavelmente provocados por distrações.

Na Tabela 5.91 estão apresentadas as médias da avaliação feita às respostas dadas pelos os alunos. Ambas os problemas de Mecânica foram classificados com 2 valores (100%). Todos os alunos tiveram melhores classificações no pós-teste. No ano de 2013 a percentagem entre os pré e pós-testes foi de apenas 19% (11ºAno) e de 11% (12ºAno). Os alunos do 11º Ano em 2014 e 2015 tiveram a maior diferença percentual entre o pré e pós-teste.

Teste 12º Ano 2014 e 2015	
Parte A - Temáticas de Física	Perguntas de escolha múltipla
Mecânica	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
Hidrostática	16
Eletricidade	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
Eletromagnetismo	24, 25, 26
Ótica	27, 28
Termodinâmica	29, 30
Parte B - Temáticas de Física	Pergunta de resposta aberta
Mecânica	1 (1.1, 1.2.1 e 1.2.2)

Tabela 5.90: Temáticas do teste aplicado aos alunos do 12º Ano que participaram na Escola *Quark!* em 2014 e 2015.



Figura 5.41: Análise das respostas certas, erradas e sem resposta dos pré e pós-testes dos alunos do 12º Ano da Escola *Quark!* de 2014.

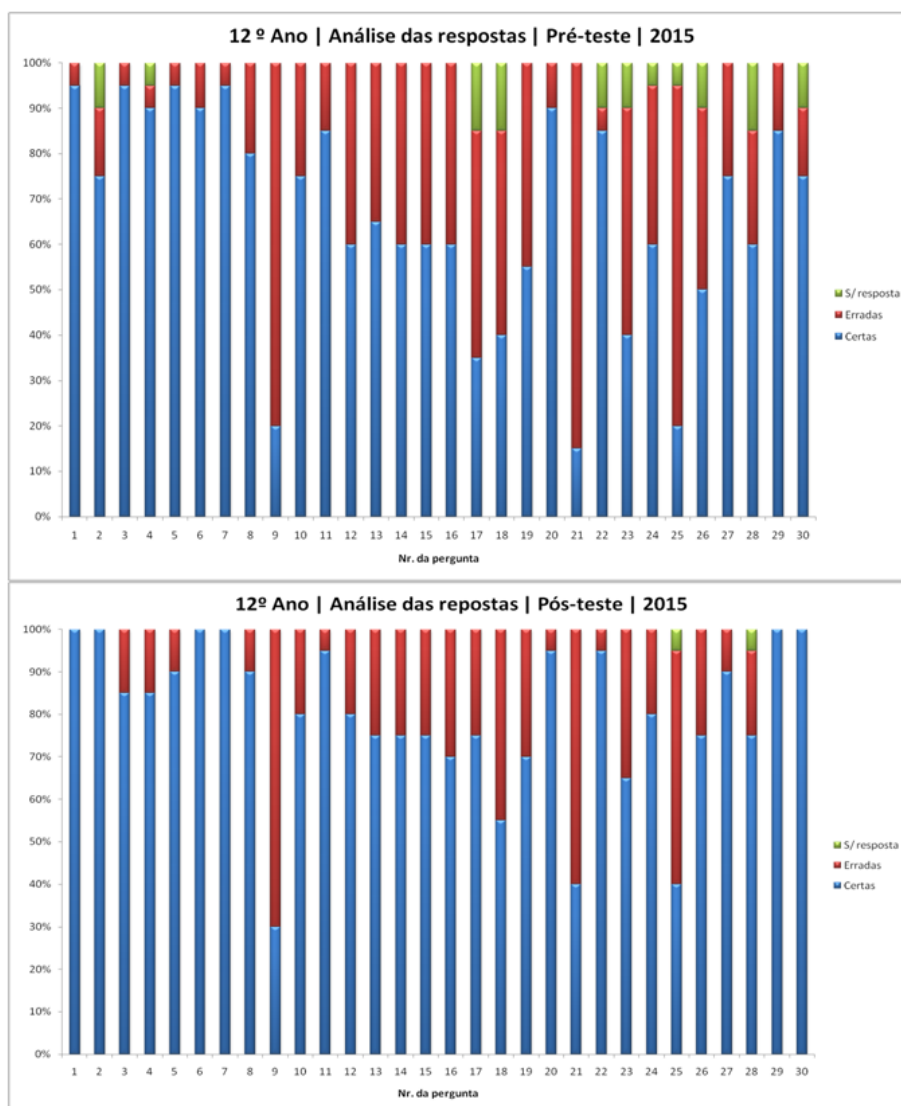


Figura 5.42: Análise das respostas certas, erradas e sem resposta dos pré e pós-testes dos alunos do 12º Ano da Escola *Quark!* de 2015.

Teste	11º Ano		12º Ano	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
2013	73%	92%	82%	93%
2014	50%	83%	75%	89%
2015	46%	87%	69%	85%

Tabela 5.91: Resultados dos alunos da Escola *Quark!* na pergunta de resposta aberta dos pré e pós-testes.

5.6.3 Questionário aos professores dos alunos da pré-seleção olímpica

A esmagadora maioria dos professores, 84%, participava pela primeira vez na Escola *Quark!*. As principais razões que os levaram a participar nesta iniciativa foram expostas numa questão de resposta aberta. O resumo das respostas dos professores pode ser consultado na Tabela 5.92. A destacar como principal motivo o acompanhamento do aluno Olímpico.

Perguntas 6 e 7 -	Resultados
Participação na Escola <i>Quark!</i>	
6 - Foi a primeira vez que participou na Escola <i>Quark!</i>?	Não - 16% Sim - 84%
7 - Que razão ou razões o(a) levaram a participar na Escola <i>Quark!</i>?	<ul style="list-style-type: none"> - Formação pessoal; - Necessidade de adquirir conhecimentos para ajudar o aluno; - Acompanhar os alunos que frequentam a Escola <i>Quark!</i>; - Melhorar técnicas relacionadas com o trabalho experimental; - Aprofundar conteúdos científicos; - Adquirir formação para ajudar o aluno no treino olímpico; - Aumentar a qualidade da prática letiva para ajudar os alunos; - Intercâmbio de experiências e práticas pedagógicas; - Abraçar desafios difíceis; - Aprender mais Física; - Usufruir de atividades experimentais diferentes da escola; - Aprofundar o método de tratamento de dados experimentais; - Melhorar e aprender novas formas de abordar a Física; - Enriquecimento pessoal e profissional no ensino/aprendizagem da Física.

Tabela 5.92: Resultados dos professores da formação olímpica: questões sobre a participação na Escola *Quark!*.

Os professores também foram inquiridos sobre o ensino que foi proporcionado aos alunos na Escola *Quark!* comparativamente ao da Escola Secundária, relativamente ao grau de dificuldade dos conteúdos leccionados, ao grau de exigência e às atividades nela praticadas. A grande maioria dos professores considerou que o ensino da Escola *Quark!* tinha um grau de dificuldade e de exigência muito elevado comparativamente à Escola Secundária (Tabela 5.93).

Pergunta 8 - Gostaria, agora, de saber a sua opinião sobre o ensino que é proporcionado aos alunos na Escola <i>Quark!</i> e sobre o ensino que considera que, em geral, é proporcionado aos alunos na Escola Secundária.		
Resultados		
	Na Escola <i>Quark!</i>	Na Escola Secundária
a) Relativamente ao grau de <u>dificuldade dos conteúdos leccionados:</u>	1 (Muito baixo) - 0%	1 (Muito baixo) - 0%
	2 - 0%	2 - 16%
	3 - 0%	3 - 54%
	4 - 22%	4 - 24%
	5 (Muito elevado) - 78%	5 (Muito elevado) - 5%
b) Relativamente ao grau de <u>exigência:</u>	1 (Nada exigente) - 0%	1 (Nada exigente) - 3%
	2 - 0%	2 - 5%
	3 - 3%	3 - 32%
	4 - 24%	4 - 51%
	5 (Muito exigente) - 73%	5 (Muito exigente) - 8%
c) Relativamente às <u>atividades:</u>	1 (Nada pertinentes) - 0%	1 (Nada pertinentes) - 0%
	2 - 0%	2 - 5%
	3 - 14%	3 - 38%
	4 - 24%	4 - 32%
	5 (Muito pertinentes) - 62%	5 (Muito pertinentes) - 24%

Tabela 5.93: Resultados dos professores da formação olímpica: questão sobre o ensino que é proporcionado na Escola *Quark!* e na Escola Secundária relativamente à dificuldade dos conteúdos, ao grau de exigência e às atividades.

Foi também pedida a opinião dos professores sobre a evolução do desempenho dos

seus alunos participantes na Escola *Quark!* quanto às aprendizagens e ao empenho e motivação para aprender. A maioria dos professores respondeu que a participação na Escola *Quark!* contribuiu muitíssimo para a evolução dos alunos (Fig. 5.43).

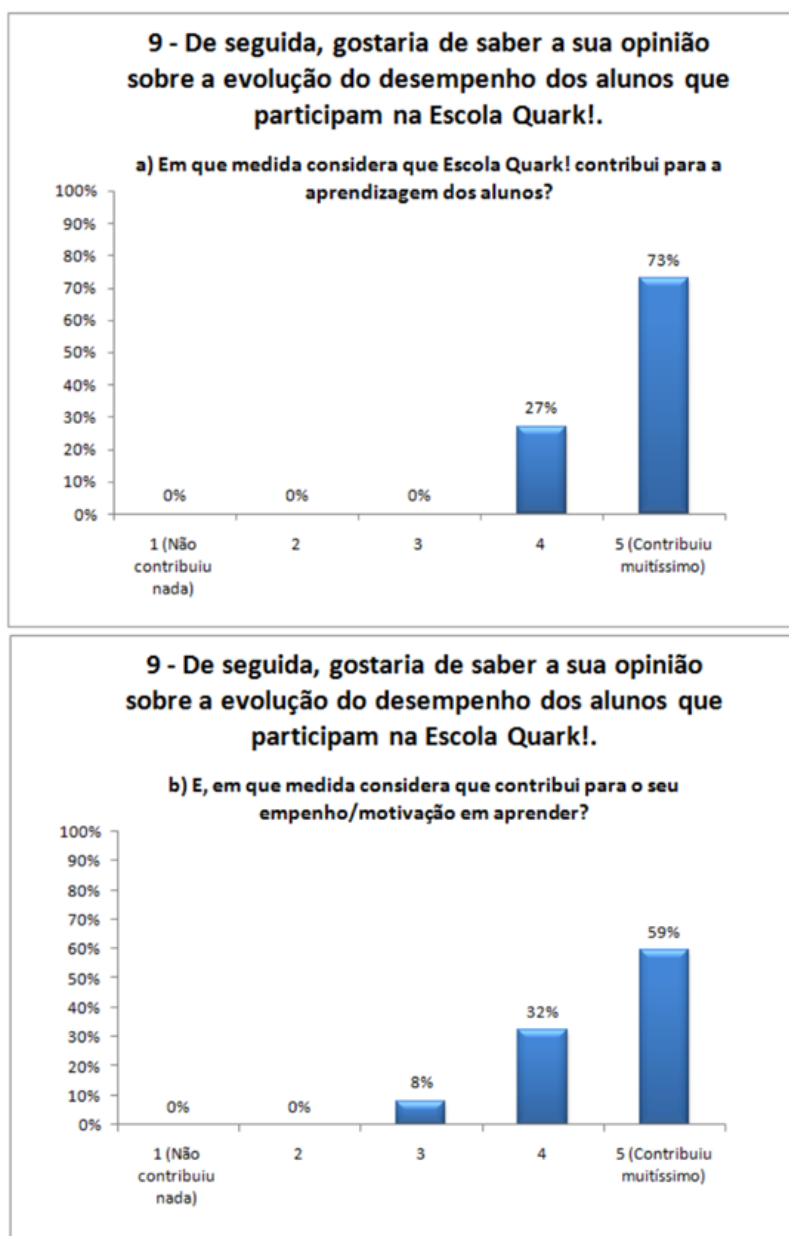


Figura 5.43: Resultados dos professores da formação olímpica: opinião dos professores sobre o desempenho dos alunos que participam na Escola *Quark!* quanto à aprendizagem e ao empenho/motivação.

Os professores foram interrogados sobre as áreas da Física em que os alunos apresen-

tavam mais dificuldades e destacaram a Eletrónica, a Termodinâmica, a Física Moderna e o Eletromagnetismo. Em contraste, referiram que os alunos apresentavam mais destreza na área da Mecânica (Fig. 5.44), situação semelhante à verificada noutros questionários desta tese.

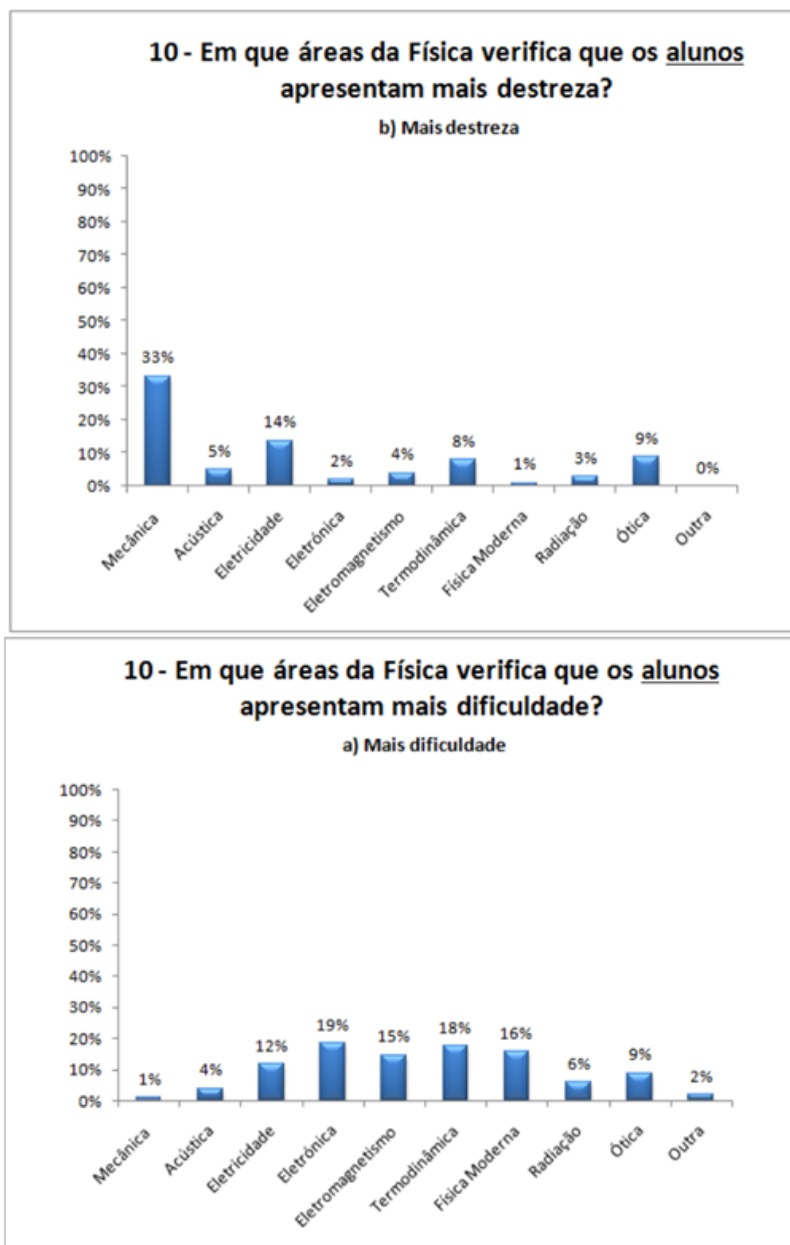


Figura 5.44: Resultados dos professores da formação olímpica: questão sobre as áreas da Física em que os professores consideram mais difíceis e mais fáceis para os seus alunos.

Quando os professores foram inquiridos sobre as áreas da Física onde tinham mais dificuldade e nas que estavam mais à vontade, verificamos que são praticamente as mesmas áreas que os professores referiram relativamente aos seus alunos: mais dificuldades na Eletrónica, Física Moderna e Eletromagnetismo e mais familiaridade com a Mecânica (Fig. 5.45).

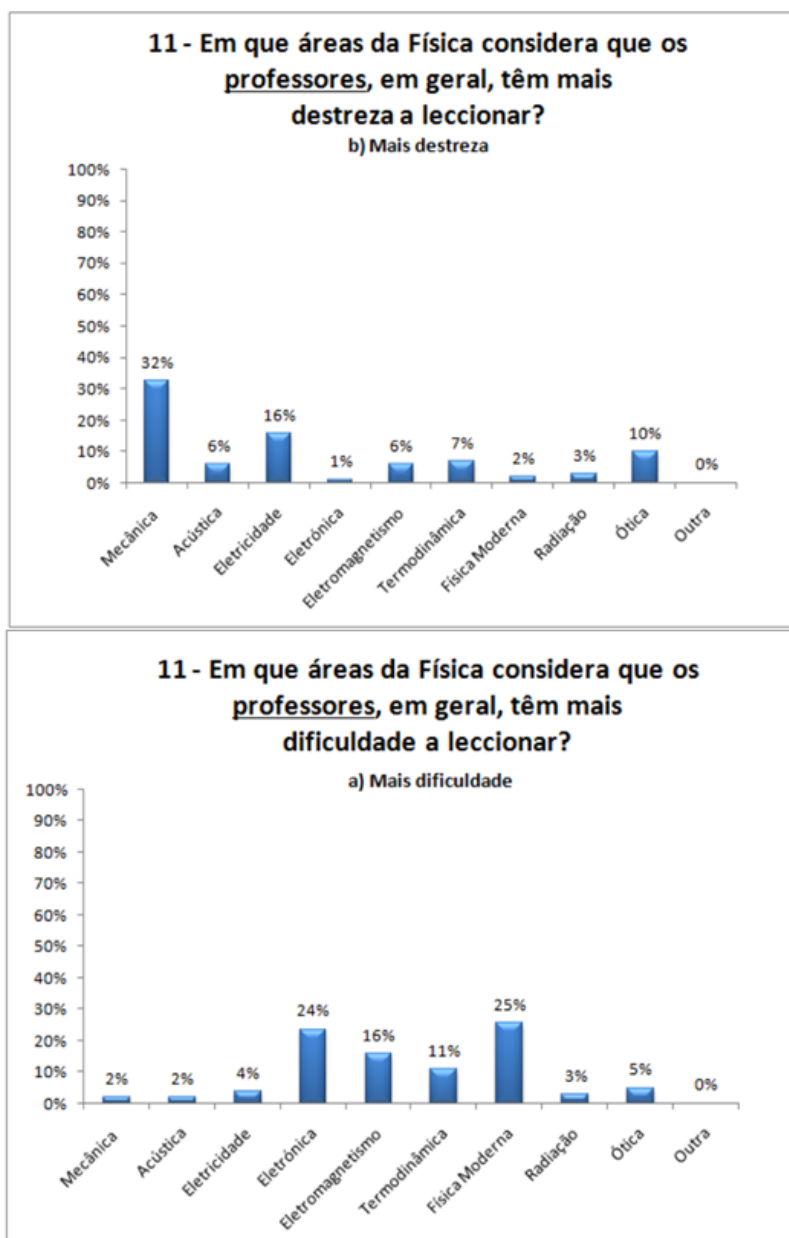


Figura 5.45: Resultados dos professores da formação olímpica: questão relativa às áreas da Física em que os professores têm maior ou menor dificuldade em leccionar.

Averiguou-se também na escala de 1 (nenhum) a 5 (imenso) o apoio da Escola *Quark!* para o trabalho dos professores, a nível teórico e experimental. A nível teórico as respostas foram variadas, sendo a classificação 4 a mais atribuída. No que concerne ao nível experimental, a larga maioria dos professores, 70%, respondeu que apoiou imenso, classificação 5 (Fig. 5.46). Esta questão solicitava aos professores uma justificação da sua resposta e na Tabela 5.94 estão alguns testemunhos dos professores.

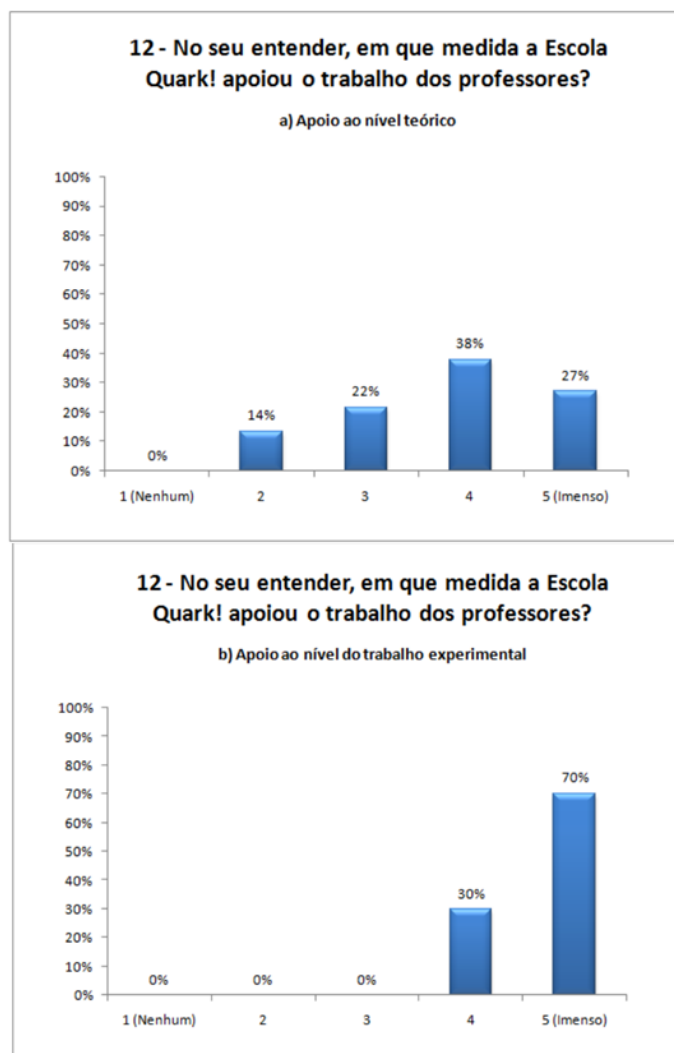


Figura 5.46: Resultados dos professores da formação olímpica: questão sobre o apoio da Escola *Quark!* ao trabalho dos professores a nível teórico e experimental.

12 - No seu entender, em que medida a Escola *Quark!*

apoiou o trabalho dos professores?

b) Apoio ao nível do trabalho experimental:

Poderá justificar a sua resposta, por favor?

“O apoio foi bom a nível de material e protocolos (e também análise).

Na realização das atividades pude descobrir e utilizar material

que nunca tinha usado.” Professor de 2012

“Passei a valorizar mais a construção dos gráficos e análise dos

resultados. Aprendi como com material elementar se pode desenvolver

atividades experimentais mesmo para alunos de nível mais baixo.” Professor de 2013

“A realização prévia das atividades experimentais e os protocolos

com as indicações metodológicas constituíram uma enorme mais valia.

As sugestões metodológicas, meticolosamente elaboradas e reveladoras

de um cuidado prévio, a que só os professores tinham acesso e acompanhavam

as atividades experimentais, vieram a revelar-se muito úteis e facilitadoras do

nosso trabalho de acompanhamento.” Professor de 2014

“Excelente: “hands-on”, materiais não muito caros. Desafiante.” Professor de 2014

“A ação de formação sobre a Física experimental olímpica proporciona aos

professores um grande apoio ao nível experimental.” Professor de 2015

Tabela 5.94: Resultados dos professores da formação olímpica: algumas justificações sobre o apoio da Escola *Quark!* aos professores no âmbito do trabalho experimental.

Os professores também se pronunciaram, numa questão de resposta aberta, sobre os conhecimentos e/ou competências docentes que, por terem colaborado na Escola *Quark!* e na formação da SPF, aperfeiçoaram e/ou adquiriram. O resumo das respostas está expresso na Tabela 5.95. Nas respostas destacam-se as competências experimentais e alguns conhecimentos teóricos em áreas específicas.

Resumo das respostas à pergunta 13

13 - Refira conhecimentos e/ou competências docentes que, por ter colaborado no presente ano na Escola *Quark!* aperfeçoou e/ou adquiriu:

a) Conhecimentos e/ou competências que já tinha e que aperfeçoou:

- Tratamento de dados e determinação de incertezas nas atividades experimentais;
 - Construção de gráficos e barras de erros em papel milimétrico;
 - Estudo das molas elásticas, som, resistências e correntes elétricas;
 - Linearização de um conjunto de dados obtidos em relação a uma expressão matemática;
 - Maior sensibilidade na abordagem e deteção de erros nas atividades experimentais;
 - Conceitos de Eletromagnetismo, fenómenos ondulatórios, difração da luz;
 - Noções de matemática (integração);
 - Análise e propagação de erros;
 - Manuseamento experimental;
 - Conceitos teóricos de Termodinâmica, Radiação e Física Computacional;
 - Cálculo de incertezas a partir do declive da reta;
 - Valorização do tempo de observação, execução e reflexão nas atividades experimentais;
 - Evolução na organização, tratamento e análise de dados em tabelas;
 - Maior agilidade na leitura de medidas.
-

b) Conhecimentos e/ou competências que não tinha e que adquiriu:

- Conceito de força de inércia;
 - Fenómenos termodinâmicos como o superarrefecimento;
 - Análise de erros (graficamente e analiticamente);
 - Conteúdos matemáticos;
 - Cálculo de incertezas;
 - Conhecimentos de Ótica (hologramas);
 - Tratar dados experimentais por métodos diferentes;
 - Determinar incertezas em retas de linearização de dados;
 - Definição da barra de erros para pontos experimentais;
 - Maior rigor na análise de dados, na elaboração de tabelas e na organização dos resultados.
-

Tabela 5.95: Resultados dos professores da formação olímpica: resumo das respostas sobre os conhecimentos e/ou competências que os professores dos alunos olímpicos já tinham e que aperfeçoaram e não tinham e adquiriram.

Também se pediu aos professores a sua opinião sobre o que poderia ser feito para que os alunos do Ensino Secundário melhorassem a sua aprendizagem na Física, questão que também foi colocada aos professores que participaram na Olimpíadas de Física de 2011 a 2015 e aos alunos da Escola *Quark!* de 2012 a 2015. O resumo das respostas dos professores está apresentado na Tabela 5.96. Há sugestões iguais e semelhantes às das duas amostras anteriores. Uma sugestão que nos parece pertinente foi a separação da disciplina de Ciências Físico-Químicas em duas disciplinas independentes ao longo de todo o percurso escolar. Desta forma, seria possível aprofundar os conceitos da disciplina de Física e ter professores com uma mais sólida formação científica em cada área.

Resumo das respostas à pergunta 15

15 - O que é que no seu entender, poderia ser feito para que os alunos do Ensino Secundário melhorassem a sua aprendizagem na Física?

- Motivar os docentes para incentivarem os alunos a envolverem-se em projetos de Física;
 - Melhorar as aprendizagens da matemática;
 - Dotar as escolas com melhores equipamentos e materiais para as atividades experimentais;
 - Reduzir o número de alunos por turma;
 - Aumentar a carga horária para a realização das atividades experimentais;
 - Mais formação para os professores a nível teórico e experimental;
 - Rever os programas para reforçar a componente experimental;
 - Diminuir o custo monetário das formações para professores;
 - Realizar atividades experimentais diferentes do currículo;
 - Alterar o sistema de exames que condiciona e limita a forma de ensinar;
 - Melhorar os manuais e os livros de Física nas bibliotecas das escolas;
 - Introduzir a realização de relatórios experimentais no 3º Ciclo;
 - Separar as disciplinas de Física e de Química nos 10º e 11º Anos;
 - Colocar professores com formação base em Física a leccionar a disciplina.
-

Tabela 5.96: Resultados dos professores da formação olímpica: resumo das respostas dos professores dos alunos olímpicos sobre o que poderia ser feito para melhorar a aprendizagem na disciplina de Física.

5.6.4 Questionário aos antigos alunos *Quarkianos*

O questionário aplicado aos antigos alunos da Escola *Quark!* foi muito abrangente e, no âmbito desta tese, apresentamos apenas os resultados mais relevantes. A maioria dos alunos que respondeu ao questionário frequentou o *Quark!* em 2014 e 2015 (Fig. 5.47).

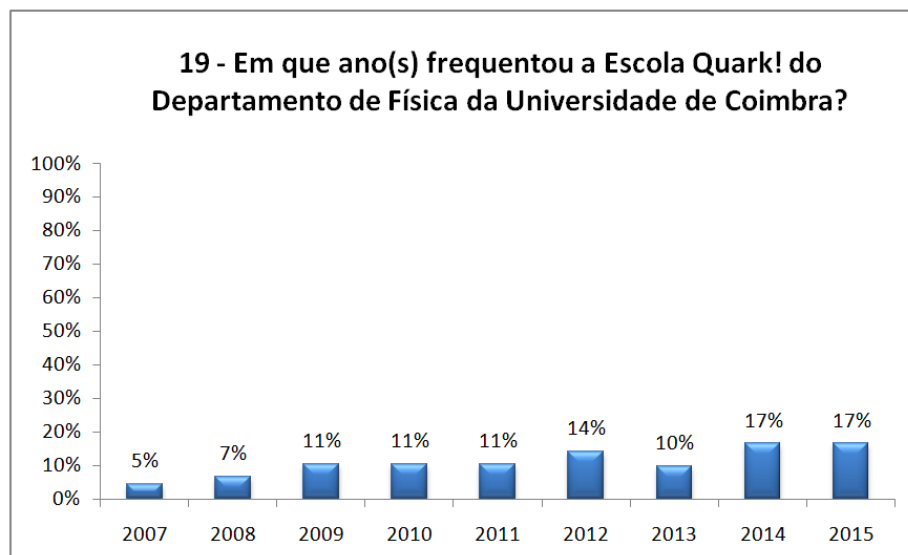


Figura 5.47: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre ano da frequência na escola.

As questões 22, 23 e 24 destinavam-se aos antigos alunos da Escola *Quark!* que tinham feito parte de uma pré-seleção olímpica. Estas questões foram respondidas por 76 alunos. A maioria deles não participou em qualquer competição (IPhO ou OIbF); dos que participaram 38% não foram premiados e a esmagadora maioria, 96%, considerou indispensável a participação na Escola *Quark!* para o treino olímpico (Tabela 5.97). A Menção Honrosa foi o prémio mais comum destes alunos.

Perguntas 22, 23 e 24 - Olimpíadas de Física	Resultados
22 - Se foi um dos alunos selecionados nas Olimpíadas Nacionais de Física ou na prova de seleção extraordinária para a pré-seleção olímpica, indique se representou Portugal:	Olimpíadas Internacionais de Física - 26% Olimpíadas Ibero-americanas de Física - 20% Não participou em qualquer competição - 54%
23 - Se participou numa das competições Internacionais:	Foi premiado(a) com uma medalha de ouro - 4% Foi premiado(a) com uma medalha de prata - 16% Foi premiado(a) com uma medalha de bronze - 18% Foi premiado(a) com uma menção honrosa - 24% Não foi premiado(a) - 38%
24 - Se foi aluno(a) olímpico(a), considera que a participação na Escola <i>Quark!</i> foi indispensável para a sua preparação olímpica?	Não - 4% Sim - 96%

Tabela 5.97: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre a participação nas Olimpíadas de Física e a contribuição da Escola *Quark!* na preparação olímpica.

A questão 26 solicitava a opinião dos alunos, numa escala de 1 a 5, sobre o ensino proporcionado na Escola *Quark!*, relativamente ao grau de dificuldade dos conteúdos, ao grau de exigência e às atividades extracurriculares. Esta questão também foi colocada anteriormente aos professores dos alunos da pré-seleção olímpica e as respostas são semelhantes. No que concerne à Escola *Quark!*, a maioria dos alunos, 57%, atribuiu o nível 4 ao grau de dificuldade dos conteúdos lecionados. A exigência e as atividades extracurriculares foram classificadas com o mesmo nível (Tabela 5.98). Há, no entanto, a destacar uma grande assimetria no grau de dificuldade dos conteúdos lecionados na Escola *Quark!* e na Escola Secundária, pois apenas 2% destes alunos considera as aulas do *Quark!* “nada difíceis” enquanto que 35% dos alunos dá esta classificação às aulas da Escola Secundária. A maioria dos alunos classifica o grau de exigência na Escola Secundária no nível 2 e no

Quark! no nível 4. Quanto às atividades extracurriculares atribuíram-lhe o nível 3 de pertinência quando realizadas na Escola Secundária e 4 para as realizadas no *Quark!*.

Pergunta 26 - Qual a sua opinião sobre o ensino proporcionado na Escola *Quark!* e o ensino que, em geral, é proporcionado na Escola Secundária?

	Resultados	
	Escola <i>Quark!</i>	Na Escola Secundária
a) Relativamente ao grau de dificuldade dos conteúdos lecionados:	1 (Nada difíceis) - 2%	1 (Nada difíceis) - 35%
	2 - 1%	2 - 40%
	3 - 14%	3 - 19%
	4 - 57%	4 - 4%
	5 (Muito difíceis) - 26%	5 (Muito difíceis) - 2%
b) Relativamente ao grau de exigência:	1 (Nada exigente) - 0%	1 (Nada exigente) - 19%
	2 - 4%	2 - 48%
	3 - 19%	3 - 24%
	4 - 43%	4 - 8%
	5 (Muito exigente) - 34%	5 (Muito exigente) - 2%
c) Relativamente às atividades extracurriculares:	1 (Nada pertinentes) - 1%	1 (Nada pertinentes) - 6%
	2 - 6%	2 - 23%
	3 - 13%	3 - 28%
	4 - 46%	4 - 25%
	5 (Muito pertinentes) - 34%	5 (Muito pertinentes) - 9%

Tabela 5.98: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre o ensino que é proporcionado na Escola *Quark!* e na Escola Secundária.

Relativamente aos conteúdos lecionados na Escola *Quark!*, a esmagadora maioria, 75%, dos alunos considerou-os interessantes e adequados ao nível dos participantes. Na questão 47 foram inquiridos sobre o que mais contribuiu para a aprendizagem dos conceitos de Física, e a qualidade científica dos professores da Escola *Quark!* foi a opção mais indicada. A seguir também valorizaram os problemas, os desafios propostos e os temas lecionados nas aulas. A questão 49 procurou averiguar a influência da Escola *Quark!* na decisão sobre o acesso ao Ensino Superior e 54% destes alunos indicaram os níveis 4 e 5

(influenciou muito) (Tabela 5.99).

Perguntas 37, 47 e 49	Resultados
37- Relativamente aos conteúdos lecionados na Escola <i>Quark!</i> considera-os:	Interessantes e adequados ao nível dos participantes - 75% Interessantes mas desadequados ao nível dos participantes - 25% Desinteressante mas adequado ao nível dos participantes - 0% Desinteressante e desadequados ao nível dos participantes - 0%
47 - Na Escola <i>Quark!</i> o que mais contribui para a aprendizagem dos conceitos científicos de Física:	A qualidade científica dos professores - 25% A seleção dos temas de Física lecionados nas aulas - 18% As metodologias de ensino - 16% A relação professor-aluno - 14% Os problemas e os desafios propostos - 20% A participação no Fórum <i>Quark!</i> - 5% Outros - 2%
49 - Em que medida considera que a Escola <i>Quark!</i> influenciou a sua decisão no acesso ao Ensino Superior?	1 (Não influenciou) - 15% 2 - 10% 3 - 22% 4 - 30% 5 (Influenciou muito) - 24%

Tabela 5.99: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: questões sobre os conteúdos lecionados, aprendizagem dos conceitos científicos e a influência da Escola *Quark!* no acesso ao Ensino Superior.

Questionados sobre o grau de dificuldade sentido na Escola *Quark!* relativamente à quantidade de conteúdos lecionados, à novidade dos conteúdos, ao ritmo das aulas, à duração de cada aula e sobre as ferramentas matemáticas essenciais, a maioria dos alunos respondeu o nível 4 para todos os tópicos, excepto na duração de cada aula onde 44% dos alunos indicou o nível 3 (Tabela 5.100). O tópico mais selecionado pelos alunos no nível 1 foi a duração de cada aula e no outro extremo, no nível 5, está a novidade dos conteúdos.

Resultados da pergunta 32					
32 - Qual o grau de dificuldade que sentiu na Escola <i>Quark!</i> relativamente a:	1	2	3	4	5
	(Nenhuma dificuldade)				(Muita dificuldade)
Quantidade de conteúdos	0%	0%	23%	49%	28%
Novidade dos conteúdos	1%	3%	11%	48%	37%
Ritmo das aulas	2%	4%	22%	37%	35%
Duração de cada aula	10%	17%	44%	21%	9%
Ferramentas matemáticas essenciais	1%	12%	33%	35%	19%

Tabela 5.100: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre o grau de dificuldade.

Perguntou-se a estes antigos alunos a sua opinião sobre se os conhecimentos de Matemática do 12º Ano são suficientes para acompanhar as aulas da Escola *Quark!* e 78% dos alunos respondeu negativamente. Na justificação das suas respostas, os alunos referiram sobretudo a necessidade de aprofundar o cálculo diferencial e de aprender os rudimentos do cálculo integral (Tabela 5.101).

Resultados da pergunta 38
Considera que os conhecimentos de Matemática ao nível do 12º Ano são suficientes para acompanhar as aulas da Escola <i>Quark!</i>?
Por favor, justifique.
Não - 78%
Sim - 22%

Tabela 5.101: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre os conhecimentos de Matemática ao nível do 12º Ano.

A Tabela 5.102 resume as respostas dos alunos à questão 40, que revela uma avaliação muito positiva da participação dos alunos na Escola *Quark!* em vários aspetos.

Resultados da pergunta 40					
40 - Em que medida considera que a participação na Escola <i>Quark!</i> contribui para:	1 (Nada)	2	3	4	5 (Muito)
Facilitar a aprendizagem de conteúdos de Física	0%	2%	8%	36%	54%
Aumentar o interesse pela disciplina de Física	0%	6%	8%	27%	59%
Melhorar o rendimento no Ensino Secundário	7%	19%	26%	24%	25%
Promover a autonomia no estudo	4%	8%	22%	32%	34%
Promover a definição ou clarificação vocacional	2%	7%	16%	37%	38%
Preparar para o Ensino Superior	1%	6%	11%	38%	44%
Melhorar o rendimento académico no Ensino Superior	1%	8%	22%	42%	27%

Tabela 5.102: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: opiniões sobre os contributos da Escola *Quark!* para a aprendizagem, interesse, rendimento no Ensino Secundário e Superior, autonomia, definição vocacional e preparação para o Ensino Superior.

Numa questão de resposta aberta, perguntávamos a opinião dos alunos antigos sobre as estratégias que poderão ser desenvolvidas para aumentar o interesse do estudantes do Ensino Secundário pela disciplina de Física. A Tabela 5.103 apresenta um resumo das respostas dos alunos. Mais uma vez é colocada a tónica na formação dos professores, na carga horária, nos programas, nas atividades extracurriculares e na promoção da experimentação nas escolas.

Na questão 51, também de resposta aberta solicitou-se a opinião dos alunos sobre as estratégias que poderão ser desenvolvidas para colmatar as dificuldades de aprendizagem na disciplina de Física. A Tabela 5.104 apresenta um resumo das suas respostas.

Resumo das respostas à pergunta 50

**Que estratégias poderão ser desenvolvidas
para aumentar o interesse pela disciplina de Física?**

- Cativar os alunos com o aumento do número de aulas experimentais;
 - Aumentar o número de temas abordados no programa e a sua profundidade;
 - Professores mais motivados, dedicados, dinâmicos e com mais conhecimentos de Física;
 - Atitude mais ativa por parte dos professores e menos negligência nas atividades experimentais;
 - Deixar os alunos experimentar e comprovar o que acontece na realidade;
 - Aumentar a carga horária para a transmissão de conteúdos;
 - Articular os programas de Matemática e de Física;
 - Divulgar a importância da Física em todos os cursos de Engenharia e Saúde;
 - Promover livros de qualidade de divulgação científica;
 - Colocar os alunos nos primeiros Ciclos a resolver problemas e a desenvolver o raciocínio lógico;
 - Maior interação com Universidades e Laboratórios de investigação;
 - Promover atividades extracurriculares, como por exemplo, visitas a Feiras, Centros de Ciência e Museus, palestras realizadas por cientistas, vistas de estudo ao CERN, etc.;
 - Sempre que possível explicar os conceitos abstratos com recurso a experiências, a demonstrações e aplicações no dia-a-dia;
 - Adaptar e promover projetos do género do *Quark!* para alunos que ainda não desenvolveram o gosto e o interesse pela Física.
-

Tabela 5.103: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: resumo das respostas sobre as estratégias que podem ser desenvolvidas para aumentar o interesse pela disciplina de Física.

Resumo das respostas à pergunta 50**Que estratégias poderão ser desenvolvidas
para colmatar as dificuldades de aprendizagem na disciplina de Física?**

- Separar as disciplinas de Física e de Química no Ensino Básico;
 - Reestruturar o programa e adequá-lo à carga horária;
 - Aumentar a ênfase na verificação experimental das leis;
 - Professor aplicar métodos mais didáticos e interativos;
 - Promover com assiduidade aulas experimentais;
 - Criar aulas tutoriais dadas pelos melhores alunos aos colegas com mais dificuldades;
 - Bons professores para ensinar Física e com paixão pela Ciência;
 - Diminuir o número de alunos por turma;
 - Evitar a repetição de conteúdos ano após ano letivo;
 - Não ensinar em função dos exames nacionais.
-

Tabela 5.104: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: resumo das respostas sobre as estratégias que podem ser desenvolvidas para colmatar as dificuldades de aprendizagem na disciplina de Física.

A questão 52 interrogava os alunos sobre a necessidade de se reforçar a componente experimental na disciplina de Física e a esmagadora maioria dos alunos, 83%, respondeu afirmativamente (Fig.5.48).

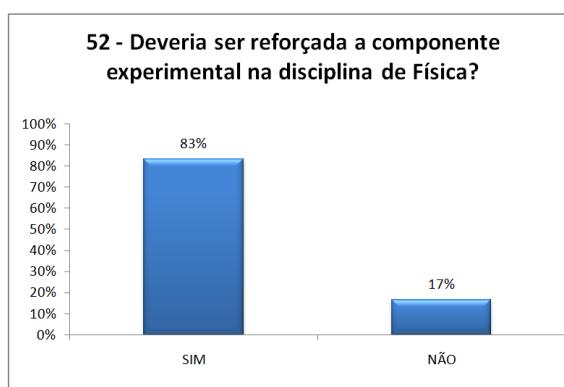


Figura 5.48: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: questão sobre o reforço da componente experimental na disciplina de Física.

Solicitávamos aos alunos uma justificção da sua resposta (Tabela 5.105). A valorização da experimentação na aprendizagem e no aumento do interesse pela Física são evidentes.

Resumo das Respostas à Pergunta 52

Deveria ser reforçada a componente experimental na disciplina de Física?

Por favor, justifique.

- Crucial para a compreensão dos temas teóricos;
 - Promover experiências mais criativas que levem os alunos a pensar nos métodos de resolução dos problemas a investigar;
 - Aumenta a curiosidade e desenvolve a criatividade;
 - Experimentação é inseparável da parte teórica da Física;
 - Aumenta o interesse quando é possível observar ao “vivo” leis e modelos comprovados matematicamente;
 - Aprende-se melhor a fazer experiência do que a ler fórmulas;
 - Importante para a preparação dos alunos para o Ensino Superior;
 - Experimentação ajuda a compreender que há medidas que não são exatas e que os erros associados ajudam a entender melhor o mundo que nos rodeia;
 - Não fazer exclusivamente experiências com relevância para o exame nacional;
 - No Ensino Superior são sentidas carências das competências experimentais.
-

Tabela 5.105: Resultados dos antigos alunos da Escola *Quark!*: justificção das respostas sobre o reforço da componente experimental na disciplina de Física.

Capítulo 6

Estudo Empírico II:

Intervenção nas Escolas Secundárias

*“I hear and I forget
I see and I remember
I do and I understand”*
Chinese Proverb

Este Capítulo contempla o Estudo II, desenvolvido em Escolas Secundárias com professores e alunos do 12º Ano da disciplina de Física. Acreditando que o modelo de ensino experimental olímpico é vantajoso e possível de aplicar a alunos com perfil diferente dos jovens “Olímpicos”, que são alunos excelentes e muito motivados, foram desenvolvidas algumas atividades experimentais para usar em sala de aula, inspiradas nas olimpíadas, mas contextualizadas nos programas do Ministério de Educação. O Capítulo inicia-se com a enumeração dos objetivos específicos do estudo, a caracterização das amostras escolares e a descrição dos instrumentos, materiais didáticos e procedimentos usados. Segue-se a descrição das 3 atividades experimentais implementadas nas escolas no contexto deste estudo quanto ao seu desenvolvimento, preparação e execução na sala de aula. O Capítulo termina com a apresentação dos resultados.

6.1 Objetivos específicos do Estudo II

- Adaptar e testar a eficácia do modelo de atividade experimental “olímpica” em contexto de sala de aula, com alunos do 12º Ano da disciplina de Física, inserida na lecionação do programa em vigor;
- Produzir *kits* para as atividades experimentais com materiais simples, de fácil acesso e baixo custo e em número suficiente para a sua implementação em grupos de 2 alunos;
- Disponibilizar aos alunos guiões para a realização das atividades experimentais;
- Desenvolver guiões para os professores com sugestões metodológicas de exploração das atividades experimentais e resultados típicos;
- Avaliar as aprendizagens dos alunos com as atividades experimentais;
- Avaliar o interesse dos alunos pelas atividades experimentais;
- Avaliar a exequibilidade deste modelo de atividade experimental em turmas com alunos que apresentam diferentes ritmos de aprendizagem.

Caracterização das amostras escolares

Como já foi dito no Capítulo 4, o Estudo II envolveu 2 amostras da população-alvo escolar (Tabela 6.1).

Amostras	Nº de sujeitos que responderam ao questionário
Alunos do 12º Ano de 2015	$n=238$
Professores a leccionar a disciplina de Física do 12º Ano de 2015	$n=9$

Tabela 6.1: Amostras da população-alvo da escola.

Colaboraram neste estudo 8 escolas públicas e estiveram envolvidas 12 turmas de Física do 12º Ano de escolaridade. Cada turma foi dividida em 2 turnos, experimental e de controlo (total de 24 turnos). Estes alunos pertenciam a escolas inseridas num contexto favorável segundo o *ranking* de 2015 para as escolas do Ensino Básico e Secundário do Jornal Público e da Universidade Católica Portuguesa [302].

Os alunos do 12º Ano que participaram neste estudo tinham idades entre os 17 e os 19 anos. Os alunos do género masculino estavam em maior percentagem, 82%. O espectro das notas destes alunos no final do 3º Período na disciplina de Física do 12º Ano do Ensino Secundário variou entre os 8 e os 20 valores, ficando a média das classificações em 15,96 valores (Tabela 6.2).

Os encarregados de educação tinham maioritariamente (64%) formação académica superior (Fig. 6.1).

Os 9 professores das Escolas Secundárias tinham uma idade média de 50 anos, 44% dos professores eram do género masculino e 56% do género feminino. O tempo médio de serviço era de 26 anos. A maioria destes professores tinha como formação base universitária o curso de Física para o ensino (33,3%), o curso de Química (33,3%) ou o curso de Física e Química para ensino (22,2%). A maioria dos professores (66,7%) não tinha outro grau académico ou especialização para além da Licenciatura (Tabela 6.3).

Alunos do 12º Ano das Escolas Secundárias	
Nº de sujeitos	$n = 238^*$
Idade	17 anos 58%
	18 anos 39%
	19 anos 3%
Género	M - 82%
	F - 18%
Avaliação final do 3º Período na disciplina de Física do 12º Ano do Ensino Secundário	Física
	média 15,96 valores
	20 - 11,3%
	19 - 10,5%
	18 - 13,0%
	17 - 17,2%
	16 - 10,5%
	15 - 7,1%
	14 - 8,8%
	13 - 6,7%
	12 - 4,2%
11 - 3,4%	
10 - 5,9%	
9 - 0,4%	
8 - 0,8%	

Tabela 6.2: Caracterização dos alunos do 12º Ano das Escolas Secundárias.

Nota: *Participaram neste estudo 311 alunos mas só responderam ao questionário 238.

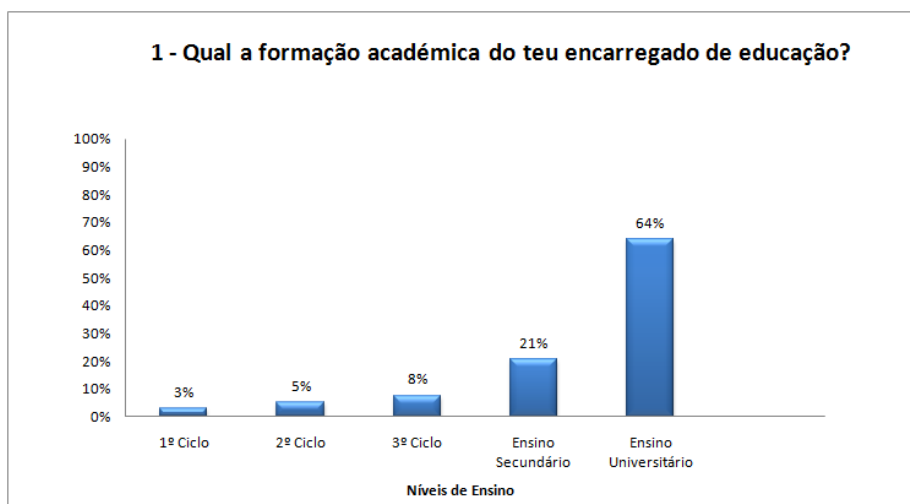


Figura 6.1: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre a formação académica do encarregado de educação.

Professores das Escolas Secundárias	
Nº de sujeitos	$n = 9$
Idade	Média 50 anos
Género	M - 44% F - 56%
Tempo de serviço	Média 26 anos
Formação base na Universidade	Física - 0% Física para o ensino - 33,3% Química - 33,3% Física e Química para o ensino - 22,2% Química para o ensino - 0% Outra - 11,1%
Para além da licenciatura, tem outro grau académico ou alguma especialização	Outra Licenciatura - 0% Mestrado - 11,1% Doutoramento - 0% Pós-Doutoramento - 0% Especialização - 22,2% Outro - 0% Não - 66,7%

Tabela 6.3: Caracterização dos professores das Escolas Secundárias que leccionaram nas turmas do 12º Ano.

Instrumentos e Materiais didáticos

Neste estudo foram implementadas 3 atividades experimentais, 2 questionários, testes e 1 entrevista.

1. **As 3 atividades experimentais**¹ produzidas estavam de acordo com o programa do 12º Ano do Ministério da Educação e a estrutura da atividade experimental foi igual à usada da Escola *Quark!*. Foi fornecido um guião para os alunos e um documento com sugestões metodológicas para os professores que incluía resultados típicos e a sua análise. Aos alunos das Escolas Secundárias também foi proposto um desafio experimental de criatividade em cada atividade experimental. A Tabela 6.4 mostra o título das atividades experimentais realizada nas escolas e o número de *kits* produzidos. Algumas atividades decorreram em simultâneo em 2 escolas, tendo sido por isso necessário um número de *kits* superior ao número de alunos por turno de cada escola. Além disso, houve a preocupação de disponibilizar 2 ou 3 *kits* de reserva para eventuais anomalias.

Atividades Experimentais	Nº de <i>kits</i>
“Coeficiente de viscosidade de um líquido”	15
“Características de um recetor e gerador”	30
“Construção de um relógio logarítmico”	25

Tabela 6.4: Número total de *kits* produzidos por cada atividade experimental no Estudo II.

2. **Os pré e pós testes** foram aplicados, em 2015, a todos os alunos dos turnos experimental e de controlo e tinham a seguinte configuração: na atividade experimental “Coeficiente de viscosidade de um líquido”, o pré-teste **O** (em apêndice) foi constituído por 8 perguntas: 5 sobre os conceitos teóricos subjacentes à componente prática e 3 sobre o procedimento experimental. O pós-teste **P** (em apêndice) tinha

¹No Volume II da tese.

- 2 perguntas iguais ao pré-teste, 5 perguntas avaliavam os mesmos conteúdos do pré-teste, mas eram apresentadas de um modo diferente. Incluímos ainda uma pergunta nova. Na atividade experimental “*Características de um recetor e de um gerador*” o pré e pós-testes **Q** (em apêndice) eram iguais e tinham 7 perguntas: 2 teóricas e 5 sobre o procedimento experimental. Na atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*” o pré e pós-testes **R** (em apêndice) também eram iguais, consistindo em 8 perguntas, 5 teóricas e 3 sobre o procedimento experimental.
3. **O primeiro questionário** foi aplicado em 2015 a todos os alunos dos turnos experimental **S** (em apêndice) e de controlo **T** (em apêndice). Continha 3 perguntas que versavam sobre as dificuldades (conceptuais, operacionais e de análise de dados) e o interesse dos alunos nas 3 atividades experimentais.
 4. **O segundo questionário U** (em apêndice) foi também aplicado, em 2015, a todos os alunos (turno experimental e turno de controlo) do 12º Ano da disciplina de Física das 8 escolas. Consistia em 33 perguntas sobre a disciplina de Física e as atividades experimentais. As perguntas deste questionário eram iguais às do questionário aplicado aos alunos que frequentaram a Escola *Quark!*, de 2013 a 2015, apenas foram suprimidas as perguntas específicas sobre a Escola *Quark!* (itens 19, 20, 21 e 22).
 5. **A entrevista V** (em apêndice) realizada aos professores, teve a forma de uma entrevista estruturada com questões sobre os seguintes assuntos: ensino da Física (perguntas 1 a 4), currículo oficial do 12º Ano (perguntas 5 a 6), aprendizagem da Física (perguntas 7 a 12), atividades experimentais (perguntas 13 a 19) e formação do professor (perguntas 20 a 24).

Procedimentos

Ao longo desta tese, já referimos que as atividades experimentais podem servir vários fins, e no nosso caso, atendendo às limitações temporais, não foi possível avaliar competências experimentais no Estudo II, mas avaliámos conhecimentos e capacidades científicas.

As atividades foram realizadas pelo mesmo professor nos turnos experimental e de

controlo, tendo os alunos sido colocados num ou noutra turma pela ordem numérica do seu número de aluno.

A implementação das atividades experimentais teve a seguinte organização: no turno experimental os alunos realizaram a atividade em grupos de apenas 2 alunos, tendo nós fornecido o protocolo e todo o material e equipamento. O tratamento de dados foi feito manualmente, os gráficos foram registados em papel milimétrico e o relatório foi feito na aula. Ao professor foi também disponibilizado um guião com sugestões metodológicas e os resultados expectáveis da atividade.

No turno de controlo os alunos realizaram a atividade experimental proposta pelo professor da turma, em grupos de 3 ou mais alunos, seguindo o protocolo do manual escolar e usando o material disponível na escola. O tratamento de dados e os gráficos foram realizados da forma usual, recorrendo à máquina de calcular e/ou computador, sendo o relatório feito pelos alunos em casa ou na escola.

Ambos os turnos realizaram, na mesma aula, um pré-teste e um pós-teste² com o objetivo de avaliar conhecimentos científicos relacionados com a temática abordada na atividade experimental. Estes testes estavam de acordo com as orientações curriculares do Ministério da Educação, e algumas questões foram iguais ou semelhantes às questões pré e pós-laboratoriais de alguns manuais escolares. Desta forma, os alunos de ambos os turnos já estavam familiarizados com o tipo de perguntas. Foi pedido ao professor que aplicasse o pré e pós-testes na aula que antecedeu e na aula que imediatamente se seguiu à realização da atividade experimental, respetivamente. Os alunos não foram avisados previamente da realização dos pré e pós-testes e não tiveram acesso aos resultados destes testes.

Após a realização da atividade experimental, os alunos dos 2 turnos responderam a um questionário sobre as dificuldades encontradas, procurando identificar problemas de índole conceptual, operacional ou de análise de dados. Solicitou-se, ainda, a todos os alunos que se pronunciassem sobre o seu interesse pela atividade realizada, justificando a resposta. Aos professores foi pedida uma análise dos aspetos positivos e negativos da

²Os procedimentos para aplicação dos testes e dos questionários já foram descritos no Capítulo 4.

aula experimental e a apresentação de sugestões, em formato aberto.

6.2 AE 1: “*Coeficiente de viscosidade de um líquido*”

Esta atividade experimental está enquadrada na Unidade I - “*Mecânica*”, temática “*Mecânica de Fluidos*” e no sub-tema “*Hidrodinâmica*” do programa da disciplina de Física do 12º Ano [248]. O desenvolvimento da atividade experimental contemplou os objetivos de aprendizagem propostos pela tutela (Tabela 6.5).

Esta experiência obrigatória do programa teve como inspiração uma atividade experimental da OIBF realizada em Salvador no ano de 2004 [303] que, por sua vez, foi inspirada na prova experimental da IPhO de 1995, realizada em Camberra (Austrália) [304]. A experiência consiste no estudo do movimento de uma esfera de aço, no seio de um líquido viscoso (detergente líquido), contido num tubo cilíndrico e a medição da viscosidade do fluido por aplicação da lei de *Stokes*. Com vista a tornar mais desafiante esta atividade experimental, foi proposto aos alunos do turno experimental, para além do que era solicitado no manual escolar, que investigassem o efeito da proximidade das paredes do tubo cilíndrico e a influência da temperatura na viscosidade aparente do fluido. Ao incluir na atividade experimental estas novas vertentes, procurámos não desvirtuar a experiência do programa oficial. Na versão “olímpica” os alunos são desafiados a investigar um problema novo, a executar várias tarefas “*hands-on*”, a explorar melhor os dados e a articular vários conceitos científicos de forma a compreenderem mais profundamente a lei de *Stokes*.

Em termos operacionais, **os alunos do turno experimental** tinham que medir a temperatura do fluido no interior do cilindro, as massas e os diâmetros das esferas, pesar cerca de 200 ml de fluido numa proveta, medir o diâmetro do tubo cilíndrico e altura do fluido no tubo, deixar cair a esfera no fluido e determinar a distância entre as 2 marcas no tubo em que o movimento era uniforme. Para medir a velocidade terminal das várias esferas de aço no fluido, os alunos mediam o tempo que cada esfera demorava a percorrer a distância entre as 2 marcas na parte final do tubo mas pedia-se também que registassem em vídeo o movimento de, pelo menos, uma esfera de cada diâmetro para posterior análise

com o programa de *Tracker* de vídeo [305].

Enquadramento teórico da atividade experimental “Coeficiente de viscosidade de um líquido” no programa do 12º Ano do Ministério da Educação - 2004
<p>Objetivos da atividade experimental:</p> <p>“ -Identificar as forças que atuam num corpo que cai, sob a ação da gravidade, no seio de um fluido viscoso e aplicar a Segunda Lei de Newton.</p> <p>- Medir massas volúmicas.</p> <p>- Determinar a velocidade terminal de um corpo que cai no seio de um fluido viscoso</p> <p>- Determinar o coeficiente de viscosidade de um líquido.”</p>
<p>Atividade está incluída no sub-tema “Hidrodinâmica”, que tem os seguintes objetivos de aprendizagem:</p> <p>“ - Identificar regime estacionário como aquele em que o vector velocidade do fluido em cada ponto é constante ao longo do tempo.</p> <p>- Identificar linha de corrente que passa num ponto com a trajetória de uma partícula do fluido que passa nesse ponto.</p> <p>- Reconhecer que duas linhas de corrente não se cruzam em nenhum ponto.</p> <p>- Identificar as linhas de corrente como as linhas de um campo de velocidades.</p> <p>- Interpretar o significado de caudal.</p> <p>- Interpretar e aplicar a equação de continuidade.</p> <p>- Interpretar a equação de Bernoulli.</p> <p>- Explicar situações do dia-a-dia com base na equação de Bernoulli.</p> <p>- Interpretar a dependência da força de resistência com a velocidade de um corpo no seio de um fluido.</p> <p>- Reconhecer a existência de maior ou menor viscosidade num fluido.”</p>

Tabela 6.5: Enquadramento teórico da atividade experimental “*Coeficiente de viscosidade de um líquido*” no programa do Ministério da Educação.

Na análise de dados os alunos tinham autonomia para organizar os dados em tabelas. A partir das suas medidas determinavam a massa volúmica do aço e do fluido, calculavam

o valor médio das velocidades terminais, v , para cada conjunto de esferas de igual raio, r , esboçavam o gráfico de v em função de r^2 em papel milimétrico e, a partir deste gráfico, obtinham o valor do coeficiente de viscosidade do fluido. A seguir, com as expressões disponibilizadas no guião da atividade experimental, os alunos calculavam a velocidade terminal corrigida do efeito das paredes do tubo cilíndrico, v_{corr} . As velocidades corrigidas, v_{corr} , eram também representadas em função de r^2 para comparar com o gráfico anterior, usando velocidades não corrigidas. O gráfico da velocidade corrigida é uma reta que passa pela origem, com um coeficiente de correlação próximo de um, o que não acontece quando se usam valores não corrigidos, Fig.6.2), pondo em evidência o efeito da proximidade das paredes do tubo.

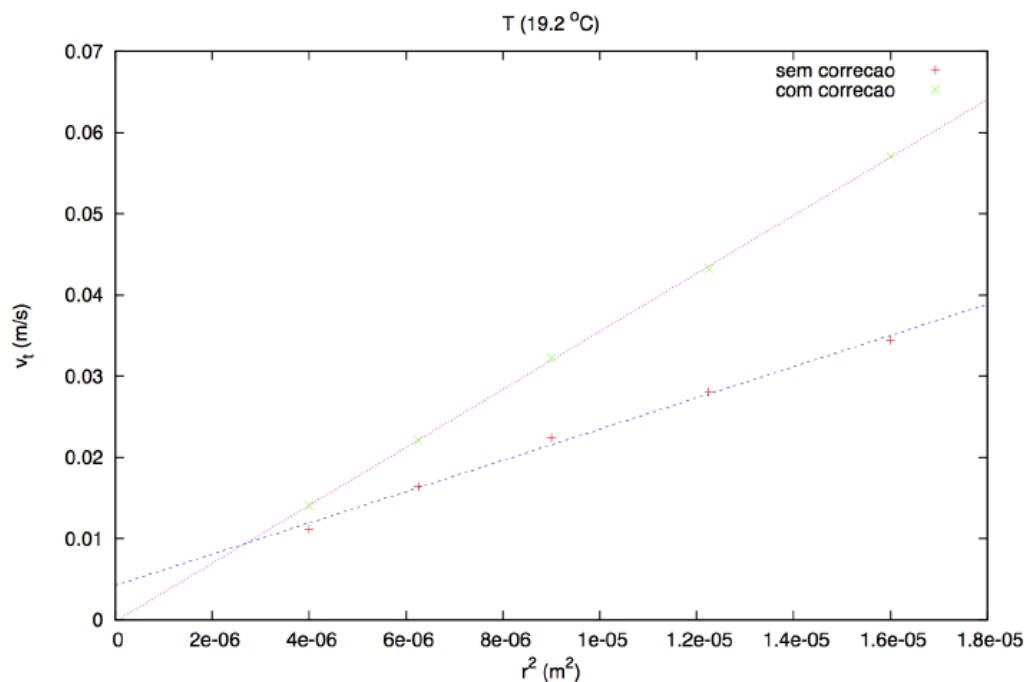


Figura 6.2: Gráfico da velocidade terminal em função do quadrado do raio da esfera. A vermelho são representados os dados em bruto, sem correção do efeito das paredes; a verde são representados os dados corrigidos do efeito das paredes.

A inclusão do “efeito das paredes” na exploração da atividade foi, por nós, considerada importante porque são evidentes da experiência as limitações de aplicabilidade da lei de

Stokes, que só é rigorosa para um fluido infinito [306]. Ora tal situação não se verifica quando a esfera se encontra próxima das paredes do cilindro. A não utilização da correção do efeito das paredes introduz um erro sistemático muito importante, pois o valor do declive de v em função de r^2 (que foi usado para o cálculo da viscosidade) praticamente duplica após a correção. Os alunos dos turnos experimentais puderam, assim, verificar que o uso da velocidade terminal corrigida resulta num valor errado, por excesso, para a viscosidade do fluido. Na aula do turno experimental formaram-se grupos de alunos que trabalharam com tubos de diferentes diâmetros e alturas e a diferentes temperaturas, e assim, verificaram a influência do erro sistemático, num estudo experimental (Fig. 6.3).

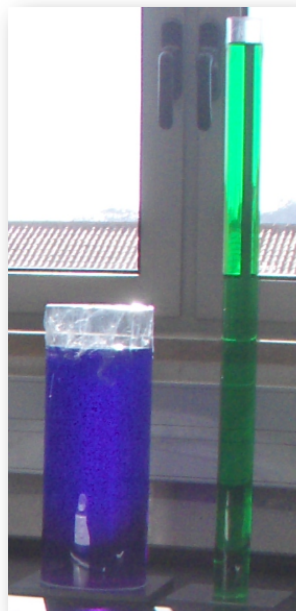


Figura 6.3: Tubos de acrílico com diferentes diâmetros e alturas.

Para comparar os resultados, o professor construiu na aula um quadro que sintetizava os resultados obtidos pelos diferentes grupos de alunos. Na discussão dos resultados, os alunos puderam concluir que o efeito das paredes do tubo foi menor para o tubo de maior diâmetro e que a viscosidade do fluido diminui com o aumento da temperatura. Ao turno experimental também foi proposta uma atividade criativa suplementar que solicitava a aquisição em vídeo do movimento da queda da esfera no fluido para posterior tratamento de dados no programa *Tracker*. Este programa permite analisar os “*frames*” de vídeo e

deles extrair a posição da esfera em função do tempo, o que permite calcular de forma mais precisa a sua velocidade terminal.

Como já foi referido anteriormente nos procedimentos, os alunos trabalharam na aula experimental em grupos de 2 alunos. A Fig. 6.4 é representativa do ambiente de sala de aula proporcionado aos alunos.



Figura 6.4: Alunos do turno experimental a realizar atividade experimental “*Coefficiente de viscosidade de um líquido*” em grupos de 2 alunos e com material e equipamento simples. Fonte: As 2 primeiras imagens são da autoria de Helena Melo, 2015.

Os **alunos dos turnos de controlo** realizaram a atividade experimental da forma preconizada nos manuais escolares adotados. Embora os procedimentos indicados fossem semelhantes aos da nossa atividade, registam-se as seguintes principais diferenças. O fluido viscoso proposto e usado foi a glicerina, que é uma substância higroscópica e cuja viscosidade depende fortemente do seu teor de água o que dificulta a reprodutibilidade dos resultados. As esferas utilizadas foram em menor número e o tubo utilizado era uma proveta, em geral de pequeno diâmetro comparado com o dos tubos por nós usados. Não foi investigada a dependência da temperatura. O tratamento de dados e os gráficos foram realizados recorrendo a máquina de calcular gráfica. Alguns professores disponibilizaram aos alunos do turno de controlo um protocolo que já continha as tabelas pré-organizadas para a recolha de dados, pelo que os alunos apenas tiveram que preencher as tabelas com os valores numéricos. O efeito das paredes do tubo na velocidade terminal foi considerado, apenas, por um professor no seu turno de controlo, apesar de o programa alertar: “O

diâmetro da proveta utilizada na experiência deve ser muito superior ao das esferas, caso contrário o coeficiente de viscosidade virá afetado por um erro resultante do diâmetro finito do tubo (a lei de Stokes assume uma extensão infinita do fluido)”, Programa de Física 12º Ano, pp.59, 2004 [248]. Apenas o livro [307] de apoio ao professor disponibilizava uma expressão para corrigir a velocidade terminal devido ao efeito das paredes Eq. 6.1

$$v_{corr} = \frac{v_t}{(1 - \frac{r}{R})^{2,3}}. \quad (6.1)$$

Como usaram apenas uma proveta, os alunos do turno de controlo não tiveram a oportunidade de comprovar o efeito do diâmetro da proveta na velocidade terminal das esferas. O ajuste linear dos dados também não deu uma reta a passar na origem como previsto pelo modelo teórico, e os ajustes lineares tinham coeficientes de correlação mais afastados do valor ideal.

6.3 AE 2: “*Características de um gerador e de um recetor*”

A segunda atividade experimental enquadra-se na Unidade II - “*Eletricidade e Magnetismo*”, temática “*Circuitos elétricos*”, sub-tema “*Trocas de energia num circuito elétrico*” do programa da disciplina de Física do 12º Ano [248]. O desenvolvimento da atividade experimental cumpriu os objetivos de aprendizagem propostos pelo Ministério da Educação (Tabela 6.6).

A esta atividade experimental deu-se, mais uma vez, um carácter “olímpico”, aprofundando os conceitos científicos e procurando que os alunos manuseassem vários equipamentos e materiais e realizassem todos os tratamentos de dados manualmente.

Enquadramento teórico da atividade experimental

“Características de um gerador e de um recetor”

no programa do 12º Ano do Ministério da Educação - 2004

Objetivos da atividade experimental:

- “ - *Aplicar a lei de Ohm generalizada.*
- *Determinar a força eletromotriz e a resistência interna de um gerador.*
- *Verificar as condições em que a potência fornecida por um gerador é máxima.*
- *Determinar a força contra-eletromotriz e a resistência interna de um recetor.”*

Atividade está incluída no sub-tema “Trocas de energia num circuito elétrico”, que tem os seguintes objetivos de aprendizagem:

- “ - *Associar o gerador a um elemento do circuito que transfere energia para o circuito.*
- *Associar o recetor a um elemento do circuito para onde é transferida energia.*
- *Explicar o efeito de Joule com base em considerações energéticas.*
- *Aplicar a Lei de Joule.*
- *Interpretar o significado de força eletromotriz de um gerador como a energia que ele transfere para o circuito, por unidade de carga que atravessa o gerador.*
- *Definir potência de um gerador.*
- *Reconhecer a existência de resistência interna num gerador e determinar a potência útil que ele pode disponibilizar para o circuito.*
- *Determinar a diferença de potencial nos terminais de um gerador.*
- *Interpretar o significado de força contra-eletromotriz de um recetor com a energia que o recetor recebe e transforma noutra forma de energia, por unidade de carga que atravessa o recetor.*
- *Reconhecer a existência de resistência interna num recetor, e concluir que a potência transferida para o recetor é superior àquela que ele pode disponibilizar.*
- *Determinar a diferença de potencial nos terminais de um recetor.”*

Tabela 6.6: Enquadramento teórico da atividade experimental “Características de um gerador e de um recetor” no programa do Ministério da Educação.

Os alunos dos turnos experimentais tinham que investigar na experiência as características de um gerador (uma pilha nova de 4,5 V e uma pilha usada de 4,5 V) e as

características de um recetor não puramente resistivo (voltâmetro). Para obter as características de um gerador, os alunos montaram um circuito elétrico inicialmente com uma pilha, um interruptor, um voltímetro e uma resistência em série com a pilha e mediram a diferença de potencial aos terminais da resistência elétrica, partindo de resistências de valor elevado para resistências de baixo valor. As resistências usadas de menor valor, $0,5 \Omega$ e 1Ω , foram feitas com fio de *Kanthal*³ [308] porque as resistências comerciais disponíveis no mercado tinham um custo elevado. Com estas resistências rudimentares os alunos puderam verificar facilmente, porque o fio é visível, que as resistências “aquecem” quando percorridas por uma corrente elevada (Fig. 6.5).

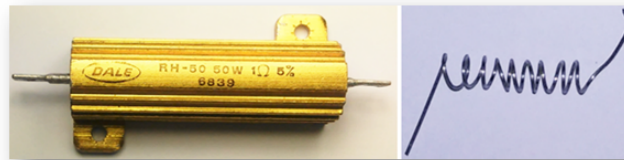


Figura 6.5: Duas resistências de 1Ω : à esquerda uma resistência comercial (50 W, com dissipador térmico) e à direita uma resistência improvisada com fio de *Kanthal*.

Começando por usar uma pilha nova, os alunos recolheram os dados $U(R)$ que organizavam numa tabela. No tratamento de dados, os alunos aplicaram a lei de Ohm para calcular a intensidade de corrente no circuito e construíam o gráfico da tensão aos terminais do gerador, U , em função da corrente, I , em papel milimétrico. Um ajuste linear à função $U = \varepsilon - r_i I$ permitia aos alunos obter o valor da resistência interna (módulo do declive) e o valor da força eletromotriz (ordenada na origem) do gerador. Este procedimento foi repetido para determinar as características ε e r_i da pilha usada. Os alunos também tinham que determinar a potência útil disponibilizada pelo gerador e dissipada na resistência e construir os gráficos correspondentes em função da resistência externa, comparando as pilhas nova e usada. Através dos gráficos, os alunos tinham que inferir que a potência útil é máxima quando a resistência interna da pilha é igual à resistência externa do circuito [309]. Os alunos puderam constatar que a resistência interna de uma

³Liga da família FeCrAl.

pilha aumenta com o seu uso (Fig. 6.6) e que a potência útil de uma pilha usada é inferior à de uma pilha nova.

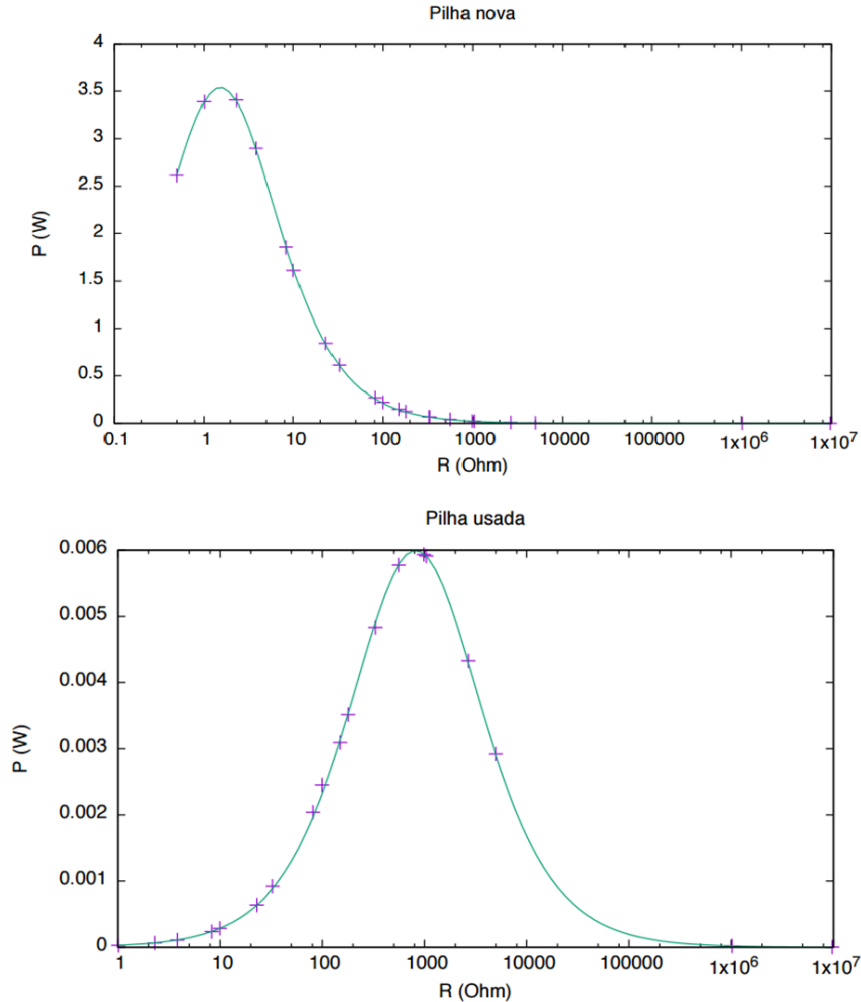


Figura 6.6: Gráfico da potência útil, P_u , que é a potência dissipada na resistência externa R ligada à pilha, em função do valor R . O primeiro gráfico corresponde à pilha nova e o segundo gráfico à pilha usada. As curvas a cheio representam o ajuste à expressão teórica, $P(R) = \frac{\varepsilon^2}{(R+r_i)^2}$.

Para o estudo das características de um recetor não puramente resistivo optou-se por usar como recetor, em vez de um motor, um voltâmetro, por se considerar que este tem mais vantagens em termos didáticos. Por um lado, muitas escolas não dispõem de motores elétricos com características adequadas para esta experiência e a sua aquisição é dispendiosa quando se pretende implementar este trabalho experimental com um número

elevado de alunos. Por outro lado, alguns motores usados nas escolas apresentam características não ideais, uma vez que a sua força contra-eletromotriz depende da velocidade de rotação e esta, por sua vez, depende da tensão aplicada aos seus terminais. Nesta situação, a relação (U, I) para o motor não é linear.

Um pequeno voltâmetro foi improvisado pelos alunos com um copo de plástico de 200 ml, 2 minas de grafite (2 mm 200 HB) e uma tampa de esferovite (Fig. 6.7). As duas minas de grafite foram usadas como elétrodos e para eletrólito usou-se solução aquosa acidificada com sumo de limão (ácido cítrico).



Figura 6.7: Construção de um voltâmetro com materiais simples, de fácil acesso e de baixo custo.

Na execução, os alunos do turno experimental tinham que montar o voltâmetro, colocar o sumo de limão no interior do copo de plástico e diluí-lo com água. A seguir montavam um circuito elétrico com um potenciômetro (para muitos alunos foi a primeira vez que contactaram com este dispositivo), um voltímetro, um amperímetro, uma pilha nova de 4,5 V e o seu voltâmetro. Iniciavam a recolha de dados rodando devagar o potenciômetro e registavam em simultâneo um conjunto de valores da intensidade de corrente, I , e da diferença de potencial U aos terminais do voltâmetro. Para a análise dos dados os alunos também tinham que esboçar o gráfico de $U(I)$ em papel milimétrico e proceder a um ajuste linear $U = \varepsilon' + r'_i I$ aos dados, obtendo o módulo do declive que correspondia ao valor da resistência interna e a ordenada na origem que dá o valor da força contra-eletromotriz.

O voltâmetro apresentava para intensidades de correntes baixas um comportamento

não linear, sendo o comportamento linear observado apenas aproximadamente, e numa região limitada de valores, para correntes mais elevadas. O modelo linear para a curva característica do voltâmetro é apenas um modelo aproximado. Para observar a região de comportamento não linear foram disponibilizados amperímetros ou multímetros com sensibilidade para medir correntes da ordem de $10 \mu A$. Usando o voltâmetro, os alunos puderam observar as bolhas de gás que se formavam nas paredes dos elétrodos de grafite. Estas bolhas correspondem ao hidrogénio e ao oxigénio que se formam como resultado da dissociação da água. Os alunos puderam verificar que as bolhas só se formavam para um potencial superior a, aproximadamente, $E_0 = 1,7 \text{ V}$ (potencial de dissociação da água) [310]. No gráfico da Fig. 6.8 é possível verificar que a corrente é praticamente nula para tensões inferiores E_0 .

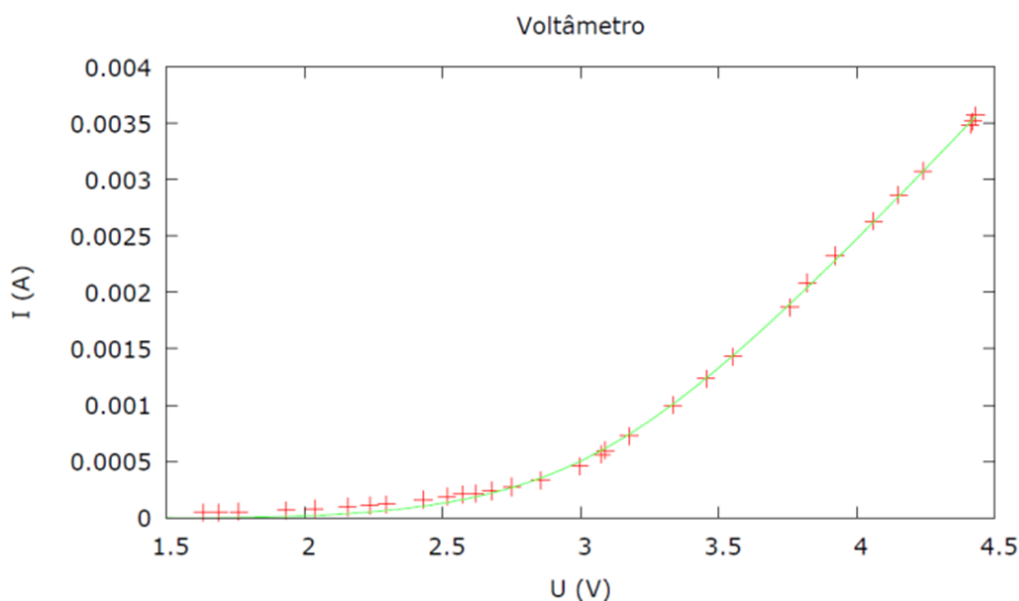


Figura 6.8: Gráfico da intensidade de corrente, I , em função da diferença de potencial, U , para o estudo das características de um recetor não puramente resistivo (voltâmetro). A linha a verde corresponde a um modelo mais sofisticado, não linear, do comportamento elétrico de uma célula eletrolítica.

Havendo tempo, a exploração com os alunos dos aspetos termodinâmicos e eletroquímicos do voltâmetro também foi sugerida aos professores para uma melhor compreensão

das características deste recetor não puramente resistivo. É interessante explorar esta característica do voltâmetro interligando conceitos de química e física. Com estes materiais alternativos foi mais uma vez possível multiplicar os *kits* permitindo um trabalho em grupo de apenas 2 alunos de forma a que todos os alunos pudessem efetivamente, colocar a “mão na massa” (Fig. 6.9).



Figura 6.9: Alunos do turno experimental a realizar atividade experimental “*Características de um gerador e recetor*” em grupos de 2 alunos e com material e equipamento simples. Fonte: As 2 primeiras imagens são da autoria de Helena Melo, 2015.

A atividade de criatividade proposta ao turno experimental sugeria a substituição do voltâmetro no circuito elétrico por um motor elétrico de corrente contínua de um brinquedo. Os alunos podiam assim explorar as diferenças e semelhanças entre o voltâmetro e o motor, enquanto recetores elétricos.

Os alunos dos turnos de controlo fizeram maioritariamente a experiência do estudo das características do gerador com o circuito elétrico constituído por um reóstato, em vez de resistências discretas, pilhas, um voltímetro e um amperímetro. A análise dos dados foi feita com recurso à máquina de calcular gráfica. No estudo das características do recetor, apenas um turno de controlo fez a atividade experimental com um voltâmetro disponível na escola, os restantes turnos de controlo fizeram a experiência com motores elétricos escolares. O escasso número reóstatos, voltímetros e motores disponíveis na escola obrigou à constituição de grupos de alunos mais numerosos (5 ou 6 alunos) nos turnos de controlo.

6.4 AE 3: “*Construção de um relógio logarítmico*”

A atividade experimental enquadra-se na Unidade II - “*Eletricidade e Magnetismo*”, na temática “*Circuitos elétricos*”, sub-tema “*Equações dos circuitos elétricos*” do programa da disciplina de Física do 12º Ano [248]. O desenvolvimento da atividade experimental cumpriu os objetivos de aprendizagem propostos pelo Ministério da Educação (Tabela 6.7).

<p>Enquadramento teórico da atividade experimental</p> <p>“<i>Construção de um relógio logarítmico</i>”</p> <p>no programa do 12º Ano do Ministério da Educação</p>
<p>Objetivos da atividade experimental:</p> <ul style="list-style-type: none"> “ - <i>Determinar a resistência interna de um multímetro no modo voltímetro.</i> - <i>Determinar a capacidade de um condensador a partir do estudo da sua curva de descarga.</i> - <i>Reconhecer o processo de descarga de um condensador como um processo de medir o tempo.</i>” <p>Atividade está incluída no sub-tema “<i>Equações dos circuitos elétricos</i>”, que tem os seguintes objetivos de aprendizagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> “ - <i>Aplicar a Lei de Ohm generalizada a um circuito simples com gerador e receptor.</i> - <i>Determinar resistências equivalentes.</i> - <i>Identificar as curvas características de carga e descarga de um circuito RC.</i>”

Tabela 6.7: Enquadramento teórico da atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*” no programa do Ministério da Educação.

Nesta atividade experimental **os alunos dos turnos experimentais** determinaram a capacidade de um condensador por 2 métodos alternativos. No primeiro método, o condensador é descarregado através de uma resistência de valor conhecido, no segundo método usa-se o condensador num circuito temporizador com o integrado LM555 [311, 312]. Desta forma, os alunos do turno experimental tiveram a possibilidade de comparar os dois resultados e ainda ver uma aplicação prática dos condensadores e do circuito LM555. Na execução experimental os alunos começaram por determinar a resistência interna do voltímetro, usando o próprio voltímetro com um elemento de divisor de tensão, em série

com uma resistência de $10\text{ M}\Omega$. Como a tensão medida no voltímetro era metade da tensão aplicada ao divisor de tensão, concluíram que a resistência interna do multímetro era, também, de $10\text{ M}\Omega$.

De seguida, os alunos passaram à segunda parte da atividade experimental, onde carregavam um condensador de $10\text{ }\mu\text{F}$ e o descarregavam através da resistência interna do multímetro, no modo de voltímetro. O registo da tensão em função do tempo foi realizado manualmente, sendo o tempo medido com um cronómetro. Na análise dos dados, foi pedida a representação gráfica da curva de descarga na forma semi-logarítmica (gráfico do lado esquerdo da Fig. 6.10). O ajuste linear $U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ na forma $\ln U = \ln U_0 - \frac{t}{RC}$, permitiu calcular o valor da constante tempo do circuito, RC . Como os alunos tinham medido o valor da resistência interna, R , do voltímetro puderam obter, a partir da constante de tempo RC medida, o valor experimental da capacidade do condensador, C .

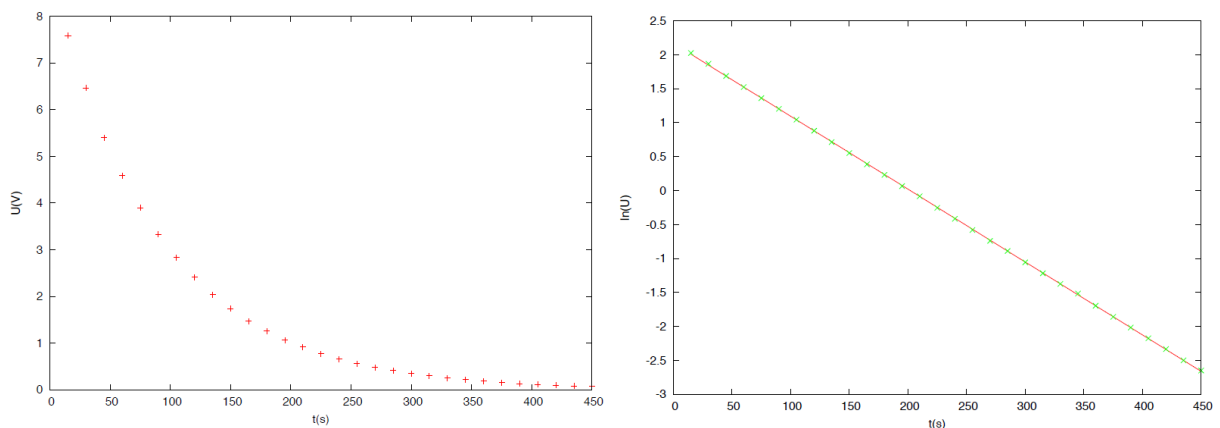


Figura 6.10: Gráfico do lado esquerdo representa a tensão, U , aos terminais do condensador em função do tempo, t , durante a descarga do condensador. No lado direito está o gráfico do logaritmo da tensão, $\ln U$, aos terminais do condensador em função do tempo, t , durante a descarga do condensador.

Esta atividade permite mostrar que a descarga de um condensador pode servir de relógio logarítmico, pois há uma variação linear entre o logaritmo da tensão, U , aos terminais do condensador e o tempo de descarga, t .

Os dados obtidos nesta atividade experimental são tipicamente muito bons, pelo que os alunos puderam determinar com boa precisão a constante de tempo do circuito. A incerteza no valor de C é determinada, sobretudo, pela incerteza no valor da resistência interna do voltímetro, que depende, por sua vez, da incerteza do aparelho de medida e do valor da resistência calibrada.

Continuando no desenho de atividades experimentais desafiantes, próximas do paradigma olímpico, mas sem desvirtuar a experiência do manual escolar, incluímos um segundo método para calcular a capacidade do condensador, envolvendo o circuito integrado LM555 (Fig. 6.11). Os circuitos RC formam a base de muitos temporizadores que utilizamos quotidianamente. Este circuito integrado muito comum permite temporizar dispositivos a uma frequência determinada por condensadores e resistências que se ligam ao circuito integrado. A montagem completa do circuito elétrico, cujo objetivo era fazer piscar um LED com uma dada frequência, apresentava algumas dificuldades indicadas para os alunos, pelo que foram realizadas previamente algumas das respetivas ligações a tracejado na Fig. 6.11. Os alunos tinham apenas que fazer as ligações em falta, que correspondem às linhas fechadas na Fig. 6.11.

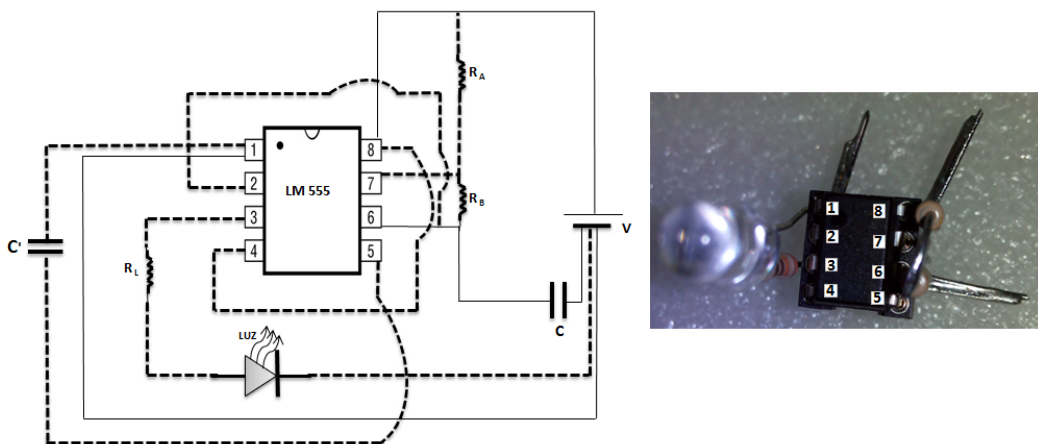


Figura 6.11: Circuito integrado LM555 e esquema do circuito usado para determinar a capacidade do condensador.

Aos alunos foi disponibilizada a explicação do funcionamento do circuito integrado e do circuito da Fig. 6.11. A diferença de potencial aos terminais 31 do circuito é uma onda

retangular, de amplitude igual à tensão de alimentação do integrado e com características temporais determinadas pelas resistências R_A e R_B e pela capacidade do condensador, C . O condensador carrega através das resistências R_A e R_B até atingir $\frac{2}{3}$ da carga máxima e descarrega através da resistência R_B até atingir $\frac{1}{3}$ da carga máxima. Estas situações eram traduzidas pelo acender e apagar do LED. O período da onda retangular é $T = \tau_1 + \tau_2$, onde τ_1 é o tempo de carga e τ_2 é o tempo de descarga (Fig. 6.12 [311]).

É possível mostrar que $\tau_1 = \ln(2) (R_A + R_B) C$ e $\tau_2 = \ln(2) R_B C$ pelo que se medirmos T e conhecermos R_A e R_B , podemos determinar C a partir da Eq. 6.2,

$$T = \tau_1 + \tau_2 = \ln(2) (R_A + 2R_B) C. \quad (6.2)$$

Na Fig. 6.11 estão representados dois condensadores C e C' . O condensador C' estava pré-montado no circuito e serve apenas para estabilizar a tensão de alimentação. O valor de C' não entra nos cálculos na Eq. 6.2 pois não afeta o período de carga e descarga do condensador nem o período do sinal retangular que faz piscar o LED.

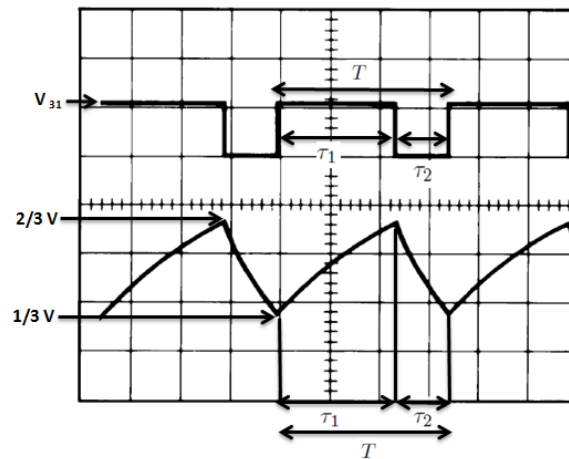


Figura 6.12: Circuito integrado LM555: carga e descarga.

No circuito integrado 555 os alunos mediam com um cronómetro a frequência do “Pisca-pisca”, $f = \frac{1}{T}$, e também o tempo que o LED ficava aceso (τ_1). A determinação de τ_1 exigia mais perícia dos alunos para encontrar a melhor estratégia para medir τ_1 com boa precisão. Para os cálculos, foram disponibilizados aos alunos os valores das

resistências R_A e R_B e as respectivas incertezas. A partir dos valores de T e τ_1 e usando as equações anteriores determinaram a capacidade, C , do condensador. Depois compararam com o valor teórico e com o valor obtido pelo método anterior, do relógio logarítmico.

Este tipo de circuito tem muitas aplicações no dia-a-dia, por exemplo, nos *pacemakers*, nos limpadores para-brisas dos automóveis, etc., e a atividade de criatividade desafiava os alunos a construir um temporizador para um limpador para-brisas com três velocidades, com base no circuito elétrico LM555.

Estes *kits* experimentais são baratos (o LM555 custa 0,50 €) adequando-se bem à estratégia de promover um ensino experimental para grupos de apenas 2 alunos, recorrendo a materiais de baixo custo, fácil acesso e manuseamento simples (Fig. 6.13).



Figura 6.13: Alunos do turno experimental a realizar atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*” em grupos de 2 alunos e com material e equipamento simples. Fonte: As 2 primeiras imagens são da autoria de João Correia, 2015.

Os alunos dos turnos de controlo também montaram os circuitos elétricos para determinar a resistência interna do voltímetro e para carregar e descarregar o condensador, C . O tratamento de dados foi feito novamente com a calculadora gráfica. A partir do gráfico da descarga do condensador e a partir da regressão linear dos dados usando a expressão $\ln U = \ln U_0 - \frac{t}{RC}$, determinaram o valor da capacidade do condensador. Os alunos não realizaram mais nenhum procedimento experimental e apenas puderam concluir que o processo de descarga de um condensador pode ser usado para medir o tempo, mas não implementaram uma aplicação prática deste princípio.

Preço (€) dos kits experimentais

Para as 3 atividades experimentais foram calculados os valores (€) aproximados dos custos por *kit* com e sem (Tabela 6.8) os instrumentos de medida.

Atividades Experimentais	Preço(€) por <i>kit</i>	Preço (€) por <i>kit</i>*
<i>“Coeficiente de viscosidade de um líquido”</i>	68,15	18,65
<i>“Características de um gerador e de um recetor”</i>	69,05	23,05
<i>“Construção de um relógio logarítmico”</i>	34,10	8,60

* Não incluindo instrumentos de medida
(multímetros, cronómetros, craveiras, termómetros, balança de precisão)

Tabela 6.8: Estimativa do custo monetário, por cada *kit*, para cada uma das 3 atividades experimentais aplicadas no Estudo II.

O Ministério da Educação quando implementa os novos programas das disciplinas de Ciências deveria calcular o preço por *kit* das atividades experimentais, pois ajudaria a aferir se as escolas têm condições financeiras para suportar os custos dos materiais e equipamentos. Se todos os alunos colocarem as “mãos na massa” a aquisição de um número elevado de *kits* fará com que os valores envolvidos por atividade experimental aumentem mas pode haver economias de escala.

Reflexão dos professores sobre AE’s

No final das atividades experimentais foi solicitado aos professores uma pequena reflexão sobre os aspetos positivos e negativos das atividades propostas bem como a apresentação de sugestões para a sua melhoria. Apresenta-se, de seguida, um sumário destas reflexões⁴ dos professores:

⁴Alguns excertos das reflexões podem ser lidos no apêndice W.

- Como **aspectos positivos** destas atividades foram referidos o interesse, a motivação e o empenho dos alunos nas atividades e a possibilidade de realizar o trabalho experimental em grupos de apenas 2 alunos. Tal permitiu que os professores descobrissem as dificuldades individuais de cada aluno, o que é mais difícil com grupos numerosos. Foi ainda valorizado o trabalho com uma abordagem *hands-on* diferente da habitual, a disponibilização de todos os materiais e equipamentos devidamente testados e preparados para as atividades experimentais, bem como sugestões metodológicas fornecidas.
- Quanto aos **aspectos negativos**, referiram que os alunos demonstraram dificuldades básicas na construção manual de gráficos, na análise dos dados (retas de linearização) e em cumprir as tarefas propostas nos 90 minutos de aula. Houve falta de compreensão dos alunos para a necessidade de se fazer o maior número de medições possíveis. Foi, ainda, referido que alguns alunos podiam estar menos motivados para estas atividades experimentais devido ao fato de elas não serem contabilizadas para a avaliação final da disciplina.
- Nas **sugestões**, foi unânime entre os professores que estas atividades deveriam ser implementadas numa aula de 135 minutos, que era o tempo que os professores dispunham há uns anos para a realização das aulas experimentais, mas que foi reduzido pelo Ministério da Educação nas recentes reformas do ensino.

6.5 Resultados

6.5.1 Primeiro questionário sobre a atividade experimental

Atividade Experimental | “*Coefficiente de Viscosidade de um líquido*”

No questionário em que os alunos avaliavam as suas dificuldades conceptuais, operacionais, de análise de dados e o interesse pela atividade, pronunciaram-se 93 alunos do turno experimental e 104 alunos do turno de controlo. As dificuldades declaradas por alguns alunos de ambos os turnos experimental e de controlo podem ser consultadas na Tabela

6.9.

Resumo das dificuldades dos alunos na Atividade experimental “ <i>Coefficiente de Viscosidade de um Líquido</i> ”		
Dificuldades	Turno Experimental	Turno Controlo
Conceptuais	- Compreender as fórmulas	- Compreender as fórmulas
	- Relacionar o tamanho da esfera e a rapidez com que esta atinge a velocidade terminal	- Relacionar o tamanho da esfera e a rapidez com que esta atinge a velocidade terminal
	- Compreender o conceito de viscosidade	- Compreender o conceito de viscosidade
Operacionais (instrumentais)	- Trabalhar com as fórmulas	- Relacionar as forças que atuam na esfera no interior do fluido
	- Medir os raios das esferas com a craveira	- Determinar a incerteza das leituras na craveira
	- Deixar cair as esferas sem tocar nas paredes do tubo	- Deixar cair as esferas sem tocar nas paredes da proveta
Análise de dados	- Determinar com precisão o tempo que as esferas levaram a percorrer as duas marcas assinaladas	- Determinar com precisão o tempo que as esferas levaram a percorrer as duas marcas assinaladas
	- Calcular o fator de correção	- Estabelecer relações entre os valores na expressão para calcular o coeficiente de viscosidade
	- Fazer a conversão das unidades	- Fazer a conversão das unidades
	- Calcular erros e incertezas	- Calcular erros e incertezas
	- Fazer o gráfico e escolher as escalas	- Fazer o gráfico e determinar o declive
	- Traçar a reta que melhor se ajusta aos dados	- Trabalhar com algarismos significativos
	- Falta de tempo para fazer os cálculos manualmente	- Calcular a massa volúmica

Tabela 6.9: Resumo das dificuldades dos alunos dos turnos experimental e controlo na atividade experimental “*Coefficiente de viscosidade de um líquido*”.

Verifica-se que, de um modo geral, as dificuldades foram semelhantes. A nível con-

ceptual, ambos os turnos tiveram dificuldades na compreensão de algumas fórmulas e nos conceitos de viscosidade, massa volúmica e força de resistência. No que diz respeito às dificuldades operacionais, as dificuldades mais frequentes foram no uso da craveira e na medição do tempo de queda das esferas. Na análise de dados, calcular erros, converter unidades e esboçar os fazer gráficos foram as dificuldades partilhadas por ambos os turnos. É surpreendente constatar que alunos pré-universitários ainda têm dificuldade a aplicar as leis de Newton, a manipular uma craveira ou a fazer gráficos em papel milimétrico.

Em geral, os alunos de ambos os turnos demonstraram interesse pela atividade experimental. Era pedido que indicassem o seu interesse numa escala de 1 (nenhum) a 5 (muito) sendo a classificação de 4 e 5 a mais frequente quer nos turnos experimentais, quer de controlo (Fig. 6.14).

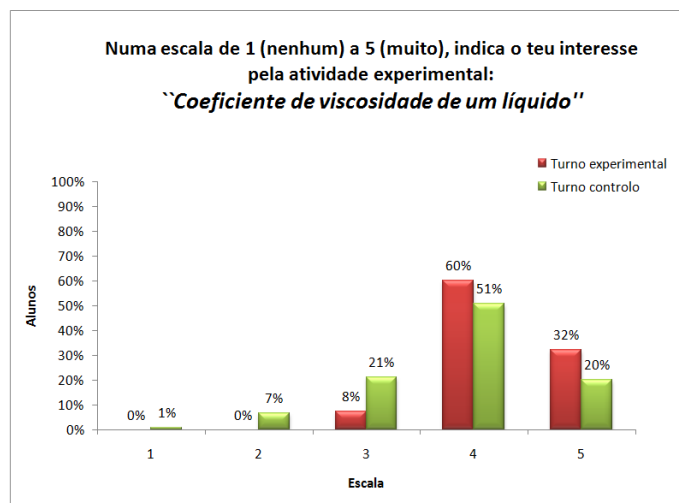


Figura 6.14: Avaliação do interesse dos alunos dos turnos experimental e controlo pela atividade experimental “*Coeficiente de Viscosidade de um líquido*”.

No entanto, há uma aumento de 9% e de 12% para as classificações de 4 e 5, respetivamente, dos alunos dos turnos experimentais relativamente aos de controlo. Nesta questão os alunos também tinham que justificar o seu interesse pela atividade e na Tabela 6.10 são apresentadas algumas das suas respostas. Salientamos a opinião dos alunos do turno experimental sobre uma melhor compreensão dos conceitos teóricos com a exploração mais detalhada da experiência.

Numa escala de 1 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu interesse pela atividade experimental:

“Coeficiente de Viscosidade de um Líquido”

Justifica tua resposta

Turno Experimental	Turno Controlo
- <i>“Achei muito interessante pois podemos estudar os resultados e a própria experiência de forma mais aprofundada, levando a uma melhor compreensão da mesma e da matéria associada.”</i>	- <i>“Gostei do facto de termos sido nós os responsáveis pela realização da atividade experimental, bem como pela recolha e análise de dados.”</i>
- <i>“Foi uma experiência que me cativou, onde me fez superar algumas dificuldades e aprender sempre algo de novo.”</i>	- <i>“Esta matéria não é muito interessante para mim. No entanto, os esclarecimentos que nos foram dados foram muito enriquecedores o que permitiu um trabalho produtivo e interessante.”</i>
- <i>“A atividade foi interessante porque conseguimos usar a aprendizagem nas aulas em algo prático.”</i>	- <i>“Foi uma atividade que me ajudou a compreender melhor esta matéria.”</i>
- <i>“A meu ver, ao realizar atividades experimentais é mais fácil cativar a atenção dos alunos, pois ao praticar é mais fácil adquirir conhecimento.”</i>	- <i>“A atividade experimental era interessante porque através da experiência chegamos a dados concretos, que eram confirmados pela teoria.”</i>
- <i>“Foi uma atividade que me agradou bastante, os diversos processos e diversos cálculos que utilizámos e realizámos foram um pouco trabalhosos mas sem um grau de dificuldade muito elevado e o facto de termos diversas esferas de vários diâmetro permitiu que a experiência fosse engraçada, apoiada pelos diversos materiais destinados à sua realização.”</i>	- <i>“Porque eu gosto de fazer trabalhos experimentais.”</i>

Tabela 6.10: Algumas respostas dos alunos que justificam a avaliação do interesse pela atividade experimental *“Coeficiente de Viscosidade de um líquido”*.

Atividade Experimental | “Características de um recetor e de um gerador”

Nesta atividade responderam ao questionário 104 alunos do turno experimental e 111 alunos do turno de controlo. As principais dificuldades conceptuais, operacionais e de análise de dados apontadas pelos alunos estão elencadas na Tabela 6.11.

Resumo das dificuldades dos alunos na Atividade experimental “Características de um recetor e de um gerador”		
Dificuldades	Turno Experimental	Turno Controlo
Conceptuais	- Interpretar as fórmulas	- Interpretar as fórmulas
	- Compreender os conceitos de potência útil e resistência interna	- Compreender os conceitos de potência útil e resistência interna
	- Compreender o conceito de força electromotriz	- Compreender o conceito de força electromotriz
	- Conceptualizar os circuitos elétricos	- Entender o conceito de intensidade de corrente
	- Distinguir o sentido real e convencional da corrente elétrica	- Compreender a utilidade do recetor elétrico
Operacionais (instrumentais)	- Usar o voltímetro e o amperímetro	- Usar o voltímetro e o amperímetro
	- Montar os circuitos elétricos	- Montar os circuitos elétricos
	- Escolher as escalas do voltímetro e do amperímetro	- Escolher as escalas do voltímetro e do amperímetro
	- Montar o circuito do voltímetro	- Manusear o reóstato
	- Manusear o potenciômetro	- Não deixar descarregar a pilha
Análise de dados	- Selecionar os valores para fazer os gráficos	- Organizar os dados
	- Fazer o gráfico em papel milimétrico e escolher as escalas	- Fazer os gráficos na calculadora
	- Falta de tempo para fazer os cálculos	- Erros na interpretação das fórmulas que provocaram erros na análise de dados
	- Calcular erros e incertezas	- Verificar em que condições a potência fornecida era máxima
	- Interpretar os dados e fazer linearizações	- Calcular a potência dissipada

Tabela 6.11: Resumo das dificuldades dos alunos dos turnos experimental e controlo na atividade experimental “Características de um recetor e de um gerador”.

Alguns alunos do turno experimental e do turno de controlo tiveram as mesmas difi-

culdades conceituais na compreensão das equações envolvidas na experiência, nos conceitos de potência útil, resistência interna e força eletro e contra-eletromotriz. Quanto às dificuldades operacionais, ambos os turnos apresentaram dificuldades a montar os circuitos elétricos, na utilização do voltímetro e do amperímetro, no manuseamento do potenciômetro (turno experimental) e do reóstato (turno de controlo). Na análise de dados, os alunos do turno experimental apresentaram mais dificuldades porque lhes era pedido o tratamento manual dos dados e o esboço dos gráficos em papel milimétrico. Os alunos tinham que escolher as escalas, os eixos, as unidades e obter as retas de linearização dos dados. Ao longo do seu percurso escolar os estudantes estão muito dependentes da máquina de calcular gráfica, não sendo de estranhar que tenham dificuldades em executar manualmente este tipo de tarefas.

Mais uma vez, a maioria dos alunos de ambos os turnos mostrou interesse pela atividade experimental, classificando o seu interesse na escala de 1 a 5 entre os níveis 4 e 5 (Fig. 6.15).

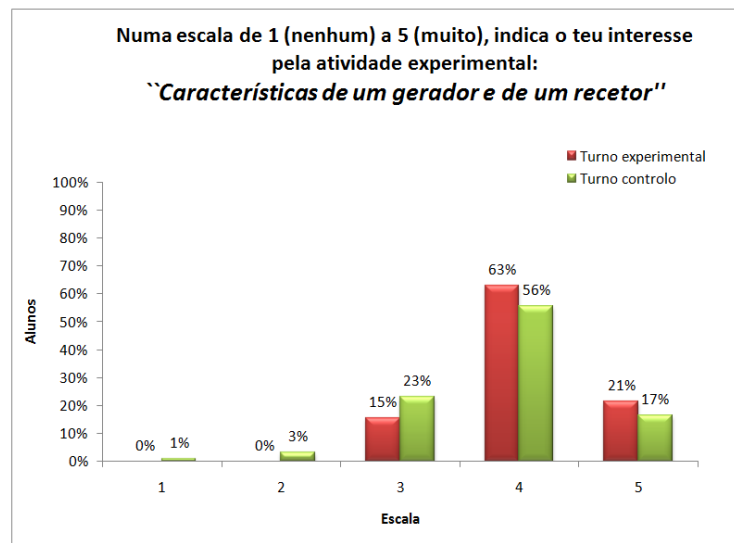


Figura 6.15: Avaliação do interesse dos alunos dos turnos experimental e controlo pela atividade experimental *“Características de um recetor e de um gerador”*.

No entanto, os valores dos alunos do turno experimental ultrapassam um pouco os do turno de controlo no nível 4 (mais 7%) e no nível 5 (mais 4%). Ao pronunciarem-se, os

alunos tinham mais uma vez que justificar a sua resposta. Destacamos o seu interesse pela montagem de circuitos elétricos, e a ajuda da atividade para a compreensão de conceitos teóricos de Eletricidade sem recurso a livros ou à prática de exercícios. Partilhamos algumas respostas de ambos os turnos na Tabela 6.12.

Numa escala de 1 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu interesse pela atividade experimental: <i>“Características de um gerador e de um recetor”</i> Justifica tua resposta	
Turno Experimental	Turno Controlo
<p>-“Aprendi a fazer gráficos e regressões à mão. Foi muito positivo trabalhar sem calculadora.”</p>	<p>-“A atividade experimental ajudou-me a perceber algumas coisas que eu ainda não tinha percebido.”</p>
<p>-“Foi muito interessante fazer a atividade e comparar a pilha velha e a pilha nova, e observar experimentalmente o aumento da resistência interna com o gasto da pilha; e também fazer a comparação entre recetores puramente e não puramente resistivos.”</p>	<p>-“Ajudou-me a compreender melhor a utilização prática da teoria nas aulas e a execução é bastante esclarecedora e fácil de compreender.”</p>
<p>-“Dado nunca ter efetuado um grande número de atividades laboratoriais envolvendo circuitos elétricos, achei a atividade interessante. Foi também agradável ver como é uma atividade efetuada com um nível de rigor superior ao normal.”</p>	<p>-“É interessante ver como funciona um circuito elétrico sem ser através de exercícios ou livros. Esta é uma boa forma de ensinar.”</p>
<p>-“Porque apesar de interessante, circuitos elétricos não são algo que me inspirem muito.”</p>	<p>-“Foi uma experiência interessante, apesar desta matéria não ser, para mim, muito cativante.”</p>
<p>- “Todas as experiências práticas têm um valor incalculável no futuro dos alunos que tencionam seguir áreas relacionadas com Física.”</p>	<p>- “Achei a atividade prática muito interessante e didática em que aprendemos a medir a força electromotriz e a resistência interna de um gerador.”</p>

Tabela 6.12: Algumas respostas dos alunos que justificam a avaliação do interesse pela atividade experimental *“Características de um gerador e de um recetor”*.

Atividade Experimental | “*Construção de um relógio logarítmico*” Responderam ao questionário sobre esta atividade experimental 99 alunos do turno experimental e 83 alunos do turno controlo. As maiores dificuldades sinalizadas por alunos de ambos os turnos estão resumidas na Tabela 6.13.

Resumo das dificuldades dos alunos na Atividade experimental “ <i>Construção de um relógio logarítmico</i> ”		
Dificuldades	Turno Experimental	Turno Controlo
Conceptuais	<ul style="list-style-type: none"> - Entender o conceito de capacidade, C, de um condensador e da constante tempo de um circuito RC - Ausência de alguns conceitos de eletricidade - Reconhecer que o voltímetro tem uma resistência interna - Compreender o significado de algumas fórmulas matemáticas com logaritmos 	<ul style="list-style-type: none"> - Entender o conceito de capacidade, C, de um condensador e da constante tempo de um circuito RC - Ausência de alguns conceitos de eletricidade - Reconhecer que o voltímetro tem uma resistência interna - Compreender as fórmulas
Operacionais (instrumentais)	<ul style="list-style-type: none"> - Montar o circuito elétrico - Usar o voltímetro - Montar o circuito elétrico sem queimar o LED - Colocar os crocodilos nos terminais da pilha - Coordenar a leitura no cronómetro com o acender e apagar do LED 	<ul style="list-style-type: none"> - Montar o circuito elétrico - Usar o voltímetro - Mau contacto das ligações
Análise de dados	<ul style="list-style-type: none"> - Organizar os dados - Fazer o gráfico em papel milimétrico 	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer o gráfico - Interpretar o gráfico

Tabela 6.13: Resumo das dificuldades dos alunos dos turnos experimental e controlo na atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*”.

Nas dificuldades conceptuais destacam-se a falta de conhecimentos básicos de eletricidade reconhecidas por vários alunos e que demonstram que estão pouco à vontade com

este tema e dificuldades na compreensão e “manipulação” das fórmulas matemáticas, que envolvem logaritmos. Na parte operacional, a montagem de circuitos elétricos e o correto manuseamento do voltímetro foram as dificuldades mais pronunciadas. Na análise de dados, a dificuldade principal centra-se, de novo, na elaboração manual dos gráficos.

Nesta atividade experimental, a esmagadora maioria dos alunos dos turnos experimentais voltou a classificar em 4 e 5 o seu interesse pela atividade. Já no que concerne aos alunos dos turnos de controlo, a maior percentagem de respostas está centrada nos valores 3 e 4 (Fig. 6.16).

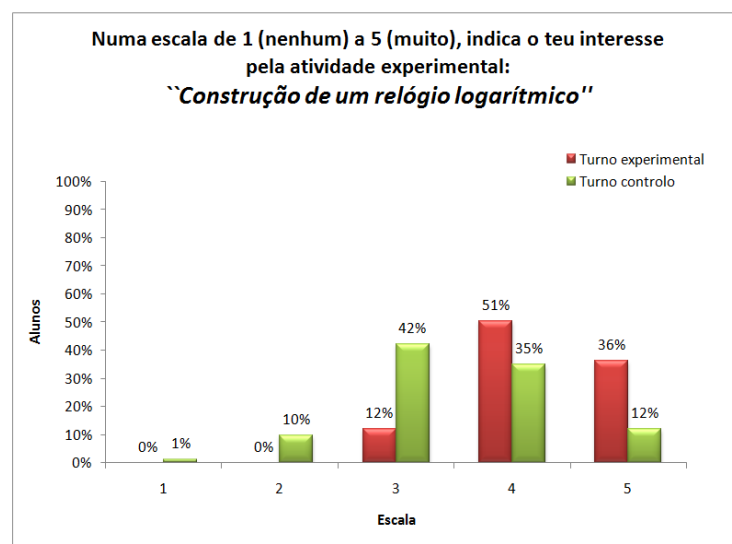


Figura 6.16: Avaliação do interesse dos alunos dos turnos experimental e controlo pela atividade experimental *“Construção de um relógio logarítmico”*.

Há um aumento relativo de 16% e de 24% nas classificações de 4 e 5, respetivamente, do turno experimental face ao do controlo. É particularmente significativa a diferença observada no nível 5. Na Tabela 6.14 compilam-se algumas justificações das classificações atribuídas pelos os alunos.

Numa escala de 1 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu interesse pela atividade experimental:
“Construção de um relógio logarítmico”

Justifica tua resposta

Turno Experimental	Turno Controlo
- <i>“Sempre que fazemos uma atividade experimental o nosso interesse aumenta porque é uma aula diferente e percebe-se muito bem a matéria porque vemos onde utilizamos aquilo que aprendemos teoricamente.”</i>	- <i>“Sempre que fazemos uma atividade experimental o nosso interesse aumenta porque é uma aula diferente e percebe-se muito bem a matéria porque vemos onde utilizamos aquilo que aprendemos teoricamente.”</i>
- <i>“Acho que devem ser feitas mais experiências destas, pois aumentam o nível de interesse pela disciplina e consequentemente aumenta o nosso conhecimento.”</i>	- <i>“É algo que me interessa bastante porque eu gosto de atividades experimentais.”</i>
- <i>“Fascina-me as múltiplas aplicações da eletricidade. Aplicar os princípios de um circuito na construção de um relógio cativou-me.”</i>	- <i>“Julgo que a atividade experimental realizou-se sem dificuldades e permitiu consolidar melhor os meus conhecimentos sobre circuitos RC.”</i>
- <i>“Achei muito interessante a conceção simples de um relógio. Gosto bastante de condensadores e perceber a forma como funcionam. Além disso, obtive resultados bastante bons com erros e incertezas baixas.”</i>	- <i>“Atividade permitiu-me saber como trabalhar com o condensador e quais as suas aplicações no dia-a-dia.”</i>
- <i>“Achei interessante usarmos o condensador para acender e apagar a luz do LED.”</i>	- <i>“Conseguí consolidar melhor os meus conhecimentos.”</i>

Tabela 6.14: Algumas respostas dos alunos que justificam a avaliação do interesse pela atividade experimental *“Construção de um relógio logarítmico”*.

6.5.2 Pré e Pós-testes

Os resultados destes testes são lidos com algum cuidado, pois existiram variáveis que interferiram na implementação dos testes. Apesar das indicações dadas aos professores não conseguimos, na mesma atividade experimental, que todas as escolas tivessem o mesmo intervalo de tempo a separar o pré e pós-testes. Os motivos foram os seguintes: alguns professores alteraram as datas porque estavam atrasados na lecionação da matéria; algumas aulas a coincidiram com feriados; alguns professores trocaram aulas com os colegas de outras disciplinas e alguns alunos foram obrigados a assistir a conferências da escola (falta de assistência levou a mobilizar as turmas do 12° Ano sem exame nacional). Outra situação difícil de controlar e medir está relacionada com o fato de não assistirmos às aulas e não sabermos o grau de interferência do professor no trabalho dos alunos. Por fim, o fato dos testes não contribuírem para a avaliação final da disciplina de Física também condicionou as respostas dos alunos, como já foi referido nas reflexões dos professores.

Na atividade experimental “*Coefficiente de viscosidade de um líquido*” responderam ao pré e pós-testes 9 turnos experimentais e 9 turnos de controlo. O número de alunos por turnos estavam inicialmente mais equilibrados mas alguns faltaram ao pós-teste. Os alunos que faltaram ao pré-teste ou ao pós-teste foram eliminados das estatísticas. No pré-teste 5 turnos experimentais tiveram média positiva e 4 turnos experimentais tiveram média negativa, abaixo dos 10 valores. A professora da escola B, dos turnos das turmas B1 e B2, não lecionou os conteúdos teóricos antes da aula experimental (situação já anteriormente referida) e, talvez por isso, estes alunos tiveram as médias mais baixas de 6,02 valores ($\sigma = 3,88$) no turno experimental B1 e 6,33 valores ($\sigma = 3,17$) no turno experimental B2. O turno experimental com a melhor média foi da escola A da turma A2 com 13,89 valores ($\sigma = 3,61$). No pré-teste também 5 turnos de controlo tiveram médias positivas. Mais uma vez os alunos dos turnos de controlo da professora que não leccionou a matéria teórica antes da atividade experimental tiveram as médias mais baixas no pré-teste. A melhor média do pré-teste dos alunos do turno de controlo ocorreu na turma H1 da escola H: 13,64 valores ($\sigma = 3,39$), uma nota não muito diferente da dos colegas do melhor turno experimental no pré-teste. No pré-teste dos turnos de controlo destaca-se

ainda o desvio padrão do turno de controlo da escola B da turma B1 de apenas $\sigma = 1,62$.

Relativamente aos resultados dos pós-testes nos turnos experimentais verifica-se uma melhoria das classificações médias de todos os turnos. O turno experimental com melhor média foi o da escola F com 17,28 valores ($\sigma = 2,33$). Os turnos que tinham tido valores médios mais baixos no pré-teste subiram significativamente no pós-teste. Os alunos dos turnos de controlo também aumentaram o seu valor médio excepto o turno de controlo da escola A, turma A1, cujo valor médio desceu de 12,00 valores para 10,66 valores. O turno de controlo da escola B da turma B2 manteve a média negativa mas subiu de 6,83 valores para 9,08 valores. A melhor média do turno de controlo foi 14,76 da escola H, da turma H1. Os alunos dos turnos experimental e controlo da escola H, turma H2, apresentaram no pós-teste respostas muito semelhantes. Esta situação acabou por se traduzir nos valores do desvio padrão $\sigma = 1,50$ para o turno experimental e $\sigma = 1,56$ para o turno controlo (Tabela 6.15).

Resultados dos Pré e Pós-testes										
Atividade 1 - “Coeficiente de viscosidade de um líquido”										
	Turnos		Pré-teste				Pós-teste			
	TExp	TCont	TExp	TCont	TExp	TCont	TExp	TCont	TExp	TCont
Escolas	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	σ	<i>M</i>	σ	<i>M</i>	σ	<i>M</i>	σ
A1	14	9	11,80	3,96	12,00	3,88	14,80	2,72	10,66	2,38
A2	11	11	13,89	3,61	8,15	4,03	16,70	2,59	11,32	2,54
B1	11	10	6,02	3,88	3,55	1,62	13,88	2,23	11,87	4,25
B2	12	13	6,33	3,17	6,83	4,82	12,19	2,62	9,08	3,75
D	13	12	10,18	4,58	9,88	4,76	15,50	2,39	14,42	2,40
E	11	8	12,56	4,33	11,84	4,15	15,03	3,18	12,38	3,26
F	14	13	9,86	3,94	10,12	4,62	17,28	2,33	12,12	3,89
H1	11	11	12,13	3,41	13,64	3,39	15,61	3,16	14,76	3,55
H2	10	12	8,06	4,29	11,88	4,37	14,18	1,50	12,73	1,56

n Sujeitos; *M* Média; σ Desvio Padrão

Tabela 6.15: Resultados das escolas no pré e pós-testes na atividade experimental “Coeficiente de viscosidade de um líquido.”

Todos os alunos de ambos os turnos experimental e controle melhoraram as classificações com a realização da atividade experimental, exceto os alunos do turno de controle da escola A da turma A1 que obteve um decréscimo no ganho da média normalizado de $g = -0,17$. Este resultado está associado ao fato de alguns alunos deste turno de controle não se concentrarem na realização do teste porque estudavam em paralelo para um teste de avaliação, cuja disciplina tinha exame nacional, e seria realizado no tempo letivo a seguir à aula de Física. O professor desta turma confrontou os alunos, mas nada pôde fazer quando à falta de interesse em responder corretamente ao teste.

Comparando os ganhos das médias normalizados verifica-se que os alunos de todos os turnos experimentais tiveram ganhos superiores aos dos alunos dos turnos de controle (Tabela 6.16).

Ganhos				
	TExp		TCont	
Escolas	<i>G</i>	<i>g</i>	<i>G</i>	<i>g</i>
A1	3,00	0,37	-1,34	-0,17
A2	2,81	0,46	3,16	0,27
B1	7,86	0,56	8,32	0,51
B2	5,87	0,43	2,25	0,17
D	5,32	0,54	4,53	0,45
E	2,46	0,33	0,54	0,07
F	7,41	0,73	2,00	0,20
H1	3,48	0,44	1,13	0,18
H2	6,12	0,51	0,85	0,10

G Ganho de conhecimento
g Ganho da média normalizado

Tabela 6.16: Ganho de conhecimento e ganho da média normalizado dos turnos experimental e controle na atividade experimental “*Coefficiente de viscosidade de um líquido.*”

Situação também particularmente interessante foi a dos alunos dos turnos da escola

B das turmas B1 e B2 que conseguiram um bom ganho de conhecimento, apesar de a atividade ter antecedido a lecionação do tema específico sobre o que versava a atividade (atrito viscoso).

Analisando agora os resultados globais, que correspondem a 107 alunos dos 9 turnos experimentais e a 99 alunos dos 9 turnos de controlo, no pré e pós-teste temos: para o pré-teste, uma média de 10,12 valores nos turnos experimentais e uma média de 9,69 valores nos turnos de controlo. No pós-teste os alunos dos turnos experimentais conseguiram uma média de 15,07 valores e os alunos dos turnos de controlo uma média de 12,14 valores (Fig. 6.17).

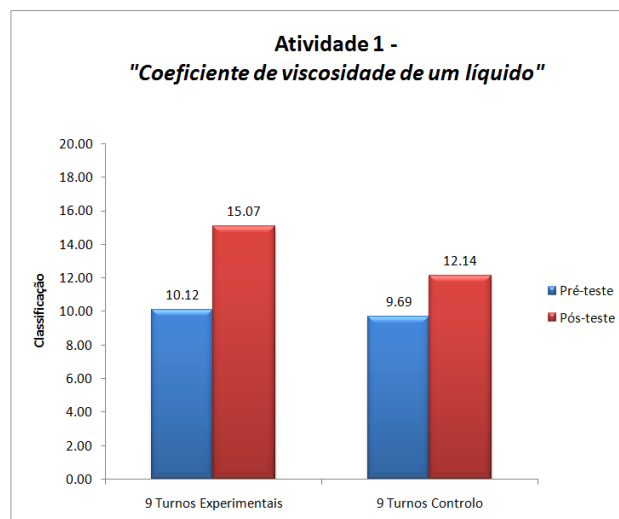


Figura 6.17: Resultados do pré e pós-testes na atividade experimental “*Coeficiente de viscosidade de um líquido*” de 107 alunos do turno experimental e 99 alunos do turno controlo.

No pré-teste os 2 turnos tiveram classificações próximas, com uma diferença apenas de 0,43 décimas mas no pós-teste os turnos experimentais conseguiram classificações mais elevadas e houve diferença muito significativa de 2,93 valores na média das classificações relativamente à dos turnos de controlo.

Na atividade experimental “*Características de um recetor e de um gerador*” a média das classificações dos pré-testes de ambos os turnos experimentais e controlo foram negativas. Estas classificações muito baixas estão certamente relacionadas com as

maiores dificuldades dos alunos na temática da Eletricidade. O turno experimental H1 foi o que teve melhor classificação média no pré-teste com 6,29 valores ($\sigma = 3,02$) e o turno de controlo da escola D foi o que teve melhor classificação média no pré-teste 7,58 ($\sigma = 1,74$). É curioso que os desvios padrões nesta atividade experimental foram mais baixos.

No pós-teste os alunos de ambos os turnos subiram as classificações médias mas apenas 3 escolas do turno experimental conseguiram uma classificação média positiva. Os turnos experimentais e de controlo da escola D tiveram as melhores classificações médias com 12,96 ($\sigma = 3,40$) e 9,38 ($\sigma = 3,32$), respetivamente. A classificação mais baixa no pós-teste dos turnos experimentais foi 8 valores e no turno de controlo foi 5 valores (Tabela 6.17).

Resultados dos Pré e Pós-testes										
Atividade 2 - "Características de um recetor e de um gerado"										
Escolas	Turnos		Pré-teste				Pós-teste			
	TExp	TCont	TExp	TCont	TExp	TCont	TExp	TCont	TExp	TCont
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	σ	<i>M</i>	σ	<i>M</i>	σ	<i>M</i>	σ
B1	8	13	5,61	1,58	1,87	1,19	8,58	2,32	6,15	3,35
B2	11	10	4,01	2,07	3,85	1,66	8,82	2,66	6,66	2,02
C1	16	13	5,37	2,96	4,02	1,86	7,94	2,87	5,62	1,61
C2	12	12	5,80	2,07	4,79	1,92	7,80	3,49	4,85	1,50
D	11	11	6,27	2,78	7,58	1,74	12,96	3,40	9,38	3,32
F	14	13	5,74	2,95	5,03	2,43	9,99	3,92	8,02	1,98
G	11	16	5,85	1,61	4,49	2,58	8,93	3,97	5,97	2,54
H1	13	12	6,29	3,02	5,79	3,61	11,12	3,42	9,12	2,96
H2	8	11	4,59	1,08	2,99	1,42	9,49	4,10	5,75	3,22

n Sujeitos; *M* Média; σ Desvio Padrão

Tabela 6.17: Resultados das escolas no pré e pós-testes na atividade experimental "Características de um recetor e de um gerado."

Todos os alunos de ambos os turnos experimental e de controlo melhoraram as classificações com a realização da atividade experimental (Tabela 6.18).

Ganhos				
Escolas	TExp		TCont	
	G	g	G	g
B1	2,96	0,21	4,28	0,24
B2	4,81	0,30	2,81	0,17
C1	2,58	0,18	1,60	0,10
C2	2,00	0,14	0,06	0,00
D	6,68	0,49	1,80	0,14
F	4,26	0,30	2,99	0,20
G	3,08	0,22	1,48	0,09
H1	4,83	0,35	3,33	0,23
H2	4,90	0,32	2,76	0,16

G Ganho de conhecimento
 g Ganho da média normalizado

Tabela 6.18: Ganho de conhecimento e ganho da média normalizado das escolas na atividade experimental “*Características de um recetor e de um gerador.*”.

O turno experimental da escola D, como já foi anteriormente referido, teve a melhor classificação média do pós-teste e foi também o turno com maior ganho da média normalizado, $g = 0,49$. O turno de controlo B1 foi o que conseguiu maior ganho da média normalizado com $g = 0,24$.

Os resultados globais apresentados na Fig. 6.18 correspondem a 104 alunos dos 9 turnos experimentais e a 111 alunos dos 9 turnos de controlo. As médias das classificações do pré-teste foram baixas em ambos os turnos sendo a diferença entre os turnos de apenas 1,08 valores. No pós-teste os alunos dos turnos experimentais tiveram classificações médias superiores mas ainda negativas de 9,50 valores e os alunos dos turnos de controlo tiveram classificações médias também negativas de 6,79 valores. A diferença entre os turnos no pós-teste foi de 2,71 valores.

Na atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*” os alunos de ambos os turnos tiveram classificações médias negativas no pré-teste, exceto o

turno experimental H1. Apesar da atividade experimental envolver conceitos de eletricidade, o grau de dificuldade desta atividade era inferior ao da atividade experimental “*Características de um recetor e de um gerador*”. No entanto, os professores justificaram estas classificações negativas com o fato de os alunos estarem focados para as avaliações às disciplinas com exame nacional na altura em que realizaram esta atividade (Testemunho de um professor no âmbito da reflexão final: “*Na parte final do ano letivo notei um desinvestimento progressivo dos alunos, que se deveu a meu ver, essencialmente a dois fatores: o primeiro reporta ao fato destes trabalhos não terem consequências na avaliação da disciplina e o segundo prende-se com a proximidade dos exames nacionais*”).

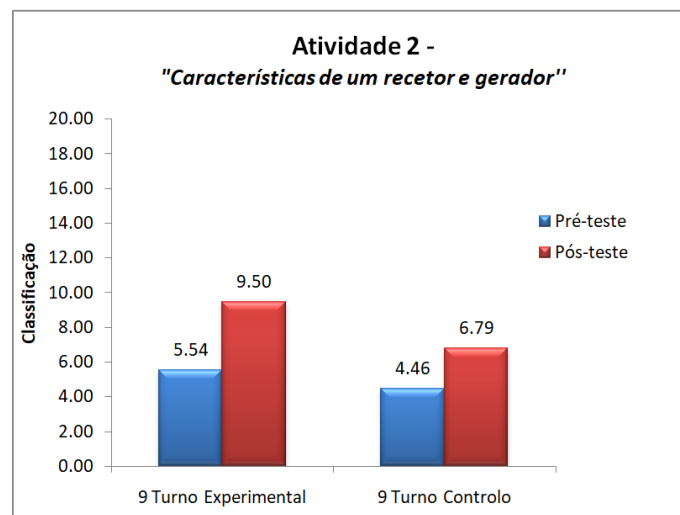


Figura 6.18: Resultados do pré e pós-testes na atividade experimental “*Características de um recetor e de um gerado*” de 104 alunos do turno experimental e 111 alunos do turno controlo.

A turma H1 conseguiu as melhores classificações médias em ambos os pré e pós testes, tanto no turno experimental [10,28 ($\sigma = 2,24$) e 14,66 ($\sigma = 10,26$)] como no turno de controlo [8,43 ($\sigma = 1,46$) e 10,26 ($\sigma = 1,55$)]. O docente desta turma referiu que a atividade experimental interessou de um modo geral a todos os alunos da turma devido às aplicações dos condensadores. No caso particular do turno experimental, o professor verificou maior curiosidade e empenho dos alunos na atividade que envolvia o circuito integrado LM555 (Tabela 6.19).

Resultados dos Pré e Pós-testes										
Atividade 3 - “Construção de um relógio logarítmico”										
Escolas	Turnos		Pré-teste				Pós-teste			
	TExp	TCont	TExp	TCont	TExp	TCont	TExp	TCont	TExp	TCont
<i>n</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	σ	<i>M</i>	σ	<i>M</i>	σ	<i>M</i>	σ	<i>M</i>
A1	13	9	7,05	2,54	6,39	1,59	12,06	1,90	9,06	3,74
A2	11	10	7,08	2,04	6,76	1,62	12,33	2,53	10,04	1,80
C1	11	11	6,87	2,31	6,78	2,37	11,18	1,69	9,15	0,81
C2	11	10	6,89	2,05	6,95	1,83	12,35	2,09	9,63	1,51
E	9	10	6,54	1,76	6,87	1,89	11,62	1,66	9,40	1,74
G	14	12	6,73	1,28	6,84	1,82	12,14	1,51	8,88	1,79
H1	9	11	10,28	2,24	8,43	1,46	14,66	1,70	10,26	1,55
H2	14	10	7,02	1,97	6,43	2,21	12,39	3,11	9,12	2,03

n Sujeitos; *M* Média; σ Desvio Padrão

Tabela 6.19: Resultados das escolas no pré e pós-testes na atividade experimental “Construção de um relógio logarítmico.”

Todos os alunos de ambos os turnos experimental e de controlo melhoraram as classificações. O ganho da média normalizado foi superior nos 8 turnos experimentais relativamente aos 8 turnos de controlo (Tabela 6.20).

Os resultados globais que correspondem a 92 alunos, dos 8 turnos experimentais, e 83 alunos, dos 8 turnos de controlo, podem ser consultados na Fig. 6.19.

As médias das classificações nos pré-testes dos turnos experimentais e de controlo foram negativas com 7,23 valores e 6,95 valores, respetivamente. A diferença entre os turnos experimentais e de controlo nos pré-testes foi apenas de 0,28 valores. Após a realização da atividade experimental esta diferença nos pós-testes aumenta para 2,86 valores. Os alunos dos turnos experimentais conseguiram uma classificação média positiva de 12,30 valores e os alunos dos turnos de controlo tiveram uma classificação média negativa de 9,44 valores.

Ganhos				
Escolas	TExp		TCont	
	<i>G</i>	<i>g</i>	<i>G</i>	<i>g</i>
A1	5,02	0,39	2,67	0,20
A2	5,25	0,41	3,27	0,25
C1	4,31	0,33	2,37	0,18
C2	5,46	0,42	2,67	0,20
E	5,08	0,38	2,53	0,19
G	5,41	0,41	2,03	0,15
H1	4,38	0,45	1,84	0,16
H2	5,37	0,41	2,69	0,20

G Ganho de conhecimento
g Ganho da média normalizado

Tabela 6.20: Ganho de conhecimento e ganho da média normalizado das escolas na atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*”.

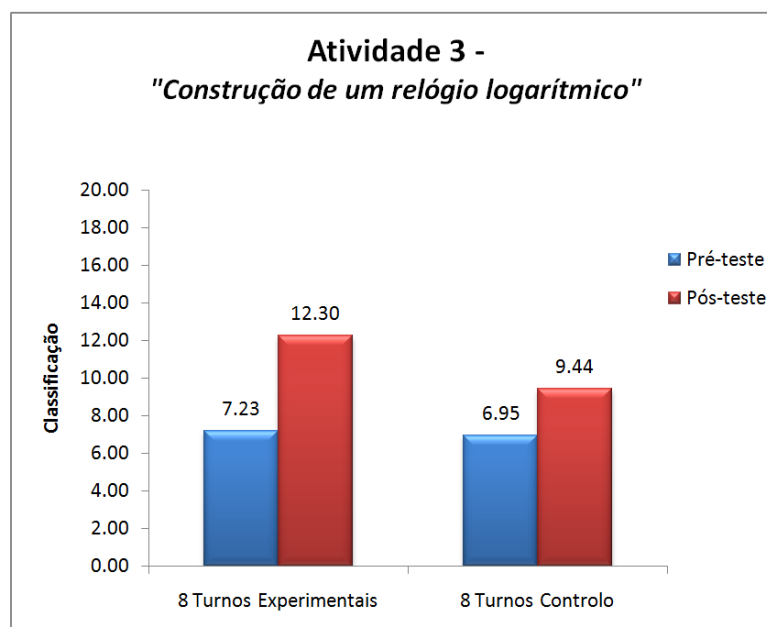


Figura 6.19: Resultados do pré e pós-testes na atividade experimental “*Construção de um relógio logarítmico*” de 92 alunos do turno experimental e 83 alunos do turno controlado.

A análise sumária dos resultados dos pré-testes e dos pós-testes dos turnos experimentais e de controlo nas três atividades experimentais permite-nos concluir que as atividades experimentais que envolveram circuitos elétricos tiveram em ambos os turnos experimentais e de controlo as classificações médias mais baixas. Em todas as atividades experimentais os turnos experimentais conseguiram as melhores classificações médias e os respetivos ganhos de conhecimentos também foram superiores comparativamente aos dos turnos de controlo. A primeira atividade experimental “*Coefficiente de Viscosidade de um líquido*” teve para ambos os turnos, experimentais e de controlo, o valor mais elevado para o ganho da média normalizado. O ganho de conhecimento para ambos os turnos, experimentais e de controlo, foi menor na atividade experimental “*Características de um Gerador e de um Recetor*”.

6.5.3 Segundo questionário sobre a disciplina de Física e as AE's

A questão número 2 alínea a) do questionário era de resposta aberta e pedia aos alunos que identificassem a sua disciplina preferida. Os alunos enumeraram um leque diversificado de disciplinas, sendo as disciplinas preferidas a Matemática (42,02%) e a Física (25,21%). Na alínea b) os alunos tinham que quantificar numa escala de 1(nenhum) a 5 (muito) o seu gosto pelo estudo das Ciências, recolhendo o 4 (47%) e o 5 (39%) a maioria das respostas. Na alínea c) era solicitado que indicassem na mesma escala o gosto pelo estudo da Física e mais uma vez as classificações de 4 (% 42) e 5 (% 38) foram as que tiveram maior percentagem (Tabela 6.21).

Na questão 3 procurou-se investigar o ano escolar em que os alunos começaram a gostar de Física, e o 7º Ano e o 10º Ano destacam-se com 33,6% e 25,2% de respostas, respetivamente (Fig. 6.20). Estes são os anos em que se inicia o estudo da Física e o Ensino Secundário.

A questão 4 era de resposta aberta e inquiria os alunos sobre as suas motivações para estudar Física. O resumo das principais respostas encontra-se na Tabela 6.22.

Pergunta 2 - Diz, por favor,	Resultados
a) Qual a tua disciplina preferida?	Alemão - 0,42%
	Aplicações informáticas - 9,66%
	Direito - 0,42%
	Economia - 1,26%
	Educação Física - 9,24%
	Física - 25,21%
	Geometria Descritiva - 2,94%
	Inglês - 2,52%
	Latim - 0,42%
	Matemática - 42,02%
	Português - 3,36%
Psicologia - 0,42%	
Química - 1,26%	
Não tem - 0,84%	
b) Numa escala de 1 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu gosto pelo estudo de Ciências.	1 (nenhum) - 0%
	2 - 0%
	3 - 13%
	4 - 47%
	5 (muito) - 39%
c) Numa escala de 0 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu gosto pelo estudo da Física.	1 (nenhum) - 1%
	2 - 1%
	3 - 16%
	4 - 42%
	5 (muito) - 38%

Tabela 6.21: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre a disciplina preferida e o gosto pelo o estudo de Ciências e de Física.

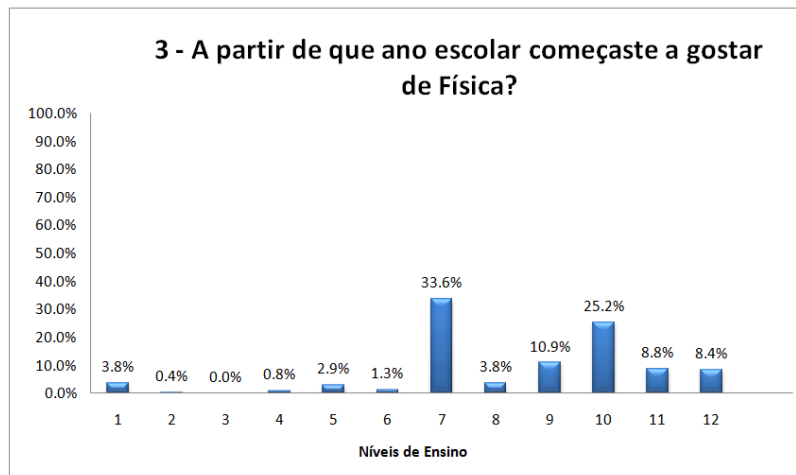


Figura 6.20: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre o início do gosto pelo estudo da Física.

Resumo das respostas à pergunta 4

O que te motiva para estudar Física?

- A Física explica muitos fenómenos e ajuda a perceber como funciona o Universo;
 - A componente Experimental;
 - Conseguir boas notas;
 - Conhecimentos para a Universidade;
 - Descobrir o desconhecido;
 - Gosto pelas matérias;
 - Explica muitos conceitos;
 - A utilidade da Física, em permanente evolução;
 - Necessidade para o curso a frequentar no Ensino Superior;
 - Curiosidade sobre os fenómenos do quotidiano;
 - Beleza complexa, raciocínio e lógica inerente;
 - Cálculos e desafios da aplicação das leis;
 - Completar o Ensino Secundário;
 - Aplicações e explicação dos fenómenos no dia-a-dia;
 - Desafio da aplicação das leis;
 - O método de ensino da professora.
-

Tabela 6.22: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo das respostas sobre a motivação para estudar Física.

Há respostas de várias categorias, desde a utilidade ou necessidade para o Ensino Superior, gosto, curiosidade e fascínio pelas matérias até à possibilidade de obtenção de boas classificações nesta disciplina.

Quando questionados os alunos sobre o gosto de resolver problemas e/ou desafios de Física e a esmagadora maioria, 82%, respondeu afirmativamente. Quando se questionou se havia alguém da família que lhes estimulasse o gosto pela Física, e uma vez mais a maioria dos alunos, 64%, respondeu que “Sim”. A questão 19 inquiriu sobre o que era disponibilizado na escola para ajudar a aprender Física, e a existência de laboratórios e professores disponíveis para tirar dúvidas de Física foram as opções mais indicadas. Quando se perguntou a estes alunos se eles realizavam atividades complementares à escola para aprender Física, e a maioria respondeu “Não”. As atividades que os alunos realizavam com maior frequência para aprender Física eram ouvir e ver programas de rádio e de televisão sobre temas de Física e consultar sítios e páginas de Física na Internet (Tabela 6.23).

Na questão 7 perguntava-se aos alunos se participavam em projetos de Ciência promovidos pela escola ou por outras entidades, e a maioria (78%) não participava. Os que participavam indicaram os projetos listados na Tabela 6.24, em que se destacam os Clubes de Ciência e os projetos de *Ciência Viva*.

O manual escolar, os exercícios indicados como trabalho de casa pelo professor e os apontamentos dados pelo professor da escola foram os recursos mais indicados no estudo da Física por estes alunos. No que diz respeito à frequência do estudo de Física, a maioria só estudava para o teste de avaliação. O estudo diário era praticado por uma percentagem muito pequena de alunos, 3%. A maioria dos alunos estudava menos de 2 horas ou entre 2 a 5 horas semanais (Tabela 6.25).

Perguntas 5, 9, 23, 6 e 6 a)	Resultados
Aprender Física	
5 - Gostas de resolver problemas e/ou desafios de Física?	Não - 18% Sim - 82%
9 - Há alguém da tua família que estimule o teu gosto pela Física?	Não - 36% Sim - 64%
19 - Indica o que é que na tua escola é disponibilizado para te ajudar a aprender Física?	Laboratórios - 81% Aulas experimentais frequentes - 8% Aulas extra de Física - 39% Professores disponíveis para tirar dúvidas de Física - 63% Leccionação de matéria extra ao programa por parte dos professores - 11% Equipamento informático para pesquisas na Internet - 45% Biblioteca equipada com bons livros de Física - 47% Participação em projetos e concursos de ciência/Física - 47%
6 - Realizas atividades complementares à escola para aprenderes Física?	Não - 58% Sim - 42%
a) Se respondeste “Sim” na questão anterior, indica quais são essas actividades:	Aulas de explicação de Física - 16% Ouvir e ver programas de rádio e de televisão sobre temas de Física - 28% Consultar sítios e páginas de Física na Internet - 21% Ler livros sobre Física - 12% Ler revistas científicas ou textos jornalísticos sobre Física - 14% Frequentar um clube de ciências/Física - 1% Visitar Museus/Centros de Ciência - 10% Realizar experiências em casa - 7% Outros - 3%

Tabela 6.23: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre o gosto pela resolução de problemas e desafios de Física, o estímulo familiar, oferta e atividades complementares à escola para aprender Física.

Resultados	
7 - Participas em projetos de Ciência promovidos pela escola ou por outras entidades?	Não - 78% Sim - 21%
a) Se respondeste “Sim” na questão anterior indica qual ou quais:	<ul style="list-style-type: none"> - Clubes e Feiras de Ciência; - Estágios <i>Ciência Viva</i>; - Olimpíadas; - CERN <i>Masterclass</i>; - Projeto: <i>“F1 in Schools”</i>; - Palestras; - <i>PMate</i>; - Projeto <i>Quark!</i>; - Universidade de Verão;

Tabela 6.24: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre a participação em projetos de Ciência. Responderam à alínea a) 48 alunos.

10 - Como estudas a disciplina de Física?	Resultados
a) Relativamente aos recursos que usas para estudar Física:	Apontamentos dados pelo explicador - 21% Apontamentos dados pelo professor da escola - 62% Apontamentos que tiras nas aulas - 57% Manual escolar - 72% Consulta de outros livros (para além do manual escolar) - 29% Exercícios indicados como trabalho de casa pelo professor - 63% Exercícios indicados como trabalho de casa pelo explicador - 21% Exercícios extra por iniciativa própria - 37% Consultas na Internet - 37% Outros - 2%
b) Relativamente à frequência do estudo de Física:	Estudo diariamente - 3% Estudo duas a quatro vezes por semana - 20% Estudo uma vez por semana - 31% Só estudo antes do teste de avaliação - 47%
c) Relativamente à quantidade de horas semanais:	menos de 2 horas - 48% entre 2 a 5 horas - 42% entre 6 a 10 horas - 6% mais de 10 horas - 3%

Tabela 6.25: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre o método de estudo, frequência e horas semanais.

A questão 17 do questionário revela que a maioria (71%) dos alunos prefere estudar Física individualmente. Apenas 11% referiu que prefere estudar com o explicador ou com o professor da escola, 3%. Esta questão solicitava ainda uma justificação das respostas dos alunos. A maioria gostava de estudar individualmente sobretudo porque conseguiam um maior rendimento, uma maior concentração e uma maior produtividade. O silêncio e o ambiente de estudo também foram tidos como fatores importantes. Os que preferiam o estudo com o explicador justificavam-no, sobretudo, com a disponibilidade do explicador para tirar dúvidas, resolver problemas e explicar melhor a matéria. O resumo das respostas pode ser lido na Tabela 6.26.

Resultados	
17 - Como preferes estudar Física?	Grupo - 16%
	Individualmente - 71%
	Com o professor da escola - 3%
	Com o explicador - 11%
Porquê?	Grupo
	- Discutir matéria e ideias;
	- Partilhar dúvidas;
	- Motivação e entreaajuda;
	- Bons alunos explicam a matéria;
	- Facilidade na comunicação.
	Individualmente
	- Melhor concentração e menos distrações;
	- Necessidade de silêncio;
	- Método de compreensão peculiar;
	- Ritmo próprio;
	- Mais produtividade;
	- Seleção do ambiente de estudo;
	- Maior motivação;
	- Vencer dificuldades e atingir objetivos;
	- Aumenta o rendimento escolar.
Com o professor da escola	
- Ajuda a esclarecer as dúvidas;	
- Explica a matéria.	
Com o explicador	
- Facilidade para tirar dúvidas;	
- Compreender bem a matéria;	
- Pouco trabalho para a resolução de problemas;	
- Trabalho individual;	
- Maior concentração e atenção;	
- Problemas direcionados às dificuldades.	

Tabela 6.26: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questões sobre as preferências de estudo.

Inquiridos ainda, nas questões 15 e 16 sobre as dificuldades a estudar Física, a maioria dos alunos, 56%, respondeu que tinha dificuldade a estudar Física. As principais dificuldades declaradas foram a compreensão de algumas matérias abstratas e a resolução de problemas. Comparativamente à questão 10, é curioso que o professor da escola passou a ser a principal ajuda dos alunos na ultrapassagem de dificuldades a estudar algumas matérias de Física. No entanto, o recurso à Internet e aos colegas também são muito utilizados para ajudar a resolver dificuldades (Tabela 6.27).

Pergunta 15 e 16 -		Resultados
Dificuldades a estudar Física		
15 - Quando estudas Física tens dificuldades?	Não - 43%	
	Sim - 56%	
		Compreensão de algumas matérias abstratas - 33%
		Interpretação de enunciados - 18%
a) - Se respondeste “Sim” na alínea anterior, quais são as tuas principais dificuldades?		Resolução de problemas - 25%
		Interpretação do resultado - 5%
		Saber reconhecer se o resultado faz ou não sentido - 14%
		Perceber para que servem determinadas matérias - 8%
		Outro - 3%
		Pais - 7%
		Familiares próximos - 8%
16 - E quando tens dificuldade em estudar algumas matérias de Física a quem recorres?	Internet - 48%	
	Professor da escola - 53%	
	Colegas - 47%	
	Explicador - 31%	
	Outros - 4%	

Tabela 6.27: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questões sobre as dificuldades a estudar Física.

A questão 11 era de resposta aberta e pedia-se aos alunos que descrevessem o método que usavam quando estudavam para um teste de avaliação. Fazer resumos, exercícios e rever os apontamentos das aulas foram as metodologias mais declaradas por estes alunos. O resumo das respostas pode ser lido na Tabela 6.28.

Resumo das respostas à pergunta 11
Descreve o método que usas, quando estudas para um teste de avaliação de Física?
<ul style="list-style-type: none"> - Fazer muitos exercícios do manual, do caderno de exercícios e de outros livros; - Ler a matéria do livro; - Estudar a matéria pelos apontamentos retirados na aula; - Dividir os tópicos a estudar pelos dias anteriores e aprofundar a matéria; - Estudar pelos apontamentos da professora; - Fazer exercícios resolvidos e sobre cada parte da matéria; - Resolver todos os exercícios da aula e testes de anos anteriores; - Seguir as orientações do explicador para resolver problemas; - Realizar exercícios e após as dificuldades estudar a teoria relacionada; - Fazer problemas por ordem crescente de dificuldade; - Ver vídeos na Internet sobre as matérias; - Tirar dúvidas com o professor, explicador e na Internet; - Fazer um horário intensivo de estudo; - Fazer o formulário e depois muitos exercícios; - Ler a matéria para compreender e não decorar; - Compreender a matéria, fazer resumos e resolver problemas variados.

Tabela 6.28: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo das respostas sobre o método de estudo para um teste de avaliação de Física.

A questão 12, de resposta aberta, inquiria os alunos sobre o tema de Física de que mais gostam. As respostas dos alunos foram tratadas de forma a serem quantificadas. Os temas de Mecânica Clássica são os preferidos, por larga margem. Este resultado é expetável dado que a Mecânica ainda é preponderante nos programas da disciplina, e é o tema em que os alunos associam mais exemplos do dia-a-dia (Tabela 6.29).

Resumo das respostas à pergunta 12

Do programa de Física, que estudaste desde o 7º Ano de escolaridade e até ao momento, indica o tema de que gostaste mais.

Astronomia - 8,6%
Eletromagnetismo - 4,8%
Eletricidade - 11,9%
Eletrónica- 1,0%
Física de Partículas - 0,5%
Física Moderna - 3,8%
Mecânica Clássica - 48,6%
Mecânica de Fluidos - 4,3%
Mecânica Quântica - 4,8%
Ótica - 1,0%
Termodinâmica - 6,2%
Parte de Química - 0,5%
Todos - 1,4%
Não sabe - 1,0%
Não tem - 1,9%

Tabela 6.29: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo sobre o tema de Física preferido.

Quando questionados sobre o tema de Física de que menos gostavam, a maior percentagem, 28,9% declarou que foi a Eletricidade (Tabela 6.30). No Capítulo 5 este tema também estava referenciado, pelos alunos da Escola *Quark!*, como o de que gostavam menos e as justificações apresentadas pelos alunos de ambos os Estudos Empíricos são semelhantes.

Quando convidados a classificar numa escala de (1 a 5) compreensão, utilidade para o prosseguimento de estudos e o interesse da Física, as respostas foram as que se apresentam na Tabela 6.31.

Resumo das respostas à pergunta 13

Do programa de Física, que estudaste desde o 7º Ano de escolaridade e até ao momento, indica o tema de que gostaste menos.

Acústica - 5,3%
Astronomia - 6,3%
Eletromagnetismo - 14,2%
Eletricidade - 28,9%
Física Moderna - 2,6%
Mecânica Clássica - 13,1%
Mecânica de Fluidos - 4,2%
Mecânica Quântica - 4,2%
Ótica - 1,1%
Radiação - 2,1%
Termodinâmica - 5,8%
Todos - 1,6%
Não sabe - 3,7%
Não tem - 6,8%

Tabela 6.30: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo sobre o tema de Física que menos gostam.

14 - Relativamente aos seguintes tópicos, como consideras a disciplina de Física:	
	Resultados
Compreensão	1 (Muito difícil) - 2%
	2 - 9%
	3 - 35%
	4 - 47%
	5 (Muito fácil) - 7%
Útil no prosseguimento de estudos	1 (Nada) - 2%
	2 - 3%
	3 - 13%
	4 - 29%
	5 (Muito) - 54%
Interessante	1 (Nada) - 1%
	2 - 1%
	3 - 14%
	4 - 45%
	5 (Muito) - 38%

Tabela 6.31: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão para classificar a disciplina de Física quanto à compreensão, utilidade e interesse.

As respostas à questão 18, que procurou medir o interesse por um conjunto de disciplinas do Ensino Secundário, estão sumariadas na (Tabela 6.30). A maioria dos alunos não tinha nenhum interesse pela disciplina de Francês e pouco interesse pelas disciplinas de Química, Geologia e Português. Estes alunos declararam que tinham muito interesse por Matemática, logo a seguir por Física e por Informática. Esta resposta é coerente com a resposta à questão n° 2 sobre a disciplina preferida.

Resultados da pergunta 18					
Em que medida tens interesse nas seguintes áreas?					
	Não me interessa nada	Interessa-me pouco	Interessa-me moderadamente	Interessa-me	Interessa-me muito
Física	2%	3%	16%	40%	39%
Química	12%	29%	26%	26%	7%
Biologia	26%	21%	25%	22%	6%
Geologia	38%	29%	16%	12%	5%
Matemática	2%	2%	11%	40%	45%
Português	29%	29%	21%	15%	5%
Filosofia	32%	28%	18%	13%	8%
Inglês	9%	11%	19%	37%	24%
Francês	51%	22%	13%	9%	4%
Informática	5%	11%	20%	24%	39%
Música	24%	18%	21%	14%	22%
Desporto	13%	11%	20%	25%	31%

Tabela 6.32: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre as áreas de interesse.

As questões 20 a 29 do questionário versavam sobre as aulas experimentais. Relativamente à periodicidade, a maioria dos alunos declarou realizar aulas quinzenais ou mensais. É curioso que apenas 0,4% dos alunos referiram não realizar aulas experimentais (Tabela 6.33).

As respostas sobre a organização das aulas experimentais (Tabela 6.34), indicam que estas eram maioritariamente em grupos de 3 alunos (57%), ou de mais de 3 alunos (32%), e 62% dos alunos relatam que faziam eles próprios a montagem dos equipamentos. De entre os aparelhos manipulados, o cronómetro tinha sido o aparelho mais usado pela esmagadora maioria dos alunos, 97%. Uma percentagem significativa de alunos, 74%, também já tinha manipulado o multímetro.

Perguntas 20 e 20 a)	Resultados
Aulas Experimentais - <u>Periodicidade</u>	
20 - Com que periodicidade realizas aulas experimentais ao longo do ano letivo?	Não realizo - 0,4% Semanal - 16,8% Quinzenal - 21,8% Mensal - 33,2% Bimensal - 10,9% Uma vez por período - 16,8% Uma vez por ano - 0% Duas vezes por ano - 0%
a) Se respondeste “Não realizo” na alínea anterior, indica o(s) motivo(s) que, na tua opinião, poderão justificar essa situação?	Não há laboratório na escola - 0,4% Falta de tempo - 0% Falta de material - 0,4% Falta de interesse por parte do professor - 0% Outro - 0%

Tabela 6.33: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre a periodicidade da realização das aulas experimentais.

Quando questionados acerca do tratamento dos dados experimentais verificamos, com surpresa, que a esmagadora maioria dos alunos referiu que o tratamento de dados era feito em papel milimétrico, 80,3%. Sabe-se que não é este o caso. A percentagem elevada destas respostas poderá estar relacionada com o fato de os alunos que participaram neste estudo terem feito o tratamento de dados das atividades experimentais que com eles realizámos em papel milimétrico. O esboço de gráficos em papel milimétrico, mais moroso, já não é prática habitual nas escolas. Por exemplo, dos alunos da Escola *Quark!*, que também eram alunos do 12º Ano, apenas 20% responderam que o tratamento de dados era feito manualmente em papel milimétrico.

Perguntas 21, 24, 26 e 29	Resultados
Aulas Experimentais	
21 - Caso sejam realizadas aulas experimentais, como são organizadas?	Individualmente - 1% Grupo de 2 alunos - 10% Grupo de 3 alunos - 57% Grupo de mais de 3 alunos - 32% Aulas demonstrativas - 1% Aulas demonstrativas com análise de dados feita pelos alunos - 0%
24 - Relativamente à montagem dos equipamentos para as atividades experimentais:	Os equipamentos são montados pelo professor - 26% Os equipamentos são montados pelo aluno - 62% Os equipamentos são montados por funcionários da escola - 16% Outro - 7%
26 - Quais destes aparelhos já manipulaste nas aulas experimentais de Física?	Craveira - 69% Multímetro - 74% Cronómetro - 97% Interface de aquisição de dados ligada ao computador - 20% Osciloscópio - 66% Sensores ligados à calculadora gráfica - 61% Outro - 3%
29 - Como é realizado o tratamento dos dados experimentais:	Análise é feita em papel milimétrico - 80,3% Análise é feita no Excel ou noutra folha de cálculo - 2,9% Análise é feita com a calculadora gráfica - 70,2% Outro - 0,4%

Tabela 6.34: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questões relativas às aulas experimentais.

A questão 22 questionava os alunos sobre as dificuldades na realização das atividades experimentais. A maioria dos alunos declarou que não tinha dificuldades, mas os alunos que responderam, que tinham, indicaram a realização de gráficos e a manipulação dos equipamentos como sendo as suas maiores dificuldades. Relativamente ao tratamento das incertezas experimentais, um número expressivo de alunos, 71%, respondeu que já tinha tido uma introdução a esta tema. Contudo, na questão 31 que correspondia a um

problema simples do cálculo de incertezas, só uma percentagem muito pequena de alunos, 20%, respondeu corretamente (Tabela 6.35).

Perguntas 22, 30 e 31 Aulas Experimentais	Resultados
22 - Quando realizas as atividades experimentais tens dificuldades?	Não - 62% Sim - 38%
a) Se respondeste “Sim” na alínea anterior, quais são as tuas principais dificuldades?	Manipular os equipamentos - 37% Realizar gráficos - 42% Calcular os erros inerentes às medições - 28% Compreender os protocolos - 26% Interpretar o enunciado do problema - 29% Interpretar os resultados - 22% Saber reconhecer se o resultado faz ou não sentido físico - 30% Outro - 7%
30 - Em alguma disciplina tiveste introdução ao cálculo das incertezas experimentais?	Não - 29% Sim - 71%
31 - Se na medição indireta da área do círculo através da medida do seu diâmetro, d , este tiver o valor experimental $10,00 \pm 0,02$ cm, qual é a melhor estimativa da área desse círculo e da incerteza associada ao valor desta área?	Certo - 20% Errado - 42% Sem resposta - 39%

Tabela 6.35: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questões sobre as maiores dificuldades nas atividades experimentais e o cálculo de incertezas.

A maioria dos alunos, 69%, declarou que fazia relatório após a atividade experimental e que este era feito pelos alunos maioritariamente na aula e em grupo. Um número muito expressivo de alunos, 95%, referiu que o relatório era avaliado (Tabela 6.36).

Pergunta 27	Resultados
Aulas Experimentais - <u>Relatório</u>	
27 - Depois da atividade experimental fazes um relatório?	Não - 31% Sim - 69%
	Lugar:
	- Feito em casa - 30% - Feito na aula - 70%
a) Se respondeste “Sim” na alínea anterior, assinala a situação que corresponde ao teu caso?	Autoria:
	- Individual - 23% - Em grupo - 77%
	Avaliação:
	- É avaliado - 95% - Não é avaliado - 5%

Tabela 6.36: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre o relatório das aulas experimentais.

A esmagadora maioria destes alunos, 96%, reconhece o valor das atividades experimentais no seu processo de aprendizagem, nomeadamente para ajudar a compreender os conceitos de Física, nas suas respostas à questão 23 do questionário (Fig. 6.21).

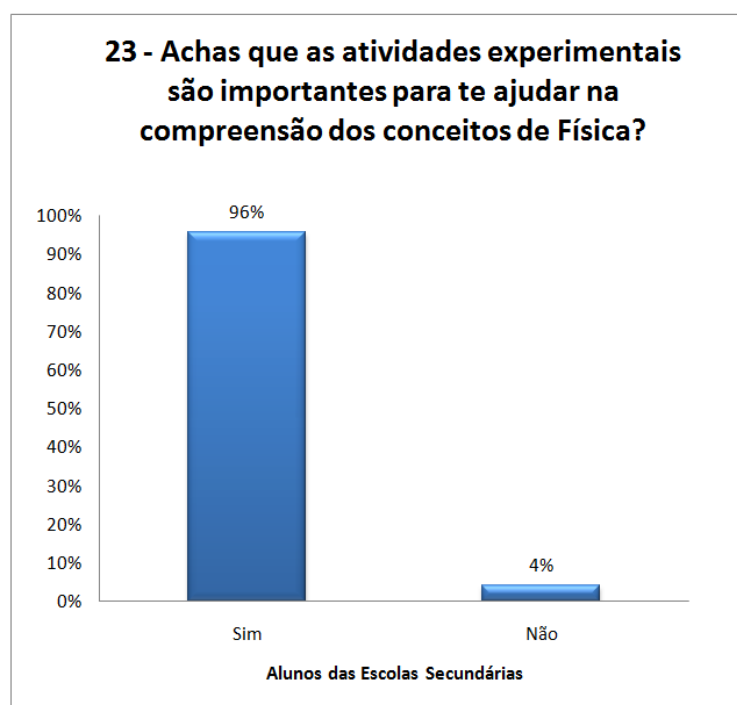


Figura 6.21: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre a importância das atividades experimentais.

Nesta questão solicitava-se ainda uma justificação da resposta. O resumo das respostas dos alunos pode ser lido na Tabela 6.37. Os alunos declararam sobretudo que as atividades experimentais são interessantes, ajudam a compreender os conceitos teóricos e desenvolvem capacidades.

A questão 32 investigava as temáticas onde os alunos enfrentavam maiores dificuldades na realização das atividades experimentais. As temáticas de Eletricidade-Eletrónica e de Eletromagnetismo foram as mais referidas pelos os alunos (Fig. 6.22). Provavelmente estas dificuldades estão relacionadas com as respostas à pergunta *n*º 13 sobre as temáticas que menos gostavam.

Resumo das respostas à pergunta 23**Justifica a tua resposta:**

- Ajudam a visualizar a matéria teórica na prática;
 - Ajudam a compreender a utilidade da matéria;
 - Matéria deixa de ser abstrata e passa a ser realista;
 - Realizar experiências “*hands-on*” ajuda a compreender a matéria;
 - Ver os fenómenos acontecer torna a matéria credível e com sentido;
 - Ajuda a consolidar mais facilmente os conceitos teóricos;
 - Aumentam o interesse dos alunos;
 - Ajuda a visualizar a utilidade da Física no dia-a-dia;
 - Se forem os alunos a fazer as experiências compreendem melhor os conteúdos;
 - Ajudam a exemplificar as leis;
 - Proporcionam um contato real com a matéria;
 - Só com teoria não é fácil compreender os conteúdos;
 - Desenvolvem capacidades experimentais e técnicas;
 - Acrescentam consistência ao estudo;
 - Permitem unificação com a teoria levando a uma melhor aprendizagem;
 - Facilita a compreensão e a tirar melhores notas;
 - Divertidas, interessantes e diferentes para ampliar os conhecimentos;
 - Melhoram a percepção dos conceitos;
 - Ajudam a memorizar melhor a matéria teórica;
 - Permitem um cruzamento de ideias e uma visão objetiva da matéria;
 - Quebram a monotonia das aulas.
-

Tabela 6.37: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo das respostas que justificam a importância das atividades experimentais.

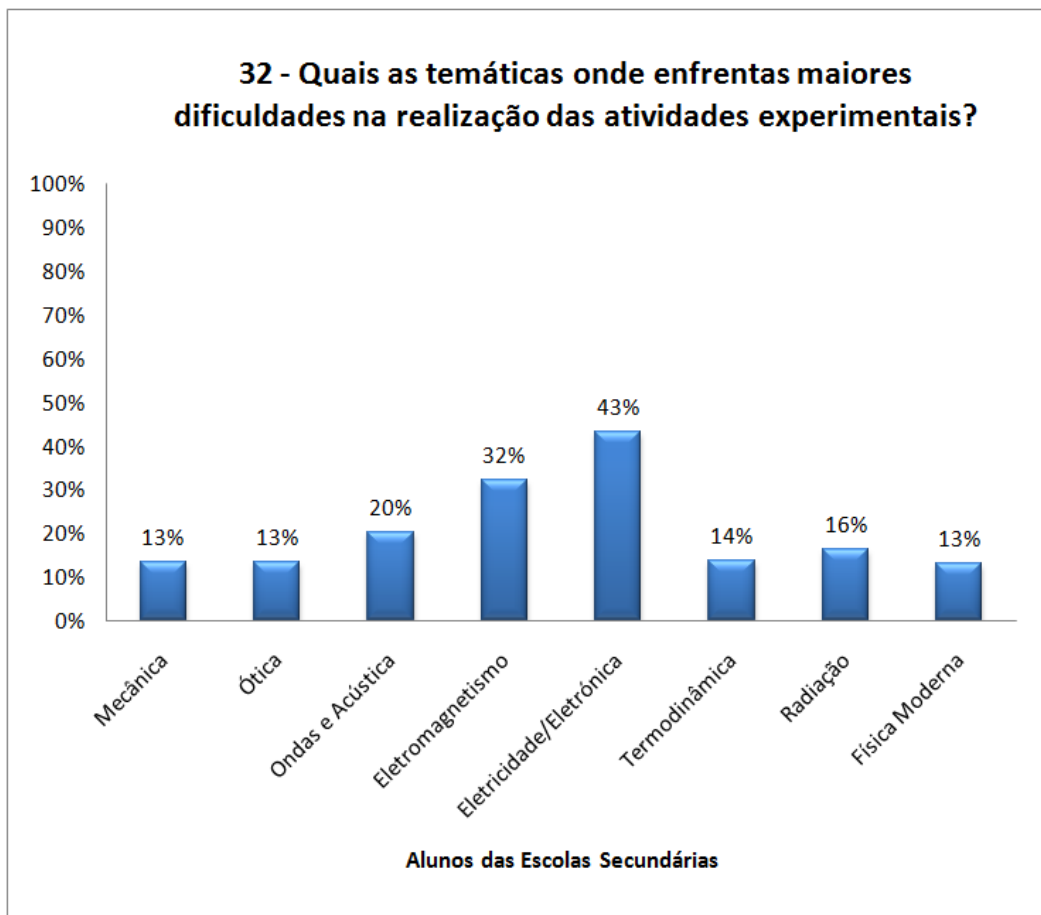


Figura 6.22: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: questão sobre as temáticas onde encontram maiores dificuldades na realização das atividades experimentais.

O questionário finalizava com uma questão de resposta aberta (n° 33) onde se perguntava o que poderia ser feito para que os alunos do Ensino Secundário melhorem a sua aprendizagem na disciplina de Física. O resumo das respostas é apresentado na Tabela 6.38. Esta pergunta também foi colocada aos alunos e aos professores do Estudo I, e há pontos em que todos os inquiridos convergem. Algumas das sugestões mais frequentes foram sobre as estratégias de ensino dos professores, a carga horária, as atividades experimentais, os conteúdos científicos, os programas curriculares, a coordenação com a disciplina de Matemática, o envolvimento em projetos externos à escola e o trabalho realizado pelos os alunos.

Resumo das respostas à pergunta 33

33 - O que é que no teu entender, poderia ser feito para que os alunos do Ensino Secundário melhorem a sua aprendizagem na Física?

- Fazer mais atividades experimentais e projetos;
 - Mais atividades experimentais para motivar os alunos;
 - Formar bons professores;
 - Estimular hábitos de estudo nos primeiros Ciclos;
 - Reforço dos conceitos de Matemática;
 - Programas mais interessantes e menos confusos;
 - Programa de Matemática coordenado com o de Física;
 - Promover aulas dinâmicas e mais práticas;
 - Não vocacionar os alunos só para os testes e exames;
 - Alunos mais autónomos na sua aprendizagem;
 - Aumentar a carga horária;
 - Aumentar o número de experiências para despertar a “mente” científica nos alunos;
 - Maior divulgação das profissões com Física;
 - Melhores condições da escola e dos materiais para fazer experiências.
-

Tabela 6.38: Resultados dos alunos das Escolas Secundárias: resumo das respostas sobre o que pode ser feito para melhorar a aprendizagem dos alunos na disciplina de Física.

6.5.4 Entrevista aos professores

A entrevista aos 9 professores versava sobre 5 tópicos: ensino, currículo, aprendizagem, atividades experimentais e formação do professor.

Estes professores elencaram um conjunto de problemas que impediam a realização das atividades experimentais, como falta de tempo, materiais, formação contínua e ajuda de técnicos de laboratório, também já referidos pelos professores do Estudo Empírico I.

Quanto à aprendizagem dos alunos destacamos a seguinte opinião: os professores mencionaram que a atitude dos alunos do Ensino Secundário sofreu alterações após a extinção do exame nacional obrigatório na disciplina de Física no 12º Ano. A maioria dos

alunos aprofunda menos os conceitos científicos, reduziu o tempo dedicado ao estudo da disciplina de Física e estudam apenas para o teste de avaliação. No entanto, continua a haver boas classificações na disciplina de Física. Pelo fato de não haver exame nacional na disciplina, não permite o controlo das notas internas. Como a Física é uma disciplina de opção, e os alunos no 12º Ano procuram escolher disciplinas que ajudem a melhorar a média de acesso ao Ensino Superior, os professores reconheceram que se têm tornado benevolentes na atribuição das notas. Alguns professores declararam o seguinte problema: se os professores aumentassem o grau de exigência da disciplina de Física e atribuísem classificações mais baixas, no ano letivo seguinte, poucos iriam escolher a disciplina de Física no 12º Ano. Se esta situação ocorresse, podia nem voltar a existir a abertura de uma turma de Física na escola.

De igual forma, os professores revelaram que a falta de motivação, a falta de tempo e o cansaço, provocado por tarefas escolares paralelas às aulas de Física, também não ajudam a inovar nas práticas pedagógicas. Não se sentiam motivados para dedicar horas extra à preparação das atividades experimentais com vista à promoção de um melhor ensino experimental. Alguns destes professores usaram mesmo a expressão “*temos Vida para lá da Escola*” e “*não somos remunerados por fazer esse trabalho*”. A falta do reconhecimento do esforço e dedicação dos professores, por parte do Ministério da Educação, de alguns pais e alunos, e até da sociedade estão certamente, na origem destes desabafos.

O resumo das principais ideias sobre os cinco tópicos da entrevista realizada aos professores das escolas está apresentado na Tabela 6.39.

Resumo das Entrevistas aos professores das Escolas Secundárias**Ideias principais sobre os 5 tópicos**

1 - Ensino da Física

- A falta de tempo não permite o desenvolvimento de outras atividades na escola para fomentar nos alunos um maior interesse pela Física.
- O ensino experimental é indispensável, extremamente importante e fundamental.
- A Internet, os livros e os colegas da escola são os recursos mais usados para ultrapassar dificuldades na implementação das atividades experimentais.

2 - Opinião sobre o Currículo de Física

- Antigamente os programas eram mais exigentes e havia mais tempo para aprofundar.
- A redução drástica da carga horária denota a desvalorização da disciplina por parte da tutela.
- Atualmente os temas abordados no programa do 12º Ano são bons mas muito extensos.

3 - Aprendizagem da Física

- A maioria dos alunos do 12º Ano direciona os seus esforços para as disciplinas com exame.
- Os alunos dedicam pouco tempo à escola porque têm muitas atividades extra escola.
- As disciplinas de Matemática e de Física não estão coordenadas.
- Os alunos preocupam-se em aprender apenas os conceitos de Física que são avaliados.
- Esta geração de alunos trabalha pouco, não se esforça e quer tudo facilitado.

4 - Atividades Experimentais

- As atividades experimentais do 12º Ano estão teoricamente bem estruturadas, mas na prática são irrealistas porque há falta de materiais e de tempo para a preparação e execução.
- O ensino experimental também não é valorizado pela tutela porque a carga horária é desajustada e há falta de materiais em algumas escolas o que provoca assimetrias.
- Os alunos gostam e valorizam as aulas experimentais mas, no 12º Ano apresentam muitas dificuldades que seriam evitadas se no 3º Ciclo já desenvolvessem competências experimentais.
- Nas antigas disciplinas laboratoriais os alunos tinham outras condições para trabalhar e dedicavam mais tempo à experimentação.
- Atualmente o professor sem apoio de técnicos ou de colegas sente-se desmotivado para preparar as atividades experimentais.

5 - Formação do Professor

- É necessária formação contínua, interessante, útil e gratuita.
 - Ministério da Educação deveria criar uma “linha aberta” para os professores tirarem dúvidas.
-

Tabela 6.39: Resumo das entrevistas realizadas aos professores do Estudo Empírico II.

Capítulo 7

Conclusões

“...descontando as notáveis exceções (fruto do esforço de professores e alunos, num clima geralmente adverso), a nossa escola não tem sido bem sucedida nesse desígnio: ainda não tem um papel suficiente no ensino das ciências a experimentação e o raciocínio crítico, que são as marcas do espírito científico...É preciso, por exemplo, dedicar mais tempo à experimentação e à análise de dados.”

Carlos Fiolhais, *A Ciência em Portugal*, 2011, p.61,62 [135]

Após esta longa caminhada cumpre-nos neste Capítulo discutir e responder ao conjunto de questões que orientaram os Estudos Empíricos (I e II) e que nos conduzirão às conclusões deste trabalho. Apresentaremos algumas sugestões para os problemas encontrados e para investigações futuras. Finalizamos com considerações finais e um sumário das principais conclusões.

Discussão das questões de investigação

Do problema de investigação emergiram as seguintes **questões**, que serão agora analisadas e instrumento das principais conclusões:

1. As orientações curriculares do Ministério da Educação para a disciplina de Ciências Físico-Químicas dos Ensinos Básicos e Secundário e da disciplina de Física do 12º Ano do Ensino Secundário promovem o desenvolvimento efetivo de competências experimentais?

Tal como referido nos Capítulos 2 e 3, os programas das disciplinas das áreas científicas estipulam um conjunto de atividades experimentais obrigatórias enquadradas nos temas que serão ensinados ao longo do ano letivo¹. A carga horária dedicada a estas atividades e a obrigatoriedade de as incluir na avaliação contínua do aluno com um peso não inferior a 30%, estão especificadas em documentos normativo-legais do Ministério da Educação. Os documentos das Metas Curriculares estipulam as aprendizagens do tipo conceptual e processual a que devem servir estas atividades, bem como os instrumentos que eles devem saber manipular. Ao nível da análise de dados, os alunos deverão aprender a organizar os dados na forma de tabelas, associando-lhes as respetivas incertezas de leitura dos aparelhos de medida, e saber construir os respetivos gráficos em papel ou suporte digital. Deverão saber interpretar estes gráficos, estabelecendo relações entre estas grandezas e aplicar conhecimentos básicos de estatística no tratamento de dados experimentais, incluindo a obtenção de retas de regressão em modelos lineares. No que diz respeito ao tratamento das incertezas experimentais, deverão ser capazes de calcular a incerteza absoluta e relativa associada ao valor mais provável de um conjunto de medidas diretas, bem como determinar o erro percentual associado a um resultado experimental, quando o valor de referência é conhecido. Não é exigido que saibam efetuar cálculos de “propagação de erros”.

Vemos assim que há um conjunto muito significativo de conhecimentos e capacidades de índole experimental que os alunos deveriam adquirir no Ensino Secundário. A questão a que pretendemos dar resposta remete-nos para uma avaliação da efetiva aprendizagem destes conhecimentos e capacidades que, estando consolidados na sua prática, chamamos de competências experimentais. É opinião consensual que o desenvolvimento de competências experimentais [216, 313] requer um tempo longo de aprendizagem dos alunos em

¹No Ensino Secundário (10º, 11º e 12º Anos) os programas atuais contemplam 19 Atividades Laboratoriais obrigatórias de Física.

laboratório, com uma participação ativa de cada aluno na realização das atividades.

Antes de respondermos à questão enunciada, deve-se indagar se os professores estão a realizar, de fato, estas atividades, com que periodicidade, e em que condições (atividades individuais ou em grupo de alunos, tratamento manual dos dados ou com recurso à calculadora gráfica, etc.).

Os resultados dos nossos questionários, a professores e alunos, indicam que a grande maioria dos professores realiza aulas experimentais com periodicidade mensal ou mesmo quinzenal (Tabelas 5.5, 5.79 e 6.33). A percentagem dos professores participantes nas Olimpíadas de Física que declara não fazer atividades experimentais ou só as fazer esporadicamente (uma vez por período) é residual (aproximadamente 6% nas respostas dos professores), embora uma percentagem significativamente maior dos alunos inquiridos (aproximadamente 20%) declara que raramente faz experiências. Quanto à tipologia destas aulas, a maioria dos inquiridos (76%) declara que elas são realizadas em grupos de 3 ou mais alunos (Fig. 5.2).

A perceção dos alunos que participam nas fases Regionais e Nacional das Olimpíadas de Física sobre o grau de dificuldade das provas experimentais (Tabelas 5.21 e 5.32) e a especificidade dos aspetos que os alunos consideram mais difíceis na componente experimental das provas (Tabela 7.1) são o primeiro indício de que a aprendizagem das competências experimentais não estará consolidada.

Quais os aspetos que consideras mais difíceis na componente experimental?	Escalão B			
	ORF	ONF	IPhO	OIbF
Dificuldade na utilização dos equipamentos	28%	33%	33%	47%
O desfasamento entre as componentes teórica e experimental	23%	13%	13%	20%
Compreensão dos enunciados da prova	31%	23%	47%	0%
Realizar gráficos	16%	22%	13%	7%
Outros (tempo de execução, nº de dados adquirir, etc.)	2%	10%	80%	47%
Cálculo de erros e respetivas incertezas	*	*	0%	13%

* Aspeto introduzido nos questionários dos alunos da IPhO e da OIbF, só a partir de 2012.

Tabela 7.1: Resultados dos alunos do escalão B sobre os aspetos mais difíceis na componente experimental das provas olímpicas.

Cerca de um terço dos melhores alunos das escolas (os que participam nas Olimpíadas) declararam dificuldades na manipulação de instrumentos, a realizar gráficos e mesmo a compreender os enunciados das provas (saber o que fazer).

No questionário realizado no início do ano letivo da Escola *Quark!* os alunos nela participantes, que são alunos excelentes, referem como dificuldades principais o cálculo de erros e a manipulação de equipamentos. A dificuldade na realização de gráficos não é apontada no início do ano letivo, quando ainda não lhes foi pedido que elaborem e analisem manualmente gráficos de dados experimentais, mas é apontada como uma grande dificuldade após lhes ter sido pedida esta tarefa. Nos primeiros relatórios das atividades experimentais verificamos estas lacunas que foram depois ultrapassadas ao longo do treino.

No conjunto do trabalho realizado nesta tese, incluindo a intervenção nas Escolas Secundárias (Estudo Empírico II) podemos concluir dos indicadores recolhidos que as atividades experimentais desenvolvidas nas escolas, maioritariamente em grupos numerosos de alunos, não estão a desenvolver efetivamente todas as competências experimentais preconizadas nos programas e Metas Curriculares, destacando-se as seguintes deficiências:

- Dificuldade na manipulação de instrumentos de medida (a maioria dos alunos não sabe escolher as escalas apropriadas num multímetro, não sabe efetuar a leitura do nónio de uma craveira, etc.);
- Dificuldade em realizar autonomamente uma montagem experimental a partir de um esquema sem instruções detalhadas, por exemplo montar um circuito elétrico e nele utilizar corretamente os aparelhos de medida;
- Falta de autonomia na recolha de dados (que dados deve recolher, quantas medidas deve efetuar);
- Dificuldades no tratamento manual de dados, incluindo sua representação na forma gráfica, incluindo a escolha de escalas apropriadas;
- Dificuldade em estabelecer relações entre grandezas físicas com base em dados experimentais, dificuldade na linearização da expressão e na obtenção de retas de regressão linear;

- Dificuldades na estimativa de incertezas experimentais e desconhecimento do cálculo de propagação de erros.

Estas dificuldades são reconhecidas também no *feedback* dos professores acompanhantes dos alunos da pré-seleção olímpica que participaram neste estudo. Quando se aperceberam do grau de exigência do programa olímpico no que respeita à componente experimental (que em termos formais não é muito diferente dos programas do Ensino Secundário, mas que exige grande autonomia dos alunos, rigor na organização, apresentação e análise manual dos dados), a opinião destes professores foi de que o ensino experimental que atualmente se pratica nas escolas não está a conseguir o desenvolvimento efetivo de competências experimentais básicas, e que estas atividades estão a ser orientadas mais como suporte para ilustração da matéria do que para o desenvolvimento e treino de capacidades experimentais.

2. Que dificuldades enfrentam os professores desses níveis de ensino na implementação do ensino experimental de Física?

Os professores que participaram na investigação reconheceram o interesse dos alunos pelas atividades experimentais e as vantagens desta estratégia de ensino. No entanto, os professores relataram as seguintes dificuldades para a sua implementação:

- Falta de tempo para preparar previamente as experiências e também para a realização das atividades experimentais com os alunos. Consideraram que a carga horária das disciplinas de Ciências Físico-Químicas e de Física do 12º Ano é desajustada e o tempo atribuído pelos programas às atividades experimentais é escasso (90 minutos) para explorarem atividades de natureza mais investigativa, que promovam a autonomia dos alunos no laboratório. Devido à falta de tempo, em vez de aulas “*hands-on*”, uma fração significativa dos professores substitui estas atividades por demonstrações pelo professor ou experiências realizadas por um pequeno conjunto de alunos com análise de dados a cargo de todos os alunos.
- Falta de material e de equipamentos em muitas escolas para a realização das ativi-

dades experimentais. O ideal seria que os alunos fizessem a experiência individualmente ou em grupos de apenas 2 alunos, mas a falta de material e de equipamentos de medida faz com que os grupos envolvam um número de 3 ou mais alunos, como indicam os inquéritos realizados. Atualmente, as escolas não têm um orçamento específico para o ensino experimental. Dados os cortes orçamentais, até a disponibilidade financeira das escolas para a aquisição de materiais consumíveis (reagentes, pilhas, etc.) à altura dos inquéritos era reduzida. Também a aquisição de equipamentos novos estava “congelada” há vários anos nas escolas envolvidas no Estudo Empírico II, situação que não seria diferente na maioria das escolas portuguesas à altura.

- Falta de formação contínua específica em ensino experimental. Os professores inquiridos no âmbito desta tese expressaram a sua preocupação com a falta de formação (Tabela 5.8) e defenderam que esta deveria ser gratuita, descentralizada e contemplada na carga horária dos professores (Tabela 5.10). Na realidade, na pesquisa sobre este tópico apresentado no Capítulo 3 verificámos que existia alguma oferta de formação contínua na área do ensino experimental, na maioria com um custo associado, mas que estava concentrada nos grandes centros urbanos (Tabela 3.1).

As áreas em que os professores declararam apresentar mais dificuldades a lecionar a componente experimental foram o Electromagnetismo, a Eletricidade e a Eletrónica. Estas áreas também são apontadas pelos alunos como aquelas onde se sentem pior preparados.

- Excessivo valor atribuído à avaliação, em particular aos exames, que condiciona e limita as práticas pedagógicas dos professores, na sua opinião. Sobretudo nos 10º e 11º Anos, os professores sentem-se pressionados para a obtenção de bons resultados nos exames nacionais. O ensino experimental, nestes anos, é muito orientado para o treino do tipo de perguntas sobre as atividades experimentais obrigatórias típicas dos exames. Como a avaliação externa não contempla um exame prático², as com-

²Excetuando o caso relatado no Capítulo 3, dos alunos que requerem a prova de equivalência à frequência de Física no 12º Ano.

petências operacionais de manuseamento dos equipamentos, montagem e estratégia de recolha de dados não são avaliadas nos atuais exames nacionais. É, ainda, de destacar a preocupação dos professores quanto à desvalorização das aprendizagens por parte dos alunos quando estas não são avaliadas ou não contribuem para as médias de acesso ao Ensino Superior.

- A falta de laboratório na escola ou laboratório pouco disponível, por ser usado para outros fins, nomeadamente para lecionação por docentes de outras áreas. Este foi um problema ainda referido por 8% dos professores que participaram nas Olimpíadas, mas que poderá estar minorado com a intervenção do programa da “*Parque Escolar*”.
- Elevado número de alunos por turno, comprometendo o comportamento dos discentes, a dinâmica e a rentabilização das aulas experimentais. Como referimos no Capítulo 2, o número de alunos por turma tem vindo a aumentar nos últimos anos.
- Falta de técnicos de laboratório para ajudar o professor a montar e a testar as experiências. Também é penalizadora a falta de oficinas de mecânica e eletrónica para produzir, compor ou restaurar materiais e equipamentos. A realidade das escolas é que à medida que os técnicos de laboratório se vão reformando, não são substituídos por pessoal técnico dedicado, mas por funcionários generalistas.
- Falta de informação detalhada e de sugestões metodológicas nos manuais escolares sobre as atividades experimentais obrigatórias dos programas. Os professores inquiridos queixaram-se de que, quando preparam as atividades experimentais, nem sempre conseguem alcançar os resultados indicados no manual. Esta dificuldade pode revelar falta de formação dos professores ou deficiências nos livros de “Apoio ao professor” dos manuais escolares adotados.

Algumas dificuldades identificadas pelos professores na prática do ensino experimental também foram relatadas noutros estudos [20, 23, 222, 223]. A falta de tempo, de materiais e equipamentos e de formação contínua adequada para os professores são problemas crónicos do ensino experimental em Portugal.

3. Que valorização fazem os alunos portugueses do ensino experimental, nomeadamente qual o seu nível de interesse pela experimentação, e como apreciam a contribuição da realização de atividades experimentais para o seu processo de aprendizagem?

Os alunos de ambos os Estudos Empíricos (I e II) demonstraram grande interesse pela realização de aulas experimentais.

Dos mais de 2000 alunos inquiridos nas Olimpíadas de Física, a esmagadora maioria (94%) preferia aulas que envolvessem experimentação, em vez de aulas puramente teóricas (1%) ou teóricas intercaladas com demonstrações realizadas pelo professor (5%). Há, ainda, uma clara preferência (57%) dos alunos para serem eles próprios a realizar todas as experiências (Fig. 5.10).

Dos cerca de 520 alunos do Ensino Secundário, maioritariamente do 12º Ano, que participam nos questionários da Escola *Quark!* e no Estudo Empírico II, e a quem perguntámos se as atividades experimentais ajudam na compreensão dos conceitos de Física, a esmagadora maioria (96%) respondeu afirmativamente (Figuras 5.35 e 6.21). As justificações apresentadas nas Tabelas 5.83 e 6.37 mostram que os alunos consideram que a realização das atividades experimentais ajuda à compreensão dos assuntos mais abstratos e complexos, a consolidar a matéria teórica, a desenvolver o raciocínio lógico e as capacidades operacionais e técnicas, para além de despertar o interesse e ajudar a motivar para o estudo da Física. Os professores são, em geral, solidários com as opiniões dos seus alunos (Tabela 5.4).

Os cerca de 100 antigos alunos da Escola *Quark!*, que foram inquiridos quando frequentavam ou já tinham completado o Ensino Superior, consideraram que o ensino experimental da Física deveria ser reforçado no Ensino Secundário (83%), sendo que muitos deles referem que no Ensino Superior confrontam-se com falta de competências experimentais que deveriam ter sido aprendidas no percurso pré-universitário. Estes antigos alunos também salientaram que promover a experimentação nas Escolas Secundárias é, na sua opinião, uma das melhores estratégias para aumentar o interesse pela disciplina de Física e atrair mais alunos para esta área. A necessidade de os professores investirem em

atividades experimentais mais criativas e menos formatadas pelos programas e exames nacionais foi também enfatizada.

A valorização pelos alunos da experimentação “*hands-on*” para a compreensão dos conceitos mas também para o desenvolvimento de atitudes científicas e para aumentar a motivação pelo estudo da Ciência é corroborada por estudos recentes nesta área [314].

4. O grau de exigência nas atividades experimentais das Olimpíadas de Física é muito superior ao das atividades experimentais realizadas atualmente no Ensino Secundário em Portugal? Quais as principais diferenças entre as atividades experimentais olímpicas e as preconizadas no meio escolar?

Os dados do nosso trabalho permitem-nos responder afirmativamente, e com segurança, à 1^a questão.

As Olimpíadas de Física organizam-se por etapas, iniciando-se na fase de Escola (quando existe), seguindo-se a ORF, a ONF, a IPhO e a OIBF. Há, naturalmente, uma gradação no grau de dificuldade à medida que os alunos progredem de uma fase para a seguinte, até às provas internacionais. Atendendo à natureza seletiva que é intrínseca a este tipo de competição, é natural que os problemas teóricos e experimentais destas provas sejam mais difíceis do que os habitualmente trabalhados pelos alunos no seu meio escolar. É suposto que, da primeira à última fase, as provas permitam selecionar os alunos mais talentosos do seu grupo competitivo, mas que sejam, ainda assim, razoavelmente acessíveis ao aluno médio/bom do seu grupo.

Nos questionários da nossa investigação, os professores acompanhantes dos alunos das Olimpíadas Regionais de Física reconheceram, maioritariamente, o grau de dificuldade das provas na componente experimental. Na sua opinião, as provas experimentais são difíceis (54%) ou mesmo muito difíceis (41%) para o aluno médio; já para os melhores alunos da turma, 65% dos professores considerou-as difíceis mas 28% já as considerou fáceis, sendo que apenas 5% destes docentes as considerou muito difíceis para estes alunos (Tabela 5.14).

Quanto à perceção dos alunos, os mais novos (escala A) consideraram maioritariamente difíceis os problemas teóricos da ORF e da ONF, mas as opiniões dividem-se

relativamente à componente experimental. Ainda que cerca de 30% dos alunos inquiridos considere esta componente fácil, mais de 60% dos alunos considera-a difícil a muito difícil (Tabela 7.2).

Como classifica o grau de dificuldade das provas:								
a) Relativamente à componente experimental				b) Relativamente à componente teórica				
	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
ORF	16%	48%	32%	4%	27%	57%	14%	2%
ONF	11%	56%	33%	1%	28%	60%	11%	1%

Tabela 7.2: Resultados dos alunos do escalão A sobre o grau de dificuldade das provas nas componentes experimental e teórica nas ORF e ONF.

Os alunos do escalão B consideram maioritariamente a componente experimental das provas olímpicas difícil, sendo o seu grau de dificuldade comparável ao da componente teórica (Tabela 7.3). O caso das OIbF é exceção, já que a maioria dos inquiridos (participantes nesta competição) considerou as provas fáceis.

Sem dúvida que o grau de dificuldade das provas vai aumentando da ORF até à IPhO e a maior descontinuidade no aumento do grau de dificuldade dá-se na passagem da ONF para a IPhO. Contudo, os resultados dos inquiridos não traduzem esta realidade porque os alunos vão sendo triados à medida que progridem na competição, vão sendo preparados para as fases seguintes e o próprio referencial de comparação dos alunos vai mudando ao longo do seu percurso. Certamente os alunos da seleção internacional Olímpica (IPhO) não responderam à questão tendo como referência o conhecimento dos seus colegas do Ensino Secundário, até porque foram sujeitos a uma prova de seleção muito exigente.

A exceção acima assinalada, das respostas relativas à OIbF, tem uma justificação. Os alunos portugueses que vão competir na OIbF têm um treino igual ao dos seus pares que competem na IPhO, mas as provas da OIbF são mais simples do que as da IPhO.

	Como classificas o grau de dificuldade das provas:							
	a) Relativamente à componente experimental			b) Relativamente à componente teórica				
	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
ORF	28%	57%	14%	1%	20%	62%	18%	2%
ONF	17%	56%	26%	1%	35%	47%	15%	2%
IPhO	33%	53%	13%	0%	40%	47%	13%	0%
OIbF	0%	13%	53%	33%	0%	0%	73%	27%

Tabela 7.3: Resultados dos alunos do escalão B sobre o grau de dificuldade das provas nas componentes experimental e teórica nas ORF, ONF, IPhO e OIbF.

Uma diferença fundamental na realização das atividades experimentais olímpicas, em contexto de prova, é que elas são realizadas individualmente e sem qualquer tipo de ajuda. Nas escolas, estas atividades são tipicamente realizadas em grupo, em permanente interação com o professor. Outras diferenças notórias entre as atividades experimentais olímpicas e as preconizadas pela tutela estão relacionadas com a estrutura do guião experimental, com a quantidade de informação nele disponibilizado, com o tratamento dos dados e a duração da prova/atividade.

As atividades experimentais das Olimpíadas de Física exigem que os alunos tenham boas capacidades de compreensão e interpretação do enunciado, um conjunto estruturado de conhecimentos científicos e habilidade manual para montar as experiências autonomamente, recolher um número significativo de dados e registar corretamente numa tabela toda a informação sobre os dados (por exemplo, unidades, incertezas, etc.). Deverão, ainda, saber apresentar adequadamente os dados em gráficos esboçados em papel milimétrico (em escalas e unidades apropriadas) e analisar estes gráficos. As provas experimentais olímpicas são frequentemente apresentadas sem grandes detalhes sobre a execução e a estratégia de recolha de dados, que fica a cargo do estudante.

No que diz respeito às atividades experimentais indicadas pelo Ministério da Educação, os alunos fazem habitualmente com o professor um enquadramento teórico e res-

pondem a questões pré-laboratoriais para preparação da atividade. Os protocolos dos manuais escolares detalham as diferentes etapas experimentais a realizar e o tratamento de dados é tipicamente feito recorrendo à calculadora gráfica.

5. Será possível melhorar o desempenho na prova experimental dos alunos que participam nas IPhO e OIbF realizando um treino específico destes alunos e dos seus professores com atividades experimentais próximas do paradigma olímpico?

O trabalho por nós desenvolvido para o treino experimental dos alunos das pré-seleções olímpicas dos anos 2013, 2014 e 2015, realizadas no âmbito da Escola *Quark!* e em parceria com SPF, e os resultados alcançados levam-nos a concluir que este tipo de treino específico permite melhorar o desempenho das equipas nas competições internacionais.

Contudo, não é tão simples como poderá parecer à primeira vista realizar uma avaliação quantitativa e objetiva desta afirmação. Podemos comparar o número e a qualidade dos prémios obtidos com os resultados de anos anteriores, mas esta análise é sempre contingente - as provas são diferentes, o grau de dificuldade (em particular da prova experimental) pode variar bastante de ano para ano, os alunos em competição não são os mesmos e os próprios limites de pontuação que definem os prémios variam em valor absoluto de ano para ano, consoante o grau de dificuldade da prova. Assim, num determinado ano, uma Medalha de Bronze pode ser obtida com uma pontuação mínima de x pontos em cinquenta, e no ano seguinte esta pontuação mínima subir ou descer, consoante o desempenho global dos estudantes. Portanto, um aluno poderá subir a sua pontuação na componente experimental, por exemplo, da prova olímpica em relação a um ano anterior, onde essa pontuação foi premiada com uma medalha, e já não conseguir obter essa mesma medalha. Por outro lado, nem sempre as pontuações das componentes teórica e experimental são divulgadas separadamente o que dificulta ainda mais esta análise.

Feita esta ressalva, passaremos a comparar os resultados obtidos, a nível de prémios, das equipas portuguesas na IPhO e na OIbF, nos períodos 2013-2015 (período da investigação) e 2010-2012 (3 anos anteriores). Na IPhO Portugal obteve 2 Medalhas de Bronze

e 8 Menções Honrosas, no período 2010-2012; no triénio 2013-2015, Portugal obteve 3 Medalhas de Bronze e 7 Menções Honrosas, um resultado ligeiramente mais positivo. Já a prestação na OIbF evoluiu em sentido contrário: no triénio 2010-2012 obtivemos 3 Medalhas de Ouro, 3 Medalhas de Prata e 5 Medalhas de Bronze, e no período 2013-2015 os prémios foram 1 Medalha de Ouro, 5 Medalhas de Prata, 1 Medalha de Bronze e 4 Menções Honrosas. Refira-se, contudo, um aumento notório da competitividade da OIbF nos últimos anos com uma participação mais forte de vários países, com destaque para o Brasil.

Talvez mais importante do que a contabilização das medalhas, importa correlacionar os alunos que obtiveram medalhas com a sua prestação no treino olímpico da componente experimental realizada com as atividades por nós desenvolvidas. Nesta análise, verificamos que foram precisamente os alunos que mais se tinham empenhado na realização das nossas atividades experimentais de treino que vieram a obter os prémios nas competições internacionais. Esta forte correlação é um bom indicador da importância deste tipo de treino.

A autoavaliação dos alunos olímpicos sobre a importância deste treino experimental na sua prestação nas provas experimentais está expressa na Fig. 5.14: 60% dos alunos da IPhO indicou que o treino ajudou “muito” e 30% indica que contribuiu “muitíssimo”. Para os participantes na OIbF estas percentagens são de 45% e 55%, respetivamente (Fig. 5.15). Nos questionários, estes alunos deram sugestões para melhorar a preparação nos anos seguintes, que iam no sentido de reforçar ainda mais o treino na componente experimental, na Escola *Quark!* e também nas Escolas Secundárias (Tabela 5.52).

Da entrevista ao Presidente da Comissão Nacional de Olimpíadas, que já acompanhou os alunos em 16 edições da IPhO e em 13 da OIbF, deduzimos que as atividades experimentais propostas ajudaram principalmente a melhorar o desempenho dos alunos ao nível da recolha e do tratamento de dados. Recordamos a sua resposta a uma das perguntas da entrevista que lhe realizámos:

Os kits experimentais disponibilizados aos alunos durante o treino olímpico de 2013 a 2015 foram importantes para ajudar a desenvolver competências experimentais?

“Sim! Os alunos estão sobretudo mais à vontade a fazer as tabelas e os gráficos em papel milimétrico. A apresentação dos gráficos melhorou na escolha das escalas, das unidades e dos eixos. Também melhoraram a fazer a linearização das retas e a propagação dos erros.

Adquiriram também alguma sensibilidade na recolha de dados, mas há competências experimentais irrecuperáveis no treino olímpico.”

Ao longo da tese realçamos a importância do professor na aprendizagem dos alunos, e mais uma vez, nos questionários das ORF, ONF, IPhO e OIbF os alunos valorizaram o papel do professor na preparação para as provas olímpicas (Tabela 7.4).

Preparação Prévia	ORF				
	Escalões A e B	ONF	IPhO	OIbF	
Realizaste alguma, preparação prévia para a participação nas Olimpíadas?	Não - 58%	Não - 39%	Não - 0%	Não - 0%	
	Sim - 42%	Sim - 61%	Sim - 100%	Sim - 100%	
Se respondeste afirmativamente na questão anterior, quem te ajudou nessa preparação?	Colegas	17%	17%	29%	20%
	Explicador	2%	1%	0%	0%
	Familiares	2%	3%	0%	0%
	Internet	17%	21%	86%	47%
	Pais	5%	6%	0%	7%
	Professor	49%	47%	57%	27%
	Outros	8%	5%	29%	20%
Escola <i>Quark!</i>	*	*	100%	100%	

Tabela 7.4: Resultados dos alunos das ORF, ONF, IPhO e OIbF sobre a preparação prévia para participarem nas Olimpíadas de Física. (*Significa que não foi perguntado aos alunos.)

Atendendo às especificidades das provas das Olimpíadas de Física, deve haver formação contínua nesta área para conseguirem ensinar melhor os seus alunos ao longo do treino olímpico.

A opinião dos professores e alunos relativamente às atividades experimentais e aos *kits* disponibilizados para a formação contínua da SPF e para o treino individual dos alunos da pré-seleção olímpica foi muita positiva (Fig. 5.46). Estes professores aperfeiçoaram competências sobretudo ao nível conceptual e processual, e adquiriram algumas competências que ainda não tinham, nomeadamente ao nível do tratamento de dados. O reforço dos conceitos científicos, alguns já esquecidos, outros menos explorados na formação inicial ou alguns novos, também foram muito valorizados pelos professores (Tabela 5.95).

6. O modelo de atividade experimental olímpica pode ser aplicado em ambiente de sala de aula nas Escolas Secundárias portuguesas?

Os resultados do nosso estudo apontam para uma resposta afirmativa a esta questão. No Estudo Empírico II, onde foram implementadas 3 atividades experimentais obrigatórias no 12º Ano da disciplina de Física adaptadas ao estilo olímpico, introduzindo novas questões de investigação para os alunos, quer os alunos quer os professores avaliaram positivamente estas atividades no que respeita ao interesse e ao envolvimento ativo dos alunos em todos os processos da experimentação e na sua utilidade para a compreensão dos conceitos científicos subjacentes. Na avaliação dos conhecimentos com base em pré-testes e pós-testes verificámos um ganho significativo de conhecimento quando comparamos os resultados dos turnos experimentais e de controlo. Naturalmente, uma avaliação da eficácia deste novo modelo de atividade experimental para o desenvolvimento de competências experimentais só poderia ser efetuado com uma investigação onde o acompanhamento dos alunos expostos às duas metodologias fosse mais longo. Uma das condicionantes para a aplicação destas atividades experimentais mais exigentes e que implicam mais o envolvimento do aluno na experimentação é a possibilidade de a escola disponibilizar estas experiências para grupos pouco numerosos de alunos (idealmente 2 alunos). Isto significa que são exigidos mais *kits* experimentais por turno, para além de não ser fácil trabalhar com muitos grupos por turno. Por outro lado, os professores e os alunos envolvidos foram unânimes em considerar que estas atividades deveriam ser implementadas em aulas de 135

minutos e que os 90 minutos tipicamente atribuídos não são suficientes para a execução experimental e tratamento de dados.

A introdução deste novo tipo de experiências exigirá um esforço de formação de professores nas “metodologias olímpicas”. Algumas das reflexões dos professores do Estudo Empírico II sobre o trabalho desenvolvido nas escolas podem ser lidas no apêndice W.

Sugestões para a resolução dos problemas

Nesta investigação foram sinalizados alguns problemas relativos às Olimpíadas de Física e ao ensino experimental nas nossas escolas, já previamente identificados e discutidos. Propomos agora algumas medidas que, sendo acolhidas e implementadas, poderão ajudar à sua resolução:

- Atendendo a que um número, ainda, muito significativo de escolas não participa com os seus alunos nas Olimpíadas de Física, a SPF deverá promover estratégias que tragam essas escolas para o universo das Olimpíadas de Física. Um dos potenciais problemas que poderá justificar estas ausências tem a ver com a deslocação de professores e alunos para os locais das provas que, em Portugal Continental são Porto, Coimbra e Lisboa. As escolas das zonas mais remotas, em particular do interior do país, poderão mais facilmente participar nas Olimpíadas de Física, se estas forem descentralizadas para mais locais de prova, à semelhança do que acontece nas Olimpíadas de Química.
- Como a sinalização o mais precoce possível dos talentos é desejável, para a constituição de equipas de alunos com elevado potencial competitivo a nível internacional, é importante que os alunos mais talentosos do escalão A das Olimpíadas de Física possam ser, desde logo, orientados para a sua caminhada olímpica. Atualmente a equipa que ganha a Medalha de Ouro é encaminhada para um treino, que decorre ao longo do 11º Ano na Universidade Nova de Lisboa, e que lhes poderá dar acesso a participarem, em representação de Portugal, na Olimpíada Europeia de Ciência (EUSO). Seria desejável envolver mais alunos do escalão A neste processo,

por exemplo, as equipas Medalhadas com Prata e Bronze, e articular a continuação deste treino na Escola *Quark!*, caso esses alunos pretendam continuar nas fases seguintes das Olimpíadas de Física.

- Ainda a propósito da sinalização precoce de jovens talentos para a Física, seria importante que Portugal estabelecesse mecanismos formais de sinalização e acompanhamento destes jovens particularmente dotados, criando legislação que se aproximasse da de outros países, como a vizinha Espanha. Pretende-se que, uma vez sinalizado o jovem talento ao Ministério da Educação, este possa proporcionar ao aluno e à sua escola estruturas de apoio e acompanhamento do aluno, em parceria com a SPF e instituições de Ensino Superior.
- Promover nas Escolas Clubes Olímpicos que possam ajudar os alunos no seu treino para as Olimpíadas de Física. Estes Clubes Olímpicos de Ciências são relativamente comuns noutros países, mas ainda uma raridade em Portugal. Temos conhecimento de apenas um caso, o Clube Olímpico *miniQuark!* no Colégio Luso-Francês, no Porto, promovido pelo professor Carlos Azevedo [315].
- Os professores e os alunos declaram que não encontram as resoluções *on-line* das provas das Olimpíadas de Física. A Comissão Nacional das Olimpíadas de Física deveria diligenciar para que estas resoluções sejam disponibilizadas logo após o anúncio dos prémios. A disponibilização dos enunciados, resoluções e critérios de correção deveria ser acompanhada da lista do material necessário à resolução da prova experimental com a indicação do seu custo aproximado e de potenciais fornecedores, maximizando, assim, a probabilidade dos professores realizarem as experiências olímpicas nas suas escolas.
- À luz do que acontece noutros países, do qual o exemplo mais destacado é o da Hungria com o seu jornal *Kömal*, a SPF poderia promover a criação e a distribuição alargada de um periódico deste tipo dedicado às Olimpíadas de Física, onde pudessem ser publicadas sugestões de atividades experimentais interessantes para alunos e professores, promover competições de desafios experimentais para estudantes com atribuição de pequenos prémios e quadros de pontuação, etc. Também

como acontece na Hungria, este jornal poderia ser em conjunto com a Matemática e/ou a Química, bastando para tal que se criassem as necessárias sinergias entre a Sociedade Portuguesa de Física, Sociedade Portuguesa de Matemática e Sociedade Portuguesa de Química.

- A SPF poderia promover, para além das Olimpíadas de Física, uma outra competição ou torneio inter-escolas de natureza experimental que colocasse à prova a criatividade dos nossos estudantes. Este tipo de prova, ainda mais aberta e criativa do que as provas experimentais típicas das Olimpíadas de Física, poderá ser mais apelativa para as raparigas.
- A SPF deverá continuar a monitorizar de forma sistemática todos os alunos que participam na IPhO e na OIBF no seu percurso académico e profissional. Estes olímpicos, que têm percursos notáveis, inclusive ao nível internacional, serão os melhores embaixadores das Olimpíadas de Física. Deverão ser consultados para darem *feedback* sobre as Olimpíadas e o ensino da Física, para além de o seu exemplo poder servir para a promoção da Física nas nossas escolas.
- A SPF deverá desenvolver, juntamente com o Ministério da Educação e em parceria com Instituições do Ensino Superior, ações de formação contínua focadas no ensino experimental da Física, em particular nos temas em que os professores apresentam mais dificuldades (Eletromagnetismo, Eletricidade/Eletrónica). Idealmente, esta formação deveria ser gratuita e descentralizada dos grandes centros urbanos. É desejável que estas ações sejam do tipo “*hands-on*” e com disponibilização aos participantes de sugestões metodológicas para exploração das atividades com alunos de diferentes níveis etários. A partilha de informação entre os formandos, e entre os formandos e os formadores, deve ser estendida para além da formação através de uma página da Internet e das redes sociais.
- Os alunos que estão selecionados para representar Portugal na IPhO, na OIBF e na EUSO não gozam de qualquer estatuto que os possam dispensar dos exames nacionais ou de substituição do exame em época normal por um exame em época

especial, como acontece com os atletas de alta competição. Incluir os estudantes olímpicos que representam Portugal nas competições Internacionais no elenco dos “atletas de alta competição” permitiria resolver algumas situações de *stress* desnecessário quando os exames coincidem com as sessões de treino ou mesmo com as provas internacionais.

- O Ministério da Educação poderia reconsiderar o tempo letivo dedicado às aulas laboratoriais e voltar a atribuir-lhes o tempo de 135 minutos em vez dos atuais 90 minutos. O nosso estudo indica que a esmagadora maioria dos professores considera o tempo atual claramente insuficiente para a conveniente exploração das atividades laboratoriais. Igualmente, o número máximo de alunos por turno experimental deveria ser mais reduzido ou, em alternativa, deveria ser considerada a possibilidade das atividades laboratoriais terem o apoio de mais do que um professor.
- O desinvestimento que se tem vindo a acentuar nos técnicos dedicados aos laboratórios escolares deve ser rapidamente revertido. Um bom apoio técnico é fundamental para a experimentação nas escolas.
- As atividades laboratoriais obrigatórias dos programas são consideradas imutáveis pela maioria dos professores, que são renitentes a modificações no protocolo ou à inclusão de componentes adicionais de investigação no problema original. Sugere-se que o Ministério da Educação pudesse ir periodicamente substituindo as experiências obrigatórias por novas experiências.
- O Ministério da Educação poderá inspirar-se nas Olimpíadas de Física para sugerir novas atividades experimentais a serem exploradas nas escolas em contextos como projetos interdisciplinares. A este propósito, a anunciada “*Gestão Flexível do Currículo*”, que está em teste num conjunto de escolas, poderá reativar este tipo de projetos, onde poderão ser realizadas e valorizadas, em termos da avaliação do aluno, atividades experimentais com um caráter mais criativo ou aplicado.
- O Ministério da Educação deverá privilegiar sempre atividades experimentais com instrumentos e materiais de baixo custo, em detrimento de equipamento muito so-

fisticado. O nosso trabalho é um exemplo de como se podem realizar atividades interessantes e de nível próximo do Olímpico com equipamentos muito acessíveis e investimento mínimo. Não obstante, é necessário que as escolas possuam no mínimo um conjunto numeroso de equipamento de medida (voltímetros, cravadeiras, cronômetros, etc.) e alguns exemplares de equipamentos mais custosos como osciloscópios. Verificamos no nosso estudo que, se há algumas escolas muito bem equipadas, outras há ainda com graves lacunas de equipamento. O Ministério da Educação ou alguma outra entidade como o *Ciência Viva* deveria retomar os concursos de projetos de “*Ciência nas Escolas*”, onde os professores interessados poderiam obter ajuda para financiar a aquisição dos equipamentos necessários. Entidades privadas poderão igualmente contribuir para este desígnio – um bom exemplo é o concurso promovido pela Fundação Ilídio Pinho [316].

- Os Agrupamentos de escolas poderiam promover estratégias de partilha e circulação de equipamentos para facilitar a realização de experiências. Poderiam também estabelecer protocolos com Escolas Profissionais com competências na área da Eletrónica e da Mecânica para ajuda na reparação de equipamento danificado ou mesmo para desenvolver novos *kits* experimentais.
- Os professores que acompanham nas suas escolas os alunos pré-selecionados para as competições internacionais de Física não têm qualquer apoio, ou reconhecimento, por esta sua atividade por parte da tutela. Todo o investimento que o professor faz na preparação laboratorial dos seus alunos é feito à custa de horas extra que não são remuneradas, nem de outra forma reconhecidas. À semelhança do que acontece noutros países, o Ministério da Educação deveria de alguma forma reconhecer este trabalho e facilitá-lo, por exemplo, com um contributo salarial ou uma redução da carga horária.
- Os professores deveriam privilegiar o tratamento manual dos dados nas atividades laboratoriais, de modo a que as competências de análise de dados sejam efetivamente interiorizadas pelos alunos. Os alunos (e mesmo os professores) ficam surpreendidos quando constatarem que o olho, mão e cérebro humanos conseguem traçar a “melhor”

reta que passa por um conjunto de dados com fiabilidade próxima da do computador ou calculadora gráfica. É que mesmo a incerteza do declive e da ordenada na origem dessa reta podem ser razoavelmente estimadas, e rapidamente, a partir do gráfico dos dados, sem usar esses recursos tecnológicos.

- As atividades experimentais deverão ser sempre avaliadas, tal como preconizam as Orientações Curriculares da tutela. É importante que esta avaliação incida também sobre as competências operacionais, nomeadamente a manipulação de instrumentos, capacidade de planeamento e execução autónoma da experiência, etc., para além da análise dos dados e do tradicional relatório. A introdução de um exame prático obrigatório no 11º Ano não se afigura viável, mas estas competências devem ser promovidas e avaliadas.
- A realização de atividades experimentais em contexto escolar necessita de um espaço e de um tempo adequados, para além de um professor motivado e com gosto pela experimentação. Os laboratórios escolares deveriam ter uso exclusivo para atividades laboratoriais. Não havendo atualmente disciplinas exclusivamente laboratoriais (que era o caso das extintas Técnicas Laboratoriais de Física) deverão os professores e diretores das escolas zelar para que os laboratórios sejam efetivamente usados para os fins a que eles se destinam e que reajam à tentadora substituição das atividades laboratoriais realizadas pelos próprios alunos por simulações computacionais, projeções de vídeos de experiências ou exercícios de exploração de pseudodados experimentais que ninguém sabe como foram adquiridos.
- Alguns professores e alunos sugeriram a separação da disciplina de Ciências Físico-Químicas em duas disciplinas autónomas, o que permitiria aos docentes aprofundar as temáticas e diversificar as práticas pedagógicas. Não é, contudo, evidente que esta separação seja viável nesta altura, ou mesmo desejável, pois introduziria mais uma grande perturbação na organização escolar que tão fustigada tem sido com sucessivas reformas. A separação destas disciplinas nos 3 anos do Ensino Secundário deveria ser estudada por um conjunto de especialistas que, com tempo, poderá avaliar da bondade desta sugestão.

- Sugere-se uma melhor articulação entre os programas de Matemática e de Ciências Físico-Químicas, nomeadamente ao nível do cálculo diferencial e da estatística. Ao nível do 12º Ano os alunos deveriam estar mais à vontade com as operações de derivação e conhecer já uns rudimentos de cálculo integral. Na maior parte dos países uma introdução ao cálculo integral (fórmula fundamental do cálculo integral e primitivas simples) faz parte dos Currículos pré-universitários e também faz parte do programa olímpico internacional.

Sugestões para investigações futuras

Algumas questões sobre as Olimpíadas de Física e o ensino experimental em Portugal não foram cobertas pelo nosso estudo. Por outro lado, os resultados obtidos conduzem a novas questões que podem ser sujeito de investigações futuras nesta área. Deixamos, de seguida, algumas dessas questões que poderão vir a ser estudadas no futuro:

- Seria interessante desenvolver um estudo semelhante ao nosso relativamente às Olimpíadas de Química e ao ensino experimental da Química, já que ambas as disciplinas são lecionadas em conjunto até ao 11º Ano, inclusive. Seria pertinente comparar o desempenho dos alunos portugueses na Olimpíadas Internacionais de Química (IChO) com os seus pares internacionais e comparar também os desempenhos de Portugal na IChO e na IPhO. Será que há também uma degradação nas pontuações atuais da componente experimental das equipas portuguesas comparativamente a anos mais recuados? Deveria ainda começar a ser estudada a situação nas Olimpíadas Europeias de Ciência (EUSO), que é uma competição ainda recente, que contempla em conjunto a Física, a Química e a Biologia, e onde competem em grupo alunos mais novos.
- Não fizemos um estudo detalhado por género de muitas das questões inquiridas aos alunos e professores participantes nas Olimpíadas de Física. Mas os dados tornam evidente uma realidade: a participação das raparigas vai diminuindo à medida que evolui o escalão da competição e nos escalões internacionais o número de rapari-

gas nas equipas portuguesas é bastante reduzido. Esta situação não é exclusiva de Portugal, o sexo feminino está muito pouco representado na IPhO. No global da participação portuguesa, Portugal até é um dos países que tem incluído mais raparigas nas suas equipas, mas há a perceção que esta constatação reflete mais uma realidade passada do que a atual. Esta questão é merecedora de um estudo mais detalhado.

- Seria interessante envolver um conjunto alargado de professores de Escolas Secundárias que estivessem interessados em colaborar num projeto mais abrangente que estudasse a eficácia de atividades experimentais do estilo olímpico inseridas nos programas do Ensino Secundário. Estes professores seriam envolvidos numa investigação-ação, partilhando os resultados conseguidos com os seus alunos e ajudando com a sua opinião a melhorar as metodologias para um mais eficaz ensino experimental da Física.
- As práticas pedagógicas que efetivamente estão a ser aplicadas pelos professores nas suas aulas laboratoriais merecem uma investigação mais apurada. Estará a maioria dos professores a seguir um protocolo “tipo receita”? Os alunos são expostos a problemas experimentais para os quais tenham que participar ativamente na estratégia de resolução? Há efetivamente manipulação de instrumentos de medida por parte de todos os alunos? Quais estratégias e as metodologias sobre tratamento de dados e cálculo de incertezas que estão efetivamente a ser ensinadas?

Considerações finais

A presente investigação é pioneira no estudo das Olimpíadas de Física em Portugal e, por isso, podemos considerar este estudo como um primeiro olhar para os problemas no ensino da Física visto através de uma população especialmente interessada e motivada – os professores e alunos que participam nestas competições.

Este é um dos aspetos que convém, mais uma vez, salientar: os Estudos Empíricos foram realizados em populações especiais. Os resultados e as conclusões que deles se

extraem têm forçosamente que ser balizados por esta restrição e as suas extrapolações para o universo dos alunos e professores portugueses só pode ser feita com muita cautela. Mas esta forte limitação pode também ser vista por um outro prisma como uma vantagem. Muitos dos problemas sinalizados nestas populações, que afetam os melhores alunos e os professores mais empenhados, terão possivelmente maior expressão nos alunos e professores “médios” da escola portuguesa.

Do ponto de vista metodológico, o nosso Estudo Empírico I envolveu uma população numerosa (participantes nas Olimpíadas de Física ao longo de 5 anos), mas que não é uma amostra aleatória de estudantes e professores portugueses. A totalidade da população da Escola *Quark!* também foi seguida e estudada no período 2012-2015, bem como uma amostragem significativa dos antigos estudantes quarkianos. Estes estudantes são ainda mais especiais, e correspondem a uma seleção dos melhores alunos de Física portugueses. As conclusões que se tiram da sua auscultação têm que ter em consideração este referencial de excelência.

A avaliação da eficácia do treino Olímpico na Escola *Quark!*, em particular no que diz respeito ao esforço realizado para o treino da componente experimental, que envolveu um número considerável de alunos e professores intervenientes e de *kits* e materiais produzidos é particularmente difícil. A nossa avaliação deste esforço, que é francamente positiva, tem como base a auscultação dos alunos envolvidos e dos seus professores, a avaliação dos relatórios de exploração das atividades que nos foram entregando à medida que realizavam os desafios experimentais propostos e, por último, o desempenho nas provas experimentais da prova de seleção olímpica e na prestação dos alunos selecionados para a IPhO e a OIbF. Uma vez que as atividades tinham que ser realizadas nas escolas, não foi possível controlar variáveis como uma interferência (ajuda) do professor, colegas, etc., nos materiais (relatórios) por nós avaliados. Mas acreditamos que esta interferência não foi muito significativa uma vez que pedimos a todos os professores envolvidos que não ajudassem os alunos na realização dos relatórios.

No que diz respeito à metodologia usada no Estudo Empírico II gostaríamos também de voltar a realçar as limitações metodológicas que lhe são inerentes e que também limi-

tam as generalizações que se pretendam efetuar dos resultados e das conclusões que dele extraímos. A amostra das 8 escolas envolvidas também não foi aleatória e os professores que participaram voluntariamente neste estudo são *a priori*, professores particularmente interessados e motivados pelo ensino da Física e pela atualização das metodologias didáticas. Uma das restrições à escolha das escolas para este Estudo Empírico II foi a condição, que exigimos à partida, da existência de 2 turmas de Física do 12º Ano atribuídas ao mesmo professor ou uma turma suficientemente numerosa para ser dividida em dois turnos que pudessem funcionar, um como turno experimental e outro como turno de controlo, ambos lecionadas pelo mesmo professor. Apesar de ser intrinsecamente muito difícil o controlo de variáveis neste tipo de estudos em Educação, procuramos desta forma limitar o “efeito professor” que tantas vezes contamina estes estudos. Refira-se também que a nossa interferência na aplicação das atividades experimentais foi mínima. Fornecemos os *kits* e as instruções metodológicas de exploração de atividade aos professores, mas não interferimos na prática de sala de aula ao longo de todo o processo. Também não fizemos observação de aulas, para não condicionar o comportamento dos alunos, mas isto significa que não pudemos avaliar as atitudes e o desempenho dos alunos durante a execução das atividades experimentais. Os pré-testes e os pós-testes foram aplicados pelo professor, cabendo-nos apenas a sua análise e classificação.

Tendo indicado as principais limitações desta investigação, gostaríamos de salientar alguns aspetos mais gratificantes deste trabalho. Por um lado os nossos resultados mostram que as Olimpíadas de Física têm, de fato, um grande potencial para desenvolver o interesse pela Física, identificar jovens com particular talento para esta área e também estimular novas aprendizagem e aplicação de novas metodologias em contexto escolar nos professores que nelas participam. No que diz respeito ao potencial das Olimpíadas de Física para promover o interesse pela Física os resultados da Tabela 7.5 são particularmente satisfatórios.

Olimpíadas de Física				
O facto de teres participado nas Olimpíadas de Física, aumentou o teu interesse pela Física?	ORF	ONF	IPhO	OIbF
Não	18%	16%	7%	20%
Sim, um pouco	55%	43%	7%	13%
Sim, muito	18%	25%	60%	27%
Sim, bastante	9%	16%	27%	40%

Tabela 7.5: Resultados dos alunos das ORF, ONF, IPhO e OIbF sobre o interesse pela Física após a participação nas Olimpíadas de Física.

Os resultados do Estudo Empírico II, que mostraram uma boa aceitação por parte de professores e alunos da exploração de atividades experimentais modeladas ao estilo olímpico no 12º Ano do Ensino Secundário, bem como uma melhoria da aprendizagem após a utilização destes recursos por nós produzidos, também são muito gratificantes. A auscultação alargada sobre muitas questões de tantos alunos e professores permitiu-nos sinalizar um conjunto de sugestões que poderão vir a ajudar a resolver problemas com que nos deparamos no ensino experimental da Física nas nossas escolas. Consideramos que os objetivos a que nos propusemos foram alcançados e podemos sumarizar as principais conclusões do nosso trabalho:

- É possível melhorar o desempenho na componente experimental dos alunos portugueses nas Olimpíadas Internacionais de Física, efetuando um treino específico desta componente, expondo os alunos portugueses a atividades experimentais semelhantes na temática, grau de dificuldade e exigência na análise e tratamento dos dados às destas competições.
- É possível realizar atividades experimentais motivadoras, desafiantes e próximas do paradigma olímpico com material simples, de baixo custo e fácil acesso, que podem ser usadas no treino dos alunos da pré-seleção olímpica.
- Adaptando devidamente estas atividades experimentais olímpicas, é possível explorá-

las como atividades laboratoriais do 12º Ano de Física, com vantagens para a aprendizagem.

- Seria muito importante haver uma formação específica dos professores para ajudar, nas suas escolas, os alunos olímpicos no treino experimental ao longo do seu percurso letivo.
- Para maximizar a eficácia desta formação, deveriam ser sempre fornecidos aos professores guiões com sugestões metodológicas e resultados típicos das atividades experimentais.
- As atividades experimentais deverão ser executadas individualmente ou em grupos de 2 alunos, devendo ser privilegiada a aquisição e tratamento manual dos dados experimentais.
- Nas atividades experimentais é importante que os alunos adquiram competências operacionais básicas, tais como a manipulação correta de instrumentos de medida. Isso só pode ser conseguido se realmente todos os alunos colocarem as “mãos-na-massa”.
- A execução de atividades experimentais mais desafiantes que estimulem o pensamento autónomo dos alunos e a sua criatividade, têm um maior potencial de motivação dos alunos. Elas catalisam de forma mais eficaz as aprendizagens.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

Bibliografia

- [1] “Competição de Ciência - Intel STS.” <https://student.societyforscience.org/regeneron-sts>.
- [2] “Escola Alemã para superdotados (página da internet em alemão).” <http://www.lgh-gmuend.de/>.
- [3] “Escola Alemã (página da internet em alemão).” <http://www.sankt-afra.de/landesgymnasium-sachsen.html>.
- [4] “Escola na Roménia (página da internet em romeno).” <http://liceu.ichb.ro/>.
- [5] “PISA 2006 - Science Competencies for Tomorrow’s World. Volume 1: Analysis. (OECD, Paris, 2007).” <http://dx.doi.org/10.1787/9789264040014-en>.
- [6] “PISA 2009 - Results: What Students Know and Can Do. Volume 1.” <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/48852548.pdf>.
- [7] “OECD (2016), PISA 2015 Results (Volume 1): Excellence and Equity in Education, OECD Publishing, Paris.” <http://dx.doi.org/10.1787/9789264266490-en>.
- [8] W. Gorzkowski, “International Physics Olympiads (IPhO): Their history, structure and future,” *Association of Asia Pacific Physical Societies - Bulletin*, vol. 17, no. 3, pp. 2–11, 2007.
- [9] F. Redish, J. Saul, e R. Steinberg, “Student expectations in introductory physics,” *American Association of Physics Teachers*, vol. 66, no. 3, pp. 212–224, 1998.

- [10] R. O’Kennedy, M. Burke, P. Kampen, P. James, M. Cotter, W. Browne, C. O’Fagain, e E. McGlynn, “The First EU Science Olympiad (EUSO): a model for science education,” *Journal of Biological Education*, vol. 39, no. 2, pp. 58–61, 2005.
- [11] Z. Rajkovits e L. Markovich, “The influence of international competitions on the everyday physics teaching,” *Physics Competitions*, vol. 6, no. 1, pp. 64–80, 2004.
- [12] H. Jordens e L. Mathelitsch, “Physics competitions,” *European Journal of Physics*, vol. 32, no. 4, p. 1, 2011.
- [13] “Artigo de G. Tibell.” <https://web.phys.ksu.edu/icpe/publications/teach2/Tibell.pdf>.
- [14] F. Nogueira, “Uma participação (quase) brilhante na XV OIBF,” *Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa de Física*, vol. 33, no. 3/4, pp. 35–36, 2010.
- [15] R. de Carvalho, “Acerca dos trabalhos práticos de Física nos Liceus,” *Física*, vol. 2, no. 1, pp. 39–41, 1947.
- [16] A. M. Freire, “Um olhar sobre o ensino da Física e da Química nos últimos cinquenta anos,” *Revista de Educação*, vol. 3, no. 1, pp. 37–49, 1993.
- [17] M. da Conceição Santos, “Trabalho Experimental na aprendizagem em Ciência - O Desenvolvimento de Competências Científicas na disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia,” Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 1999.
- [18] C. N. de Educação, *Ensino Experimental e Construção de Saberes*. Ministério da Educação, 1999.
- [19] C. N. de Educação, *Ensino Experimental das Ciências - (Re)pensar o Ensino das Ciências*. 2001.
- [20] A. Martins, I. Malaquias, A. Campo, D. Martins, *et al.*, *Livro Branco da Física e da Química - Diagnóstico 2000 - Recomendações 2002*. Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

- [21] C. N. de Educação, *Ciência e Educação em Ciência*. 2005.
- [22] C. F. P. Oliveira, “Relatório de Estágio de Mestrado em Ensino da Física e Química,” Tese de Mestrado, Universidade de Coimbra, Coimbra, julho 2010.
- [23] J. A. G. Rebuge, “O Trabalho Experimental nas aulas de Física e Química: concepções e práticas dos professores nas Escolas Secundárias de São Miguel-Açores,” Tese de Mestrado, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 2011.
- [24] L. Leite, “As actividades laboratoriais e o desenvolvimento conceptual e metodológico dos alunos,” *Boletim de Ciências*, no. 51, pp. 83–92, 2002.
- [25] L. Leite, *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação - Departamento do Ensino Secundário, Volume 1, 2001.
- [26] D. Klahr, M. Afonso, D. Alveirinho, V. Alves, *et al.*, *O valor do ensino experimental*. Porto Editora, 2011.
- [27] J. Wellington, *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências - Re-Thinking the role of practical work in science education*. Universidade do Minho, 2000.
- [28] “Comunicação apresentada por Robin Millar na Academia Nacional de Ciências de Washington em 2004.” <http://eduka.no/onewebmedia/Millar%20The%20role%20of%20practical%20work.pdf>.
- [29] A. H. e Vicent Lunetta, “The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century,” *Science Education*, vol. 88, no. 1, pp. 28–54, 2003.
- [30] D. Hodson, “A critical look at practical work in school science,” *School Science Review*, vol. 70, no. 256, pp. 33–40, 1990.
- [31] J. Osborne, “Practical work in science: misunderstood and badly used?,” *School Science Review*, vol. 96, no. 357, pp. 16–24, 2015.

- [32] Z. Yakar e H. Baykara, “Inquiry-Based Laboratory Practices in a Science Teacher Training Program,” *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 10, no. 2, pp. 173–183, 2014.
- [33] “Sydney Brenner.” http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2002/brenner-bio.html.
- [34] C. Grimberg, *História Universal 2 - Os Persas de Micenas à Grécia Clássica*, vol. 2. Publicações Europa-América, 1968.
- [35] “Jogos da Era Moderna.” <http://comiteolimpicoportugal.pt/jogos-modernos/>.
- [36] “História - Olimpíada da Ciência da União Europeia.” <http://euso.eu/history-of-euso/>.
- [37] V. Berinde, *Romania: the Native Country of International Mathematics Olympiads: a Brief History of Romanian Mathematical Society*. Cub Press 22, 2004.
- [38] P. S. Kenderov, “A Short History of the World Federation of National Mathematics Competitions,” *Mathematics Competitions*, vol. 22, no. 2, pp. 14–31, 2009.
- [39] “Fundação das Olimpíadas Internacionais de Matemática.” <http://imof.co/>.
- [40] “Comunicação apresentada por Petar S. Kenderov no Congresso Internacional de Matemática em 2006.” http://www.icm2006.org/proceedings/Vol_III/contents/ICM_Vol_3_76.pdf.
- [41] “Olimpíadas Portuguesas de Matemática.” <http://olimpiadas.spm.pt/index.php?id=13&tipo=1>.
- [42] W. Gorzkowski, *International Physics Competitions: International Physics Olympiads and First Step to Nobel Prize in Physics*. Instytut Fizyki PAN, 1999.
- [43] “Literatura sobre as Olimpíadas Internacionais de Física.” <http://ipho.org/literature.html>.

- [44] M. Fiolhais, “A XXIV Olimpíada Internacional da Física,” *Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa*, vol. 17, no. 1, pp. 20–23, 1994.
- [45] “IUPAP - International Union of Pure and Applied Physics - Commission on Physics Education.” <http://iupap.org/young-scientist-prize/commissions/>.
- [46] “IPhO - Estatutos.” <http://www.ipho.org/statutes.html>.
- [47] SPF, “Relatório do Conselho Diretivo da SPF - Triénio 1990-1992,” *Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa*, vol. 16, no. 1, 1993.
- [48] A. Lengfelder e K. A. Heller, “German Olympiad studies: findings from a retrospective evaluation and from in-depth interviews: where have all the gifted females gone?,” *Journal of Research Education*, vol. 12, pp. 86–92, 2002.
- [49] S. Cho e H.-J. Lee, “Korean gifted girls and boys: What influenced them to be Olympians and Non-Olympians?,” *Journal of Research Education*, vol. 12, no. 1, pp. 1–6, 2002.
- [50] “OIbF - estatutos.” <http://olimpiadas.spf.pt/oibf2006/estatutos.shtml>.
- [51] “OIbF - regulamento.” <http://oibf2016.blogspot.pt/p/reglamento.html>.
- [52] “Olimpíadas Ibero-americanas de Física - 2016.” <http://oibf2016.blogspot.pt/p/temario.html>.
- [53] “Asian Physics Olympiad.” <http://apho2016.ust.hk/history.php>.
- [54] “História - Asian Physics Olympiad.” <http://apho2016.ust.hk/history.php>.
- [55] “International Olympiad on Astronomy and Astrophysics.” <http://www.sp-astro-nomia.pt/IOAA>.
- [56] B. Soonthornthum e C. Kunjaya, “International Olympiad on Astronomy and Astrophysics,” *European Journal of Physics*, vol. 32, no. 4, pp. 15–20, 2011.
- [57] “Olimpíadas Internacionais de Física - 2014.” <http://olimpiadas.spf.pt/ipho/2014.shtml>.

- [58] “Olimpíadas Ibero-americanas de Física - 2014.” <http://olimpiadas.spf.pt/oi bf/2014.shtml>.
- [59] “International Junior Science Olympiad.” <http://ijso-official.org/2009/06/statutes/>.
- [60] “International Conference of Young Scientists.” <http://metal.elte.hu/~icys/>.
- [61] Z. Rajkovits, “The first 15 years of the International Conference of Young Scientists,” *European Journal of Physics*, vol. 31, no. 4, pp. 17–23, 2010.
- [62] “International Young Physicists Tournament.” <http://iypt.org/Home>.
- [63] “International Young Physicists Tournament - 2017.” <http://iypt2017.nus.edu.sg/Participants>.
- [64] “International Young Naturalists Tournament.” <http://iynt.org/>.
- [65] D. Izad, “Physics Education and PYPT,” *Physics Competitions*, vol. 14, no. 1, pp. 35–41, 2012.
- [66] W. Gorzkowski, Y. Surya, e R. Zuberek, “The competition - First Step to Nobel Prize in Physics,” *European Journal of physics*, vol. 32, no. 4, pp. 21–29, 2011.
- [67] “First Step to Nobel Prize in Physics.” <http://info.ifpan.edu.pl/firststep/>.
- [68] “Olimpíada da Ciência da União Europeia.” <http://euso.eu/>.
- [69] “Olimpíada da Ciência da União Europeia - 2017.” <http://euso2017.dk/about-euso/>.
- [70] “Direção Regional de Educação - Olimpíada da Ciência da União Europeia.” <http://www.dge.mec.pt/olimpiada-da-ciencia-da-uniao-europeia-euso>.
- [71] “Concurso de Ciência para crianças.” <http://www.sciencethrillers.com/2013/top-20-science-stem-contests-kids/>.

- [72] “Olimpíadas de Matemática do 1º Ciclo do Ensino Básico.” <http://olimpiadas.spm.pt>.
- [73] “Competições de Matemática para alunos com problemas auditivos.” <https://www.rit.edu/ntid/mathcompetition/>.
- [74] SPF, “Noticiário SPF - Olimpíadas de Física,” *Gazeta de Física*, vol. 8, no. 3, pp. 118–119, 1985.
- [75] “Olimpíadas Portuguesas de Física - regulamento.” <http://olimpiadas.spf.pt/regulamento.html>.
- [76] “Olimpíadas Regionais de Física.” <http://olimpiadas.spf.pt/regionais/regionais.shtml>.
- [77] “Olimpíadas Nacionais de Física.” <http://olimpiadas.spf.pt/nacionais/nacionais.shtml>.
- [78] “Provas olímpicas de apuramento.” <http://olimpiadas.spf.pt/apuramento/apuramento.shtml>.
- [79] C. Pessoa, “Primeira medalha nas olimpíadas para um estudante português,” *Gazeta de Física*, vol. 24, no. 3, p. 37, 2001.
- [80] “Resultados numéricos da IPhO de 2015.” <http://www.ipho2015.in/results/>.
- [81] “Comunicação apresentada por Toh Tin Lam no Congresso Internacional de Matemática sobre Educação em 2012.” https://repository.nie.edu.sg/bitstream/10497/15919/1/ICME-2012-640_a.pdf.
- [82] K. A. Heller, F. J. Mönks, R. J. Sternberg, e R. F. Subotnik, *International handbook of research and development of giftedness and talent*. Pergamon, 2000.
- [83] S. Petersen e P. Wulff, “The German Physics Olympiad identifying and inspiring talents,” *European Journal of Physics*, vol. 38, no. 3, pp. 1–16, 2017.

- [84] “Intel STS - ex-alunos premiados com Nobel da Física.” <https://student.societyforscience.org/society-alumni-honors>.
- [85] “Johns Hopkins University - Center for Talented Youth (CTY).” <http://cty.jhu.edu/>.
- [86] “Institute for Educational Advancement.” <http://educationaladvancement.org/what-is-gifted/>.
- [87] “Academia de Educação para Sobredotados de Hong Kong.” <https://www.hkage.org.hk/en/>.
- [88] “Ministério da Educação de Singapura.” www.moe.gov.sg/education/programmes/gifted-education-programme.
- [89] “Departamento de Educação das Filipinas.” <http://www.deped.gov.ph/orders/do-70-s-2009>.
- [90] “Presidência da Rússia (página da internet em russo).” <http://kremlin.ru/event/s/president/news/14907>.
- [91] EACEA, *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research - Education, Audiovisual and Culture Executive Agency-EACEA*. Eurydice network, 2011.
- [92] “Documento orientador para professores sobre alunos talentosos e sobredotados do Ensino Primário - Inglaterra.” <https://giftedphoenix.files.wordpress.com/2012/11/effective-provision-in-primary-schools-dfe-may-2008.pdf>.
- [93] “Documento orientador para professores sobre alunos talentosos e sobredotados do Ensino Secundário - Inglaterra.” http://dera.ioe.ac.uk/7192/7/dcsf-00830-2007_Redacted.pdf.
- [94] “Diretrizes para os professores sobre alunos talentosos - Inglaterra.” http://www.nicurriculum.org.uk/docs/inclusion_and_sen/gifted/Gifted_and_Talented.pdf.

- [95] “Escola Sir Karl Popper - Áustria.” <https://www.popperschule.at/begabungsforderung.html>.
- [96] “Escola na Grécia.” <http://www.cty-greece.gr/en/meet-cty>.
- [97] “Escola na Sérvia (página da internet sérvia).” <http://www.mg.edu.rs/sr/takmicenja/uspesi-na-olimpijadama>.
- [98] “Futura escola para talentos na Noruega.” <https://www.utdanningsnytt.no/nyheter/2015/november/tonsberg-kan-fa-landets-forste-privatskole-for-barn-med-hoy-iq/>.
- [99] G. de Estatística e Planeamento da Educação do Ministério da Educação, *A Educação de Sobredotados na Europa*. EURYDICE, 2007.
- [100] “Comunicação apresentada no encontro do ensino da Matemática por Jaime Carvalho e Silva em 1999.” <http://www.mat.uc.pt/~delfos/talentos.pdf>.
- [101] “*Delfos* - Escola de Matemática para jovens.” <https://www.uc.pt/fctuc/dmat/delfos>.
- [102] “Projeto *Quark!* - Escola de Física para Jovens.” <http://quark.fis.uc.pt/>.
- [103] T.-R. Ádám, *List of Winners in 1st- 45th International Physics Olympiads*. BME OMIKK, 2015.
- [104] “Página da internet sobre o jornal húngaro - KöMaL.” <https://www.komal.hu/info/miazakomal.e.shtml>.
- [105] “Problemas de Matemática e Física do KöMaL.” <http://www.komal.hu/info/beatkozakos.e.shtml>.
- [106] “Olimpíadas de Física Romanas (página da internet em romeno).” <http://ipho.elte.hu/>.
- [107] “Olimpíadas de Física Alemãs (página da internet em alemão).” <http://wettbewerb.ipn.uni-kiel.de/ipho/national.html>.

- [108] “Instituições responsáveis pelo treino da equipa americana para a IPhO.” <http://www.aapt.org/olympiad2002/benefits.html>.
- [109] “Treino da equipa americana que compete na IPhO.” <http://www.aapt.org/olympiad2002/about.html>.
- [110] “Programa do treino da equipa americana que compete na IPhO.” <http://www.aapt.org/physicsteam/program.cfm>.
- [111] T. Nghia, “Vietnam and physics competitions for secondary school students,” *Journal Physics Competitions*, vol. 11, no. 1, pp. 28–35, 2009.
- [112] “Treino dos alunos canadianos - (POPTOR).” <https://www.physics.utoronto.ca/physics-at-uoft/outreach/physics-olympiad-training-in-toronto-poptor-february-2016/physics-olympiad-training-in-toronto-poptor/?searchterm=POPTOR>.
- [113] “Treino da equipa do Canadá.” <http://www.cap.ca/sites/cap.ca/files/article/2898/pic-69-3-4-44th-olympiad.pdf>.
- [114] “Estatutos dos Olimpíadas Espanholas de Física.” <https://rsef.es/estatutos-de-las-olimpiadas/item/618-estatutos-de-la-olimpiada-espanola-de-fisica>.
- [115] “Olimpíadas de Física Suíça - problemas.” <http://www.swisspho.ch/fr/exams>.
- [116] “Olimpíadas de Física Suíça.” <http://www.swisspho.ch/fr/swisspho>.
- [117] “Olimpíada de Física Brasileira.” <http://www.sbfisica.org.br/v1/olimpiada/2016/>.
- [118] “Olimpíada Brasileira de Física - calendário 2016.” <http://www.sbfisica.org.br/v1/olimpiada/2016/index.php/calendario>.
- [119] G. Figueira, “Projeto *Quark!*,” *Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa de Física*, vol. 30, no. 1/2, pp. 50–51, 2007.

- [120] “Fórum *Quark!*” <http://algol.fis.uc.pt>.
- [121] “Formação Contínua para Professores - Física Experimental Olímpica.” http://www.spf.pt/files/outros/PRE_OLIMPICA.pdf.
- [122] J. R. Campbell, S. Cho, e A. X. Feng, “Academic Competition: A Bridge to More Opportunities for the Talented,” *Roeper Review*, vol. 33, no. 1, pp. 5–7, 2011.
- [123] J. R. Campbell e H. J. Walberg, “Olympiad Studies: competitions provide alternatives to developing talents that serve national interests,” *Roeper Review*, vol. 33, no. 1, pp. 8–17, 2011.
- [124] J. L. Wirt, *An Analysis of Science Olympiad Participants’ Perceptions Regarding Their Experience with the Science and Engineering Academic Competition*. Tese de Doutoramento, Seton Hall University, South Orange, New Jersey, United States, 11 2011.
- [125] S. Cho, S. Han, e M. E. Freeley, “Development of Leadership of Former and Prospective Science Olympians and General Students: Examining Contributions of Personal Characteristics and Family Processes,” *Talent Development e Excellence*, vol. 4, no. 2, pp. 127–141, 2012.
- [126] B. S. Bloom e L. A. Sosniak, “Talent development vs. schooling,” *Educational Leadership*, vol. 39, no. 2, pp. 86–94, 1981.
- [127] A. X. Feng, J. R. Campbell, e M. A. Verna, “Understanding Gender Inequity in America: Interviews with Academic Olympians,” *Journal of Research in Education*, vol. 12, no. 1, pp. 93–100, 2002.
- [128] R. M. Pedrosa, “Talento na Física que vale ouro,” *Correio da Manhã*, no. 172355, p. 71, 2010.
- [129] C. Resch, “Olympiads as a means to promote gifted students,” *Physics Competitions*, vol. 15, no. 1/2, pp. 13–21, 2013.
- [130] “Olimpíada de Ciência.” <https://www.soinc.org/about/mission>.

- [131] A. Martins, A. Sampaio, A. Gravito, D. Martins, *et al.*, *Livro Branco da Física e da Química - Opiniões dos alunos 2003*. Fundação Calouste Gulbenkian, 2005.
- [132] “PISA.” <http://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/>.
- [133] “TIMSS.” <https://timssandpirls.bc.edu/about.html>.
- [134] R. de Carvalho, *História do Ensino em Portugal - desde a fundação da nacionalidade até ao fim do regime de Salazar-Caetano - 5ª Edição*. Fundação Calouste Gulbenkian - Serviço de Educação e Bolsas, 2011.
- [135] C. Fiolhais, *A Ciência em Portugal*. Relógios D’Água Editores - Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2011.
- [136] C. Fiolhais, *Membros Portugueses da Royal Society*. Universidade de Coimbra - FPGB, 2011.
- [137] J. de Providência Literaria, *Estatutos da Universidade de Coimbra 1772 - Livro III - Os cursos das Sciencias Naturaes e Filosoficas*. Regia Officina Typografica, 1773.
- [138] A. J. F. Leonardo, D. R. Martins, e C. Fiolhais, “O Instituto de Coimbra e o Ensino Secundário em Portugal de 1836 a 1910: o caso das Ciências Físico-Químicas,” *Revista Portuguesa de Pedagogia*, vol. 43, no. 2, pp. 239–260, 2009.
- [139] “O Instituto: jornal scientifico e litterario - Vol. 3 (1854/55).” https://almamater.sib.uc.pt/pt-pt/fundo_antigo/o_instituto_jornal_scientifico_e_litterario_vol_3_185455.
- [140] “Diretor do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra - António dos Santos Viegas Júnior.” https://www.uc.pt/org/historia_ciencia_na_uc/autores/VIEGAS_antoniodossantos.
- [141] H. T. de Bastos, “Raio X de Röntgen,” *O Instituto: jornal scientifico e litterario*, vol. 43, 1896.

- [142] “*O Instituto: jornal científico e litterario*, volume nº43.” https://almamater.sib.uc.pt/pt-pt/fundo_antigo/o_instituto_jornal_scientifico_e_litterario_vol_43_1896.
- [143] “Revista *O Occidente* com a notícia: *A Photographia atravez dos corpos opacos*, 25 de março de 1896.” http://hemerotecadigital.cm-lisboa.pt/0BRAS/0cidente/1896/N621/N621_master/N621.pdf.
- [144] E.P., “A photographia atravez dos corpos opacos,” *O Occidente*, vol. 19, no. 621, pp. 67–69, 1896.
- [145] J. Calado, *Notas Históricas-Pedagógicas sobre o Instituto Superior Técnico por Alfredo Bensaúde*. IST - Press, 2003.
- [146] A. J. F. Leonardo, *O Instituto de Coimbra e a evolução da Física e da Química em Portugal de 1852 a 1952*. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, Coimbra, 10 2011.
- [147] B. Machado, “Curso de Pedagogia,” *O Instituto: jornal científico e litterario*, vol. 47, pp. 80–84, 130–148, 193–197, 1900.
- [148] “O Instituto: jornal científico e litterario, volume nº47.” https://almamater.sib.uc.pt/pt-pt/fundo_antigo/o_instituto_jornal_scientifico_e_litterario_vol_47_1900.
- [149] A. J. F. Leonardo, D. R. Martins, e C. Fiolhais, “O Instituto de Coimbra e o Ensino Secundário em Portugal na Primeira República. O caso particular das Ciências Físico-Químicas,” *Revista Portuguesa de Educação*, vol. 25, no. 1, pp. 165–191, 2012.
- [150] M. E. D. de Andrade Beirão Amador, “O ensino experimental da Física nos liceus até ao segundo quartel do século XX,” Tese de Mestrado, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2007.
- [151] D. do Governo, “Instrução sobre os trabalhos individuais educativos - Decretos nº 895 e 896 - Portaria nº 239,” *Imprensa Nacional de Lisboa - Ministério de Instrução*

- Pública - Repartição de Instrução Secundária*, vol. 1ª Série, no. 175, pp. 889–890, 26 de setembro de 1914.
- [152] F. A. G. G. Silva, “O ensino da Física em Portugal na sequência da reforma de 1947,” Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2008.
- [153] T. Peña e G. Figueira, *Histórias da Física em Portugal no século XX*. Gradiva, 2015.
- [154] F. de Carvalho (coord.), *Rómulo de Carvalho [Memórias]*. Fundação Calouste Gulbenkian - Serviço de Educação e Bolsas, 2011.
- [155] R. de Carvalho, *Ciências da Natureza 1*. Livraria Sá da Costa Editora, 1968.
- [156] T. Peña, C. Abreu, e G. Figueira, “Entrevista a José Veiga Simão - parte II,” *Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa de Física*, vol. 35, no. 1, pp. 8–17, 2012.
- [157] M. de Fátima Crequeira e A. M. de Oliveira Martins, “A consolidação da Educação e Formação Profissional na Escola Secundária nos últimos 50 anos em Portugal,” *Revista Lusófona de Educação*, vol. 17, no. 17, pp. 123–145, 2011.
- [158] G. de Estatística e Planeamento da Educação e Instituto Nacional de Estatística, *50 Anos de Estatísticas da Educação - Volume I*. Editorial do Ministério da Educação, 2009.
- [159] M. Pimenta, “José Mariano Gago 1978-1986: o ensino da física, a divulgação científica, a adesão de Portugal ao CERN,” *Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa de Física*, vol. 38, no. 2, pp. 4–6, 2015.
- [160] “Diário da República - I Série - n.º 237 - 14-10-1986, alíneas a) e c) Artigo 9.º” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/EInfancia/documentos/lei_bases_do_sistema_educativo_46_86.pdf.
- [161] J. de Pina Cabral, “Entrevista a José Mariano Gago,” *Análise Social - Revista do Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa*, vol. 46, no. 200, pp. 388–413, 2011.

- [162] R. W. Bybee e T. Mau, “Science and Technology related global problems: an international survey of science educators,” *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 23, no. 7, pp. 599–618, 1986.
- [163] A. Cachapuz, I. Malaquias, I. P. Martins, F. Thomaz, *et al.*, “O trabalho experimental nas aulas de Física e Química: uma perspectiva nacional,” *Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa de Física*, vol. 12, no. 2, pp. 65–69, 1989.
- [164] “Decreto-Lei n.º 286/1989 de 29 de agosto.” <https://dre.pt/application/file/a/618228>.
- [165] J. M. Gago, *Manifesto para a Ciência em Portugal*. Gradiva, 1990.
- [166] “História - Ciência Viva.” http://www.cienciaviva.pt/historia/?acao=showobjectoarquivocv&id_objectoarquivocv=1.
- [167] “Ministério da Educação - Resolução n.º 188/82.” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Basico/Legislacao/despacho_124_me_91.pdf.
- [168] GETAP, *Técnicas Laboratoriais de Física - Organização Curricular*. Porto: Ministério da Educação - Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, 1992.
- [169] “Decreto-Lei n.º 6/2001 de 18 de Janeiro.” http://www.evanog.com/pdfs/decreto-lei_6-2001.pdf.
- [170] “Conselho Nacional de Educação - Parecer n.º 3/2000 - Proposta de reorganização curricular do Ensino Básico.” http://www.cnedu.pt/content/antigo/files/cn_epareceresmodule/Parecer_3_2000.pdf.
- [171] “Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares - 3º Ciclo.” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfn_orient_curriculares_3c_1.pdf.
- [172] “Decreto-Lei n.º 7/2001 de 18 de Janeiro - Ensino Secundário.” <https://dre.pt/application/file/a/338963>.

- [173] “Decreto-Lei n.º 74/2004 de 26 de Março.” https://www.ipleiria.pt/wp-content/uploads/2015/01/373_74_2004.pdf.
- [174] D.-G. de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, *Orientações: Área de Projeto dos Cursos Científico-Humanísticos - Projeto Tecnológico dos Cursos Tecnológicos - 12º Ano*. Ministério da Educação, 2006.
- [175] M. I. Duarte, A. Calado, A. P. Jordão, C. Gonçalves, *et al.*, *Estudo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário*. ISCTE, PRODEP e Gabinete de Gestão Financeira do Ministério da Educação, 2006.
- [176] “Decreto-Lei n.º 272/2007 de 26 de Julho.” <https://dre.pt/application/file/a/636619>.
- [177] “Decreto-Lei n.º 50/2011 de 8 de Abril.” <https://dre.pt/application/file/a/276735>.
- [178] “Revisão da Estrutura Curricular - 2011.” <http://static.publico.pt/docs/educacao/revestcurricular.pdf>.
- [179] “Diário da República, 2.ª série - N.º 242 - 14 de dezembro de 2012.” https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Basico/Legislacao/despacho_15971_2012.pdf.
- [180] C. Fiolhais, “O que há de novo no Ensino da Física e da Química?,” *Revista de Ciência Elementar*, vol. 2, no. 3, pp. 1–3, 2014.
- [181] “Diário da República, 2.ª série - N.º 242 - 14 de dezembro de 2012.” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos_Disciplinas_novo/Curso_Ciencias_Tecnologias/Fisica/despacho_15971_20121.pdf.
- [182] P. S. Carvalho, A. S. e Sousa, J. Paiva, e A. J. Ferreira, *Ensino Experimental das Ciências - um guia para professores do Ensino Secundário*. Porto: Universidade do Porto editorial, 2013.

- [183] J. Marôco, V. Lourenço, R. Mendes, e C. Gonçalves, *TIMSS Advanced 2015 - Portugal. Volume I: Desempenhos em Matemática e em Física*. Instituto de Avaliação Educativa, I.P., 2016.
- [184] “TIMSS Advanced 2015 - resultados internacionais.” <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/advanced/>.
- [185] J. Marôco, V. Lourenço, R. Mendes, e C. Gonçalves, *PISA 2015 - Portugal - Volume I: Literacia Científica, Literacia de Leitura e Literacia Matemática*. Instituto de Avaliação Educativa, I.P., 2016.
- [186] “História da OCDE.” <http://www.oecd.org/about/history/>.
- [187] “PISA 2015 - Testes de Ciência.” <http://www.oecd.org/pisa/test/other-languages/>.
- [188] “PISA 2006 - Science Competencies for Tomorrow’s World: Volume 1: Analysis.” http://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2006_9789264040014-en.
- [189] P. Robert, *A Educação na Finlândia - Os segredos de um sucesso*. Edições Afrontamento, 2010.
- [190] S. Formosinho, A. Pais, e J. Almeida, “Science indicators and science patterns in europe,” *Journal of Informetrics*, vol. 3, pp. 134–142, 2009.
- [191] S. S. Formosinho, *Uma Intuição por Portugal*. Coimbra: Edições Artez, 2009.
- [192] “PISA 2015 - Resultados.” <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus.pdf>.
- [193] “Andreas Schleicher, diretor de Educação e Competências da OCDE.” <http://www.oecd.org/edu/andreas-schleicher.htm>.
- [194] “Conferência: PISA - Avaliação, resultados, desafios.” <https://www.ffms.pt/conferencias/detalhe/1975/pisa-avaliacao-resultados-desafios>.

- [195] “Notícia do Jornal Expresso - 30 abril de 2016 - As escolas portuguesas ainda não fizeram a transição do ensino do século XX para o século XXI.” <http://expresso.sapo.pt/sociedade/2016-04-30-As-escolas-portuguesas-ainda-nao-fizeram-a-transicao-do-ensino-do-seculo-XX-para-o-seculo-XXI>.
- [196] “Jornal Observador - 11 fevereiro 2017 - Entrevista a Andreas Schleicher.” <http://observador.pt/especiais/portugal-tem-de-ter-cuidado-para-educar-a-s-criancas-para-o-seu-proprio-futuro-e-nao-para-o-nosso-passado/>.
- [197] “Jornal Diário de Notícias - 10 de fevereiro de 2017 - Entrevista a Andreas Schleicher.” <http://www.dn.pt/portugal/interior/andreas-schleicher-portugal-e-a-maior-historia-de-sucesso-da-europa-no-pisa-5659076.html>.
- [198] M. I. Festas, *Dificuldades de ensino e aprendizagem*. In Miranda, G. e Bahia, S. (Org.). *Psicologia da educação: temas de desenvolvimento, aprendizagem e ensino*. Lisboa: Relógio D’Água Editores, 2005.
- [199] M. G. A. Bidarra e M. I. F. Festas, “Construtivismo(s): implicações e interpretações educativas,” *Revista Portuguesa de Pedagogia*, vol. 2, no. 39, pp. 175–195, 2005.
- [200] P. Serra e C. Galvão, “Evolução do currículo de Ciências em Portugal: Será Bloom incontornável?,” *Interações*, vol. 11, no. 39, pp. 255–271, 2015.
- [201] M. J. B. de Almeida, “As diferentes teorias de aprendizagem e o ensino da Física,” *Gazeta da Física - aceite para publicação*, 2017.
- [202] J. Dewey, *Democracia e educação*. Lisboa: Didáctica Editora, 2007.
- [203] J.-M. Dolle, *Para compreender Jean Piaget*. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.
- [204] O. Lourenço, *Piaget e Vygotsky, muitas semelhanças, uma diferença crucial*. In Miranda, G. e Bahia, S. (Org.). *Psicologia da educação: temas de desenvolvimento, aprendizagem e ensino*. Lisboa: Relógio D’Água Editores, 2005.

- [205] C. Sousa, *A teoria sociocultural de Vygotsky. In Miranda, G. e Bahia, S. (Org.). Psicologia da educação: temas de desenvolvimento, aprendizagem e ensino*. Lisboa: Relógio D'Água Editores, 2005.
- [206] N. Raposo, *A teoria de Jerome Bruner e as suas implicações pedagógicas. Estudos de Psicopedagogia*. Coimbra Editor, 1995.
- [207] “Comissão do programa - Physical Science Study Committee - 1956.” <http://libraries.mit.edu/archives/exhibits/pssc/>.
- [208] P. Today, “Meetings - Physical Science Study Committee,” *American Institute of Physics*, vol. 11, no. 11, p. 62, 1958.
- [209] A. Pelizzari, M. L. Kriegl, M. P. B., N. T. L. Finck, *et al.*, “Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel,” *Revista PEC, Curitiba*, vol. 2, no. 1, pp. 37–42, 2001.
- [210] D. Kumaran, “Short-Term Memory and the Human Hippocampus,” *Journal of Neuroscience*, vol. 28, no. 15, pp. 3837–3838, 2008.
- [211] L. A. (Ed.), D. K. (Ed.), P. Airasian, K. Cruikshank, *et al.*, *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives (Complete edition)*. New York: Longman, 2001.
- [212] D. R. Krathwohl, “A revision of Bloom's taxonomy: An overview,” *Theory in Practice*, vol. 41, no. 4, pp. 212–218, 2002.
- [213] “Programa de Física e Química dos 10^o e 11^o Anos.” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos_Disciplinas_novo/Curso_Ciencias_Tecnologias/Fisica_Quimica_A/programa_fqa_10_11.pdf.
- [214] A. P. C. M. Ferraz e R. V. Bellhot, “Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais,” *Gestão e Produção, São Carlos*, vol. 17, no. 2, pp. 421–431, 2010.
- [215] J. B. Lopes, *Aprender e ensinar Física*. Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

- [216] E. Etkina, A. Karelina, e M. Ruibal-Villasenor, “How long does it take? A study of student acquisition of scientific abilities,” *Physical review special topics - Physics education research*, vol. 4, no. 2, pp. 020108–1 a 020108–15, 2008.
- [217] M. J. B. M. de Almeida, *Preparação de professores de Física - um contribuição científico-pedagógica e didática*. Almedina, 2004.
- [218] L. Haury e P. Rillero, *Perspectives of Hands-On Science Teaching*. ERIC - Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, 1994.
- [219] N. M. Shamsudin, N. Abdullah, e N. Yaamat, “Strategies of Teaching Science Using an Inquiry Based Science Education (IBSE) by Novice Chemistry Teachers,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 90, pp. 583–592, 2013.
- [220] M. S. J. van Uum, R. P. Verhoeff, e M. Peetersc, “Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers,” *International Journal of Science Education*, vol. 38, no. 3, pp. 450–469, 2016.
- [221] “Nuffield Physics - 1962.” <http://www.nuffieldfoundation.org/nuffield-physics-1962>.
- [222] C. C. N. da Silva, *A investigação didáctica e o trabalho laboratorial: um estudo sobre as percepções e práticas de professores de Física de 10º ano de escolaridade*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Braga, novembro 2009.
- [223] A. R. L. Mota, *Ensaio prático do movimento Core Knowledge no ensino da Física em Portugal*. Tese de Doutoramento, Universidade do Porto, Porto, novembro 2011.
- [224] R. M. Sharpe, *Secondary school students’ attitudes to practical work in school science*. Tese de Doutoramento, University of York, York, novembro 2012.
- [225] K. Jokiranta, “The effectiveness of practical work in science education,” Tese de Mestrado, University of Jyväskylä, Jyväskylä, February 2014.
- [226] “Role of Labs in High School Physics - American Association of Physics Teachers.” <http://www.aapt.org/resources/policy/RoleOfLabs.cfm>.

- [227] I. L. d. C. Silva, L. Marques, L. Mata, e M. Rosa, *Orientações Curriculares para a Educação Pré-Escolar*. Ministério da Educação - Direção-Geral da Educação (DGE), 2016.
- [228] “Orientações Curriculares para a Educação Pré-Escolar.” www.dge.mec.pt/ocepe/sites/default/files/Orientacoes_Curriculares.pdf.
- [229] I. Martins, M. L. Veiga, F. Teixeira, R. Vieira, *et al.*, *Despertar para a Ciência - Atividades dos 3 aos 6*. Ministério da Educação - Direção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, 2009.
- [230] “Despertar para a Ciência - Atividades dos 3 aos 6.” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/EInfancia/documentos/despertar_para_ciencia.pdf.
- [231] “Matriz Curricular do 1º Ciclo.” <http://www.dge.mec.pt/matriz-curricular-do-1o-ciclo>.
- [232] “Organização Curricular e Programas - Estudo do Meio - 1º Ciclo.” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Basico/Metas/Estudo_Meio/eb_em_programa_1c.pdf.
- [233] I. Martins, M. L. Veiga, F. Teixeira, C. Vieira, *et al.*, *Explorando...: educação em ciências e ensino experimental*. Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, 2007.
- [234] C. Providência, H. A. Vieira, e C. Fiolhais, *Ciência a Brincar 1*. Bizâncio, 1999.
- [235] “Projeto Ciência a Brincar.” <http://nautilus.fis.uc.pt/spf/velharia/cab/node24.html>.
- [236] “Coleção de livros do Ciência a Brincar.” <http://www.editorial-bizancio.pt/colecoes.php?col=19>.
- [237] C. Providência e I. S. Reis, *Ciência a Brincar 2 - Descobre a Terra*. Bizâncio, 2001.

- [238] “Plano Nacional de Leitura - Ciência a Brincar.” [http://www.planonacionaldeleitura.gov.pt/arquivo/escolas/uploads/livros/31_temas_cientificos_apoio_a_projetos_3_4_5_e_6_ano\(8\).pdf](http://www.planonacionaldeleitura.gov.pt/arquivo/escolas/uploads/livros/31_temas_cientificos_apoio_a_projetos_3_4_5_e_6_ano(8).pdf).
- [239] “Programa de Ciências da Natureza - 2º Ciclo.” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cn_programa_cn_2c_i_0.pdf.
- [240] C. Providência e C. Fiolhais, *Ciência a Brincar 8 - Descobre o Património!* Bizâncio, 2008.
- [241] C. Providência, “Como funciona um moinho?,” *Gazeta da Física*, vol. 35, no. 2, pp. 35–37, 2013.
- [242] “Metas Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico - Ciências Físico-Químicas.” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfq_metas_curriculares_3c_0.pdf.
- [243] “Diário da República, 1.ª série - N.º 139 - 5 de julho de 2012.” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Basico/Legislacao/dl_139_2012.pdf.
- [244] C. Fiolhais, M. Fiolhais, V. Gil, J. Paiva, *et al.*, *Universo FQ - Ciências Físico-Químicas 7.º ano*. Texto, 2012.
- [245] M. G. c. Cavaleiro e M. D. Beleza, *FQ - 8 Sustentabilidade na Terra - Ciências Físico-Químicas 8.º ano*. Edições ASA, 2013.
- [246] C. Fiolhais, M. Fiolhais, V. Gil, J. Paiva, *et al.*, *Universo FQ - Ciências Físico-Químicas 9.º ano*. Texto, 2015.
- [247] “Metas Curriculares de Física do 12.º Ano.” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos_Disciplinas_novo/Curso_Ciencias_Tecnologias/Fisica/metas_curriculares_fisica_12_ano.pdf.
- [248] E. Cardoso, G. Ventura, J. A. Paixão, M. Fiolhais, *et al.*, *Programa de Física do 12º Ano - Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, 2004.

- [249] “Diário da República, 1.^a série - N.º 192 - 4 de Outubro de 2007.” http://www.appi.pt/APPI_WEB/site/wp-content/uploads/2013/05/Portaria_1322_07-Aval-Oralidade-Ens-Secundario.pdf.
- [250] “Diário da República, 1.^a série - N.º 156 - 13 de agosto de 2012.” https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/JNE/portaria_243_2012.pdf.
- [251] “Diário da República, 2.^a série - N.º 30 - 10 de fevereiro de 2017.” <https://dre.pt/application/conteudo/106436777>.
- [252] GETAP, *Técnicas Laboratoriais de Física - Bloco I - Programa*. Porto: Ministério da Educação - Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, 1992.
- [253] GETAP, *Técnicas Laboratoriais de Física - Bloco II - Programa*. Porto: Ministério da Educação - Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, 1992.
- [254] GETAP, *Técnicas Laboratoriais de Física - Bloco III - Programa*. Porto: Ministério da Educação - Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, 1993.
- [255] A. E. Cunha, *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências - C.F.Q./Física e T.L.F. - Uma só disciplina vantagens e desvantagens sob o ponto de vista dos alunos*. Universidade do Minho, 2000.
- [256] J. F. B. Pérez, *Coaching para docentes - motivar para o sucesso*. Porto Editora, 2009.
- [257] N. Crato, *Rómulo de Carvalho - Ser Professor*. Gradiva, 2006.
- [258] H. Damião, *Ensino e formação de professores: De perspectivas teóricas a um esquema eclético*. Centro de Psicopedagogia da Universidade de Coimbra, 2008.
- [259] “Decreto-Lei n.º 43/2007 de 22 de fevereiro.” <https://dre.pt/application/file/a/517755>.
- [260] “Decreto-Lei n.º 79/2014, de 14 de maio - Formação de Professores.” <https://dre.pt/application/file/25344968>.

- [261] “A3ES - Agência de Avaliação e Acreditação do Ensino Superior.” <http://www.a3es.pt/pt/acreditacao-e-auditoria/resultados-dos-processos-de-acreditacao/acreditacao-de-ciclos-de-estudos>.
- [262] “Decreto-Lei n.º 41/2012 de 21 de fevereiro.” http://www.dgae.mec.pt/?wpfb_dl=30.
- [263] “Decreto-Lei n.º 22/2014 de 11 de fevereiro.” <http://www.ccpfc.uminho.pt/Uploads/RegJuridico/2014/DL%2022.2014.pdf>.
- [264] M. L. G. C. Nunes, M. da Piedade Pessoa Vaz-Rebelo, e M. A. V. Nascimento, “A formação inicial de professores de Física e Química na Universidade de Coimbra: a evolução dos currículos no âmbito do processo de Bolonha,” *Revista Portuguesa de Pedagogia*, vol. 1, no. 44, pp. 195–214, 2010.
- [265] “Education, Audiovisual and Culture Executive Agency.” http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/index_en.php.
- [266] Eurydice, *Ensino das Ciências na Europa: Políticas Nacionais, Práticas e Investigação*. Agência de Execução relativa à Educação, ao Audiovisual e à Cultura (EACEA) Eurydice, 2012.
- [267] “Formação contínua na Universidade do Porto.” https://sigarra.up.pt/fcup/pt/cur_geral.cur_view?pv_ano_lectivo=2016&pv_origem=CUR&pv_tipo_cur_sigla=CFC&pv_curso_id=13201.
- [268] “Formação Contínua de Professores - Universidade do Minho.” <https://www.ecum.uminho.pt/pt/Ensino/Paginas/Ensino-Experimental-das-Ciencias-Fisica-e-Quimica.aspx>.
- [269] “Tópicos do novo programa de Física do 11º Ano.” <https://eventos.spf.pt/FOR18Fev/pt/programa>.
- [270] “Introdução ao Arduino nas aulas de Física.” <https://eventos.spf.pt/ARDUINO17/pt/>.

- [271] “Física Experimental pré-Olímpica.” <https://www.spf.pt/news/262>.
- [272] “Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências.” <http://www.dge.mec.pt/programa-de-formacao-em-ensino-experimental-das-ciencias>.
- [273] “Mocho - Portal de Ensino das Ciências e Cultura Científica.” <http://nautilus.fis.uc.pt/mocho/historico/?type=2>.
- [274] “Escola de Professores no CERN em Língua Portuguesa.” http://www.lip.pt/cern_em_portugues/index.php?id=2.
- [275] “Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua - Escola de Professores no CERN.” http://www.lip.pt/cern_em_portugues/files/acreditacao-CCPFC-ACC-74763-13.pdf.
- [276] “Portal Casa das Ciências.” <http://www.casadasciencias.org/cc/redindex.php>.
- [277] “Atividades práticas de Física.” <http://practicalphysics.org/whats-frequency.html>.
- [278] “European Space Agency.” http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Solar_System_and_Universe.
- [279] “CERN - Classroom Activities.” <https://scool.web.cern.ch/content/downloads>.
- [280] “Departamento de Educação da NASA.” <https://www.nasa.gov/audience/foreducators/topnav/materials/listbytype/Optics.Guide.html>.
- [281] A. Benavente, P. Peixoto, A. S. António, Carla, *et al.*, *Relatório anual do OP.EDU - Observatório de Políticas de Educação e Formação - Educação 2016: transição e expectativas*. Lisboa, 2016.
- [282] A. Nóvoa, M. Huberman, I. Goodson, M. L. Holly, *et al.*, *Vidas de professores*. Porto Editora, 2013.

- [283] “Escola Secundária Pedro Nunes - Setembro 2010.” <https://www.parque-escolar.pt/docs/escolas/publicacoes/006-3030.pdf>.
- [284] “Decreto-Lei n.º 41/2007 de 21 de Fevereiro.” <https://www.parque-escolar.pt/docs/empresa/legislacao/legislacao-dec-lei-41-2007.pdf>.
- [285] “Programa de Modernização do Parque Escolar Destinado ao Ensino Secundário.” <https://www.parque-escolar.pt/pt/programa/objetivos.aspx>.
- [286] “Programa Parque Escolar - Enquadramento.” <https://parque-escolar.pt/pt/programa/enquadramento.aspx>.
- [287] T. Heitor, V. D. Teodoro, J. Fernandes, e C. Boavida, “Modernização dos Espaços para o Ensino das Ciências no Ensino Secundário,” *Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa de Física*, vol. 30, no. 2/3, pp. 40–41, 2007.
- [288] M. da Conceição Abreu, “Laboratórios para o século XXI,” *Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa de Física*, vol. 31, no. 1/2, pp. 41–42, 2008.
- [289] A. Granado e J. V. Malheiros, *Cultura científica em Portugal: Ferramentas para perceber o mundo e aprender a mudá-lo*. Guide - Artes Gráficas, Lda., 2015.
- [290] “Ciência Viva no Laboratório - Ocupação Científica de Jovens nas Férias.” <http://www.cienciaviva.pt/estagios/jovens/ocjf2017/>.
- [291] “Ciência Viva no Laboratório - Ocupação Científica de Jovens nas Férias - Edições de 1997 a 2016.” <http://www.cienciaviva.pt/estagios/jovens/edicoesanteriores.asp>.
- [292] “IPhO - International Board.” http://ipho.org/international_board.html.
- [293] M. F. Fortin, *O processo de investigação - da concepção à realização*. Lusociência, 1999.
- [294] “Olimpíadas Portuguesas de Física.” <http://spf.pt/olimpiadas/>.

- [295] B. Tuckman, *Manual da investigação em educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.
- [296] M. R. Bernardo, M. C. Negas, P. Isaías, e M. R. Bernardo, *Excel Aplicado*. FCA - Editora, 2013.
- [297] P. K. Janert, *Gnuplot in Action: Understanding Data with Graphs - Version 5.0*. MANNING Publications, 2010.
- [298] T. Williams e C. Kelley, *Gnuplot 5.0 Reference - Manual*. Samurai Media Limited, 2015.
- [299] R. R. Hake, “Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses,” *American Journal Physics*, vol. 66, no. 1, pp. 64–74, 1998.
- [300] G. L. Squires, *Practical Physics (4th ed.)*. Cambridge University Press, 2001.
- [301] C. G. Deacon, “Error analysis in the Introductory Physics Laboratory,” *Physics Teacher*, vol. 30, no. 6, pp. 368–369, 1992.
- [302] “Rankings do Público/Universidade Católica Portuguesa para as escolas do Ensino Básico e Secundário, de acordo com as notas dos exames nacionais..” <https://www.publico.pt/ranking-das-escolas-2015/listas>.
- [303] “IX Olimpíada Ibero-Americana de Física - Salvador - 2004 - Experimento/Experiência I: Medidas de viscosidade; Lei de Stokes.” https://olimpiadas.spf.pt/docs/2004/pratica_oibf.pdf.
- [304] “XXVI IPhO - Camberra, Austrália - 1995 - Experimental Question 1 - Terminal velocity in a viscous liquid.” http://ipho.org/problems-and-solutions/1995/IPhO_1995_Experimental%20Question%201.pdf.
- [305] “Tracker - Video Analysis and Modeling Tool.” <http://physlets.org/tracker/>.

- [306] C. Sandoval, J. Caramy, e J. Salinas, “La engañosa simplicidad del “método de Stokes” para medir viscosidades,” *Revista Brasileira do Ensino da Física*, vol. 31, no. 4, pp. 1–13, 2009.
- [307] G. Ventura, M. Fiolhais, C. Fiolhais, e J. A. Paixão, *12 F - Física 12º Ano - Caderno de apoio ao professor*. Texto Editores, 2009.
- [308] “Kanthal A-1.” <http://www.kanthal.com/en/products/material-datasheets/wire/resistance-heating-wire-and-resistance-wire/kanthal-a-1/>.
- [309] “LD Physics Leaflets: Determining the internal resistance of a battery - P4.1.1.1.” http://www.ld-didactic.de/literatur/hb/e/p4/p4111_e.pdf.
- [310] S. Muzhong, B. Nick, D. Yulong, e S. Keith, “A concise model for evaluating water electrolysis,” *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 36, no. 22, pp. 14335–14341, 2010.
- [311] “LM555 Timer.” <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm555.pdf>.
- [312] M. das Graças R. Martins, C. F. S. Paulo, E. R. de Souza, F. W. Gutmann, e O. Nakamura, *Olimpíadas Ibero-Americanas de Física - Problemas e Resoluções - 1991-2005*. Sociedade Brasileira de Física, 2006.
- [313] M. H. Damião, *Pré, inter e pós ação - planificação e avaliação em pedagogia*. Livraria Minerva Editora, 1996.
- [314] A. Ornstein, “The frequency of hands-on experimentation and students’ attitudes toward science,” *Journal of Science Education and Technology*, vol. 3, no. 15, pp. 285–297, 2006.
- [315] “Projeto miniQuark! - Colégio Luso-Francês.” <http://lusofrances.pt/projetos/>.
- [316] “Prémio Fundação Ilídio Pinho - Ciência na Escola.” <https://www.fundacaoip.pt/consolidacao-a-nivel-nacional/>.

- [317] “SAT Physics Test Center.” <http://www.sparknotes.com/testprep/books/sat2/physics/>.
- [318] P. Hewitt, “Figuring Physics - Thalia on a swing,” *The Physics Teacher*, vol. 47, no. 6, p. 386, 2009.
- [319] P. Hewitt, “Figuring Physics - New Wire Resistance,” *The Physics Teacher*, vol. 50, no. 5, p. 264, 2012.
- [320] P. Hewitt, “Figuring Physics - Ball Race,” *The Physics Teacher*, vol. 48, no. 6, p. 364, 2010.
- [321] L. C. Epstein, *Thinking Physics*. California: Insight Press, 2009.
- [322] “Física 115 - Ensino Secundário (Decreto-Lei n.º 286/89 (programa antigo)) - Exames e Provas.” <http://bi.gave.min-edu.pt/exames/exames/eSecundario/383/?listProvas>.
- [323] G. Ventura, M. Fiolhais, C. Fiolhais, e J. A. Paixão, *12 F - Física 12º Ano*. Texto Editores, 2005.
- [324] N. Maciel, J. E. Villate, C. Azevedo, e F. M. Barbosa, *Eu e a Física 12 - Caderno de Laboratório + Guia do Professor*. Porto Editora, 2009.
- [325] N. Maciel, J. E. Villate, C. Azevedo, e F. M. Barbosa, *Eu e a Física 12*. Porto Editora, 2009.
- [326] H. Caldeira, A. Bello, J. Gomes, e M. J. B. M. de Almeida, *Ontem e Hoje - 12º Ano - Física*. Porto Editora, 2009.
- [327] H. Caldeira, A. Bello, e J. Gomes, *Ontem e Hoje - 12º Ano - Física - Caderno de Laboratório*. Porto Editora, 2009.

Apêndice A

Estudo I: Questionário dos alunos da ORF

QUESTIONÁRIO AOS ALUNOS

O preenchimento do questionário é individual e confidencial, é importante que respondas com toda a sinceridade. Estamos interessados em saber a tua opinião, não há respostas certas ou erradas.

Por favor antes de responderes, lê atentamente as instruções de resposta a cada questão.

Idade do aluno: _____ M F Escola: _____
Ano escolar: _____ Concelho: _____ Distrito: _____
Participas em que escalão? A B

OLIMPÍADAS DE FÍSICA

1 - Quantas vezes participaste nas Olimpíadas de Física? _____

(Por favor, escreve o número de participações nas Olimpíadas de Física, incluindo a presente participação).

2 - Se já participaste nas Olimpíadas de outra(s) disciplina(s), por favor indica-a(s):

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Ambiente Ciência Ecologia Matemática
 Astronomia Química Informática Outras (podes exemplificar): _____

3 - De quem partiu a iniciativa de participares nas Olimpíadas de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Aluno Professor Escola OUTROS (podes exemplificar): _____

4 - Qual é o motivo que te leva a participar nas Olimpíadas de Física?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Pelo desafio Pela oportunidade de visitar a Universidade
 Pela competição (ganhar um prémio) Para aprender Física
 Por nomeação da escola Porque é importante para o meu currículo
 Pelo convívio Outro (podes exemplificar): _____

5 - De acordo com a seguinte escala, classifica a tua expectativa relativamente ao benefício de participares nas Olimpíadas da Física:

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Prejudicial Indiferente Benéfico Muito benéfico

6 - Realizaste alguma preparação prévia para a participação nas Olimpíadas de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Sim

7 - Se respondeste afirmativamente na questão anterior, quem te ajudou nessa preparação?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Colegas Familiares próximos Pais Outros (podes exemplificar): _____
 Explicador Internet Professor da escola

8 - Estás confiante que obterás um bom resultado nestas Olimpíadas de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

9 - Como classificas o grau de dificuldade das provas:

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha).

	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
a) Relativamente à componente experimental	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Relativamente à componente teórica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10 - Quais os aspectos que consideras mais difíceis da componente experimental?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Dificuldade na utilização dos equipamentos Compreensão dos enunciados da prova
 O desfasamento entre as componentes teórica e experimental Realizar gráficos
 Outro (podes exemplificar): _____

11 - Como classificas as provas, relativamente aos seguintes aspectos?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada aspecto classificado).

	Duração			Adequação à matéria da disciplina			Qualidade do material disponibilizado		
	Longa	Curta	Boa	Nenhuma	Razoável	Boa	Mau	Razoável	Bom
a) Prova teórica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Prova prática	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12 - O facto de teres participado nas Olimpíadas de Física, aumentou o teu interesse pela Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim, um pouco Sim, muito Sim, bastante

13 - Se um colega teu perguntasse se valia a pena participar nas Olimpíadas, o que dirias?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Talvez Sim Muito

14 - Qual a tua opinião sobre a organização das Olimpíadas de Física 2013?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha).

	Má	Razoável	Boa	Excelente
a) Informação disponibilizada sobre as provas teóricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Informação disponibilizada sobre as provas experimentais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Encaminhamento para as salas de prova	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Ambiente de trabalho durante as provas teóricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Ambiente de trabalho durante as provas experimentais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Local para a realização das provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Espaços para a realização das provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Actividades complementares às provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15 - Quais são as principais dificuldades que encontras ao estudar a disciplina de Ciências Físico-Químicas?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Resolução de problemas | <input type="checkbox"/> Extensão do programa |
| <input type="checkbox"/> Interpretação de enunciados de testes | <input type="checkbox"/> Dificuldades com a matemática |
| <input type="checkbox"/> Compreensão de algumas matérias abstractas | <input type="checkbox"/> Estabelecer aplicabilidade real das matérias |
| <input type="checkbox"/> Saber reconhecer se o resultado de um problema faz ou não sentido físico | |
| <input type="checkbox"/> Outro (podes exemplificar): _____ | |

16 - Como gostarias que fossem as aulas da disciplina de Ciências Físico-Químicas?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Teóricas intercaladas com componente experimental, sendo os alunos a realizarem as experiências
- Teóricas intercaladas com demonstrações efectuadas pelo professor
- Teóricas, demonstrativas e experimentais
- Só teóricas

GOSTO PELA CIÊNCIA

17 - Com que frequência fazes as seguintes actividades?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha).

	Muitas vezes	Regularmente	Às vezes	Nunca ou quase nunca	Se respondeste "Nunca ou quase nunca" indica o motivo:	
					Não tenho interesse	Não tenho acesso
a) Ver programas televisivos sobre ciência.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Comprar ou pedir emprestados livros sobre ciência.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Ir a páginas de ciência na internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Ouvir programas radiofónicos sobre ciência.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Ler revistas científicas ou textos jornalísticos sobre ciência.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Frequentar um clube de ciências.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Visitar Museus e Centros de Ciência.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Realizar experiências em casa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

18 - Conheces o projecto *Quark!* – escola de Física para jovens?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

19 - Se respondeste afirmativamente na questão anterior, já acedeste ao portal na internet do projecto *Quark!* ?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

Muito obrigado pela colaboração.

Este questionário foi desenvolvido no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências – ramo da Física.

Orientador: Prof. Doutor José António Paixão

Aluna: Filipa Oliveira

Apêndice B

Estudo I: Questionário dos professores da ORF

QUESTIONÁRIO AOS PROFESSORES

Este questionário foi desenvolvido no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências – ramo da Física

O preenchimento do questionário é individual e confidencial, é importante que responda com toda a sinceridade. Estamos interessados em saber a sua opinião.

Embora fosse útil para nós, pode optar por não preencher o bloco inicial de identificação.

Idade do professor: _____	Escola: _____	
Anos a leccionar: _____	Concelho: _____	Distrito: _____
Os alunos que acompanha participam em que escalão?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B

1 - A sua formação base na Universidade foi em:

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- | | | |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Física para o ensino | <input type="checkbox"/> Química para o ensino | |
| <input type="checkbox"/> Física | <input type="checkbox"/> Química | <input type="checkbox"/> Outra (especifique): _____ |

2 - Para além da Licenciatura de formação base, tem outro grau académico ou alguma especialização?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Outra licenciatura | <input type="checkbox"/> Doutoramento | <input type="checkbox"/> Especialização (especifique): _____ |
| <input type="checkbox"/> Mestrado | <input type="checkbox"/> Pós – Doutoramento | <input type="checkbox"/> Outro (especifique): _____ |

Ensino experimental**3 - Considera o ensino experimental uma mais-valia para aprendizagem dos seus alunos?**

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Não | Justifique a sua resposta: _____ |
| <input type="checkbox"/> Sim | _____ |

4 - De acordo com a seguinte escala, classifique o nível de interesse demonstrado pelos seus alunos relativamente ao ensino experimental:

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Nenhum | <input type="checkbox"/> Pouco | <input type="checkbox"/> Algum | <input type="checkbox"/> Bastante | <input type="checkbox"/> Imenso |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|

5 - Com que periodicidade realiza aulas experimentais ao longo do ano lectivo?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|--|---|
| <input type="checkbox"/> Não realiza | <input type="checkbox"/> Quinzenal | <input type="checkbox"/> Bimensal | <input type="checkbox"/> Uma vez por ano |
| <input type="checkbox"/> Semanal | <input type="checkbox"/> Mensal | <input type="checkbox"/> Uma vez por período | <input type="checkbox"/> Duas vezes por ano |

6 - Quais os principais motivos que impedem a realização ou o incremento da frequência de aulas experimentais?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Falta de tempo | <input type="checkbox"/> Inexistência de um laboratório na escola |
| <input type="checkbox"/> Falta de material | <input type="checkbox"/> Falta de eficácia destas aulas na aprendizagem dos alunos |
| <input type="checkbox"/> Falta de interesse dos alunos | <input type="checkbox"/> Outros (especifique): _____ |

7- Caso sejam realizadas aulas experimentais, como são organizadas?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Individualmente | <input type="checkbox"/> Grupo de mais de 3 alunos |
| <input type="checkbox"/> Grupo de 2 alunos | <input type="checkbox"/> Aulas demonstrativas |
| <input type="checkbox"/> Grupo de 3 alunos | <input type="checkbox"/> Aulas demonstrativas com análise de dados pelos alunos |

8 - Caso sejam realizadas aulas experimentais, quando é que os alunos tratam os dados experimentais?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

- Na própria aula Outra (especifique): _____
 Como trabalho de casa

9 - Caso sejam realizadas aulas experimentais, como é que os alunos tratam os dados experimentais?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

- Manualmente Calculadora gráfica Computador
 Outra (especifique): _____

10 - Quais as principais dificuldades que os seus alunos encontram perante uma aula experimental?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

- Compreensão do protocolo Interpretação dos resultados
 Interpretação do enunciado do problema Saber reconhecer se o resultado faz ou não sentido físico
 Dificuldade na manipulação de aparelhos Outra (especifique): _____

11- Caso sejam realizadas aulas experimentais, as mesmas são avaliadas?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- Não Sim

12 - Se respondeu afirmativamente na questão anterior, de que forma avalia o desempenho das aulas experimentais?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

- Relatório Participação positiva e contínua em toda actividade
 Resposta a questões pré e pós laboratoriais Atitude dos alunos perante a resolução de um problema
 Destreza experimental Outra (especifique): _____

13 - Se existir avaliação da componente experimental, qual a percentagem desta na avaliação final do aluno?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- 10% 30% 50%
 20% 40% Outra (especifique): _____

14 - Costuma realizar demonstrações práticas nas aulas (não laboratoriais)?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- Nunca Raramente Frequentemente Sempre

15 - Sente necessidade de formação específica na área do ensino experimental?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- Não Sim Justifique a sua resposta: _____

16 - Considera que é suficiente a oferta formativa para os professores, na área do ensino experimental?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- Não Sim

17 - Quais as temáticas onde enfrenta maiores dificuldades a leccionar a componente experimental?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

- Mecânica Electricidade/electrónica Termodinâmica Radiação
 Acústica Electromagnetismo Física Moderna Óptica

18 - Quantas acções de formação sobre o ensino experimental da Física frequenta em cada ano lectivo?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

-
- Não frequenta
-
- 1 a 3
-
- 4 a 6
-
- 7 ou mais

Olimpíadas de Física**19 - Quantas vezes já participou com os seus alunos nas Olimpíadas de Física?**

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

-
- 1 a 5 vezes
-
- 6 a 10 vezes
-
- 11 a 15 vezes
-
- 16 ou mais

20 - Qual considera ser a motivação dos seus alunos para participar nas Olimpíadas de Física?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Pelo desafio | <input type="checkbox"/> Pela oportunidade de visitar a Universidade |
| <input type="checkbox"/> Pela competição (ganhar um prémio) | <input type="checkbox"/> Para aprender Física |
| <input type="checkbox"/> Por nomeação da escola | <input type="checkbox"/> Porque é importante para o currículo deles |
| <input type="checkbox"/> Pelo convívio | <input type="checkbox"/> Outra (especifique): _____ |

21 - Prepara os seus alunos especificamente para as Olimpíadas da Física?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

-
- Não
-
- Sim

22 - Se respondeu afirmativamente à questão anterior, de que forma prepara os seus alunos?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

-
- Implementação de mais aulas experimentais
-
-
- Indicação de problemas para resolver em casa
-
-
- Disponibilização de horas extra para tirar dúvidas e desenvolver as matérias leccionadas nos períodos das aulas
-
-
- Outra (especifique): _____

23 - A sua escola realiza provas de pré-selecção para as Olimpíadas de Física?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

-
- Não
-
- Sim

24 - Se respondeu negativamente à questão anterior, como foram seleccionados os alunos?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Currículo escolar | <input type="checkbox"/> Motivação individual de cada aluno |
| <input type="checkbox"/> Nota à disciplina | <input type="checkbox"/> Outra (especifique): _____ |

25 - Como avalia as provas experimentais das Olimpíadas de Física quanto ao grau de dificuldade para o aluno médio das suas turmas:

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

-
- Muito difícil
-
- Difícil
-
- Fácil
-
- Muito fácil

26 - Como avalia as provas experimentais das Olimpíadas de Física quanto ao grau de dificuldade para os melhores alunos das suas turmas:

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

-
- Muito difícil
-
- Difícil
-
- Fácil
-
- Muito fácil

27 - Considera que a participação nesta competição difunde o conhecimento e fomenta a criatividade na aplicação de novas ideias no seu espaço lectivo?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

Não

Sim

28 - Algum(ns) aluno(s) da sua escola já ganharam algum prémio ou menção honrosa nas Olimpíadas de Física?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

Não

Sim, especifique qual(is) _____

29 - Qual a sua opinião sobre a organização das Olimpíadas de Física 2013?

(Por favor, assinale com X um único quadrado em cada linha).

	Má	Razoável	Boa	Excelente
a) Informação disponibilizada sobre as provas teóricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Informação disponibilizada sobre as provas experimentais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Encaminhamento para as salas de prova	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Ambiente de trabalho durante as provas teóricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Ambiente de trabalho durante as provas experimentais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Local para a realização das provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Espaços para a realização das provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Actividades complementares às provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

30 - Sugestões que considere pertinentes para a prática de um melhor ensino experimental da Física, quer por parte dos alunos ou dos professores.

Muito obrigado pela colaboração.

Orientador: Prof. Doutor José António Paixão

Aluna: Filipa Oliveira

Apêndice C

Estudo I: Questionário dos alunos da ONF

QUESTIONÁRIO AOS ALUNOS

O preenchimento do questionário é individual e confidencial, é importante que respondas com toda a sinceridade. Estamos interessados em saber a tua opinião, não há respostas certas ou erradas.

Por favor antes de responderes, lê atentamente as instruções de resposta a cada questão.

Idade do aluno: _____ M F Escola: _____
 Ano escolar: _____ Concelho: _____ Distrito: _____
 Participas em que escalão? A B

OLIMPÍADAS NACIONAIS DE FÍSICA | 2015

1 - Realizaste alguma preparação prévia para a participação nas Olimpíadas Nacionais de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Sim

2 - Se respondeste afirmativamente na questão anterior, quem te ajudou nessa preparação?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Colegas Familiares próximos Pais
 Explicador Internet Professor da escola
 Outros (podes exemplificar): _____

3 - Estás confiante que obterás um bom resultado nestas Olimpíadas de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Sim

4 - Como classificas o grau de dificuldade das provas:

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha).

	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
a) Relativamente à componente experimental	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Relativamente à componente teórica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5 - Quais os aspectos que consideras mais difíceis da componente experimental?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Dificuldade na utilização dos equipamentos Compreensão dos enunciados da prova
 O desfasamento entre as componentes teórica e experimental Realizar gráficos
 Outro (podes exemplificar): _____

6 - Como classificas as provas, relativamente aos seguintes aspectos?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada aspecto classificado).

	Duração			Adequação à matéria da disciplina			Qualidade do material disponibilizado		
	Longa	Curta	Boa	Nenhuma	Razoável	Boa	Mau	Razoável	Bom
a) Prova teórica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Prova prática	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7 - O facto de teres participado nas Olimpíadas Nacionais de Física, aumentou o teu interesse pela Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Sim, um pouco Sim, muito Sim, bastante

8 - Se um colega teu perguntasse se valia a pena participar nas Olimpíadas, o que dirias?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Talvez Sim Muito

9 - Qual a tua opinião sobre a organização das Olimpíadas Nacionais de Física 2015?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha).

	Má	Razoável	Boa	Excelente
a) Informação disponibilizada sobre as provas teóricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Informação disponibilizada sobre as provas experimentais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Encaminhamento para as salas de prova	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Ambiente de trabalho durante as provas teóricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Ambiente de trabalho durante as provas experimentais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Local para a realização das provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Espaços para a realização das provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Actividades complementares às provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Muito obrigado pela colaboração.

Este questionário foi desenvolvido no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências – ramo da Física.

Orientador: Prof. Doutor José António Paixão

Aluna: Filipa Oliveira

Apêndice D

Estudo I: Questionário dos alunos (antes) da IPhO

PRÉ - QUESTIONÁRIO AOS ALUNOS | 2013

O preenchimento do questionário é individual e confidencial, é importante que respondas com toda a sinceridade. Estamos interessados em saber a tua opinião, não há respostas certas ou erradas.

Por favor antes de responderes, lê atentamente as instruções de resposta a cada questão.

Idade do aluno: _____ M F Escola: _____
Ano escolar: _____ Concelho: _____ Distrito: _____
Nome: _____
Nota de Física 12ºAno: _____

OLIMPIADAS INTERNACIONAIS DE FÍSICA

1 - Realizaste alguma preparação prévia para a participação nas Olimpíadas Internacionais de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Sim

2 - Se respondeste afirmativamente na questão anterior, quem te ajudou nessa preparação?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Colegas Familiares próximos Pais
 Explicador Internet Professor da escola
 Escola Quark! Outros (especifica) _____

3 - Estás confiante que obterás um bom resultado nestas Olimpíadas Internacionais de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Sim

4 - Que perspectivas tens quanto à tua participação nas Olimpíadas Internacionais de Física?

5 - Qual (ais) a (as) área (s) da Física em que te sentes pior preparado?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Mecânica
 Termodinâmica
 Electromagnetismo
 Óptica
 Circuitos Eléctricos
 Relatividade
 Física Quântica

Porquê? _____

6 - Relativamente à componente experimental, como fizeste a tua preparação?

6.1 - Durante o ano lectivo na escola

6.2 - Na semana da preparação Olímpica

7 - Na componente experimental:

7.1 - Quais são as tuas principais dificuldades, e porquê?

7.2 - Com que aspectos estás mais à vontade, e porquê?

8 - Gostaria agora de saber a tua opinião sobre as actividades experimentais que foram disponibilizadas ao longo da Escola *Quark!*:

a) Em que medida consideras que estas actividades experimentais contribuíram para a tua aprendizagem?

(Por favor, assinala com X a alternativa que melhor representa a tua opinião).

- 1 (Não contribuiu nada) 2 3 4 5 (Contribuiu muitíssimo)

Poderás justificar a tua resposta, por favor?

b) Realizaste as 10 actividades experimentais?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

Poderás justificar a tua resposta, por favor?

c) Das seguintes actividades experimentais classifica o teu interesse na sua concretização:

(Por favor, em cada atividade assinala com X um único quadrado).

	1 (Nenhum)	2	3	4	5 (Imenso)
Estimativa da espessura de um traço de lápis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Coeficiente de Restituição	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Porquinhos Oscilantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Determinação do Zero Absoluto na cozinha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Baloço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Determinação do Número de Avogadro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lupa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolinhas mágicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lampadinha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Velocidade do som no ar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9 - O que significa para ti, participares nas Olimpíadas Internacionais de Física?

10 - Qual é o curso que pretendes seguir na Universidade, e porquê?

Muito obrigado pela colaboração.

Este questionário foi desenvolvido no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências – ramo da Física.

Orientador: Prof. Doutor José António Paixão

Aluna: Filipa Oliveira

Apêndice E

Estudo I: Questionário dos alunos (depois) da IPhO

PÓS - QUESTIONÁRIO AOS ALUNOS | 2013

O preenchimento do questionário é individual e confidencial, é importante que respondas com toda a sinceridade. Estamos interessados em saber a tua opinião, não há respostas certas ou erradas.

Por favor antes de responderes, lê atentamente as instruções de resposta a cada questão.

Idade do aluno: _____ M F Escola: _____

Ano escolar: _____ Concelho: _____ Distrito: _____

Nome: _____

Nota de Física 12ºAno: _____

OLIMPÍADAS INTERNACIONAIS DE FÍSICA

1 - Ganhaste alguma prémio?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não

Sim

1.1 - Se respondeste sim, qual?

(Por favor, assinala com X no quadrado de acordo com a tua resposta).

Ouro

Bronze

Prata

Menção Honrosa

1.2 - Se respondeste não, explica os motivos que puderam ter motivado tal situação?

2 - Como classificas o grau de dificuldade das provas:

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha).

	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
a) Relativamente à componente experimental	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Relativamente à componente teórica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3 - Quais os aspetos que consideraste mais difíceis da componente experimental?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Dificuldade na utilização dos equipamentos

Compreensão dos enunciados da prova

Cálculo de erros e respetivas incertezas

Realizar gráficos

O desfasamento entre as componentes teórica e experimental

Outros motivos (indica quais): _____

4 - Como classificas as provas, relativamente aos seguintes aspetos?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada aspeto classificado).

	Duração			Adequação à matéria da disciplina			Qualidade do material disponibilizado		
	Longa	Curta	Boa	Nenhuma	Razoável	Boa	Mau	Razoável	Bom
a) Prova teórica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Prova prática	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5 - O facto de teres participado nas Olimpíadas Internacionais de Física, aumentou o teu interesse pela Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Sim, um pouco Sim, muito Sim, bastante

6 - Que sugestões indicas para uma melhor preparação nos próximos anos?

7 - Qual a tua opinião sobre a organização das Olimpíadas Internacionais de Física 2013?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha).

	Má	Razoável	Boa	Excelente
a) Informação disponibilizada sobre as provas teóricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Informação disponibilizada sobre as provas experimentais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Encaminhamento para as salas de prova	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Ambiente de trabalho durante as provas teóricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Ambiente de trabalho durante as provas experimentais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Local para a realização das provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Espaços para a realização das provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Atividades complementares às provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Muito obrigado pela colaboração.

Este questionário foi desenvolvido no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências – ramo da Física.

Orientador: Prof. Doutor José António Paixão

Aluna: Filipa Oliveira

Apêndice F

Estudo I: Questionário dos alunos (antes) da OIbF

PRÉ - QUESTIONÁRIO AOS ALUNOS | 2013

O preenchimento do questionário é individual e confidencial, é importante que respondas com toda a sinceridade. Estamos interessados em saber a tua opinião, não há respostas certas ou erradas.

Por favor antes de responderes, lê atentamente as instruções de resposta a cada questão.

Idade do aluno: _____ M F Escola: _____

Ano escolar: _____ Concelho: _____ Distrito: _____

Nome: _____

Nota de Física 12ºAno: _____

OLIMPIADAS IBERO-AMERICANAS DE FÍSICA**1 - Realizaste alguma preparação prévia para a participação nas Olimpíadas Ibero-Americanas de Física?**

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Sim

2 - Se respondeste afirmativamente na questão anterior, quem te ajudou nessa preparação?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Colegas Familiares próximos Pais
 Explicador Internet Professor da escola
 Escola Quark! Outros _____

3 - Estás confiante que obterás um bom resultado nestas Olimpíadas Ibero-Americanas de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Sim

4 - Que perspectivas tens quanto à tua participação nas Olimpíadas Ibero-Americanas de Física?

5 - Qual(ais) a(s) área(s) da Física em que te sentes pior preparado?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Mecânica
 Termodinâmica
 Electromagnetismo
 Óptica
 Circuitos Eléctricos
 Relatividade
 Física Quântica

Porquê? _____

6 - Relativamente à componente experimental, como fizeste a tua preparação?

6.1 - Durante o ano lectivo na escola

6.2 - Na semana da preparação Olímpica

7 - Na componente experimental:

7.1 - Quais são as tuas principais dificuldades, e porquê?

7.2 - Com que aspectos estás mais à vontade, e porquê?

8 - Gostaria agora de saber a tua opinião sobre as actividades experimentais que foram disponibilizadas ao longo da Escola *Quark!*:

a) Em que medida consideras que estas actividades experimentais contribuíram para a tua aprendizagem?

(Por favor, assinala com X a alternativa que melhor representa a tua opinião).

- 1 (Não contribuiu nada) 2 3 4 5 (Contribuiu muitíssimo)

Poderás justificar a tua resposta, por favor?

b) Realizaste as 10 actividades experimentais?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

Poderás justificar a tua resposta, por favor?

c) Das seguintes actividades experimentais classifica o teu interesse na sua concretização:

(Por favor, em cada atividade assinala com X um único quadrado).

	1 (Nenhum)	2	3	4	5 (Imenso)
Estimativa da espessura de um traço de lápis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Coefficiente de Restituição	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Porquinhos Oscilantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Determinação do Zero Absoluto na cozinha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Baloço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Determinação do Número de Avogadro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lupa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolinhas mágicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lampadinha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Velocidade do som no ar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9 - O que significa para ti, participares nas Olimpíadas Ibero-Americanas de Física?

10 - Qual é o curso que pretendes seguir na Universidade, e porquê?

Muito obrigado pela colaboração.

Este questionário foi desenvolvido no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências – ramo da Física.

Orientador: Prof. Doutor José António Paixão

Aluna: Filipa Oliveira

Apêndice G

Estudo I: Questionário dos alunos (depois) da OIbF

PÓS - QUESTIONÁRIO AOS ALUNOS | 2013

O preenchimento do questionário é individual e confidencial, é importante que respondas com toda a sinceridade. Estamos interessados em saber a tua opinião, não há respostas certas ou erradas.

Por favor antes de responderes, lê atentamente as instruções de resposta a cada questão.

Idade do aluno: _____ M F Escola: _____
 Ano escolar: _____ Concelho: _____ Distrito: _____
 Nome: _____
 Nota de Física 12ºAno: _____

OLIMPÍADAS IBERO-AMERICANAS DE FÍSICA

1 - Ganhaste alguma prémio?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

Não Sim

1.1 - Se respondeste sim, qual?

(Por favor, assinala com X no quadrado de acordo com a tua resposta).

Ouro Bronze
 Prata Menção Honrosa

1.2 - Se respondeste não, explica os motivos que puderam ter motivado tal situação?

2 - Como classificas o grau de dificuldade das provas:

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha).

	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
a) Relativamente à componente experimental	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Relativamente à componente teórica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3 - Quais os aspetos que consideraste mais difíceis da componente experimental?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

Dificuldade na utilização dos equipamentos Compreensão dos enunciados da prova
 Cálculo de erros e respetivas incertezas Realizar gráficos
 O desfasamento entre as componentes teórica e experimental
 Outros motivos (indica quais): _____

4 - Como classificas as provas, relativamente aos seguintes aspetos?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada aspeto classificado).

	Duração			Adequação à matéria da disciplina			Qualidade do material disponibilizado		
	Longa	Curta	Boa	Nenhuma	Razoável	Boa	Mau	Razoável	Bom
a) Prova teórica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Prova prática	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5 - O facto de teres participado nas Olimpíadas Ibero-Americanas de Física, aumentou o teu interesse pela Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

 Não

 Sim, um pouco

 Sim, muito

 Sim, bastante

6 - Que sugestões indicas para uma melhor preparação nos próximos anos?

7 - Qual a tua opinião sobre a organização das Olimpíadas Ibero-Americanas de Física 2013?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha).

	Má	Razoável	Boa	Excelente
a) Informação disponibilizada sobre as provas teóricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Informação disponibilizada sobre as provas experimentais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Encaminhamento para as salas de prova	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Ambiente de trabalho durante as provas teóricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Ambiente de trabalho durante as provas experimentais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Local para a realização das provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Espaços para a realização das provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Atividades complementares às provas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Muito obrigado pela colaboração.

Este questionário foi desenvolvido no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências – ramo da Física.

Orientador: Prof. Doutor José António Paixão

Aluna: Filipa Oliveira

Apêndice H

Estudo I: Questionário dos alunos da
Escola *Quark!*



QUESTIONÁRIO AOS ALUNOS

No âmbito da tese de Doutoramento em Ensino das Ciências - Ramo da Física que estou a realizar na Faculdade de Ciências e Tecnologia na Universidade de Coimbra investigo alguns aspectos do ensino no projecto Quark! Para tal, preciso da tua colaboração, a qual se traduz no preenchimento deste questionário, que é individual e confidencial. É importante que respondas com sinceridade. Lê atentamente as instruções de resposta a cada questão. Nalguns casos (indicados) é possível escolheres mais de uma opção. Filipa Oliveira.

Nome: _____ Idade: _____ Ano lectivo: 11.º 12.º

Escola que frequentas _____

1 - Qual a formação académica do teu encarregado de educação?

- Ensino Básico: 1º Ciclo Ensino Básico: 2º Ciclo Ensino Básico: 3º Ciclo
 Ensino Secundário Ensino Universitário

2 - Diz, por favor,

a) Qual a tua disciplina preferida? _____

b) Numa escala de 1 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu gosto pelo estudo de Ciências.

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- 1 2 3 4 5

c) Numa escala de 0 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu gosto pelo estudo da Física.

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- 1 2 3 4 5

3 - A partir de que ano escolar começaste a gostar de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Ensino Básico 1º Ciclo: 1º Ano 2º Ano 3º Ano 4º Ano
Ensino Básico 2º Ciclo: 5º Ano 6º Ano
Ensino Básico 3º Ciclo: 7º Ano 8º Ano 9º Ano
Ensino Secundário: 10º Ano 11º Ano 12º Ano

4 - O que te motiva para estudar Física?

5 - Gostas de resolver problemas e/ou desafios de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

6 - Realizas actividades complementares à escola para aprenderes Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

a) Se respondeste “Sim” na questão anterior, indica quais são essas actividades:

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Aulas de explicação de Física
- Ouvir e ver programas de rádio e de televisão sobre temas de Física
- Consultar sítios e páginas de Física na Internet
- Ler livros sobre Física
- Ler revistas científicas ou textos jornalísticos sobre Física
- Frequentar um clube de ciências/Física
- Visitar Museus/Centros de Ciência
- Realizar experiências em casa
- Outros (podes exemplificar): _____

7 - Participas em projectos de Ciência promovidos pela escola ou por outras entidades?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

a) Se respondeste “Sim” na questão anterior indica qual ou quais:

8 - Se sepires para o Ensino Superior, pretendes candidatar-te a um curso na área da Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Física Física ou Eng.ª Física (não decidi a ainda)
 Eng.ª Física Outro (podes exemplificar): _____

9 - Há alguém da tua família que estimule o teu gosto pela Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

10 - Como estudas a disciplina de Física?

a) Relativamente aos recursos que usas para estudar Física:

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Apontamentos dados pelo explicador
- Apontamentos dados pelo professor da escola
- Apontamentos que tiras nas aulas
- Manual escolar
- Consulta de outros livros (que além do manual escolar)
- Exercícios indicados como trabalho de casa pelo professor
- Exercícios indicados como trabalho de casa pelo explicador
- Exercícios extra, por iniciativa própria
- Consultas na internet
- Outros (podes exemplificar): _____

b) Relativamente à frequência do estudo de Física

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Estudo diariamente
- Estudo duas a quatro vezes por semana
- Estudo uma vez por semana
- Só estudo antes do teste de avaliação

c) Relativamente à quantidade de horas semanais:

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- menos de 2 horas
- entre 2 e 5 horas
- entre 6 e 10 horas
- mais de 10 horas

11 - Descreve o método que usas, quando estudas para um teste de avaliação de Física?

12 - Do programa de Física, que estudaste desde o 7º ano de escolaridade e até ao momento, indica o tema de que gostaste mais. E Porquê?

13 - Do programa de Física, que estudaste desde o 7º ano de escolaridade e até ao momento, indica o tema de que gostaste menos. E Porquê?

14 - Relativamente aos seguintes tópicos, como consideras a disciplina de Física:

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha de modo a escolheres a opção que melhor se adequa).

<input type="checkbox"/> 1 (Muito difícil)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5 (Muito fácil)	Compreensão
<input type="checkbox"/> 1 (Nada)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5 (Muito)	Útil no prosseguimento de estudos
<input type="checkbox"/> 1 (Nada)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5 (Muito)	Interessante

15 - Quando estudas Física tens dificuldades?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não
- Sim

a) Se respondeste “Sim” na alínea anterior, quais são as tuas principais dificuldades?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Compreensão de algumas matérias abstractas
- Interpretação de enunciados
- Resolução de problemas
- Interpretação do resultado
- Saber reconhecer se o resultado faz ou não sentido
- Perceber para que servem determinadas matérias
- Outro (podes exemplificar): _____

16 - E quando tens dificuldade em estudar algumas matérias de Física a quem recorres?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Pais Familiares próximos Outros (podes exemplificar): _____
 Internet Professor da escola
 Colegas Explicador

17 - Como preferes estudar Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Grupo Individualmente Com o professor da escola Com o explicador

Porquê? _____

18 - Em que medida tens interesse nas seguintes áreas?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha de modo a escolheres a expressão que melhor se adequa).

	Não me interessa nada	Interessa-me pouco	Interessa-me moderadamente	Interessa-me	Interessa-me muito
Física	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Química	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biologia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geologia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Matemática	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Português	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Filosofia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inglês	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Francês	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informática	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Música	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desporto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outra (exemplifica):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

19 - Participas na Escola Quark! porque:

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Foste seleccionado a partir das Olimpíadas de Física
 Por iniciativa própria, candidataste-te ao projecto
 Por iniciativa de um professor, candidataste-te ao projecto
 Outra (podes exemplificar): _____

20 - Como tiveste conhecimento da escola Quark!?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Por colegas Por familiares Com o professor da escola
 Na escola Vi na Internet Outros _____

21 - Qual a tua perspectiva do ensino praticado no Quark!?**a) Relativamente ao grau de dificuldade:**

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- 1 (Muito fácil) 2 3 4 5 (Muito difícil)

b) Comparativamente à tua escola:

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- 1 (Muito diferente) 2 3 4 5 (Muito semelhante)

22 - O que pensas que a escola Quark! te permitirá?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Compreender melhor alguns temas da Física | <input type="checkbox"/> Apreender novas matérias |
| <input type="checkbox"/> Desenvolver novas competências de raciocínio | <input type="checkbox"/> Conhecer pessoas novas |
| <input type="checkbox"/> Melhorar a <i>performance</i> intelectual | <input type="checkbox"/> Participar em novos desafios |
| <input type="checkbox"/> Outro (podes exemplificar): _____ | |

23 - Indica o que é que na tua escola é disponibilizado para te ajudar a aprender Física?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Laboratórios
- Aulas extra de Física
- Professores disponíveis para tirar dúvidas de Física
- Leccionação de matéria extra ao programa por parte dos professores
- Equipamento informático para pesquisas na Internet
- Biblioteca equipada com bons livros de Física
- Participação em projectos e concursos de ciência/Física

24 - Com que periodicidade realizas aulas experimentais ao longo do ano lectivo?

(Por favor, assinala com X no quadrado de acordo com a tua resposta).

- | | | | | |
|--|--|---|---------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Não realizo | <input type="checkbox"/> Semanal | <input type="checkbox"/> Quinzenal | <input type="checkbox"/> Mensal | <input type="checkbox"/> Bimensal |
| <input type="checkbox"/> Uma vez por período | <input type="checkbox"/> Uma vez por ano | <input type="checkbox"/> Duas vezes por ano | | |

a) Se respondeste “Não realizo” na alínea anterior, indica o(s) motivo(s) que, na tua opinião, poderão justificar essa situação?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Não há laboratório na escola
- Falta de tempo
- Falta de material
- Falta de interesse por parte do professor
- Outro (podes exemplificar): _____

25 - Caso sejam realizadas aulas experimentais, como são organizadas?

(Por favor, assinala com X no quadrado de acordo com a tua resposta).

- Individualmente
- Grupo de 2 alunos
- Grupo de 3 alunos
- Grupo de mais de 3 alunos
- Aulas demonstrativas
- Aulas demonstrativas com análise de dados feita pelos alunos

26 - Quando realizas as actividades experimentais tens dificuldades?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

a) Se respondeste “Sim” na alínea anterior, quais são as tuas principais dificuldades?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Manipular os equipamentos
- Realizar gráficos
- Calcular os erros inerentes às medições
- Compreender os protocolos
- Interpretar o enunciado do problema
- Interpretar os resultados
- Saber reconhecer se o resultado faz ou não sentido físico
- Outro (podes exemplificar): _____ -

27 - Achas que as actividades experimentais são importantes para te ajudar na compreensão dos conceitos de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

Justifica a tua resposta: _____

28 - Relativamente à montagem dos equipamentos para as actividades experimentais:

(Por favor, assinala com X no quadrado de acordo com a tua resposta).

- Os equipamentos são montados pelo professor
 Os equipamentos são montados pelo aluno
 Os equipamentos são montados por funcionários da escola
 Outro (podes exemplificar): _____

29 - As actividades experimentais que realizas na escola são enquadradas com as questões pré e pós laboratoriais?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

a) Se respondeste "Sim", são feitas:

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Em casa Na aula

30 - Quais destes aparelhos já manipulaste nas aulas experimentais de Física?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Craveira
 Multímetro
 Cronómetro
 Interface de aquisição de dados ligada ao computador
 Osciloscópio
 Sensores ligados à calculadora gráfica

31 - Depois da actividade experimental fazes um relatório?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

a) Se respondeste "Sim" na alínea anterior, assinala a situação que corresponde ao teu caso?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- | | | |
|-------------------|--|---|
| Lugar: | <input type="checkbox"/> Feito em casa | <input type="checkbox"/> Feito na aula |
| Autoria: | <input type="checkbox"/> Individual | <input type="checkbox"/> Em grupo |
| Avaliação: | <input type="checkbox"/> É avaliado | <input type="checkbox"/> Não é avaliado |

32 - Se as actividades experimentais contam para a avaliação, explica qual o peso relativo (exemplo: 5 em 20 valores):

33 - Como é realizado o tratamento dos dados experimentais:

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Análise é feita em papel milimétrico
 Análise é feita no *Excel* ou noutra folha de cálculo
 Análise é feita com a calculadora gráfica

34 - Em alguma disciplina tiveste introdução ao cálculo das incertezas experimentais?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim (podes exemplificar qual): _____

35 - Se na medição indirecta da área do círculo através da medida do seu diâmetro, d , este tiver o valor experimental $10,00 \pm 0,02$ cm. Qual é a melhor estimativa da área desse círculo e da incerteza associada ao valor desta área?

Exemplifica aqui os teus cálculos:

36 - Quais as temáticas onde enfrentas maiores dificuldades na realização das actividades experimentais?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Mecânica
- Óptica
- Ondas e Acústica
- Electromagnetismo
- Electricidade/Electrónica
- Termodinâmica
- Radiação

37 - O que é que no teu entender, poderia ser feito para que os alunos do Ensino Secundário melhorem a sua aprendizagem na Física?

Obrigada pela colaboração.

Apêndice I

Estudo I: Teste do 11^o Ano 2013

Os problemas de Física foram retirados de alguns “*SAT Physics*” [317], da revista “*Physics Teachers*” [318–320], do livro “*Thinking Physics*” [321] e de antigos exames nacionais (1998 e 2002) da disciplina de Física do 12^o Ano do Ensino Secundário [322].

projeto *Quark!*



Teste do 11º Ano

29/Junho/2013

Duração: 2h

Solicitamos a tua colaboração na resolução do seguinte teste que é individual e confidencial. Pedimos-te que respondas com o maior empenho, pois é importante caracterizar os vossos conhecimentos atuais de Física, para podermos adaptar melhor as aulas do *Quark!*.

Este teste foi produzido no âmbito dos programas de trabalho para o doutoramento em Ensino das Ciências de Filipa Oliveira.

Nome: _____

Escola: _____

Ano lectivo: _____

Idade: _____

Em cada uma das questões seguintes existe uma *única* opção correta que deverá ser indicada de forma não ambígua.

Parte A

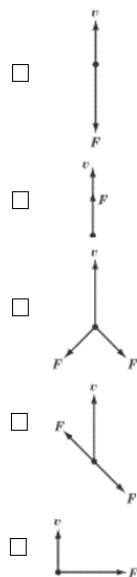
1. Supõe que os ponteiros de um relógio são vetores, onde o ponteiro das horas tem um comprimento de 2 e o ponteiro dos minutos tem um comprimento de 4. Qual é o produto escalar desses dois vetores quando o relógio marca 2:00?

4.
 5.
 8.
 3.
 7.

2. Um atleta parte do repouso com aceleração constante durante os primeiros 50 m de uma corrida de 100 m, e, em seguida, continua a uma velocidade constante nos restantes 50 m da corrida. Se o atleta corre os 100 m em 10 s, qual a sua velocidade instantânea quando atinge a linha de chegada?

- 5 m/s.
 10 m/s.
 12 m/s.
 15 m/s.
 20 m/s.

3. Cada uma das figuras em baixo, mostra uma partícula em movimento com velocidade \vec{v} , e com uma ou duas forças de igual intensidade que atuam sobre ela. Em qual das figuras a velocidade \vec{v} permanece constante?



4. Um pedaço de giz é lançado verticalmente, para cima, e capturado durante a sua descida à mesma altura a partir do qual foi lançado. A posição é medida a partir da localização do giz, quando ele deixou a mão. O sentido é positivo para cima, para a posição (y), velocidade (v) e aceleração (a). Quais são os sinais destas grandezas durante a parte ascendente da trajetória?

- y : positivo, v : positivo, a : positivo.
- y : positivo, v : positivo, a : negativo.
- y : positivo, v : negativo, a : negativo.
- y : negativo, v : positivo, a : negativo.
- y : negativo, v : negativo, a : negativo.

5. Um vagão desloca-se horizontalmente em linha reta, com aceleração a constante. Um pêndulo simples, de massa m , está suspenso do teto do vagão, e faz um ângulo θ com a vertical. A tensão do fio tem intensidade:

- $T = mg \cos \theta$.
- $T = mg \sin \theta$.
- $T = m\sqrt{a^2 + g^2}$
- $T = m(g \cos \theta - a \sin \theta)$.
- $T = m(g \sin \theta + a \cos \theta)$.

6. Quais das seguintes propriedades são necessárias para calcular a energia necessária para fundir 1,0 kg de gelo à temperatura de 0°C ?

- I A capacidade térmica mássica da água.
- II A entalpia de fusão do gelo.
- III A densidade da água.

- Apenas I
- Apenas I e II
- I, II e III
- Apenas II
- Apenas II e III.

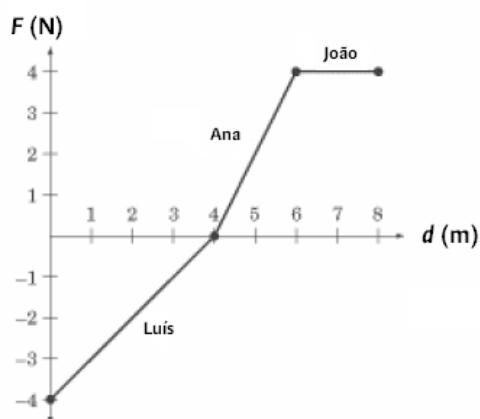
7. Lança-se um corpo de massa m , de baixo para cima, verticalmente, e ele atinge uma altura h , retornando ao ponto de partida. O trabalho realizado pelo peso do corpo no trajeto de ida e volta é:

- nulo.
- mgh .
- $-mgh$.
- $2mgh$.
- $-2mgh$.

8. Qual o trabalho realizado pelo peso de uma caixa de 10 kg quando ela desce um plano inclinado de 30° e com o comprimento de 8,0 cm? Nota $\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 1/2$ e $\cos 30^\circ = \sin 60^\circ = \sqrt{3}/2$.

- 40 J.
- 69 J.
- 400 J.
- 690 J.
- 800 J.

9. Considere o gráfico em baixo, correspondente ao deslocamento de um objeto por três pessoas diferentes (a força aplicada e o deslocamento são colineares). Qual das três pessoas realiza um maior trabalho sobre o objeto?

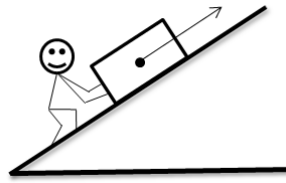


- Luís.
- Ana.
- João.
- Luís e João realizam o mesmo trabalho.
- Ana e João realizam o mesmo trabalho.

10. Uma pessoa realiza um trabalho de 500 J sobre uma caixa de 10 kg, inicialmente em repouso. Se a caixa transfere 375 J de calor para o chão por meio do atrito entre a caixa e o chão, qual é a velocidade da caixa após o trabalho realizado sobre ela?

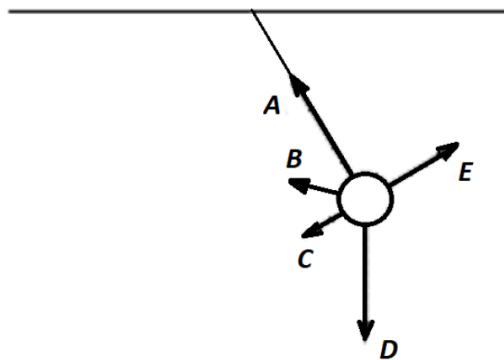
- 5 m/s.
- 8 m/s.
- 12,5 m/s.
- 50 m/s.
- 100 m/s.

11. Uma pessoa empurra ao longo de um plano inclinado um bloco, como mostra figura. Qual das seguintes afirmações é correta?



- A força de reação normal executa trabalho resistente.
- A força de reação normal executa trabalho potente.
- A força de reação normal não executa trabalho.
- Os trabalhos da força de reação normal e da força com que a pessoa empurra o bloco têm o mesmo sinal.
- Os trabalhos da força de reação normal e da força com que a pessoa empurra o bloco têm sinais opostos.

Nota : As próximas 3 perguntas são referentes a um pêndulo em movimento. O vetor velocidade do pêndulo aponta na direção de E.



12. Qual dos vetores pode representar a força gravítica que atua sobre o pêndulo?

- A.
- B.
- C.
- D.
- E.

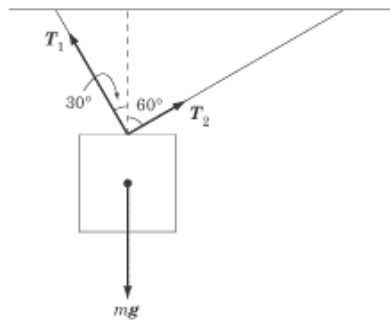
13. Qual é a direção da força resultante que atua no pêndulo?

- A.
- B.
- C.
- D.
- E.

14. Se a corda do pêndulo é cortada, qual dos vetores pode representar a velocidade do pêndulo imediatamente após o corte?

- A.
- B.
- C.
- D.
- E.

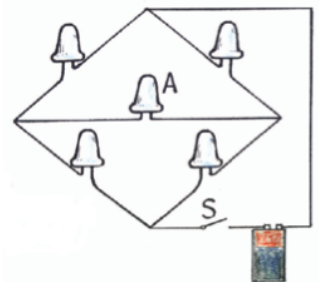
15. Um bloco está fixo a dois cabos como mostra a figura. Se a intensidade da força T_2 é de 10,0 N, qual é a intensidade da força T_1 ? Nota $\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 1/2$ e $\cos 30^\circ = \sin 60^\circ = \sqrt{3}/2$.

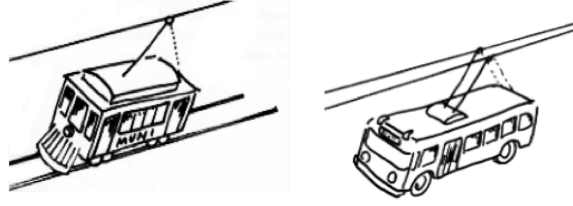


- 0,433 N.
- 0,500 N.
- 0,866 N.
- 10,0 N.
- 17,3 N.

16. Cinco lâmpadas idênticas estão ligadas como mostra a figura. O que acontece quando o interruptor S é fechado?

- Só a lâmpada A brilhará.
- Todas as lâmpadas brilham excepto A.
- Todas as lâmpadas vão brilhar, mas o brilho não é igual.
- As lâmpadas não vão brilhar.
- Só três das cinco lâmpadas brilham.



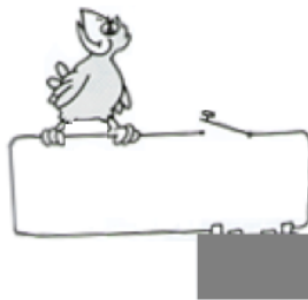


17. Um *elétrico* sobre carris tem apenas um poste elétrico, enquanto que o *trolley* tem dois, como mostram as figuras:

Isto acontece porque:

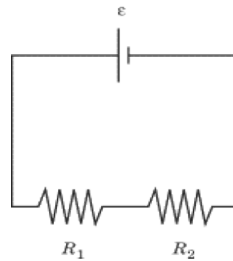
- o poste extra no *trolley* é uma garantia adicional de funcionamento, no caso de um falhar.
 - o *trolley* funciona a corrente alternada enquanto o *elétrico* funciona a corrente contínua.
 - o *trolley* funciona a corrente contínua enquanto o *elétrico* funciona a corrente alternada.
 - o *trolley* usa mais corrente do que o *elétrico*.
 - o *trolley* usa rodas de borracha.
18. As lâmpadas A e B são idênticas, excepto no filamento. O filamento da lâmpada B é mais espesso do que o da A. Quando as ligamos à mesma tomada:
- A será a mais brilhante, porque tem a maior resistência.
 - B será a mais brilhante, porque tem a maior resistência.
 - A será a mais brilhante, porque tem a menor resistência.
 - B será a mais brilhante, porque tem a menor resistência.
 - A e B terão o mesmo brilho.
19. Supõe que um pássaro está pousado no fio como mostra a figura. O que irá acontecer ao pássaro? Considera-se a resistência do fio elétrico muito inferior à resistência do corpo do pássaro à passagem de corrente elétrica.

- Um choque, se o interruptor está aberto.
- Um choque, se o interruptor está fechado.
- Um choque, se o interruptor está aberto ou fechado.
- Nenhum choque em qualquer um dos casos.
- Um choque apenas numa perna.



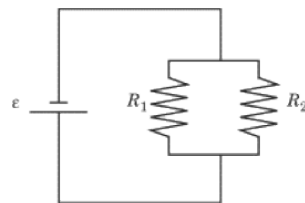
20. Na figura, uma bateria fornece 30 V para um circuito com uma resistência de $R_1 = 10 \Omega$ e outra resistência $R_2 = 20 \Omega$. Qual é a corrente no circuito e qual é a queda de tensão em cada resistência?

- $I = 1 \text{ A}; V_1 = 10 \text{ V}; V_2 = 20 \text{ V}.$
- $I = 2 \text{ A}; V_1 = 9 \text{ V}; V_2 = 30 \text{ V}.$
- $I = 1 \text{ A}; V_1 = 7 \text{ V}; V_2 = 10 \text{ V}.$
- $I = 5 \text{ A}; V_1 = 5 \text{ V}; V_2 = 5 \text{ V}.$
- $I = 2 \text{ A}; V_1 = 8 \text{ V}; V_2 = 7 \text{ V}.$



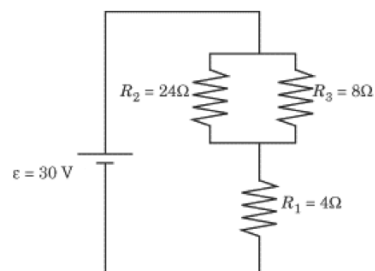
21. Duas resistências $R_1 = 5 \Omega$ e $R_2 = 20 \Omega$, são colocadas em paralelo (ver figura). A bateria, ideal, tem uma força eletromotriz $\epsilon = 12 \text{ V}$. Qual é a resistência total no circuito, a corrente que atravessa R_1 e R_2 e a potência dissipada nas resistências?

- $R_t = 4 \Omega ; I_1 = 2,4 \text{ A}; I_2 = 0,6 \text{ A}; P_1 = 28,8 \text{ W}, P_2 = 7,2 \text{ W}.$
- $R_t = 3 \Omega ; I_1 = 2,0 \text{ A}; I_2 = 0,2 \text{ A}; P_1 = 27,8 \text{ W}, P_2 = 7,0 \text{ W}.$
- $R_t = 5 \Omega ; I_1 = 3,0 \text{ A}; I_2 = 0,9 \text{ A}; P_1 = 21,8 \text{ W}, P_2 = 8,2 \text{ W}.$
- $R_t = 2 \Omega ; I_1 = 5,0 \text{ A}; I_2 = 0,1 \text{ A}; P_1 = 28,0 \text{ W}, P_2 = 3,2 \text{ W}.$
- $R_t = 1 \Omega ; I_1 = 3,0 \text{ A}; I_2 = 0,4 \text{ A}; P_1 = 26,0 \text{ W}, P_2 = 6,2 \text{ W}.$



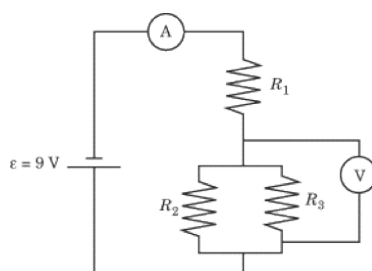
22. Considere o circuito elétrico da figura. Qual é a corrente I_1 que passa na resistência R_1 e a potência P_1 nela dissipada?

- $I_1 = 2 \text{ A}; P_1 = 27 \text{ W}.$
- $I_1 = 2 \text{ A}; P_1 = 37 \text{ W}.$
- $I_1 = 3 \text{ A}; P_1 = 36 \text{ W}.$
- $I_1 = 5 \text{ A}; P_1 = 28 \text{ W}.$
- $I_1 = 3 \text{ A}; P_1 = 26 \text{ W}.$



23. No circuito elétrico da figura, as resistências têm os valores $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$ e $R_3 = 20 \Omega$. Quais são os valores medidos pelo amperímetro e pelo voltímetro?

- $I = 1 \text{ A}$; $V = 4 \text{ V}$.
 $I = 2 \text{ A}$; $V = 6 \text{ V}$.
 $I = 3 \text{ A}$; $V = 8 \text{ V}$.
 $I = 5 \text{ A}$; $V = 10 \text{ V}$.
 $I = 3 \text{ A}$; $V = 3 \text{ V}$.



24. As opções a seguir referem-se a um circuito composto por uma resistência e uma bateria ideal. O que acontece com a potência dissipada na resistência quando a resistência quadruplica o seu valor e a tensão permanece constante?

- É o dobro.
 É o quádruplo.
 É reduzida para metade.
 É $1/4$.
 Continua o mesmo.

25. Qual dos seguintes fatores afeta a resistência elétrica de um fio?

- I. O material de que é feito.
II. O comprimento do fio.
III. O diâmetro do fio.

- I apenas.
 II apenas.
 I e II apenas.
 I e III apenas.
 I, II, e III.

26. Duas resistências, R_1 e R_2 , são idênticas, mas a diferença de potencial através de R_1 é metade da diferença de potencial através de R_2 . Qual é a razão entre a corrente em R_1 e a corrente em R_2 ?

- $1/4$.
 $1/2$.
 1.
 2.
 4.

27. Considera um circuito com duas resistências iguais e colocadas em paralelo. Se uma terceira resistência igual às primeiras é adicionada em paralelo, qual a razão entre a resistência total do conjunto de 3 resistências e a do conjunto de 2 resistências?

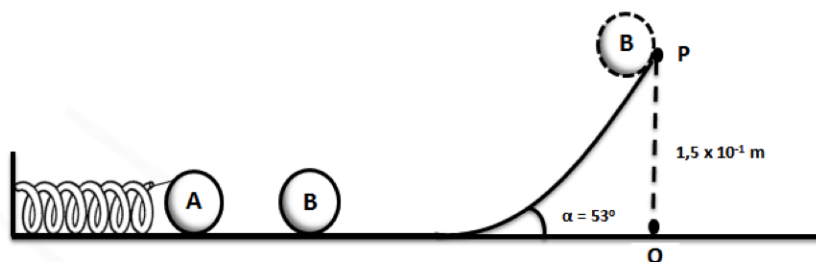
- 4/9.
 - 2/3.
 - 1.
 - 3/2.
 - 9/4.
28. Qual é a energia dissipada numa resistência de 5Ω em 10 s, quando uma corrente de 2 A flui através dela?
- 2 J.
 - 10 J.
 - 20 J.
 - 100 J.
 - 200 J.
29. Quando uma pessoa de cabelos compridos coloca as mãos num gerador de Van de Graaff o cabelo fica em pé. Qual das seguintes opções explica este fenómeno?
- O corpo fica eletrizado e os cabelos repelem-se.
 - O gerador de Van de Graaff cria um campo elétrico que atrai o cabelo.
 - O corpo fica magnetizado e os cabelos repelem-se.
 - O corpo está a conduzir uma corrente para o chão que faz levantar o cabelo.
 - O gerador de Van de Graaff cria um campo magnético que atrai o cabelo.
30. Se um fio por onde passa uma corrente elétrica contínua muito intensa é colocado sobre uma bússola magnética, o que acontece à agulha da bússola?



- Não será afetada pela corrente elétrica.
- Coloca-se numa direção perpendicular ao fio.
- Coloca-se numa direção paralela ao fio.
- Coloca-se numa direção fazendo 45° com o fio.
- Coloca-se numa direção fazendo 30° com o fio.

1 Parte B

Considera a situação representada na figura. A esfera A, de massa $5,0 \times 10^{-1}$ kg, que se comporta como uma partícula, encontra-se encostada a uma mola elástica que está comprimida. Posteriormente, distendeu-se a mola e a esfera foi projetada com uma energia cinética de 1,0 J, deslizando, sem rolar, sobre uma superfície horizontal, indo colidir com uma esfera B, com a mesma massa da esfera A, que se encontrava em repouso. Considera a colisão entre as esferas perfeitamente elástica. Após a colisão, a esfera B sobe o plano inclinado, abandonando-o no ponto P à altura de $1,5 \times 10^{-1}$ m, comportando-se a partir daí como projétil.



Considera desprezável o atrito entre qualquer das esferas e as superfícies em que se deslocam e a superfície horizontal como nível de energia potencial zero.

- Qual é a velocidade da esfera B imediatamente após a colisão com a esfera A?
- Calcula o valor da altura máxima que a esfera B atingiu.
- Calcula a distância entre o ponto Q e o ponto em que a esfera B atinge a superfície horizontal.
- Caracteriza o vetor velocidade da esfera B, no instante em que esta atinge a superfície horizontal.

Obrigado pela tua colaboração!

Apêndice J

Estudo I: Teste do 12^o Ano 2013

Os problemas de Física foram retirados de alguns “*SAT Physics*” [317], da revista “*Physics Teachers*” [318–320], do livro “*Thinking Physics*” [321] e de antigos exames nacionais (1998 e 2002) da disciplina de Física do 12^o Ano do Ensino Secundário [322].

projeto *Quark!*



Teste do 12º Ano

29/Junho/2013

Duração: 2h

Solicitamos a tua colaboração na resolução do seguinte teste que é individual e confidencial. Pedimos-te que respondas com o maior empenho, pois é importante caracterizar os vossos conhecimentos atuais de Física, para podermos adaptar melhor as aulas do *Quark!*.

Este teste foi produzido no âmbito dos programas de trabalho para o doutoramento em Ensino das Ciências de Filipa Oliveira.

Nome: _____

Escola: _____

Ano lectivo: _____

Idade: _____

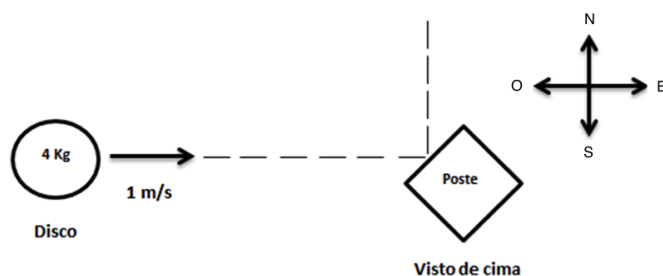
Em cada uma das questões seguintes existe uma *única* opção correta que deverá ser indicada de forma não ambígua.

Parte A

1. Supõe que os ponteiros de um relógio são vectores, onde o ponteiro das horas tem um comprimento de 2 e o ponteiro dos minutos tem um comprimento de 4. Qual é o produto escalar desses dois vetores quando o relógio marca 2:00?

- 4.
- 5.
- 8.
- 3.
- 7.

2. Um disco de 4 kg desliza sobre gelo para Este com uma velocidade de 1 m/s, como mostra a figura.



O disco atinge um poste e é desviado para Norte com a mesma velocidade numa colisão elástica. A mudança do valor da componente Este do momento linear do disco é

- -4 kg m/s .
 - -1 kg m/s .
 - 0 kg m/s .
 - 1 kg m/s .
 - 4 kg m/s .
3. Um pêndulo, constituído por uma pequena bola de massa m suspensa de um fio de comprimento ℓ , oscila com pequena amplitude. Qual das seguintes alterações no pêndulo duplicaria o seu período?
- Duplicar a massa m da bola.
 - Duplicar a força inicial que colocou o pêndulo em movimento.
 - Duplicar a amplitude de oscilação do pêndulo.
 - Quadruplicar a massa m da bola.
 - Quadruplicar o comprimento ℓ do pêndulo.

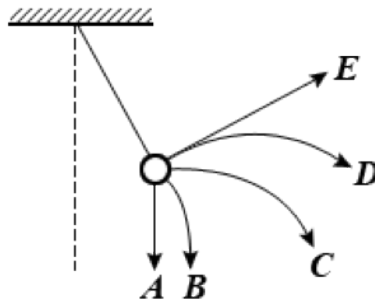
4. Um pedaço de giz é lançado verticalmente, para cima, e capturado durante a sua descida à mesma altura a partir do qual foi lançado. A posição é medida a partir da localização do giz, quando ele deixou a mão. O sentido é positivo para cima, para a posição (y), velocidade (v) e aceleração (a). Quais são os sinais destas grandezas durante a parte ascendente da trajetória?

- y : positivo, v : positivo, a : positivo.
- y : positivo, v : positivo, a : negativo.
- y : positivo, v : negativo, a : negativo.
- y : negativo, v : positivo, a : negativo.
- y : negativo, v : negativo, a : negativo.

5. Lança-se um corpo de massa m , de baixo para cima, verticalmente, e ele atinge uma altura h , retornando ao ponto de partida. O trabalho realizado pelo peso do corpo no trajeto de ida e volta é:

- nulo.
- mgh .
- $-mgh$.
- $2mgh$.
- $-2mgh$.

6. Um pêndulo oscila para cima e está a meio caminho em direção à posição mais alta, como mostra a figura.



Quando se corta o fio, qual das trajetórias indicadas melhor representa o percurso que a bola irá seguir?

- A.
- B.
- C.
- D.
- E.

7. Um vagão desloca-se horizontalmente em linha reta, com aceleração a constante. Um pêndulo simples, de massa m , está suspenso do teto do vagão, e faz um ângulo θ com a vertical. A tensão do fio tem intensidade:

- $T = mg \cos \theta$.
- $T = mg \sin \theta$.
- $T = m\sqrt{a^2 + g^2}$

$T = m(g \cos \theta - a \sin \theta)$.

$T = m(g \sin \theta + a \cos \theta)$.

8. Uma gota de chuva de massa $5,0 \times 10^{-6}$ kg cai, com velocidade constante, percorrendo uma distância de 120 m, sem que a sua massa varie, num local onde a aceleração da gravidade é $g = 10 \text{ m/s}^2$. Qual é a força de atrito do ar sobre a gota e a energia dissipada durante a queda?

$5,0 \times 10^{-4} \text{ N}, 5,0 \times 10^{-4} \text{ J}$.

$1,0 \times 10^{-3} \text{ N}, 1,0 \times 10^{-1} \text{ J}$.

$5,0 \times 10^{-4} \text{ N}, 5,0 \times 10^{-2} \text{ J}$.

$5,0 \times 10^{-5} \text{ N}, 6,0 \times 10^{-3} \text{ J}$.

$5,0 \times 10^{-4} \text{ N}, 0 \text{ J}$

9. Dois corpos de massas, m e M , estão ligados a uma roldana fixa na mesa, como mostra a figura. Qual é o valor mínimo do coeficiente de atrito estático entre o corpo de massa M e a mesa, se o sistema não se mover?

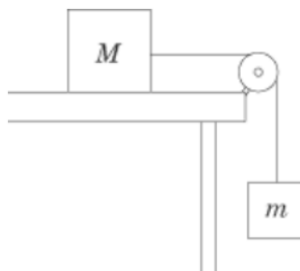
m/M .

M/m .

$g(m/M)$.

$g(M/m)$.

$g(M - m)$.



10. Um objeto de massa m está em repouso sobre um plano inclinado. Aumentando devagar a inclinação do plano, observa-se que o objeto começa a deslizar para um certo ângulo θ . Qual é o valor do coeficiente de atrito estático entre o objeto e o plano?

$\sin \theta - \cos \theta$.

$\cos \theta - \sin \theta$.

$mg \sin \theta$.

$\sin \theta / \cos \theta$.

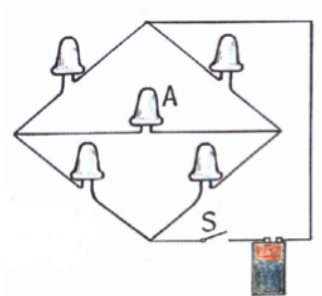
$\sin \theta + \cos \theta$.

11. Cinco lâmpadas idênticas estão ligadas como mostra a figura. O que acontece quando o interruptor S é fechado?

Só a lâmpada A brilhará.

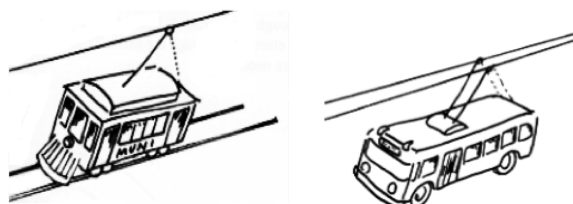
Todas as lâmpadas brilham excepto A.

Todas as lâmpadas vão brilhar, mas o brilho não é igual.



- As lâmpadas não vão brilhar.
- Só três das cinco lâmpadas brilham.

12. Um *elétrico* sobre carris tem apenas um poste elétrico, enquanto que o *trolley* tem dois, como mostram as figuras:



Isto acontece porque:

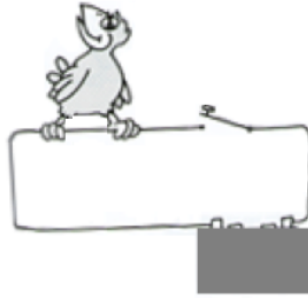
- o poste extra no *trolley* é uma garantia adicional de funcionamento, no caso de um falhar.
- o *trolley* funciona a corrente alternada enquanto o *elétrico* funciona a corrente contínua.
- o *trolley* funciona a corrente contínua enquanto o *elétrico* funciona a corrente alternada.
- o *trolley* usa mais corrente do que o *elétrico*.
- o *trolley* usa rodas de borracha.

13. As lâmpadas A e B são idênticas, excepto no filamento. O filamento da lâmpada B é mais espesso do que o da A. Quando as ligamos à mesma tomada:

- A será a mais brilhante, porque tem a maior resistência.
- B será a mais brilhante, porque tem a maior resistência.
- A será a mais brilhante, porque tem a menor resistência.
- B será a mais brilhante, porque tem a menor resistência.
- A e B terão o mesmo brilho.

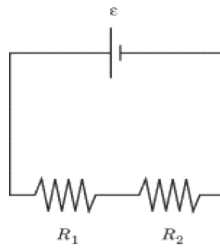
14. Supõe que um pássaro está pousado no fio como mostra a figura. O que irá acontecer ao pássaro? Considera-se a resistência do fio elétrico muito inferior à resistência do corpo do pássaro à passagem de corrente elétrica.

- Um choque, se o interruptor está aberto.
- Um choque, se o interruptor está fechado.
- Um choque, se o interruptor está aberto ou fechado.
- Nenhum choque em qualquer um dos casos.
- Um choque apenas numa perna.



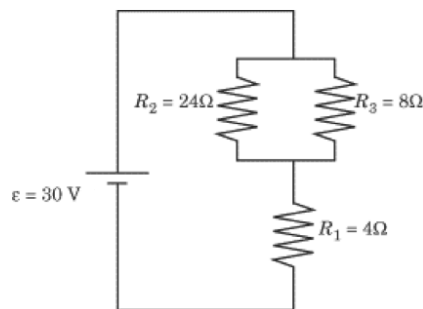
15. Na figura, uma bateria fornece 30 V para um circuito com uma resistência de $R_1 = 10 \Omega$ e outra resistência $R_2 = 20 \Omega$. Qual é a corrente no circuito e qual é a queda de tensão em cada resistência?

- $I = 1 \text{ A}$; $V_1 = 10 \text{ V}$; $V_2 = 20 \text{ V}$.
- $I = 2 \text{ A}$; $V_1 = 9 \text{ V}$; $V_2 = 30 \text{ V}$.
- $I = 1 \text{ A}$; $V_1 = 7 \text{ V}$; $V_2 = 10 \text{ V}$.
- $I = 5 \text{ A}$; $V_1 = 5 \text{ V}$; $V_2 = 5 \text{ V}$.
- $I = 2 \text{ A}$; $V_1 = 8 \text{ V}$; $V_2 = 7 \text{ V}$.



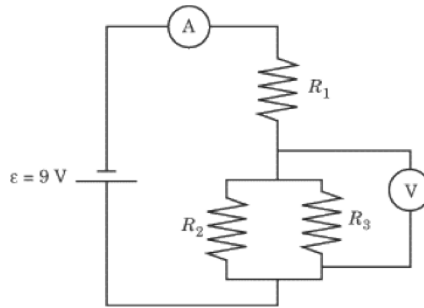
16. Considere o circuito elétrico da figura. Qual é a corrente I_1 que passa na resistência R_1 e a potência P_1 nela dissipada?

- $I_1 = 2 \text{ A}$; $P_1 = 27 \text{ W}$.
- $I_1 = 2 \text{ A}$; $P_1 = 37 \text{ W}$.
- $I_1 = 3 \text{ A}$; $P_1 = 36 \text{ W}$.
- $I_1 = 5 \text{ A}$; $P_1 = 28 \text{ W}$.
- $I_1 = 3 \text{ A}$; $P_1 = 26 \text{ W}$.



17. No circuito elétrico da figura, as resistências têm os valores $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$ e $R_3 = 20 \Omega$. Quais são os valores medidos pelo amperímetro e pelo voltímetro?

- $I = 1 \text{ A}$; $V = 4 \text{ V}$.
- $I = 2 \text{ A}$; $V = 6 \text{ V}$.
- $I = 3 \text{ A}$; $V = 8 \text{ V}$.
- $I = 5 \text{ A}$; $V = 10 \text{ V}$.
- $I = 3 \text{ A}$; $V = 3 \text{ V}$.



18. As opções a seguir referem-se a um circuito composto por uma resistência e uma bateria ideal. O que acontece com a potência dissipada na resistência quando a resistência quadruplica o seu valor e a tensão permanece constante?

- É o dobro.
- É o quádruplo.
- É reduzida para metade.
- É $1/4$.
- Continua o mesmo.

19. Qual dos seguintes fatores afeta a resistência elétrica de um fio?

- I. O material de que é feito.
- II. O comprimento do fio.
- III. O diâmetro do fio.

- I apenas.
- II apenas.
- I e II apenas.
- I e III apenas.
- I, II, e III.

20. Duas resistências, R_1 e R_2 , são idênticas, mas a diferença de potencial através de R_1 é metade da diferença de potencial através de R_2 . Qual é a razão entre a corrente em R_1 e a corrente em R_2 ?

- $1/4$.
- $1/2$.
- 1.
- 2.
- 4.

21. Considera um circuito com duas resistências iguais e colocadas em paralelo. Se uma terceira resistência igual às primeiras é adicionada em paralelo, qual a razão entre a resistência total do conjunto de 3 resistências e a do conjunto de 2 resistências?

- 4/9.
- 2/3.
- 1.
- 3/2.
- 9/4.

22. Uma resistência R está ligada a uma pilha de força eletromotriz ϵ e resistência r . Qual é a potência dissipada na resistência R ?

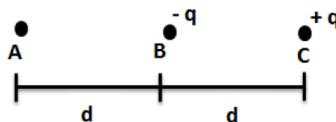
- $P = \frac{\epsilon}{R} r^2$.
- $P = \epsilon R^2$.
- $P = \frac{\epsilon}{R+r} r^2$.
- $P = \epsilon r^2$.
- $P = \left(\frac{\epsilon}{R+r}\right)^2 R$.

23. Quando uma pessoa de cabelos compridos coloca as mãos num gerador de Van de Graaff o cabelo fica em pé. Qual das seguintes opções explica este fenómeno?

- O corpo fica eletrizado e os cabelos repelem-se.
- O gerador de Van de Graaff cria um campo elétrico que atrai o cabelo.
- O corpo fica magnetizado e os cabelos repelem-se.
- O corpo está a conduzir uma corrente para o chão que faz levantar o cabelo.
- O gerador de Van de Graaff cria um campo magnético que atrai o cabelo.

24. Três partículas, A , B e C , estão dispostas numa linha, com uma distância d entre cada um delas, como mostra a figura. Se a partícula B é atraída para partícula A , o que podes dizer sobre a carga, q_A , da partícula A ?

- $q_A < -q$.
- $-q < q_A < 0$.
- $q_A = 0$.
- $0 < q_A < +q$.
- $q_A > +q$.



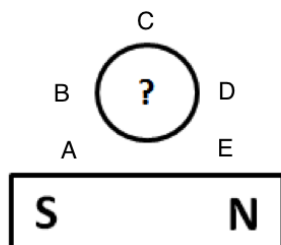
25. Se um fio por onde passa uma corrente eléctrica contínua muito intensa é colocado sobre uma bússola magnética, o que acontece à agulha da bússola?

- Não será afectada pela corrente eléctrica.
- Coloca-se numa direcção perpendicular ao fio.
- Coloca-se numa direcção paralela ao fio.
- Coloca-se numa direcção fazendo 45° com o fio.
- Coloca-se numa direcção fazendo 30° com o fio.



26. O ponteiro de uma bússola é o Pólo norte de um pequeno íman. Se uma bússola for colocada ao lado de um íman de barra, como mostra a figura, em que direcção irá apontar o ponteiro?

- A.
- B.
- C.
- E.
- F.



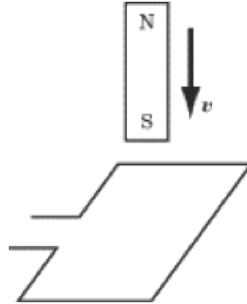
27. Um fio com corrente eléctrica num campo magnético está sujeita a uma força magnética. Se a corrente no fio é duplicada, o que acontece com a força magnética que actua no fio? Considerar que o fio e o campo magnético não são paralelos.

- É reduzida para um quarto.
- É reduzida para metade.
- É inalterada.
- É o dobro.
- Quadruplica.

28. A barra magnética está a mover-se para baixo, no sentido do Pólo sul, em direcção a um laço de arame. Qual das seguintes alternativas melhor descreve o sentido da corrente eléctrica induzida no fio, quando a barra está a entrar na espira?

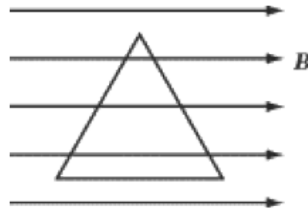
- Sentido horário, vista de cima.

- Sentido anti-horário, vista de cima.
- O sentido da corrente alterna.
- Não há corrente induzida no fio.
- O sentido da corrente não pode ser determinado a partir da informação dada aqui.



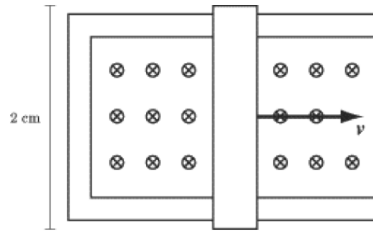
29. Um fio na forma de um triângulo equilátero com lados de comprimento 1,00 m encontra-se num campo magnético de 2,00 T, apontando para a direita, no plano da figura. Qual é o valor do fluxo magnético através do triângulo?

- 0 Wb.
- 1,00 Wb.
- 1,73 Wb.
- 2,00 Wb.
- 3,46 Wb.



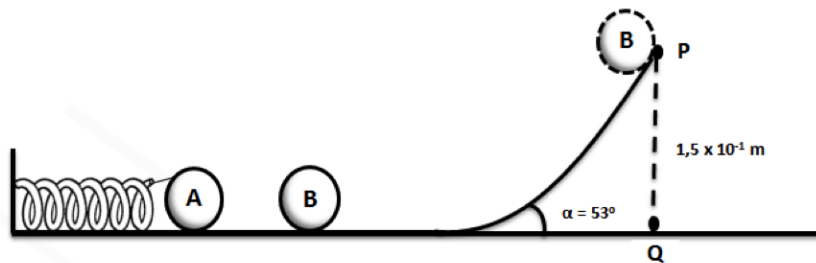
30. Uma barra metálica com 2 cm de comprimento desliza ao longo de trilhos, também metálicos, com uma velocidade de 1 cm/s (ver figura). A barra e os trilhos estão sob a ação de um campo magnético de 2 T de intensidade, apontando para fora da página. Qual é a força eletromotriz induzida no circuito formado pela barra e pelos trilhos?

- 2×10^{-5} V.
- 2×10^{-4} V.
- 4×10^{-4} V.
- 2×10^{-3} V.
- 3×10^{-3} V.



1 Parte B

Considera a situação representada na figura. A esfera A, de massa $5,0 \times 10^{-1}$ kg, que se comporta como uma partícula, encontra-se encostada a uma mola elástica que está comprimida. Posteriormente, distendeu-se a mola e a esfera foi projetada com uma energia cinética de 1,0 J, deslizando, sem rolar, sobre uma superfície horizontal, indo colidir com uma esfera B, com a mesma massa da esfera A, que se encontrava em repouso. Considera a colisão entre as esferas perfeitamente elástica. Após a colisão, a esfera B sobe o plano inclinado, abandonando-o no ponto P à altura de $1,5 \times 10^{-1}$ m, comportando-se a partir daí como projétil.



Considera desprezável o atrito entre qualquer das esferas e as superfícies em que se deslocam e a superfície horizontal como nível de energia potencial zero.

- Qual é a velocidade da esfera B imediatamente após a colisão com a esfera A?
- Calcula o valor da altura máxima que a esfera B atingiu.
- Calcula a distância entre o ponto Q e o ponto em que a esfera B atinge a superfície horizontal.
- Caracteriza o vetor velocidade da esfera B, no instante em que esta atinge a superfície horizontal.

Obrigado pela tua colaboração!

Apêndice K

Estudo I: Teste do 11^o Ano 2014-2015

Os problemas de Física foram retirados de alguns “*SAT Physics*” [317], da revista “*Physics Teachers*” [318–320], do livro “*Thinking Physics*” [321] e de antigos exames nacionais (1998 e 2002) da disciplina de Física do 12^o Ano do Ensino Secundário [322].

projeto *Quark!*



Teste do 11º Ano

27/junho/2015

Duração: 2h

Solicitamos a tua colaboração na resolução do seguinte teste que é individual e confidencial. Pedimos-te que respondas com o maior empenho, pois é importante caracterizar os vossos conhecimentos atuais de Física, para podermos adaptar melhor as aulas do *Quark!*.

Este teste foi produzido no âmbito dos programas de trabalho para o doutoramento em Ensino das Ciências de Filipa Oliveira.

Nome completo: _____

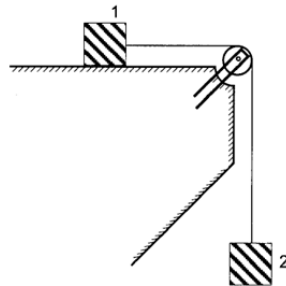
Escola: _____

Idade: _____

Em cada uma das questões seguintes existe uma *única* opção correta que deverá ser indicada de forma não ambígua.

Parte A

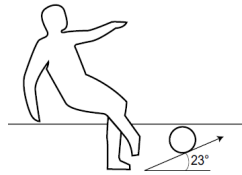
- Um pedaço de giz é lançado verticalmente, para cima, e capturado durante a sua descida à mesma altura a partir do qual foi lançado. A posição é medida a partir da localização do giz, quando ele deixou a mão. O sentido é positivo para cima, para a posição (y), velocidade (v) e aceleração (a). Quais são os sinais destas grandezas durante a parte ascendente da trajetória?
 - A) y : positivo, v : positivo, a : positivo.
 - B) y : positivo, v : positivo, a : negativo.
 - C) y : positivo, v : negativo, a : negativo.
 - D) y : negativo, v : positivo, a : negativo.
 - E) y : negativo, v : negativo, a : negativo.
- Um helicóptero sobe a uma velocidade constante para uma altitude h , num tempo t . Se o helicóptero tem massa m e o valor da aceleração da gravidade é g , qual é a energia necessária para o helicóptero subir?
 - A) mgt .
 - B) mgh .
 - C) mgh/t .
 - D) mgt/h^2 .
 - E) $\frac{1}{2}m(h/t)^2$.
- No sistema constituído pelo cubo 1, fio e cubo 2, representado na figura, o fio e a roldana são ideais e os efeitos da resistência do ar e do atrito de deslizamento no plano horizontal são desprezáveis. As massas dos cubos 1 e 2 são, respetivamente, m_1 e m_2



Qual das seguintes expressões permite calcular o módulo da aceleração a do sistema?

- A) $\frac{m_1+m_2}{m_2}g$.
- B) $\frac{m_1+m_2}{m_1}g$.
- C) $\frac{m_2}{m_1+m_2}g$.
- D) $\frac{m_1}{m_1+m_2}g$.
- E) m_2g .

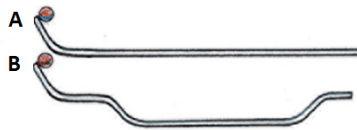
4. Um jogador chuta uma bola de futebol a partir do solo com uma velocidade inicial de 10 m/s. A bola sai do chão com um ângulo de 23° acima do campo horizontal. Tendo em conta que $\sin 23^\circ=0,4$, $\cos 23^\circ= 0,9$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, aproximadamente a que distância cai a bola no chão? (Ignora o efeito da resistência do ar.)



- A) 3,6 m.
 - B) 4,0 m.
 - C) 4,5 m.
 - D) 7,2 m.
 - E) 9,0 m.
5. Um pedra é lançada para cima com velocidade inicial \vec{v}_0 , obliquamente em relação ao plano horizontal subindo e depois descendo até ao nível a que foi lançada. Considere desprezável a resistência do ar. Nestas condições, podemos afirmar:
- A) O módulo da componente vertical da velocidade da pedra diminui durante o movimento.
 - B) A velocidade da pedra anula-se quando esta atinge a posição mais elevada.
 - C) A componente horizontal da velocidade da pedra é constante durante o movimento.
 - D) A altura máxima atingida pela pedra não depende do módulo da velocidade inicial.
 - E) O tempo que a pedra demora a atingir altura máxima é o dobro do tempo que demora a chegar novamente ao nível do lançamento.
6. Durante uma longa subida, um alpinista para para descansar e comer uma laranja. Ele deixa cair acidentalmente a laranja, e ela cai verticalmente no chão que se encontra por baixo dele, a uma distância de 180 metros. Supondo que a resistência do ar é desprezável e considerando a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$, quanto tempo demora a laranja a chegar ao chão?
- A) 3,0 s.
 - B) 4,2 s.
 - C) 6,0 s.
 - D) 18 s.
 - E) 36 s.
7. Um pinguim com 10 kg de massa desliza com uma velocidade constante num plano inclinado que faz um ângulo de 7° com a horizontal. Qual é a força de atrito exercida sobre o pinguim? ($\sin 7^\circ = 0,12$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$)



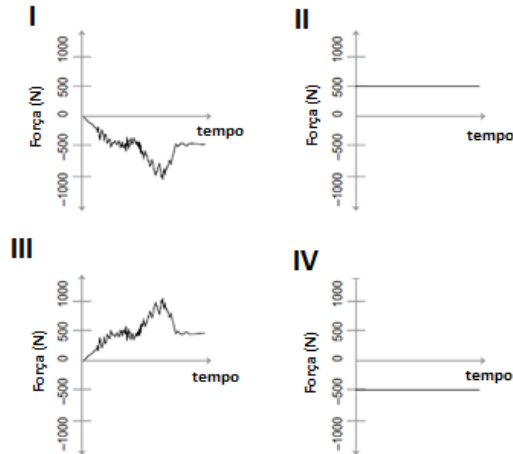
- A) 0,0012 N.
 B) 0,07 N.
 C) 12 N.
 D) 70 N.
 E) 100 N.
8. Qual o trabalho realizado pela força gravítica de uma caixa de 10 kg quando ela desce um plano inclinado de 30° e com o comprimento de 80 cm? Nota $\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 1/2$ e $\cos 30^\circ = \sin 60^\circ = \sqrt{3}/2$.
- A) 40 J.
 B) 69 J.
 C) 400 J.
 D) 690 J.
 E) 800 J.
9. Duas esferas iguais são lançadas ao mesmo tempo, (ver figura), sobre um par de calhas que têm o mesmo comprimento, A e B, e rolam sem deslizar.



- O que acontece às duas bolas no fim da trajetória de cada calha? Ambas as bolas chegam ao fim com o mesmo
- A) Tempo, energia cinética e momento linear.
 B) Momento linear, velocidade e energia cinética.
 C) Momento linear, velocidade e tempo.
 D) Só com o mesmo tempo.
 E) Nenhuma destas opções.
10. Uma menina que se encontra num balanço a uma altura inicial h_0 acima do chão parte do repouso e oscila para a frente. No ponto mais baixo do seu movimento, ela pega numa mochila que se encontra no chão. A menina continua a oscilar para a frente para chegar à altura máxima h_1 . Em seguida, ela oscila para trás e quando atinge novamente o ponto mais baixo do movimento, ela deixa cair a mochila no chão. Continuando a oscilar para trás ela em seguida atinge uma altura máxima h_2 . Desprezando a resistência do ar, como é que as três alturas estão relacionadas?
- A) $h_2 = h_1 = h_0$.
 B) $h_2 < h_1 < h_0$.
 C) $h_1 < h_2 < h_0$.
 D) $h_1 < h_2 = h_0$.

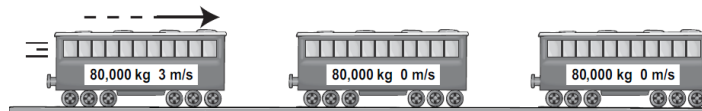
E) $h_2 = h_1 < h_0$.

11. Um paraquedista de 50 Kg de massa salta de um helicóptero parado e acelera até atingir uma velocidade constante. Um minuto depois, o para-quedista abre um para-quedas e desacelera até atingir novamente uma velocidade constante. Se o sentido da força é positivo para cima, quais são os dois gráficos juntos que mostram as forças que retardam e as que aceleram o para-quedista ao longo do tempo?



- A) I e III.
 B) I e IV.
 C) II e III.
 D) II e IV.
 E) III e IV.

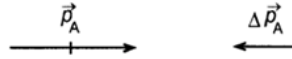
12. Três carruagens, cada uma com uma massa de 80 toneladas, estão na mesma linha.

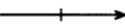


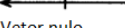


A carruagem do lado esquerdo está a movimentar-se com uma velocidade de 3 m/s, e as outras duas carruagens estão paradas. A carruagem em movimento colide com a carruagem do meio. As duas carruagens movimentam-se juntas até colidirem com a terceira carruagem. Depois as três carruagens continuam em movimento. Se o sentido do movimento é positivo para a direita, qual é a velocidade final das três carruagens juntas?

- A) -3 m/s.
 B) -1 m/s.
 C) 1 m/s.
 D) 1,5 m/s.
 E) 3 m/s.

13. Um bloco A, com momento linear \vec{p}_A , colide frontalmente, sem intervenção de forças exteriores, com um bloco B inicialmente em repouso. Durante a colisão, a variação do momento linear do bloco A é $\Delta\vec{p}_A$. O momento linear de A e a sua variação estão representados pelos seguintes vetores:



- A) 
 B) 
 C) 
 D) 
 E) Vetor nulo.

Considere desprezáveis os efeitos do atrito. Qual dos seguintes vetores representa o momento linear do bloco B imediatamente após a colisão?

14. Um *airbag* reduz os danos a um passageiro durante um acidente de carro. Este benefício é devido, principalmente, a que:

- A) O *airbag* reduz a força, reduzindo a mudança da velocidade do passageiro.
 B) O *airbag* reduz a mudança no momento linear pelo aumento do impulso do passageiro.
 C) O *airbag* reduz o impulso pela redução da variação do momento linear do passageiro.
 D) O *airbag* reduz a força através do aumento do tempo que leva o passageiro para parar de se mover.
 E) O *airbag* reduz a variação de velocidade, reduzindo o tempo que leva o passageiro para parar de se mover.

15. Um disco com um diâmetro de 0,20 metros está a girar uma volta por segundo. Qual é a aceleração centrípeta de um ponto sobre a borda deste disco?

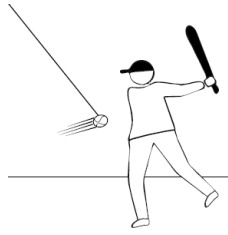
- A) $0,04\pi \text{ m/s}^2$.
 B) $0,20\pi \text{ m/s}^2$.
 C) $0,16\pi^2 \text{ m/s}^2$.
 D) $0,40\pi^2 \text{ m/s}^2$.
 E) $0,80\pi^2 \text{ m/s}^2$.

16. Um objeto de massa m está em repouso sobre um plano inclinado. Aumentando devagar a inclinação do plano, observa-se que o objeto começa a deslizar para um certo ângulo θ . Qual é o valor do coeficiente de atrito estático entre o objeto e o plano?

- A) $\sin \theta - \cos \theta$.
 B) $\cos \theta - \sin \theta$.
 C) $mg \sin \theta$.
 D) $\sin \theta / \cos \theta$.
 E) $\sin \theta + \cos \theta$.

17. Um jogador de baseball usa uma bola no final de uma corda muito comprida, ligada a um ponto fixo, para praticar a tacada. Qual dos seguintes dados por si só permitiria a melhor estimativa do tempo que leva a bola a balançar a partir de seu ponto de lançamento por parte do jogador, assumindo que o jogador acerta na bola quando ela tem velocidade zero?

- A) A massa e o peso da bola.
 B) A massa e a aceleração da gravidade.

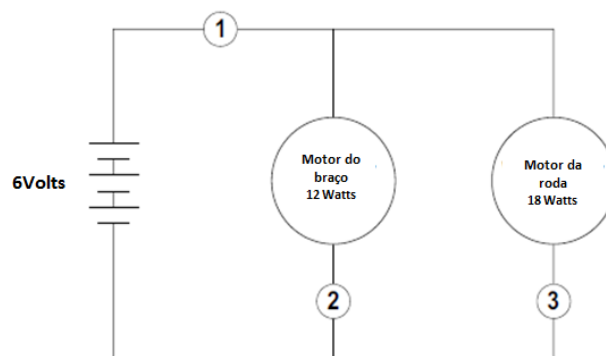


- C) A distância na vertical a que a bola cai e o peso da bola.
- D) O comprimento da corda fixa à bola e a aceleração da gravidade.
- E) A massa da bola e a distância inicial entre a bola e o jogador.

18. Um certo corpo é abandonado no fundo de um recipiente que contém água e sobe até ficar em equilíbrio, com metade do seu volume imerso. Durante a subida e enquanto o corpo está totalmente imerso na água, podemos afirmar:

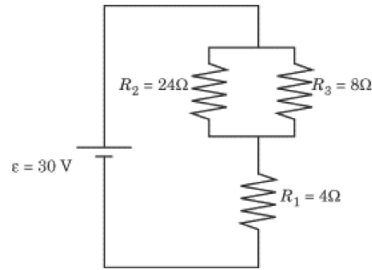
- A) O módulo da impulsão é igual ao módulo do peso do corpo e o movimento é uniforme.
- B) O módulo da impulsão é menor do que o módulo do peso do corpo e o movimento é uniformemente retardado.
- C) O módulo da impulsão é maior do que o módulo do peso do corpo e o movimento é uniformemente acelerado.
- D) O módulo da impulsão vai diminuindo, à medida que o corpo sobe, até igualar metade do módulo do peso do corpo.
- E) O módulo da impulsão vai diminuindo, à medida que o corpo sobe, até igualar o módulo do peso do corpo.

19. Uma equipa de estudantes de física quer construir um robô. Eles ligam dois motores em paralelo num circuito de 6 volts, como mostra a figura. O motor do braço utiliza 12 watts e o motor da roda utiliza 18 watts. Um estudante verifica a corrente em três pontos no circuito quando os dois dispositivos estão em funcionamento. Qual das seguintes opções indica a ordem da menor para a maior corrente?



- A) 1, 2, 3.
- B) 1, 3, 2.
- C) 2, 1, 3.
- D) 2, 3, 1.
- E) 3, 2, 1.

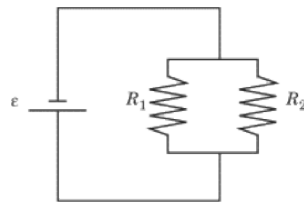
20. Qual dos seguintes fatores afeta a resistência elétrica de um fio?
- I. O material de que é feito.
 - II. O comprimento do fio.
 - III. O diâmetro do fio.
- A) I apenas.
 - B) II apenas.
 - C) I e II apenas.
 - D) I e III apenas.
 - E) I, II, e III.
21. Uma lâmpada incandescente utiliza a resistência de um filamento de tungstênio para converter energia elétrica em outras formas de energia. Se apenas cerca de 10% dessa energia é convertida em luz visível, qual é a energia que uma lâmpada de 100 watts emite numa hora em formas de energia que não podemos ver?
- A) 36 kJ.
 - B) 90 kJ.
 - C) 324 kJ.
 - D) 360 kJ.
 - E) 32,400 kJ.
22. As opções a seguir referem-se a um circuito composto por uma resistência e uma bateria ideal. O que acontece com a potência dissipada na resistência quando a resistência quadruplica o seu valor e a tensão permanece constante?
- A) É o dobro.
 - B) É o quádruplo.
 - C) É reduzida para metade.
 - D) É $1/4$.
 - E) Continua o mesmo.
23. Um rapaz mede a resistência de um pedaço de fio elétrico, feito de um metal maleável, entre as suas extremidades. A resistência do fio é R . Se o rapaz esticar o fio, de maneira uniforme até duplicar o seu comprimento inicial e repetir a medida, a sua nova resistência R' será:
- A) R .
 - B) $2R$.
 - C) $4R$.
 - D) $8R$.
 - E) $R/2$.
24. Considere o circuito elétrico da figura. Qual é a corrente I_1 que passa na resistência R_1 e a potência P_1 nela dissipada?
- A) $I_1 = 2$ A; $P_1 = 27$ W.
 - B) $I_1 = 2$ A; $P_1 = 37$ W.
 - C) $I_1 = 3$ A; $P_1 = 36$ W.
 - D) $I_1 = 5$ A; $P_1 = 28$ W.



E) $I_1 = 3 \text{ A}$; $P_1 = 26 \text{ W}$.

25. Duas resistências $R_1 = 5 \Omega$ e $R_2 = 20 \Omega$, são colocadas em paralelo (ver figura). A bateria, ideal, tem uma força electromotriz $\epsilon = 12 \text{ V}$. Qual é a resistência total no circuito, a corrente que atravessa R_1 e R_2 e a potência dissipada nas resistências?

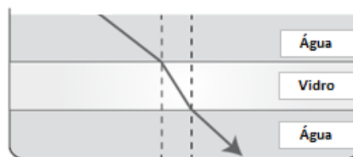
- A) $R_t = 4 \Omega$; $I_1 = 2,4 \text{ A}$; $I_2 = 0,6 \text{ A}$; $P_1 = 28,8 \text{ W}$, $P_2 = 7,2 \text{ W}$.
 B) $R_t = 3 \Omega$; $I_1 = 2,0 \text{ A}$; $I_2 = 0,2 \text{ A}$; $P_1 = 27,8 \text{ W}$, $P_2 = 7,0 \text{ W}$.
 C) $R_t = 5 \Omega$; $I_1 = 3,0 \text{ A}$; $I_2 = 0,9 \text{ A}$; $P_1 = 21,8 \text{ W}$, $P_2 = 8,2 \text{ W}$.
 D) $R_t = 2 \Omega$; $I_1 = 5,0 \text{ A}$; $I_2 = 0,1 \text{ A}$; $P_1 = 28,0 \text{ W}$, $P_2 = 3,2 \text{ W}$.
 F) $R_t = 1 \Omega$; $I_1 = 3,0 \text{ A}$; $I_2 = 0,4 \text{ A}$; $P_1 = 26,0 \text{ W}$, $P_2 = 6,2 \text{ W}$.



26. Um porção de fio condutor Δl é percorrida por uma corrente estacionária de intensidade I , numa região onde existe um campo magnético uniforme \vec{B} . A força magnética exercida sobre o elemento de corrente do fio condutor:

- A) É independente do sentido da corrente elétrica.
 B) É nula se o elemento de corrente é perpendicular às linhas de campo magnético.
 C) Tem o sentido das linhas de campo magnético.
 D) É nula se o elemento de corrente é paralelo às linhas de campo magnético.
 E) Tem o sentido da corrente elétrica.

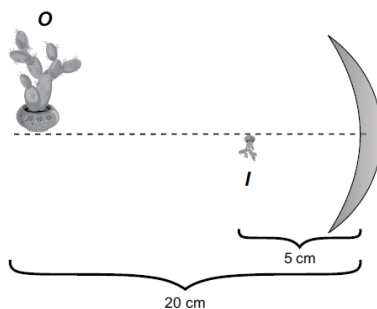
27. O diagrama da figura mostra um feixe de luz que passa através de um pedaço de vidro na água. As linhas tracejadas são perpendiculares à superfície do vidro. Qual das seguintes opções descreve as mudanças na velocidade e na frequência da luz que passa através do vidro?



- A) A frequência e a velocidade da luz aumentam no vidro.
 B) A frequência e a velocidade da luz diminuem no vidro.

- C) A frequência aumenta mas a velocidade da luz diminui no vidro.
- D) A frequência diminui mas a velocidade da luz permanece constante no vidro.
- E) A frequência permanece constante mas a velocidade da luz diminui no vidro.

28. O diagrama da figura mostra como um espelho côncavo cria uma imagem real de um objeto. O objeto está a 20 cm do espelho e a imagem aparece a uma distância de 5 cm do espelho. Qual é a distância focal do espelho?



- A) 2,5 cm.
 - B) 4 cm.
 - C) 25 cm.
 - D) 20 cm.
 - E) 40 cm.
29. A tabela indica várias propriedades da água. Qual dos seguintes processos requer o fornecimento de mais energia à água?

PROPRIEDADES	VALOR
Capacidade térmica mássica	1.0 cal/g·°C
Entalpia de Fusão	80 cal/g
Entalpia de Vaporização	540 cal/g

- A) Fusão de 100 g de gelo a 0°C.
 - B) Congelação de 100 g de água a 0°C.
 - C) Ebulição 100 g de água a 100°C.
 - D) Condensação de 100 g de vapor a 100°C.
 - E) Aquecimento de 100 g de água líquida de 0°C a 100°C.
30. O etanol funde a 156 K e tem um entalpia de fusão de 25 cal/g. É necessário fornecer 3080 cal para passar 100 g de etanol sólido a 156 K para etanol líquido a 166 K. Qual é a capacidade térmica mássica do etanol?
- A) 0,58 cal g⁻¹K⁻¹.
 - B) 1,7 cal g⁻¹K⁻¹.
 - C) 2,5 cal g⁻¹K⁻¹.
 - D) 3,1 cal g⁻¹K⁻¹.
 - E) 5,8 cal g⁻¹K⁻¹.

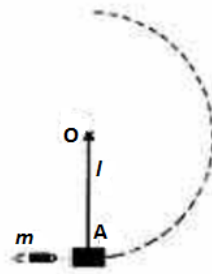
1 Parte B

Considera um pequeno corpo A de massa M suspenso por um fio inextensível e de massa desprezável, como indica a figura. O corpo A pode mover-se no plano vertical. A distância entre o centro de massa do corpo A e o ponto O é l .



1.1 Pretende-se que o corpo A dê uma volta completa. Determina, em função de g e l , o valor mínimo do módulo da velocidade do corpo A ao atingir a posição mais elevada da trajetória.

1.2 Observa a figura 2.



Um projétil de massa m e velocidade horizontal v_0 colide com o corpo A, inicialmente em repouso, ficando nele incrustado.

1.2.1 Determina, em função de M , m , e v_0 , a velocidade do sistema corpo A mais o projétil logo após a colisão.

1.2.2 Determina, em função de m , M , g e l , o valor mínimo do módulo da velocidade v_0 do projétil de modo a que o sistema consiga descrever a trajetória circular no plano vertical. Justifica.

Considera desprezáveis a resistência do ar e o atrito de rotação em torno do ponto O.

Obrigado pela tua colaboração!

Apêndice L

Estudo I: Teste do 12^o Ano 2014-2015

Os problemas de Física foram retirados de alguns “*SAT Physics*” [317], da revista “*Physics Teachers*” [318–320], do livro “*Thinking Physics*” [321] e de antigos exames nacionais (1997, 1998 e 2002) da disciplina de Física do 12^o Ano do Ensino Secundário [322].

projeto *Quark!*



Teste do 12º Ano

26/Janeiro/2014

Duração: 2h

Solicitamos a tua colaboração na resolução do seguinte teste que é individual e confidencial. Pedimos-te que respondas com o maior empenho, pois é importante caracterizar os vossos conhecimentos atuais de Física, para podermos adaptar melhor as aulas do *Quark!*.

O resultado deste teste não será utilizado para qualquer outro fim, nomeadamente não influenciará a escolha dos participantes nas IPhO e OIbF (esta seleção é feita exclusivamente com base numa prova específica a realizar na sessão de Maio).

Este teste foi produzido no âmbito dos programas de trabalho para o doutoramento em Ensino das Ciências de Filipa Oliveira.

Nome: _____

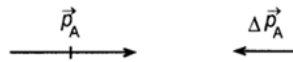
Escola: _____

Idade: _____

Em cada uma das questões seguintes existe uma *única* opção correta que deverá ser indicada de forma não ambígua.

Parte A

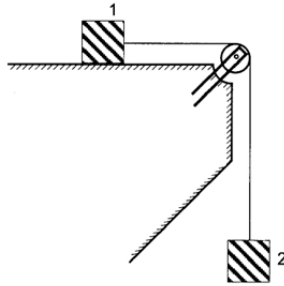
- Um pedra é lançada para cima com velocidade inicial \vec{v}_0 , obliquamente em relação ao plano horizontal subindo e depois descendo até ao nível a que foi lançada. Considere desprezável a resistência do ar. Nestas condições, podemos afirmar:
 - A) O módulo da componente vertical da velocidade da pedra diminui durante o movimento.
 - B) A velocidade da pedra anula-se quando esta atinge a posição mais elevada.
 - C) A componente horizontal da velocidade da pedra é constante durante o movimento.
 - D) A altura máxima atingida pela pedra não depende do módulo da velocidade inicial.
 - E) O tempo que a pedra demora a atingir altura máxima é o dobro do tempo que demora a chegar novamente ao nível do lançamento.
- Um helicóptero sobe a uma velocidade constante para uma altitude h , num tempo t . Se o helicóptero tem massa m e o valor da aceleração da gravidade é g , qual é a energia necessária para o helicóptero subir?
 - A) $mg t$.
 - B) mgh .
 - C) mgh/t .
 - D) $mg t/h^2$.
 - E) $\frac{1}{2}m(h/t)^2$.
- Um bloco A, com momento linear \vec{p}_A , colide frontalmente, sem intervenção de forças exteriores, com um bloco B inicialmente em repouso. Durante a colisão, a variação do momento linear do bloco A é $\Delta\vec{p}_A$. O momento linear de A e a sua variação estão representados pelos seguintes vetores:



Considere desprezáveis os efeitos do atrito. Qual dos seguintes vetores representa o momento linear do bloco B imediatamente após a colisão?

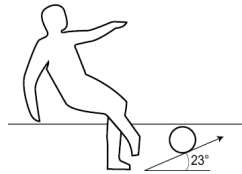
- A)
- B)
- C)
- D)
- E) Vetor nulo.

4. No sistema constituído pelo cubo 1, fio e cubo 2, representado na figura, o fio e a roldana são ideais e os efeitos da resistência do ar e do atrito de deslizamento no plano horizontal são desprezáveis. As massas dos cubos 1 e 2 são, respetivamente, m_1 e m_2



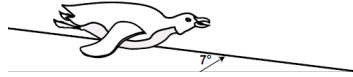
Qual das seguintes expressões permite calcular o módulo da aceleração a do sistema?

- A) $\frac{m_1+m_2}{m_2} g$.
 B) $\frac{m_1+m_2}{m_1} g$.
 C) $\frac{m_2}{m_1+m_2} g$.
 D) $\frac{m_1}{m_1+m_2} g$.
 E) $m_2 g$.
5. Um jogador chuta uma bola de futebol a partir do solo com uma velocidade inicial de 10 m/s. A bola sai do chão com um ângulo de 23° acima do campo horizontal. Tendo em conta que $\sin 23^\circ = 0,4$, $\cos 23^\circ = 0,9$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, aproximadamente a que distância cai a bola no chão? (Ignora o efeito da resistência do ar.)

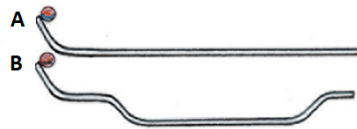


- A) 3,6 m.
 B) 4,0 m.
 C) 4,5 m.
 D) 7,2 m.
 E) 9,0 m.
6. Durante uma longa subida, um alpinista para para descansar e comer uma laranja. Ele deixa cair acidentalmente a laranja, e ela cai verticalmente no chão que se encontra por baixo dele, a uma distância de 180 metros. Supondo que a resistência do ar é desprezável e considerando a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$, quanto tempo demora a laranja a chegar ao chão?
- A) 3,0 s.
 B) 4,2 s.
 C) 6,0 s.
 D) 18 s.
 E) 36 s.

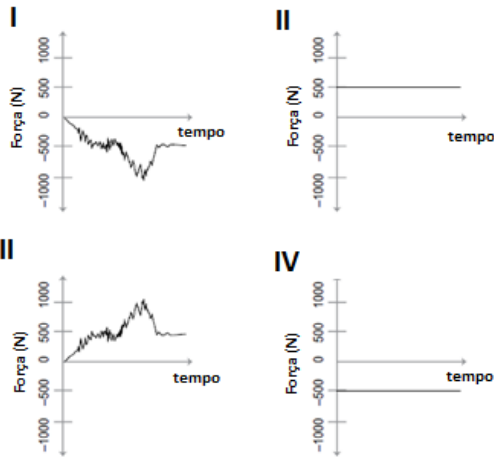
7. Um pinguim com 10 Kg de massa desliza com uma velocidade constante num plano inclinado que faz um ângulo de 7° com a horizontal. Qual é a força de atrito exercida sobre o pinguim? ($\sin 7^\circ = 0,12$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$)



- A) 0,0012 N.
 B) 0,07 N.
 C) 12 N.
 D) 70 N.
 E) 100 N.
8. Duas esferas iguais são lançadas ao mesmo tempo, (ver figura), sobre um par de calhas que têm o mesmo comprimento, A e B, e rolam sem deslizar.

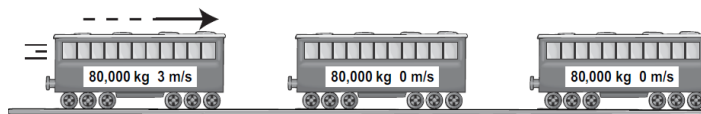


- O que acontece às duas bolas no fim da trajetória de cada calha? Ambas as bolas chegam ao fim com o mesmo
- A) Tempo, energia cinética e momento linear.
 B) Momento linear, velocidade e energia cinética.
 C) Momento linear, velocidade e tempo.
 D) Só com o mesmo tempo.
 E) Nenhuma destas opções.
9. Uma menina que se encontra num balanço a uma altura inicial h_0 acima do chão parte do repouso e oscila para a frente. No ponto mais baixo do seu movimento, ela pega numa mochila que se encontra no chão. A menina continua a oscilar para a frente para chegar à altura máxima h_1 . Em seguida, ela oscila para trás e quando atinge novamente o ponto mais baixo do movimento, ela deixa cair a mochila no chão. Continuando a oscilar para trás ela em seguida atinge uma altura máxima h_2 . Desprezando a resistência do ar, como é que as três alturas estão relacionadas?
- A) $h_2 = h_1 = h_0$.
 B) $h_2 < h_1 < h_0$.
 C) $h_1 < h_2 < h_0$.
 D) $h_1 < h_2 = h_0$.
 E) $h_2 = h_1 < h_0$.
10. Um paraquedista de 50 Kg de massa salta de um helicóptero parado e acelera até atingir uma velocidade constante. Um minuto depois, o para-quedista abre um para-quedas e desacelera até atingir novamente uma velocidade constante. Se o sentido da força é positivo para cima, quais são os dois gráficos juntos que mostram as forças que retardam e as que aceleram o para-quedista ao longo do tempo?



- A) I e III.
- B) I e IV.
- C) II e III.
- D) II e IV.
- E) III e IV.

11. Três carruagens, cada uma com uma massa de 80 toneladas, estão na mesma linha.



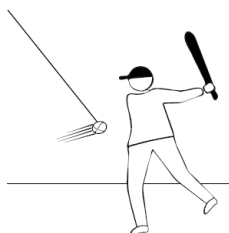
A carruagem do lado esquerdo está a movimentar-se com uma velocidade de 3 m/s, e as outras duas carruagens estão paradas. A carruagem em movimento colide com a carruagem do meio. As duas carruagens movimentam-se juntas até colidirem com a terceira carruagem. Depois as três carruagens continuam em movimento. Se o sentido do movimento é positivo para a direita, qual é a velocidade final das três carruagens juntas?

- A) -3 m/s.
 - B) -1 m/s.
 - C) 1 m/s.
 - D) 1,5 m/s.
 - E) 3 m/s.
12. Um *airbag* reduz os danos a um passageiro durante um acidente de carro. Este benefício é devido, principalmente, a que:
- A) O *airbag* reduz a força, reduzindo a mudança da velocidade do passageiro.
 - B) O *airbag* reduz a mudança no momento linear pelo aumento do impulso do passageiro.
 - C) O *airbag* reduz o impulso pela redução da variação do momento linear do passageiro.
 - D) O *airbag* reduz a força através do aumento do tempo que leva o passageiro para parar de se mover.
 - E) O *airbag* reduz a variação de velocidade, reduzindo o tempo que leva o passageiro para parar de se mover.

13. Um disco com um diâmetro de 0,20 metros está a girar uma volta por segundo. Qual é a aceleração centrípeta de um ponto sobre a borda deste disco?

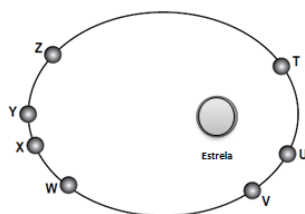
- A) $0,04\pi \text{ m/s}^2$.
- B) $0,20\pi \text{ m/s}^2$.
- C) $0,16\pi^2 \text{ m/s}^2$.
- D) $0,40\pi^2 \text{ m/s}^2$.
- E) $0,80\pi^2 \text{ m/s}^2$.

14. Um jogador de baseball usa uma bola no final de uma corda muito comprida, ligada a um ponto fixo, para praticar a tacada. Qual dos seguintes dados por si só permitiria a melhor estimativa do tempo que leva a bola a balançar a partir de seu ponto de lançamento por parte do jogador, assumindo que o jogador acerta na bola quando ela tem velocidade zero?



- A) A massa e o peso da bola.
- B) A massa e a aceleração da gravidade.
- C) A distância na vertical a que a bola cai e o peso da bola.
- D) O comprimento da corda fixa à bola e a aceleração da gravidade.
- E) A massa da bola e a distância inicial entre a bola e o jogador.

15. O diagrama da figura mostra um planeta com uma órbita muito excêntrica em torno de uma estrela. O plano da órbita do planeta é perpendicular à linha de visão entre a Terra e a estrela. O planeta foi observado sete vezes ao longo de vários meses. O planeta foi observado pela primeira vez no ponto T. Observou-se novamente no ponto de U, 50 dias mais tarde. Que outras duas observações podem ocorrer com 50 dias de intervalo?

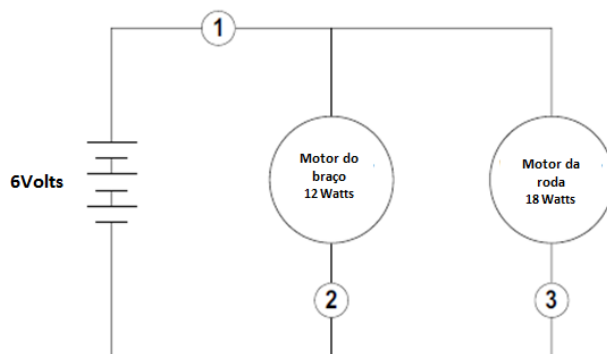


- A) V e W.
- B) W e Y.
- C) X e Y.
- D) X e Z.
- E) Y e Z.

16. Um certo corpo é abandonado no fundo de um recipiente que contém água e sobe até ficar em equilíbrio, com metade do seu volume imerso. Durante a subida e enquanto o corpo está totalmente imerso na água, podemos afirmar:

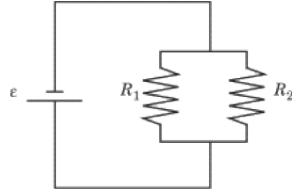
- A) O módulo da impulsão é igual ao módulo do peso do corpo e o movimento é uniforme.
 - B) O módulo da impulsão é menor do que o módulo do peso do corpo e o movimento é uniformemente retardado.
 - C) O módulo da impulsão é maior do que o módulo do peso do corpo e o movimento é uniformemente acelerado.
 - D) O módulo da impulsão vai diminuindo, à medida que o corpo sobe, até igualar metade do módulo do peso do corpo.
 - E) O módulo da impulsão vai diminuindo, à medida que o corpo sobe, até igualar o módulo do peso do corpo.
17. Um condensador de $20 \mu\text{F}$, tem uma diferença de potencial de 30 V através dele. Qual é a carga do condensador em coulombs?
- A) $6,7 \times 10^{-7} \text{ C}$.
 - B) $6,0 \times 10^{-4} \text{ C}$.
 - C) $1,5 \text{ C}$.
 - D) $6,0 \times 10^2 \text{ C}$.
 - E) $1,5 \times 10^6 \text{ C}$.
18. Um condensador de placas paralelas de $40 \mu\text{F}$, carregado e isolado, tem uma diferença de potencial elétrico de $5,0 \text{ V}$ entre as suas placas. Qual das seguintes mudanças fará aumentar a diferença de potencial para $10,0 \text{ V}$?
- A) Duplicar a área das placas do condensador.
 - B) Duplicar a carga em cada placa.
 - C) Diminuir a distância entre as placas para metade.
 - D) Diminuir a carga em cada placa para metade.
 - E) Diminuir o tempo necessário para carregar o condensador para metade.

19. Uma equipa de estudantes de física quer construir um robô. Eles ligam dois motores em paralelo num circuito de 6 volts, como mostra a figura. O motor do braço utiliza 12 watts e o motor da roda utiliza 18 watts. Um estudante verifica a corrente em três pontos no circuito quando os dois dispositivos estão em funcionamento. Qual das seguintes opções indica a ordem da menor para a maior corrente?



- A) 1, 2, 3.
 B) 1, 3, 2.
 C) 2, 1, 3.
 D) 2, 3, 1.
 E) 3, 2, 1.
20. Uma lâmpada incandescente utiliza a resistência de um filamento de tungstênio para converter energia elétrica em outras formas de energia. Se apenas cerca de 10% dessa energia é convertida em luz visível, qual é a energia que uma lâmpada de 100 watts emite numa hora em formas de energia que não podemos ver?
- A) 36 kJ.
 B) 90 kJ.
 C) 324 kJ.
 D) 360 kJ.
 E) 32,400 kJ.
21. Um rapaz mede a resistência de um pedaço de fio elétrico, feito de um metal maleável, entre as suas extremidades. A resistência do fio é R . Se o rapaz esticar o fio, de maneira uniforme até duplicar o seu comprimento inicial e repetir a medida, a sua nova resistência R' será:
- A) R .
 B) $2R$.
 C) $4R$.
 D) $8R$.
 E) $R/2$.
22. Duas resistências $R_1 = 5 \Omega$ e $R_2 = 20 \Omega$, são colocadas em paralelo (ver figura). A bateria, ideal, tem uma força electromotriz $\epsilon = 12 \text{ V}$. Qual é a resistência total no circuito, a corrente que atravessa R_1 e R_2 e a potência dissipada nas resistências?
- A) $R_t = 4 \Omega$; $I_1 = 2,4 \text{ A}$; $I_2 = 0,6 \text{ A}$; $P_1 = 28,8 \text{ W}$, $P_2 = 7,2 \text{ W}$.

- B) $R_t = 3 \Omega$; $I_1 = 2,0 \text{ A}$; $I_2 = 0,2 \text{ A}$; $P_1 = 27,8 \text{ W}$, $P_2 = 7,0 \text{ W}$.
- C) $R_t = 5 \Omega$; $I_1 = 3,0 \text{ A}$; $I_2 = 0,9 \text{ A}$; $P_1 = 21,8 \text{ W}$, $P_2 = 8,2 \text{ W}$.
- D) $R_t = 2 \Omega$; $I_1 = 5,0 \text{ A}$; $I_2 = 0,1 \text{ A}$; $P_1 = 28,0 \text{ W}$, $P_2 = 3,2 \text{ W}$.
- E) $R_t = 1 \Omega$; $I_1 = 3,0 \text{ A}$; $I_2 = 0,4 \text{ A}$; $P_1 = 26,0 \text{ W}$, $P_2 = 6,2 \text{ W}$.

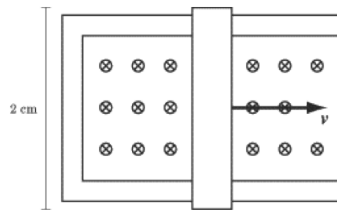


23. Duas cargas elétricas pontuais, $+q$ e $-q$, encontram-se fixas, no vázio, à distância d uma da outra. Considera k_0 a constante elétrica do vázio. No ponto situado entre as cargas elétricas e equidistantes delas, o potencial elétrico é:

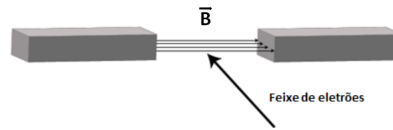
- A) $+k_0 \frac{2q}{d}$.
- B) $-k_0 \frac{2q}{d}$.
- C) $+k_0 \frac{2q}{d^2}$.
- D) $-k_0 \frac{2q}{d^2}$.
- E) zero.

24. Uma barra metálica com 2 cm de comprimento desliza ao longo de trilhos, também metálicos, com uma velocidade de 1 cm/s (ver figura). A barra e os trilhos estão sob a ação de um campo magnético de 2 T de intensidade, apontando para fora da página. Qual é a força eletromotriz induzida no circuito formado pela barra e pelos trilhos?

- A) $2 \times 10^{-5} \text{ V}$.
- B) $2 \times 10^{-4} \text{ V}$.
- C) $4 \times 10^{-4} \text{ V}$.
- D) $2 \times 10^{-3} \text{ V}$.
- E) $3 \times 10^{-3} \text{ V}$.

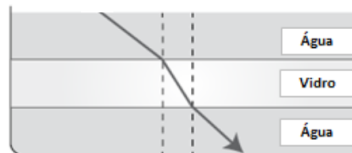


25. Um feixe de elétrons passa através de um campo magnético entre dois ímãs apoiados sobre uma mesa, como mostra a figura.

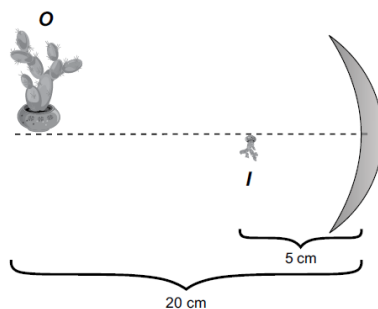


Como é que o campo magnético afeta o feixe de elétrons?

- A) O feixe vai rodar em torno dos dois ímãs.
- B) O feixe vai encurvar para cima da mesa.
- C) O feixe vai encurvar para baixo da mesa.
- D) O feixe será atraído para o pólo norte de um ímã.
- E) O feixe será atraído para o pólo sul de um ímã.
26. Um porção de fio condutor Δl é percorrida por uma corrente estacionária de intensidade I , numa região onde existe um campo magnético uniforme \vec{B} . A força magnética exercida sobre o elemento de corrente do fio condutor:
- A) É independente do sentido da corrente elétrica.
- B) É nula se o elemento de corrente é perpendicular às linhas de campo magnético.
- C) Tem o sentido das linhas de campo magnético.
- D) É nula se o elemento de corrente é paralelo às linhas de campo magnético.
- E) Tem o sentido da corrente elétrica.
27. O diagrama da figura mostra um feixe de luz que passa através de um pedaço de vidro na água. As linhas tracejadas são perpendiculares à superfície do vidro. Qual das seguintes opções descreve as mudanças na velocidade e na frequência da luz que passa através do vidro?



- A) A frequência e a velocidade da luz aumentam no vidro.
- B) A frequência e a velocidade da luz diminuem no vidro.
- C) A frequência aumenta mas a velocidade da luz diminui no vidro.
- D) A frequência diminui mas a velocidade da luz permanece constante no vidro.
- E) A frequência permanece constante mas a velocidade da luz diminui no vidro.
28. O diagrama da figura mostra como um espelho côncavo cria uma imagem real de um objeto. O objeto está a 20 cm do espelho e a imagem aparece a uma distância de 5 cm do espelho. Qual é a distância focal do espelho?
- A) 2,5 cm.
- B) 4 cm.
- C) 25 cm.
- D) 20 cm.
- E) 40 cm.



29. A tabela indica várias propriedades da água. Qual dos seguintes processos requer o fornecimento de mais energia à água?

PROPRIEDADES	VALOR
Capacidade térmica mássica	1.0 cal/g·°C
Entalpia de Fusão	80 cal/g
Entalpia de Vaporização	540 cal/g

- A) Fusão de 100 g de gelo a 0°C.
 B) Congelação de 100 g de água a 0°C.
 C) Ebulição 100 g de água a 100°C.
 D) Condensação de 100 g de vapor a 100°C.
 E) Aquecimento de 100 g de água líquida de 0°C a 100°C.
30. O etanol funde a 156 K e tem um entalpia de fusão de 25 cal/g. É necessário fornecer 3080 cal para passar 100 g de etanol sólido a 156 K para etanol líquido a 166 K. Qual é a capacidade térmica mássica do etanol?

- A) 0,58 cal g⁻¹K⁻¹.
 B) 1,7 cal g⁻¹K⁻¹.
 C) 2,5 cal g⁻¹K⁻¹.
 D) 3,1 cal g⁻¹K⁻¹.
 E) 5,8 cal g⁻¹K⁻¹.

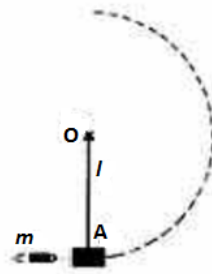
1 Parte B

Considera um pequeno corpo A de massa M suspenso por um fio inextensível e de massa desprezável, como indica a figura. O corpo A pode mover-se no plano vertical. A distância entre o centro de massa do corpo A e o ponto O é l .



1.1 Pretende-se que o corpo A dê uma volta completa. Determina, em função de g e l , o valor mínimo do módulo da velocidade do corpo A ao atingir a posição mais elevada da trajetória.

1.2 Observa a figura 2.



Um projétil de massa m e velocidade horizontal v_0 colide com o corpo A, inicialmente em repouso, ficando nele incrustado.

1.2.1 Determina, em função de M , m , e v_0 , a velocidade do sistema corpo A mais o projétil logo após a colisão.

1.2.2 Determina, em função de m , M , g e l , o valor mínimo do módulo da velocidade v_0 do projétil de modo a que o sistema consiga descrever a trajetória circular no plano vertical. Justifica.

Considera desprezáveis a resistência do ar e o atrito de rotação em torno do ponto O.

Obrigado pela tua colaboração!

Apêndice M

Estudo I: Questionário dos professores da formação (SPF)



QUESTIONÁRIO AOS PROFESSORES - 2013

Senhor(a) Professor(a)

No âmbito do trabalho de Doutoramento em Ensino das Ciências - Ramo da Física que estou a realizar na Faculdade de Ciências e Tecnologia na Universidade de Coimbra investigo alguns aspectos do Projecto Quark!. Para tal, necessito da sua colaboração, a qual se traduz no preenchimento deste questionário, que é individual e confidencial. É importante que responda com sinceridade, na certeza de que as informações que facultar só servirão para os referidos fins.

Agradeço, desde já a sua disponibilidade,
Filipa Oliveira.

Idade do professor: _____	Escola: _____
Sexo: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M	
Tempo de serviço ____ anos.	
Encontra-se a leccionar: <input type="checkbox"/> Física <input type="checkbox"/> Química <input type="checkbox"/> Física e Química	
Anos de escolaridade que lecciona: _____	
Escalão: _____	

1 - A sua formação de base foi em:

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- Física para o ensino Química para o ensino
 Física Química Outra (especifique): _____

2 - E em que instituição de ensino superior fez essa formação? _____

3 - Para além dessa formação de base, possui outra formação?

(Por favor, assinale e, neste caso, especifique).

- Outra licenciatura: _____
 Mestrado: _____
 Doutoramento: _____
 Pós – Doutoramento: _____
 Especialização: _____
 Outra (especifique): _____

4 - Quando tomou conhecimento da Escola Quark!?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- Neste ano lectivo
 No ano lectivo passado
 Logo, quando teve início
 Outra (especifique): _____

5 - E como é que tomou conhecimento?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- Através de informação formal chegada à escola
 Através de colegas
 Através dos meios de comunicação social
 Outra (especifique): _____

6 - Foi a primeira vez que participou na Escola Quark!?

(Por favor, assinale com X um único quadrado).

- Não Sim

7 - Que razão ou razões o(a) levaram a participar na Escola Quark!?

8 - Gostaria, agora, de saber a sua opinião sobre o ensino que, é proporcionado aos alunos na Escola Quark! e sobre o ensino que considera que, em geral, é proporcionado aos alunos na Escola Secundária.

a) Relativamente ao grau de dificuldade dos conteúdos leccionados:

(Por favor, assinale com X um único quadrado em cada uma das colunas).

Na Escola **Quark!**

- 1 (Muito baixo)
 2
 3
 4
 5 (Muito elevado)

Na Escola **Secundária**

- 1 (Muito baixo)
 2
 3
 4
 5 (Muito elevado)

Poderá justificar as suas respostas, por favor?

b) Relativamente ao grau de exigência:

(Por favor, assinale com X um único quadrado em cada uma das colunas).

Na Escola **Quark!**

- 1 (Nada exigente)
 2
 3
 4
 5 (Muito exigente)

Na Escola **Secundária**

- 1 (Nada exigente)
 2
 3
 4
 5 (Muito exigente)

Poderá justificar as suas respostas, por favor?

c) Relativamente às actividades:

(Por favor, assinale com X um único quadrado em cada uma das colunas).

Na Escola **Quark!**

- 1 (Nada pertinentes)
 2
 3
 4
 5 (Muito pertinentes)

Na Escola **Secundária**

- 1 (Nada pertinentes)
 2
 3
 4
 5 (Muito pertinentes)

Poderá justificar as suas respostas, por favor?

9 - De seguida, gostaria de saber a sua opinião sobre a evolução do desempenho dos alunos que participam na Escola Quark!.

a) Em que medida considera que Escola Quark! contribui para a aprendizagem dos alunos?

(Por favor, assinale com X a alternativa que melhor representa a sua opinião).

- 1 (Não contribuiu nada) 2 3 4 5 (Contribuiu muitíssimo)

Poderá justificar a sua resposta, por favor?

b) E, em que medida considera que contribui para o seu empenho/motivação em aprender?

(Por favor, assinale com X a alternativa que melhor representa a sua opinião).

- 1 (Não contribuiu nada) 2 3 4 5 (Contribuiu muitíssimo)

Poderá justificar a sua resposta, por favor?

10 - Em que áreas da Física verifica que os alunos apresentam mais dificuldade e mais destreza?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

Mais dificuldade

- Mecânica
- Acústica
- Electricidade
- Electrónica
- Electromagnetismo
- Termodinâmica
- Física Moderna
- Radiação
- Óptica
- Outra(s): _____

Mais destreza

- Mecânica
- Acústica
- Electricidade
- Electrónica
- Electromagnetismo
- Termodinâmica
- Física Moderna
- Radiação
- Óptica
- Outra(s): _____

a) No seu entender essa dificuldade atribui-se a:

b) No seu entender essa destreza atribui-se a:

11 - Em que áreas da Física considera que os professores, em geral, têm mais dificuldade e mais destreza a leccionar?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

Mais dificuldade

- Mecânica
- Acústica
- Electricidade
- Electrónica
- Electromagnetismo
- Termodinâmica
- Física Moderna
- Radiação
- Óptica
- Outra(s): _____

Mais destreza

- Mecânica
- Acústica
- Electricidade
- Electrónica
- Electromagnetismo
- Termodinâmica
- Física Moderna
- Radiação
- Óptica
- Outra(s): _____

a) No seu entender essa dificuldade atribui-se a:

b) No seu entender essa destreza atribui-se a:

12 - No seu entender, em que medida a Escola Quark! apoiou o trabalho dos professores?

(Por favor, assinale com X no(s) quadrado(s) de acordo com a sua resposta).

a) Apoio ao nível teórico:

- 1 (Nenhum) 2 3 4 5 (Imenso)

Poderá justificar a sua resposta, por favor?

b) Apoio ao nível do trabalho experimental:

1 (Nenhum)

2

3

4

5 (Imenso)

Poderá justificar a sua resposta, por favor?

13 - Refira conhecimentos e/ou competências docentes que, por ter colaborado no presente ano na Escola Quark! aperfeiçou e/ou adquiriu:

a) Conhecimentos e/ou competências que já tinha e que aperfeiçou:

b) Conhecimentos e/ou competências que não tinha e que adquiriu:

14 - Tendo em conta a sua participação na Escola Quark!, diga por favor:

a) O que considera que funcionou bem, e deve ser mantido.

b) E o que considera que funcionou mal, e deve ser alterado.

15 - O que é que, no seu entender, deve ser feito para que os alunos do Ensino Secundário melhorem a sua aprendizagem na Física?

16 - Querendo, poderá usar o espaço que se segue para se pronunciar sobre algo que considere importante relacionado com a Escola Quark! e que não lhe tenha sido perguntado.

Muito obrigado pela colaboração.

Apêndice N

Estudo I: Questionário dos antigos alunos *quarkianos*

Escola Quark! e Olimpíadas de Física

Caro(a) ex-aluno(a) Quarkiano(a),

No âmbito do projeto de Doutoramento em Ensino das Ciências - Ramo da Física que estou a realizar na Faculdade de Ciências e Tecnologia na Universidade de Coimbra, sob orientação do Professor Doutor José António Paixão, investigo alguns aspetos do ensino e aprendizagem da Escola Quark!. Para tal, solicito a sua colaboração, a qual se traduz no preenchimento deste questionário, que é individual, anónimo e confidencial. É importante que responda com sinceridade, na certeza de que as informações que facultar só servirão para os referidos fins.

O preenchimento demora cerca de 15 minutos.

O questionário está disponível até ao dia 7 de agosto.

Obrigada pela sua colaboração.

Filipa Oliveira

***Obrigatório**



1. Qual a sua idade? *

2. Qual o seu género? *

Marcar apenas uma oval.

Masculino

Feminino

3. Qual a sua naturalidade? *

(Por favor, indique o local de nascimento).

4. Qual a tipologia da instituição em que realizou o Ensino Secundário? *

(Por favor, assinale a(s) alternativa(s) que representa(m) a sua situação).

Marcar tudo o que for aplicável.

Escola Pública

Escola Privada

5. Indique o distrito ou a região autónoma da sua Escola Secundária: *

(Por favor, assinale a(s) alternativa(s) que representa(m) a sua situação).
Marcar tudo o que for aplicável.

- Distrito de Aveiro
- Distrito de Beja
- Distrito de Braga
- Distrito de Bragança
- Distrito de Castelo Branco
- Distrito de Coimbra
- Distrito de Évora
- Distrito de Faro
- Distrito da Guarda
- Distrito de Leiria
- Distrito de Lisboa
- Distrito de Portalegre
- Distrito do Porto
- Distrito de Santarém
- Distrito de Setúbal
- Distrito de Viana do Castelo
- Distrito de Vila Real
- Distrito de Viseu
- Região autónoma dos Açores
- Região autónoma da Madeira

6. Qual a sua nota de avaliação na disciplina de Física no último ano do Ensino Secundário?

*

7. Qual a sua nota de acesso ao Ensino Superior? *

8. Em que Instituição de Ensino Superior está a fazer ou fez uma Licenciatura ou um Mestrado Integrado? *

(Por favor, assinale a(s) alternativa(s) que representa(m) a sua situação).

Marcar tudo o que for aplicável.

- Universidade do Minho
- Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
- Universidade do Porto
- Universidade da Beira Interior
- Universidade de Coimbra
- Universidade de Aveiro
- Universidade Nova de Lisboa
- Universidade de Lisboa - Instituto Superior Técnico
- Universidade de Évora
- Universidade do Algarve
- Universidade dos Açores
- Universidade da Madeira
- Outra possibilidade

9. Se respondeu "Outra possibilidade", por favor, especifique:

10. Qual o curso que escolheu como 1ª opção no ingresso ao Ensino Superior? *

11. Qual o curso em que ingressou no 1º ano do Ensino Superior, caso seja diferente da 1ª opção?

12. Qual o curso superior que frequenta ou que concluiu ao nível de Licenciatura ou Mestrado Integrado? *

13. Se está a frequentar um curso de Licenciatura ou Mestrado Integrado, qual a sua média do último ano letivo?

14. Se já terminou um curso de Licenciatura ou Mestrado Integrado, qual a sua média final?

15. Qual(is) o(s) nível(is) ou grau(s) académico(s) que possui? *

(Por favor, assinale a(s) alternativa(s) que representa(m) a sua situação).
Marcar tudo o que for aplicável.

- Ensino Secundário
- Licenciatura
- Mestrado
- Mestrado Integrado
- Doutoramento
- Pós-Doutoramento
- Pós-Graduação
- Nenhum
- Outro

16. Em que localidade e país vive atualmente? *

17. Qual a sua situação profissional? *

(Por favor, assinale a(s) alternativa(s) que representa(m) a sua situação).
Marcar tudo o que for aplicável.

- Estudante
- Bolseiro(a) de Doutoramento
- Bolseiro(a) de Pós-Doutoramento
- Investigador(a) com contrato
- Outra situação profissional

18. Se respondeu "Outra situação profissional", por favor, especifique:

19. Em que ano(s) frequentou a Escola Quark! do Departamento de Física da Universidade de Coimbra? *

(Por favor, assinale a(s) alternativa(s) que representa(m) a sua situação).
Marcar tudo o que for aplicável.

- 2007
- 2008
- 2009
- 2010
- 2011
- 2012
- 2013
- 2014
- 2015

20. Qual(is) o(s) motivo(s) que o(a) levaram a participar na Escola Quark!? *

(Por favor, assinale a(s) alternativa(s) que melhor representa(m) a sua opinião).
Marcar tudo o que for aplicável.

- Foi selecionado(a) nas Olimpíadas de Física
- Para reforçar e consolidar a aprendizagem da Física
- Por incentivo do professor de Física da escola
- Por considerar importante para o currículo
- Pelo desafio
- Pelo convívio
- Pela oportunidade de conhecer a Universidade de Coimbra
- Outros

21. Se respondeu "Outros", por favor, especifique:

22. Se foi um dos alunos selecionados nas Olimpíadas Nacionais de Física ou na prova de seleção extraordinária para a pré-seleção olímpica, indique se representou Portugal:

(Por favor, assinale a alternativa que representa a sua situação).
Marcar apenas uma oval.

- Olimpíadas Internacionais de Física
- Olimpíadas Ibero-americanas de Física
- Não participou em qualquer competição

23. Se participou numa das competições Internacionais:

(Por favor, assinale a alternativa que representa a sua situação).
Marcar apenas uma oval.

- Foi premiado(a) com uma medalha de ouro
- Foi premiado(a) com uma medalha de prata
- Foi premiado(a) com uma medalha de bronze
- Foi premiado(a) com uma menção honrosa
- Não foi premiado(a)

24. Se foi aluno(a) olímpico(a), considera que a participação na Escola Quark! foi indispensável para a sua preparação olímpica?

(Por favor, assinale a alternativa que melhor representa a sua opinião).
Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

25. Por favor, justifique:

26. **Qual a sua opinião sobre o ensino proporcionado na Escola Quark! e o ensino que, em geral, é proporcionado na Escola Secundária? ***

Relativamente ao grau de dificuldade dos conteúdos lecionados na Escola Quark!
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada difíceis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito difíceis

27. *

Relativamente ao grau de dificuldade dos conteúdos lecionados na Escola Secundária:
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada difíceis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito difíceis

28. *

Relativamente ao grau de exigência na Escola Quark!
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada exigente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito exigente

29. *

Relativamente ao grau de exigência na Escola Secundária:
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada exigente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito exigente

30. *

Relativamente à pertinência das atividades extracurriculares na Escola Quark!
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada pertinentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito pertinentes

31. *

Relativamente à pertinência das atividades extracurriculares na Escola Secundária:
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada pertinentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito pertinentes

32. **Qual o grau de dificuldade que sentiu na Escola Quark! relativamente a: ***

Quantidade dos conteúdos
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nenhuma dificuldade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muita dificuldade

33. *

Novidade dos conteúdos
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nenhuma dificuldade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muita dificuldade

34. *

Ritmo das aulas
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nenhuma dificuldade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muita dificuldade

35. *

Duração de cada aula
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nenhuma dificuldade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muita dificuldade

36. *

Ferramentas matemáticas essenciais
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nenhuma dificuldade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muita dificuldade

37. Relativamente aos conteúdos lecionados na Escola Quark! considera-os: *

(Por favor, assinale a alternativa que melhor representa a sua opinião).

Marcar apenas uma oval.

- Interessantes e adequados ao nível dos participantes
- Interessantes mas desadequados ao nível dos participantes
- Desinteressantes mas adequados ao nível dos participantes
- Desinteressantes e desadequados ao nível dos participantes

38. Considera que os conhecimentos de matemática ao nível do 12º Ano são suficientes para acompanhar as aulas da Escola Quark!? *

(Por favor, assinale a alternativa que melhor representa a sua opinião).

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

39. *

Por favor, justifique:

40. Em que medida considera que a participação na Escola Quark! contribui para: *

Facilitar a aprendizagem de conteúdos de Física

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito

41. *

Aumentar o interesse pela disciplina de Física

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito

42. *

Melhorar o rendimento no Ensino Secundário

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito

43. *

Promover a autonomia no estudo
 Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito

44. *

Promover a definição ou clarificação vocacional
 Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito

45. *

Preparar para o Ensino Superior
 Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito

46. *

Melhorar o rendimento académico no Ensino Superior
 Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito

47. **Na escola Quark! o que mais contribui para a aprendizagem dos conceitos científicos de Física:** *

(Por favor, assinale a(s) alternativa(s) que melhor representa(m) a sua opinião).
 Marcar tudo o que for aplicável.

- A qualidade científica dos professores
- A seleção dos temas de Física lecionados nas aulas
- As metodologias de ensino
- A relação professor-aluno
- Os problemas e os desafios propostos
- A participação no Fórum Quark!
- Outros

48. Se respondeu "Outros", por favor, especifique:

49. Em que medida considera que a Escola Quark! influenciou a sua decisão no acesso ao Ensino Superior? *

(Por favor, assinale a alternativa que melhor representa a sua opinião).

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Não influenciou	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Influenciou muito

Qual a sua opinião relativamente aos seguintes aspetos do ensino da Física no Ensino Secundário:

50. Que estratégias poderão ser desenvolvidas para aumentar o interesse pela disciplina de Física? *

51. Que estratégias poderão ser desenvolvidas para colmatar as dificuldades de aprendizagem na disciplina de Física? *

52. Deveria ser reforçada a componente experimental na disciplina de Física? *

(Por favor, assinale a alternativa que melhor representa a sua situação).

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

53. *

Por favor, justifique:

Apêndice O

Estudo II: Pré-teste “*Coefficiente de Viscosidade de um Líquido*”

Algumas perguntas deste teste foram retiradas dos manuais escolares [306,307,323–327].



FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Atividade experimental
Coefficiente de viscosidade de um líquido

Pré - Questões

Nome completo: _____
Escola: _____
Idade: _____
Data: _____

1 Questões

Pretende-se fazer uma experiência para determinar o coeficiente de viscosidade, η , de um fluido viscoso. Para isso usa-se um tubo comprido (ver fig. 2) com um fluido viscoso e nele deixam-se cair pequenas esferas de aço com diferentes raios, r . O fluido oferece, devido à sua viscosidade, uma força de resistência ao movimento da esfera, dada pela lei $\vec{F} = -6\pi\eta r\vec{v}$. A partir de um certo instante o movimento é uniforme, atingindo a esfera uma velocidade constante, denominada velocidade terminal, v_t .

Conhecendo a aceleração da gravidade, as densidades do fluido e do material das esferas, é possível determinar a viscosidade do fluido medindo a velocidade terminal em função dos raios das esferas.

1. Indique num esquema que forças atuam sobre uma esfera de aço que cai num tubo comprido com um líquido viscoso.
2. Descreva, qualitativamente, o movimento da esfera ao longo de todo o seu percurso.
3. Passado algum tempo, a velocidade da esfera, v_t , é praticamente constante (velocidade terminal). Explique porquê.
4. Fazendo a experiência com esferas de diferentes raios, qual atingirá mais rapidamente a velocidade terminal, a esfera mais pequena ou a maior? Porquê?
5. Mostre que a expressão para calcular a velocidade terminal, v_t , é

$$v_t = \frac{2g(\rho_e - \rho_f)}{9\eta} r^2, \quad (1)$$

sendo ρ_e e ρ_f as massas volúmicas da esfera e do fluido.

6. Usando a expressão anterior, para calcular o valor do coeficiente de viscosidade de um fluido, η , a partir de um conjunto de dados experimentais (velocidade terminal em função do quadrado do raio de um conjunto de esferas) que gráfico obterá? Assinale a opção correta num dos círculos.

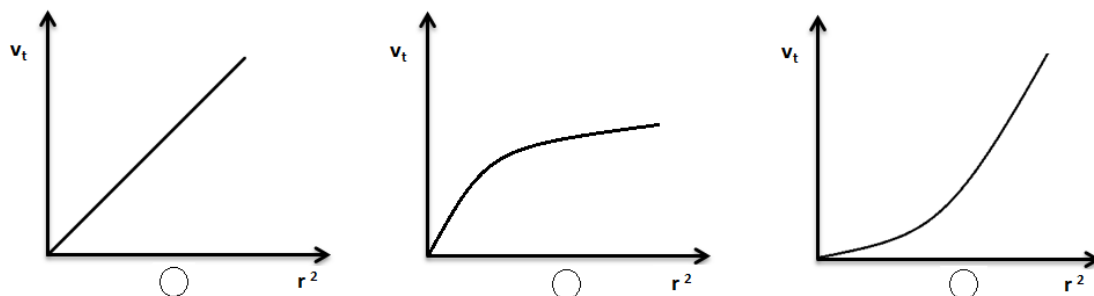


Figura 1: Possíveis gráficos da velocidade terminal em função do quadrado do raio da esfera.

7. O valor da temperatura do fluido altera a sua viscosidade? Justifique a resposta.
8. Que características da montagem experimental (fig. 2) poderão influenciar o valor da velocidade terminal?



Figura 2: Esfera em movimento no interior de um fluido viscoso.

2 Respostas

Apêndice P

Estudo II: Pós-teste “*Coefficiente de Viscosidade de um Líquido*”

Algumas perguntas deste teste foram retiradas dos manuais escolares [306,307,323–327].



FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Atividade experimental
Coeficiente de viscosidade de um líquido

Pós - Questões

Nome completo: _____
Escola: _____
Idade: _____
Data: _____

1 Questões

1. Explique a origem das forças que atuam sobre uma esfera de aço que cai num tubo comprido com um líquido viscoso, (ver fig. 1), e represente-as num esquema com legenda e escala adequadas.



Figura 1: Esfera em movimento no interior de um fluido viscoso.

2. Descreva o movimento da esfera ao longo de todo o seu percurso, representando num gráfico esquemático a forma como a velocidade da esfera evolui no tempo.
3. Passado algum tempo, a velocidade da esfera é praticamente constante (velocidade terminal). Explique porquê.
4. Quando fez a experiência com esferas de diferentes raios, r , qual atingiu mais rapidamente a velocidade terminal, a de maior ou de menor raio? Porquê?
5. Sabendo que forças estão aplicadas na esfera de aço quando esta está no interior de um fluido, é possível deduzir a expressão para a velocidade terminal, v_t ,

$$v_t = \frac{2g(\rho_e - \rho_f)}{9\eta} r^2. \quad (1)$$

A partir desta expressão explique como determinar o coeficiente de viscosidade do fluido, η , usando um conjunto de dados experimentais.

6. Na montagem experimental há uma característica que também influenciou o valor da velocidade terminal, v_t , e para isso, fez-se uso de uma expressão para corrigir este efeito.
 - (a) Explique de que efeito se trata.
 - (b) Foram usados na aula experimental dois tubos com diferentes diâmetros. Para qual deles foi menor o valor da correção da velocidade? No tubo com maior ou menor diâmetro?
7. Observe a fig. 2 e indique qual das retas representará a velocidade terminal com e sem fator de correção¹?
 - (a) Neste gráfico há uma reta que tem o quadrado do coeficiente de correlação com o valor igual a 0,9973 e a outra reta com 0,9999, respetivamente. Qual destes valores corresponderá à reta com os valores da velocidade terminal corrigidos?
 - (b) Observando as retas do gráfico, a reta dos valores não corrigidos dará um valor para a viscosidade por excesso ou por defeito?
8. Após ter realizado a experiência e partilhado os resultados com os seus colegas, de que forma variou o coeficiente de viscosidade do fluido, η , com a temperatura. Assinale a opção correta num dos círculos da fig. 3.

¹**Nota:** Para melhor distinguir as duas retas, os pontos numa reta são representados por \times e noutra por $+$

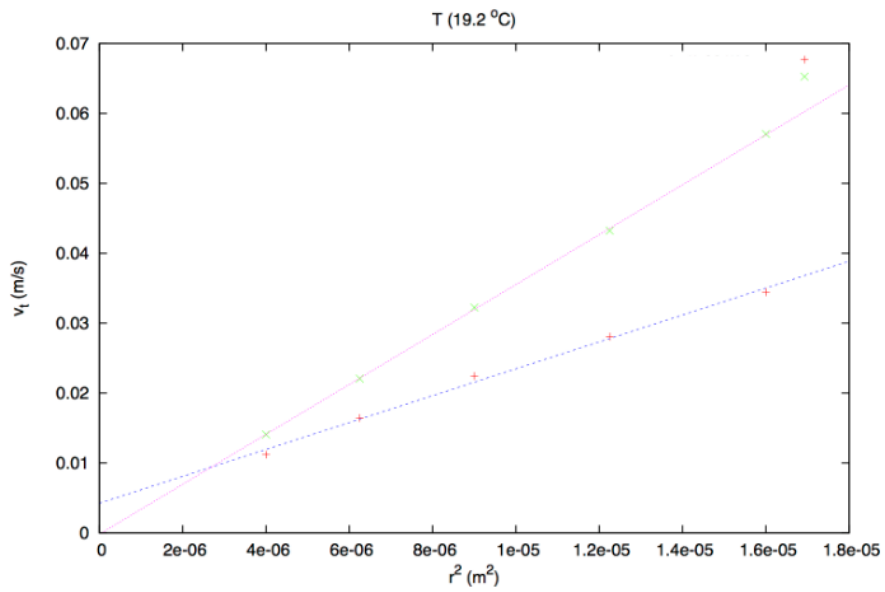


Figura 2: Gráfico da velocidade terminal em função do quadrado do raio da esfera.

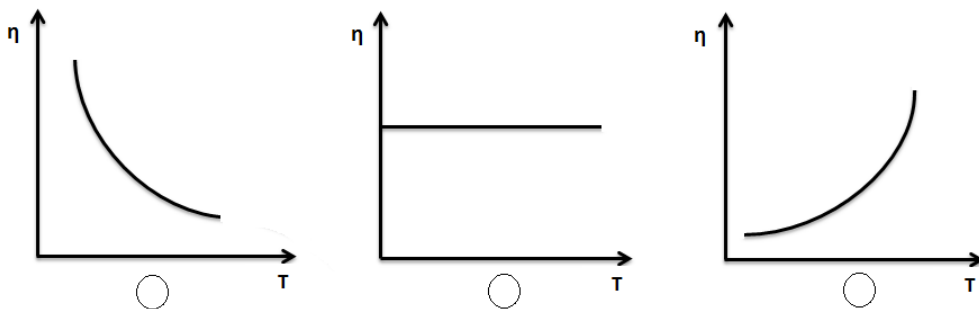


Figura 3: Possíveis gráficos do coeficiente de viscosidade de um fluido em função da temperatura.

2 Respostas

Apêndice Q

Estudo II: Pré e pós-testes

“Características de um recetor e de um gerador”

Algumas perguntas deste teste foram retiradas dos manuais escolares [307, 323–327].



FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Atividade experimental | 12º Ano
Características de um recetor e de um gerador

Pré - Questões

Nome completo: _____
Escola: _____
Idade: _____
Data: _____
Turno: _____

1 Questões

1. Explica a diferença entre um gerador e um recetor elétrico.
2. Escreve as equações que relacionam a corrente num gerador e num recetor em função da diferença de potencial entre os seus terminais.
3. Uma pilha tem gravada a seguinte indicação “Pilha de 4,5 V”. O que significa este valor?
4. Explica o significado de cada termo da seguinte expressão para a potência útil de um gerador:

$$P_u = \varepsilon I - r_i I^2. \quad (1)$$

5. Com o material disponível (ver fig. 1 do lado esquerdo), poderás montar um circuito elétrico para estudar as características de um gerador. O símbolo



representa uma resistência variável (de valores conhecidos).

- (a) Qual dos seguintes circuitos elétricos permitirá uma adequada recolha de dados? Assinala a opção correta num dos círculos.

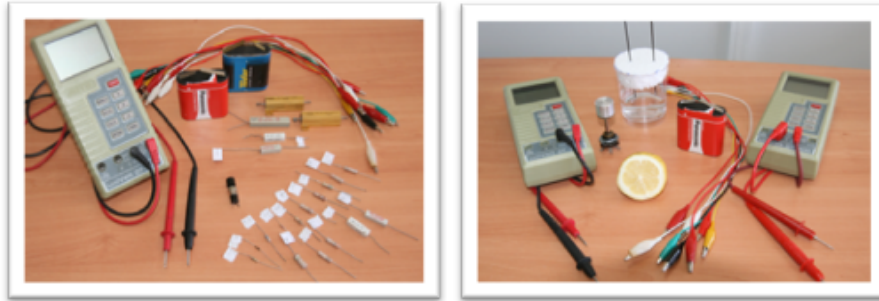


Figura 1: Material para o estudo das características de um gerador e de um recetor. a) (esquerda): fios elétricos, voltímetro, interruptor, um conjunto de resistências com diferentes valores, uma pilha nova e uma pilha muito usada, ambas de 4,5 V; b) (direita): voltímetro, amperímetro, voltâmetro, uma pilha nova de 4,5 V, potenciômetro e fios elétricos.

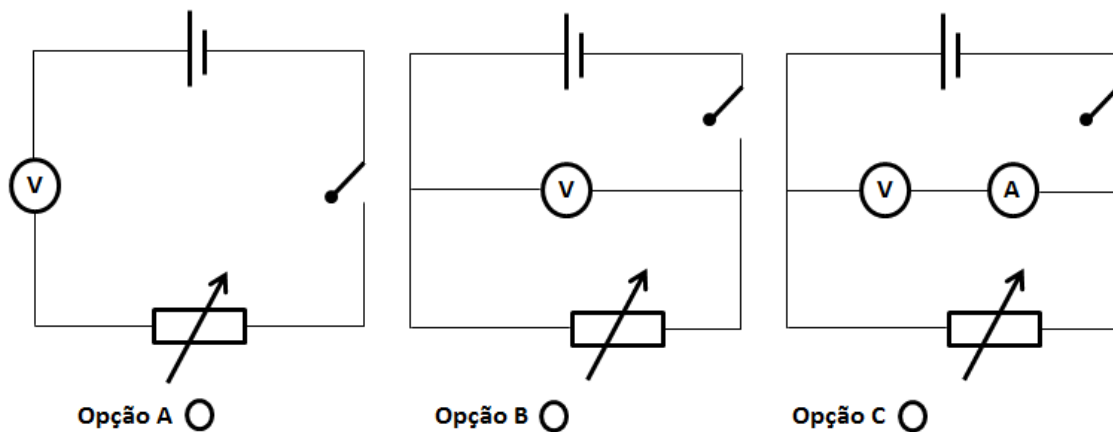


Figura 2: Possíveis circuitos elétricos para estudar as características de um gerador.

- (b) No circuito anterior, quando se usam as resistências de menor valor a recolha de dados tem que ser muito rápida. Explica os motivos deste procedimento.
- (c) Descreve como podes medir experimentalmente a força eletromotriz, ε , e a resistência interna, r_i , de um gerador. Esboça o gráfico típico da curva característica de um gerador.
- (d) Os gráficos seguintes mostram a potência dissipada numa resistência externa ligada a uma pilha, em função do valor R , dessa resistência. Qual dos seguintes gráficos corresponde a uma pilha nova e a uma pilha já muito usada? Justifica a tua resposta.

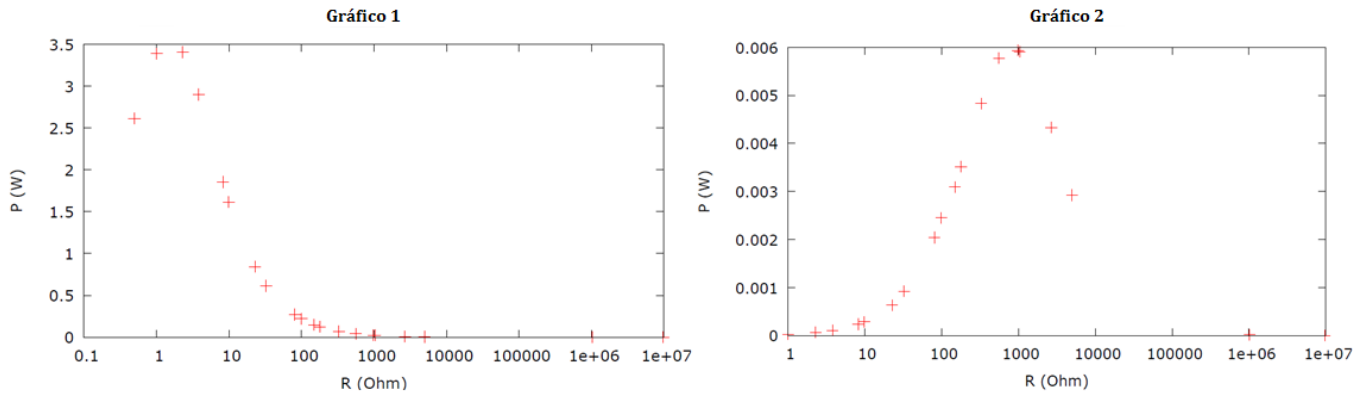


Figura 3: Potência dissipada numa resistência externa ligada a uma pilha, em função do valor R , dessa resistência. Um dos gráficos corresponde a uma pilha nova, o outro a uma pilha usada.

6. Qual a diferença entre um recetor puramente resistivo e um recetor não puramente resistivo? Dá um exemplo destes dois tipos de recetores.
7. Com o seguinte circuito elétrico (ver fig. 4), é possível medir valores para determinar as características de um recetor (voltâmetro): a força contraelectromotriz, ε' , e a sua resistência interna, r'_i .

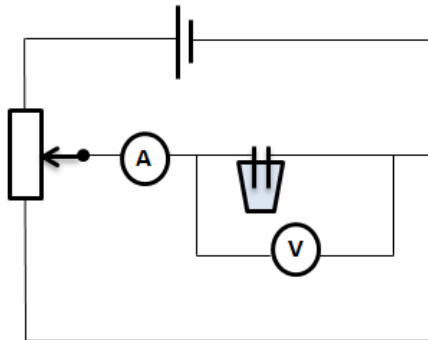


Figura 4: Circuito elétrico para o estudo das características de um recetor (voltâmetro).

- (a) Como poderás obter os valores de ε' e de r'_i a partir de um conjunto de dados experimentais (U, I) ?

(b) Qual dos seguintes gráficos, (ver fig. 5), poderá representar os dados da experiência? Assinala a opção correta num dos círculos.

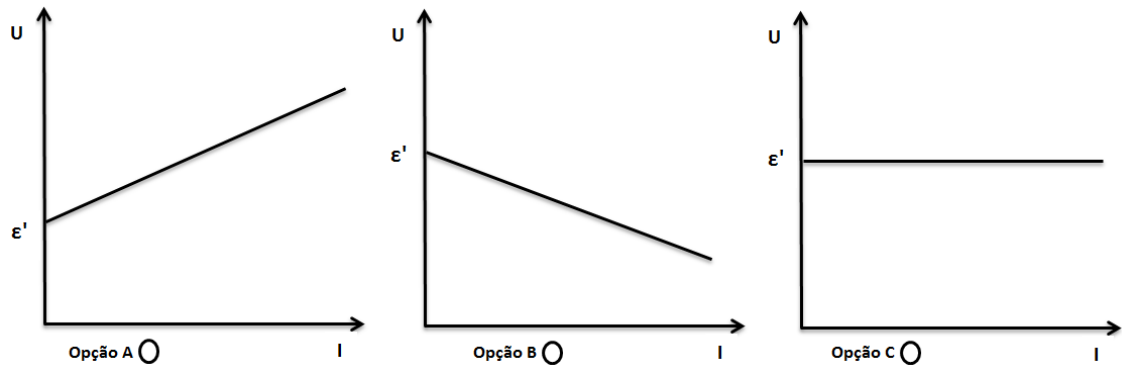


Figura 5: Gráficos (hipotéticos) da tensão em função da intensidade de corrente num recetor.

2 Respostas

Apêndice R

Estudo II: Pré e pós-testes “*Construção de um relógio logarítmico*”

Algumas perguntas deste teste foram retiradas dos manuais escolares [307, 323–327].



FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Atividade experimental | 12º Ano
Construção de um relógio logarítmico

Pré - Questões

Nome completo: _____
Escola: _____
Idade: _____
Data: _____
Turno: _____

1 Questões

Com o material da fig. 1 é possível realizares uma experiência para construíres um “relógio logarítmico” estudando a descarga de um condensador.



Figura 1: Material para a “Construção de um relógio logarítmico”: um voltímetro, uma pilha de 9 V, fios elétricos, um interruptor, um cronómetro, um condensador de $10 \mu\text{F}$ e uma resistência de $\sim 10 \text{M}\Omega$.

1. Explica o que é um condensador.
2. Um condensador de capacidade C ligado em paralelo a uma resistência R forma o denominado *circuito RC*. A carga e descarga do condensador neste circuito depende

da constante de tempo do circuito, $\tau = RC$. Explica o significado físico desta constante de tempo.

3. O circuito elétrico da fig.2 permite estudar a carga e descarga de um condensador de capacidade C . Quando se fecha o interruptor, passa a circular a corrente I , que carrega o condensador.

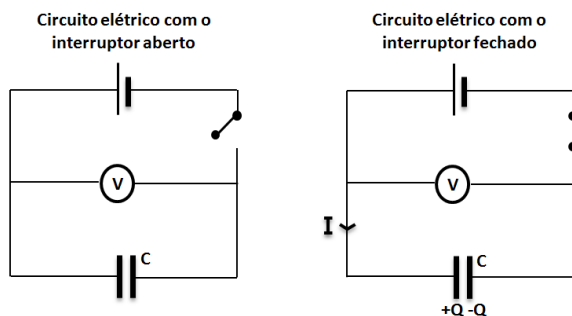


Figura 2: Circuito elétrico para o estudo da carga e descarga de um condensador. O voltímetro tem resistência interna R e a resistência interna da pilha é desprezável.

- (a) Após fechar o interruptor do circuito da fig.2, como podes experimentalmente saber se o condensador do circuito elétrico está carregado? Explica o que acontece à carga Q do condensador e à intensidade de corrente I nesta situação.
- (b) Depois de carregado o condensador, se abirmos o interruptor o condensador descarrega. Explica porquê.
- (c) Qual o tempo necessário, em função da constante $\tau = RC$ do circuito, para a carga do condensador se reduzir a metade?
4. Usando o material da fig.1, pretende-se construir o circuito da fig.2 (circuito elétrico com o interruptor aberto), conhecido como “relógio logarítmico”.
- (a) Explica porque é importante determinar previamente a resistência interna do voltímetro para a “Construção de um relógio logarítmico”.
- (b) Indica uma forma de calcular a resistência interna do voltímetro. Desenha o circuito elétrico que precisas de construir para realizares a medida.
5. O gráfico da fig. 3 representa Q em função de t para a carga de três condensadores. Qual das curvas, A, B ou C corresponde ao menor valor de RC ?
6. Um condensador descarrega através de uma resistência R . Selecciona a opção correta (a); (b) ou (c).
- (a) A carga do condensador cresce linearmente com o tempo e a intensidade de corrente decresce exponencialmente com o tempo.
- (b) A carga do condensador e a intensidade de corrente crescem exponencialmente com o tempo.
- (c) A carga do condensador e a intensidade de corrente decrescem exponencialmente com o tempo.
7. O circuito da fig.2 pode funcionar como um “relógio logarítmico”. Explica porquê.

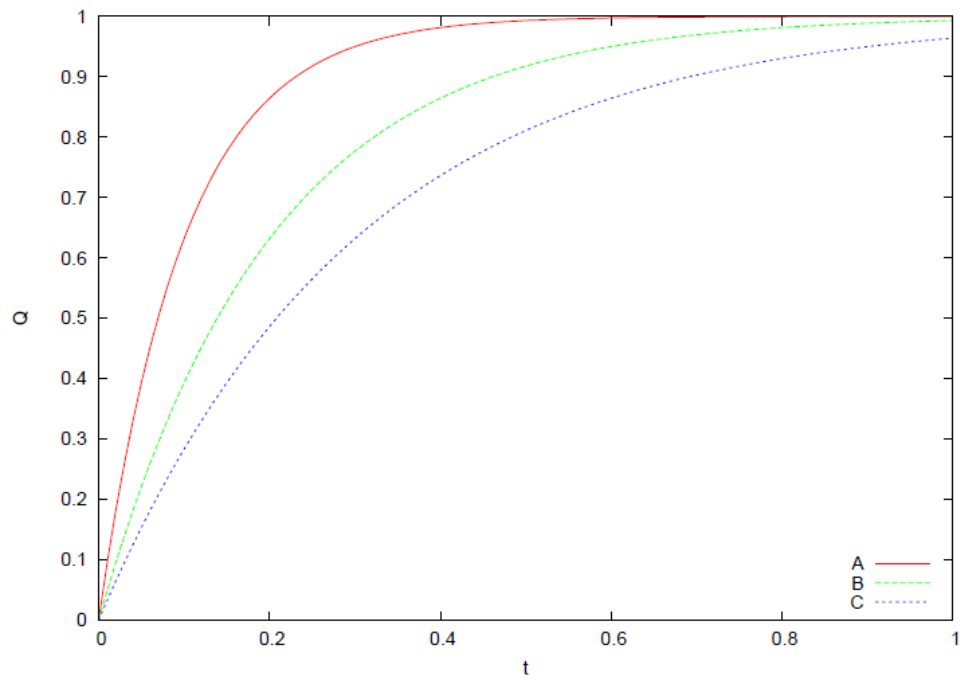


Figura 3: Gráfico que representa a carga de três condensadores em função do tempo.

2 Respostas

Apêndice S

Estudo II: Primeiro Questionário dos alunos | Turno Experimental

Atividade experimental
Coeficiente de Viscosidade de um líquido

Relativamente à atividade experimental proposta, por favor, gostaríamos que registasses algumas notas sobre as tuas principais dificuldades ao longo das diferentes etapas do processo experimental. Obrigada pela tua colaboração.

Nome completo: _____

Escola: _____ **Idade:** _____ **Data:** _____

Nota de Física no 1º Período: _____

TURNO EXPERIMENTAL

Dificuldades Conceptuais:

Dificuldades Operacionais (instrumentais):

Dificuldades na Análise de Dados:

Numa escala de 1 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu interesse pela atividade experimental:

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

1 2 3 4 5

Justifica a tua resposta: _____

Apêndice T

Estudo II: Primeiro Questionário dos alunos | Turno Controle

Atividade experimental
Coefficiente de Viscosidade de um líquido

Relativamente à atividade experimental proposta, por favor, gostaríamos que registasses algumas notas sobre as tuas principais dificuldades ao longo das diferentes etapas do processo experimental. Obrigada pela tua colaboração.

Nome completo: _____

Escola: _____ **Idade:** _____ **Data:** _____

Nota de Física no 1º Período: _____

TURNO CONTROLE

Dificuldades Conceptuais:

Dificuldades Operacionais (instrumentais):

Dificuldades na Análise de Dados:

Numa escala de 1 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu interesse pela atividade experimental:

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- 1
 2
 3
 4
 5

Justifica a tua resposta: _____

Apêndice U

Estudo II: Segundo Questionário dos alunos



QUESTIONÁRIO | 12º Ano | 2015

No âmbito da tese de Doutoramento em Ensino das Ciências - Ramo da Física que estou a realizar na Faculdade de Ciências e Tecnologia na Universidade de Coimbra investigo alguns aspetos do ensino e da aprendizagem da Física. Para tal, preciso da tua colaboração, a qual se traduz no preenchimento deste questionário, que é individual e confidencial. É importante que respondas com sinceridade. Lê atentamente as instruções de resposta a cada questão. Nalguns casos (indicados) é possível escolheres mais de uma opção. Filipa Oliveira.

Nome completo: _____ Idade: _____

Escola que frequentas: _____

Nota de Física no 1º Período: _____ Nota de Física no 2º Período: _____

1 - Qual a formação académica do teu encarregado de educação?

- Ensino Básico: 1º Ciclo Ensino Básico: 2º Ciclo Ensino Básico: 3º Ciclo
 Ensino Secundário Ensino Universitário

2 - Diz, por favor,

a) Qual é a tua disciplina preferida? _____

b) Numa escala de 0 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu gosto pelo estudo de Ciências.

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- 0 1 2 3 4 5

c) Numa escala de 0 (nenhum) a 5 (muito), indica o teu gosto pelo estudo da Física.

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- 0 1 2 3 4 5

3 - A partir de que ano escolar começaste a gostar de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Ensino Básico 1º Ciclo: 1º Ano 2º Ano 3º Ano 4º Ano
Ensino Básico 2º Ciclo: 5º Ano 6º Ano
Ensino Básico 3º Ciclo: 7º Ano 8º Ano 9º Ano
Ensino Secundário: 10º Ano 11º Ano 12º Ano

4 - O que te motiva para estudar Física?

5 - Gostas de resolver problemas e/ou desafios de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

6 - Realizas atividades complementares à escola para aprenderes Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

a) Se respondeste “Sim” na questão anterior, indica quais são essas atividades:

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Aulas de explicação de Física
 Ouvir e ver programas de rádio e de televisão sobre temas de Física
 Consultar sítios e páginas de Física na Internet
 Ler livros sobre Física
 Ler revistas científicas ou textos jornalísticos sobre Física
 Frequentar um clube de ciências/Física
 Visitar Museus/Centros de Ciência
 Realizar experiências em casa
 Outros (podes exemplificar): _____

7 - Participas em projetos de Ciência promovidos pela escola ou por outras entidades?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

a) Se respondeste “Sim” na questão anterior indica qual ou quais:

8 - Se sepires para o Ensino Superior, pretendes candidatar-te a um curso na área da Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Física Física ou Eng.^ª Física (não decidi ainda)
 Eng.^ª Física Outro (podes exemplificar): _____

9 - Há alguém da tua família que estimule o teu gosto pela Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

10 - Como estudas a disciplina de Física?

a) Relativamente aos recursos que usas para estudar Física:

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Apontamentos dados pelo explicador
 Apontamentos dados pelo professor da escola
 Apontamentos que tiras nas aulas
 Manual escolar
 Consulta de outros livros (que além do manual escolar)
 Exercícios indicados como trabalho de casa pelo professor
 Exercícios indicados como trabalho de casa pelo explicador
 Exercícios extra, por iniciativa própria
 Consultas na internet
 Outros (podes exemplificar): _____

b) Relativamente à frequência do estudo de Física

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Estudo diariamente
 Estudo duas a quatro vezes por semana
 Estudo uma vez por semana
 Só estudo antes do teste de avaliação

c) Relativamente à quantidade de horas semanais:

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- menos de 2 horas
- entre 2 e 5 horas
- entre 6 e 10 horas
- mais de 10 horas

11 - Descreve o método que usas, quando estudas para um teste de avaliação de Física?

12 - Do programa de Física, que estudaste desde o 7º ano de escolaridade e até ao momento, indica o tema de que gostaste mais. E Porquê?

13 - Do programa de Física, que estudaste desde o 7º ano de escolaridade e até ao momento, indica o tema de que gostaste menos. E Porquê?

14 - Relativamente aos seguintes tópicos, como consideras a disciplina de Física:

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha de modo a escolheres a opção que melhor se adequa).

<input type="checkbox"/> 1 (Muito difícil)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5 (Muito fácil)	Compreensão
<input type="checkbox"/> 1 (Nada)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5 (Muito)	Útil no prosseguimento de estudos
<input type="checkbox"/> 1 (Nada)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5 (Muito)	Interessante

15 - Quando estudas Física tens dificuldades?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não
- Sim

a) Se respondeste “Sim” na alínea anterior, quais são as tuas principais dificuldades?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Compreensão de algumas matérias abstratas
- Interpretação de enunciados
- Resolução de problemas
- Interpretação do resultado
- Saber reconhecer se o resultado faz ou não sentido
- Perceber para que servem determinadas matérias
- Outro (podes exemplificar): _____

16 - E quando tens dificuldade em estudar algumas matérias de Física a quem recorres?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Pais Familiares próximos Outros (podes exemplificar):
 Internet Professor da escola
 Colegas Explicador
-

17 - Como preferes estudar Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Grupo Individualmente Com o professor da escola Com o explicador

Porquê? _____

18 - Em que medida tens interesse nas seguintes áreas?

(Por favor, assinala com X um único quadrado em cada linha de modo a escolheres a expressão que melhor se adequa).

	Não me interessa nada	Interessa-me pouco	Interessa-me moderadamente	Interessa-me	Interessa-me muito
Física	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Química	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biologia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geologia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Matemática	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Português	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Filosofia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inglês	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Francês	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informática	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Música	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desporto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outra (exemplifica):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

19 - Indica o que é que na tua escola é disponibilizado para te ajudar a aprender Física?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Laboratórios
 Aulas extra de Física
 Professores disponíveis para tirar dúvidas de Física
 Lecionação de matéria extra ao programa por parte dos professores
 Equipamento informático para pesquisas na Internet
 Biblioteca equipada com bons livros de Física
 Participação em projetos e concursos de ciência/Física

20 - Com que periodicidade realizas aulas experimentais ao longo do ano lectivo?

(Por favor, assinala com X no quadrado de acordo com a tua resposta).

- Não realizo Semanal Quinzenal Mensal Bimensal
 Uma vez por período Uma vez por ano Duas vezes por ano

a) Se respondeste “Não realizo” na alínea anterior, indica o(s) motivo(s) que, na tua opinião, poderão justificar essa situação?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Não há laboratório na escola
- Falta de tempo
- Falta de material
- Falta de interesse por parte do professor
- Outro (podes exemplificar): _____

21 - Caso sejam realizadas aulas experimentais, como são organizadas?

(Por favor, assinala com X no quadrado de acordo com a tua resposta).

- Individualmente
- Grupo de 2 alunos
- Grupo de 3 alunos
- Grupo de mais de 3 alunos
- Aulas demonstrativas
- Aulas demonstrativas com análise de dados feita pelos alunos

22 - Quando realizas as atividades experimentais tens dificuldades?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

a) Se respondeste “Sim” na alínea anterior, quais são as tuas principais dificuldades?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Manipular os equipamentos
- Realizar gráficos
- Calcular os erros inerentes às medições
- Compreender os protocolos
- Interpretar o enunciado do problema
- Interpretar os resultados
- Saber reconhecer se o resultado faz ou não sentido físico
- Outro (podes exemplificar): _____ -

23 - Achas que as atividades experimentais são importantes para te ajudar na compreensão dos conceitos de Física?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

Justifica a tua resposta: _____

24 - Relativamente à montagem dos equipamentos para as atividades experimentais:

(Por favor, assinala com X no quadrado de acordo com a tua resposta).

- Os equipamentos são montados pelo professor
- Os equipamentos são montados pelo aluno
- Os equipamentos são montados por funcionários da escola
- Outro (podes exemplificar): _____

25 - As atividades experimentais que realizas na escola são enquadradas com as questões pré e pós laboratoriais?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

a) Se respondeste "Sim", são feitas:

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Em casa Na aula

26 - Quais destes aparelhos já manipulaste nas aulas experimentais de Física?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Craveira
 Multímetro
 Cronómetro
 Interface de aquisição de dados ligada ao computador
 Osciloscópio
 Sensores ligados à calculadora gráfica
 Outro (podes exemplificar): _____

27 - Depois da atividade experimental fazes um relatório?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim

a) Se respondeste "Sim" na alínea anterior, assinala a situação que corresponde ao teu caso?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- | | | |
|-------------------|--|---|
| Lugar: | <input type="checkbox"/> Feito em casa | <input type="checkbox"/> Feito na aula |
| Autoria: | <input type="checkbox"/> Individual | <input type="checkbox"/> Em grupo |
| Avaliação: | <input type="checkbox"/> É avaliado | <input type="checkbox"/> Não é avaliado |

28 - Se as atividades experimentais contam para a avaliação, explica qual o peso relativo (exemplo: 5 em 20 valores):

29 - Como é realizado o tratamento dos dados experimentais:

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Análise é feita em papel milimétrico
 Análise é feita no *Excel* ou noutra folha de cálculo
 Análise é feita com a calculadora gráfica
 Outro (podes exemplificar): _____

30 - Em alguma disciplina tiveste introdução ao cálculo das incertezas experimentais?

(Por favor, assinala com X um único quadrado).

- Não Sim (podes exemplificar qual): _____

31 - Se na medição indireta da área do círculo através da medida do seu diâmetro, d , este tiver o valor experimental $10,00 \pm 0,02$ cm. Qual é a melhor estimativa da área desse círculo e da incerteza associada ao valor desta área?

Exemplifica aqui os teus cálculos:

32 - Quais as temáticas onde enfrentas maiores dificuldades na realização das atividades experimentais?

(Por favor, assinala com X no(s) quadrado(s) de acordo com a tua resposta).

- Mecânica
- Óptica
- Ondas e Acústica
- Eletromagnetismo
- Eletricidade/Eletrónica
- Termodinâmica
- Radiação
- Física Moderna

33 - O que é que no teu entender, pode ser feito para que os alunos do Ensino Secundário melhorem a sua aprendizagem na Física?

Obrigada pela colaboração.

Apêndice V

Estudo II: Entrevista aos professores das escolas

Ensino da Física

1. Quantas vezes já lecionou a disciplina de Física do 12º Ano?
2. Que tipo de atividades desenvolve na escola para fomentar nos alunos um maior interesse pela disciplina de Física?
3. Considera que o ensino experimental da Física é importante para aprendizagem dos conceitos científicos por parte dos alunos? Porquê?
4. Quando tem uma dificuldade na implementação da atividade experimental, qual é o seu interlocutor? Como procede para resolver o problema? Pede o material emprestado a outra escola, recorre à ajuda da Universidade, etc.?

Opinião sobre o currículo

5. Qual a sua opinião relativamente às estratégias curriculares implementadas pelo ME na disciplina de Física ao longo da sua carreira de docente?

6. Qual a sua opinião sobre o programa atualmente em vigor da disciplina de Física de 12º Ano, no que diz respeito à extensão e aos temas abordados?

Aprendizagem da Física

7. Desde o ano da extinção do exame nacional obrigatório, na disciplina de Física do 12º Ano, como caracteriza o desempenho dos alunos na disciplina comparativamente aos anos anteriores em que o exame era obrigatório?
8. Em que áreas da Física os alunos apresentam maiores e menores dificuldades na aprendizagem dos conceitos? Porquê?
9. Na sua opinião, que competências experimentais deveriam ter os alunos do 12º Ano de Física? Acha que estas competências são adquiridas atualmente pela maioria dos alunos?
10. Os alunos do 12º Ano de Física desenvolvem trabalhos ou estabelecem intercâmbios com instituições de Ensino Superior ou centros de investigação?
11. A matemática pode ser um problema para os alunos aprenderem Física? Acha que um aluno de 12º Ano tem as ferramentas necessárias de Matemática?
12. Se na sua escola houver um aluno, ou mais alunos, particularmente dotados para a Física, e que demonstrem maturidade e capacidade intelectual acima da média, há alguma diferenciação no tipo de ensino praticado? Estes alunos têm a oportunidade, em ambiente de sala de aula, de serem mais estimulados nas suas aprendizagens? A escola proporciona ou apoia atividades extracurriculares específicas para estes alunos?

Atividades Experimentais

13. Qual a sua opinião sobre as orientações do Ministério da Educação para o ensino experimental na disciplina do 12º Ano? (Caso discorde de algum ponto): Como deveria ser estruturado o ensino experimental?

14. A escola contempla um orçamento específico para o ensino experimental? Está equipada com bons laboratórios, equipamentos e materiais para a prática do ensino experimental?
15. Quais as principais dificuldades que encontra na implementação das atividades experimentais por parte das escolas e dos professores? Precisa do apoio de técnicos na escola para preparar os materiais das experiências? Há material que não consegue utilizar?
16. No decorrer de uma atividade experimental quais as principais dificuldades que a maioria dos alunos apresenta ao nível da execução, recolha e análise de dados? Porquê?
17. Na implementação das atividades experimentais sugeridas no âmbito do estudo que decorreu este ano letivo na sua escola, constava um desafio experimental de criatividade. Na sua opinião, quais foram os motivos para a fraca adesão dos alunos ao desafio experimental?
18. Acha que os alunos no Ensino Secundário deveriam ter uma disciplina de índole exclusivamente experimental? Em caso afirmativo, porquê?
19. Na sua opinião, o que deve ser feito para que os alunos do Ensino Secundário melhorem o seu desempenho experimental?

Formação do professor

20. Acha que a sua formação inicial lhes disponibilizou as ferramentas essenciais para a prática regular de atividades experimentais na sala de aula?
21. Gosta de preparar e desenvolver as atividades experimentais propostas pelo Ministério da Educação? Porquê?
22. Para além das atividades experimentais propostas pelo Ministério da Educação, apresenta aos alunos novas atividades experimentais?

23. Acha que há oferta suficiente para a formação dos professores na área do ensino experimental? Qual a sua opinião sobre este assunto?
24. Na sua opinião, o que deveria fazer o Ministério da Educação para ajudar os professores a ultrapassar dificuldades e a atualizar conhecimentos no âmbito do ensino experimental?

Apêndice W

Estudo II: Algumas reflexões dos professores

No final do ano letivo solicitámos aos professores uma reflexão final sobre o trabalho por nós realizado e uma opinião sobre a viabilidade deste modelo de atividades experimentais olímpicas em contexto de sala de aula. Transcrevemos algumas opiniões dos 9 professores:

- *“Quanto ao modelo de atividades experimentais inspiradas nas Olimpíadas de Física considero que é eficaz para aprendizagem dos alunos. Com este tipo de modelo, os alunos mobilizam várias competências e aprendem a resolver problemas, aprendem a construir gráficos em papel milimétrico, a traçar retas e a interpretar os resultados. Seria vantajoso que os alunos do 3º Ciclo e Secundário fizessem uso deste tratamento manual em detrimento da máquina a calculadora gráfica e Excel. **Este método traz ainda a vantagem de ser extensivo a alunos com diferentes graus de aprendizagem uma vez que é um método que leva os alunos a aprender a aprender. Os alunos com mais dificuldades mostraram-se interessados em realizar as atividades experimentais.**”*
- *“Os materiais aplicados revestiram-se de excelente qualidade científica, didática e pedagógica pois possibilitaram melhor compreensão dos conceitos científicos. Os documentos em que vinham referenciadas as sugestões metodológicas para os profes-*

sores facilitaram a implementação das atividades experimentais na medida em que remetiam para orientações importantes para a concretização das mesmas. Os guíões destinados aos alunos eram claros mas suscitaram algumas dificuldades de interpretação.”

- “Os materiais produzidos no âmbito deste projeto são excelentes e contribuem sem dúvida para uma maior compreensão dos conceitos científicos por parte dos discentes. **Este é um projeto com muito potencial, que apresenta mais-valias em relação ao modelo atual do Ministério e beneficiará, se desenvolvido e aplicado, a aprendizagem da Física pelos nossos alunos.**”
- “Neste estudo, para todas as atividades, tive acesso a materiais de indubitável qualidade pedagógica e revestidos de grande rigor científico. Os discentes, na sua generalidade, não revelaram especiais dificuldades na interpretação dos documentos, o que é revelador da qualidade do trabalho desenvolvido na construção dos materiais fornecidos. Estes documentos preparados sob a forma de pré-questões, atividade experimental e pós questões, permitiram explorar de forma minuciosa os temas em estudo, tendo características descritivas, informativas e exploratórias dos conceitos, mas sempre com grande rigor científico. Na atividade laboratorial existia ainda uma prova de criatividade que os alunos podiam realizar em jeito de desafio. Neste último ponto, a minha turma mostrou-se pouco interessada para meu desapontamento, pois considero que a criatividade é o que nos confere a possibilidade de criar algo de novo e de não somente replicarmos conhecimentos adquiridos.”
- “Este modelo de atividades baseado nas Olimpíadas da Física foi enriquecedora para os alunos, permitindo que estes contactassem com uma realidade diferente das atividades propostas pelo Ministério de Educação. As atividades propostas pelo programa são em alguns casos utópicas e de difícil aplicação, podendo em muitos casos ser adaptadas, complementadas ou mesmo substituídas por outras mais simples e contextualizadas com a realidade dos alunos. É também importante referir que nas atividades propostas os dados são sempre trabalhados manualmente, utilizando papel milimétrico, construção de gráficos sem recorrer a calculadoras gráficas ou

computadores, o que gerou algumas dúvidas e dificuldades nos alunos, mas permitiu desenvolver algumas competências importantes no seu desenvolvimento cognitivo.”

- *“As orientações e sugestões didáticas dirigidas aos professor foram uma mais valia na forma como trabalhei com os alunos as atividades, salientando pormenores e algumas dificuldades que poderiam surgir no decorrer das mesmas. **Por outro lado acabaram por ser uma forma de formação pessoal tão ambicionada pelos professores uma vez que as ações de formação são cada vez mais raras especialmente em áreas específicas.** É de salientar a importância de cooperações como estas, entre as universidades e as escolas, com proveito evidente para ambas as partes.”*
- *“Em primeiro lugar é importante salientar que são trabalhos como este que impulsionam e fazem evoluir a forma como se aborda o ensino experimental das ciências. **Dada a conjuntura atual e as dificuldades financeiras das escolas, não é fácil realizar atividades experimentais, por falta de tempo, por falta de material, por falta de laboratório ou mesmo por falta de vontade.** Com este trabalho foi possível provar que com materiais de baixo custo e relativamente comuns é possível preencher uma lacuna grave do ensino, a falta de atividades de cariz experimental. ”*
- *“Os materiais, apesar de simples, apresentavam alto valor didático, sendo pela sua simplicidade motivadores para os alunos. **A possibilidade de colocar os alunos a trabalhar a pares, ou seja, em grupos mais pequenos, o contacto direto com os materiais e a possibilidade de testar conhecimentos científicos com materiais comuns e conhecidos deles, acabou por ser bastante enriquecedor na formação pessoal e científica dos alunos.** O guião dos trabalhos facilitou a autonomia dos alunos, pela forma objectiva e simples como apresentava as atividades, permitindo que todos os alunos independentemente do seu nível de apreensão de conhecimentos e desenvolvimento cognitivo pudessem realizar as atividades e atingir os objetivos propostos. As atividades foram motivadoras para os alunos, criando uma boa dinâmica no decorrer das aulas, no entanto como não*

estavam sujeitas a avaliação não tiveram o efeito pretendido. No 12º Ano de escolaridade as notas são fundamentais para melhorar a média e permitir o acesso ao curso desejado, qualquer atividade que não esteja abrangida pela avaliação não tem a dedicação e empenho que deveria.”

- *“O material escrito fornecido, necessário para que o desenvolvimento experimental, revelou-se ser estruturalmente coeso, cientificamente rigoroso, focado nos objetivos do trabalho laboratorial a desenvolver e de fácil interpretação para os alunos; o material fornecido aos professores foi fundamental para que no desenrolar das atividades a eventual ajuda aos alunos fosse imediata e padronizada não criando situações de dispersão metodológica.”*
- *“As atividades decorreram em dois turnos: um, dito experimental, onde seriam aplicados todos os materiais fornecidos pela doutoranda e outro, dito de controlo, onde seriam aplicados os materiais e metodologias que habitualmente se têm usado na lecionação da disciplina. Há a referir que a primeira atividade laboratorial, “TL I.5 - Coeficiente de viscosidade de um líquido”, foi recebida com muita admiração e curiosidade; os materiais utilizados para além de terem sido rigorosamente concebidos de modo a que as variáveis que iriam ser estudadas recebessem a menor perturbação de outras, por exemplo, cilindros com diâmetros “excessivos”, eram chamativos e a sua quantidade e diversidade gerou nos alunos o sentimento que algo de muito sério iria acontecer no laboratório. Durante a realização das atividades experimentais foi feita a comparação entre os alunos do turno experimental, que trabalharam sempre em grupos de dois, contrariamente ao **turno de controlo, que trabalharam em grupos maiores, tendo atingido seis por grupo, dada a escassez e vetustez de algum material de laboratório.**”*
- *“Os alunos do turno experimental estiveram sempre mais envolvidos nas atividades; o facto de se terem criado grupos de dois alunos levou a que se tivessem sentido mais responsabilizados tendo-os levado a trabalhar conjuntamente em todo o processo e não só no relatório final como acontece quando os grupos são grandes. Notou-se um empenho maior durante a aquisição de dados experimentais. O ambiente de trabalho*

manteve-se mais sossegado.”

- *“Os alunos estão muito rotinados, nas atividades do 10º e 11º Anos, relativamente ao tratamento dos dados e traçado de gráficos para encontrar grandezas físicas; fazem-no, exclusivamente, com a calculadora gráfica. Nestas atividades, era pedido aos alunos que utilizassem papel milimétrico para o traçado de gráficos; para muitos, estes foi um problema, pois não estavam, de modo algum, familiarizados com o seu uso. Este facto contribuiu, também, para que se tenha excedido o tempo destinado às referidas atividades.”*
- *“O aluno do século XXI vive na época do desenvolvimento tecnológico em constante mudança. Tudo é demasiado rápido e os jovens de hoje não estão habituados nem preparados para esperar. “Paciência” ou “ser paciente” não constam do seu dicionário. Por outro lado, alguns alunos preferem o facilitismo ao esforço para alcançarem os seus objetivos. No 12º Ano o discente seleciona as disciplinas de opção, com base nas que lhe permitem obter melhor média, no final do ciclo de estudos, com o menor trabalho possível. A disciplina de Física tem maior importância para os alunos que pretendem seguir engenharias, mas não tem exame final. Este fator leva o aluno a uma maior descontração no estudo desta disciplina, o qual é muitas vezes feito apenas na véspera dos testes.”*
- *“Neste modelo de atividades experimentais, há sempre uma contribuição positiva para reforçar uma melhor compreensão dos conceitos científicos. A grande diferença encontra-se no tratamento dos dados. Os alunos estão habituados à máquina de calcular e parece-me que alguns têm dificuldade em perceber a relação entre os dados obtidos no trabalho manual e os que se obtêm na calculadora. **Perderam autoconfiança, pois consideram que só a máquina lhes dá a melhor informação, esquecendo que são eles que dão as instruções a este equipamento. A introdução do uso da máquina deve ser gradual. O aluno deve perceber que existe uma relação entre o que faz manualmente e o que coloca na máquina, funcionando esta como o culminar do tratamento manual dos***

dados.”

- *“Os materiais entregues aos alunos e professores estavam devidamente elaborados e primavam pela qualidade científica, didática e pedagógica. Embora os alunos estivessem habituados a realizar as atividades laboratoriais, com recurso a um protocolo entregue pelo professor, mostraram alguma apreensão face à sua extensão e diferente estrutura. Consideraram o tratamento matemático mais desenvolvido e exigente, em relação ao apresentado no manual. As sugestões metodológicas entregues aos professores revelaram-se facilitadoras na organização da atividade e ajudaram a não esquecer pormenores.”*
- *“Os alunos mostraram surpresa na utilização de material simples e interesse na realização da atividade, usando material diferente do proposto no seu manual. No que se refere ao tratamento de dados, de forma manual, apesar de não ter sido do agrado dos alunos, todos se empenharam na sua execução. Vivendo numa era tecnológica, os alunos preferem usar os meios ao seu dispor, aos quais estão habituados e que habitualmente trabalham por eles, do que usar a memória para pensar e fazer.”*
- *“Os alunos menos interessados mostraram empenho na realização da atividade experimental e alguns surpreenderam-me, pela positiva, pela forma como distribuíram as tarefas pelos elementos do grupo e como orientaram o trabalho. Revelaram mais dificuldades na elaboração do relatório.”*
- *“Os discentes revelaram uma mistura de emoções. Foram recetivos mas ficaram admirados e também preocupados/receosos perante a maior responsabilidade que lhes era atribuída. Realizaram a atividade com gosto e responsabilidade. Os alunos do turno de controlo fizeram a atividade de uma forma mais descontraída, contudo mostraram curiosidade em saber como tinha corrido a atividade do turno experimental.”*
- *“De uma forma geral penso que este projeto foi enriquecedor tanto para alunos como professores permitindo uma abordagem diferente ao ensino experimental das*

ciências e em muitos casos alertando para falhas e vícios que se criam quando se leciona o mesmo programa durante alguns anos.”